
**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΙΡΑΙΩΣ**



**ΤΜΗΜΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΚΑΙ
ΕΥΡΩΠΑΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«Ενέργεια: Στρατηγική, Δίκαιο & Οικονομία»

**«ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΑΠΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ»**

Νελλόπουλος Εμμανουήλ

Διπλωματική Εργασία υποβληθείσα στο Τμήμα Διεθνών και Ευρωπαϊκών Σπουδών
του Πανεπιστημίου Πειραιώς για την απόκτηση
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην Ενέργεια.

Πειραιάς, 2019

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΙΡΑΙΩΣ**



**ΤΜΗΜΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΚΑΙ
ΕΥΡΩΠΑΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«Ενέργεια: Στρατηγική, Δίκαιο & Οικονομία»**

**«ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
ΜΟΝΑΔΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΑΠΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ»**

Νελλόπουλος Εμμανουήλ, Α.Μ.: ΜΕΔ16035

Επιβλέπων: Γεωργακέλλος Δημήτριος / Πανεπιστήμιο Πειραιά

Διπλωματική Εργασία υποβληθείσα στο Τμήμα Διεθνών και Ευρωπαϊκών Σπουδών
του Πανεπιστημίου Πειραιώς για την απόκτηση
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην Ενέργεια.

Πειραιάς, 2019

UNIVERSITY of PIRAEUS



**DEPARTMENT of
INTERNATIONAL AND
EUROPEAN STUDIES**

Master in Energy: Strategy, Law & Economics

**“FEASIBILITY ANALYSIS AND
ASSESSMENT OF A NEW PHOTOVOLTAIC ENERGY
PRODUCTION UNIT”**

Nellopoulos Emmanouil

Master Thesis submitted to the Department of International and European Studies
of the University of Piraeus in partial fulfillment of the requirements
for the degree of Master in Energy.

Piraeus, 2019

Βεβαίωση Αυθεντικότητας

Ο Νελλόπουλος Εμμανουήλ βεβαιώνω ότι το έργο που εκπονήθηκε και παρουσιάζεται στην υποβαλλόμενη διπλωματική εργασία είναι αποκλειστικά ατομικό δικό μου. Όποιες πληροφορίες και υλικό που περιέχονται έχουν αντληθεί από άλλες πηγές, έχουν καταλλήλως αναφερθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία. Επιπλέον τελώ εν γνώσει ότι σε περίπτωση διαπίστωσης ότι δεν συντρέχουν όσα βεβαιώνονται από μέρους μου, μου αφαιρείται ανά πάσα στιγμή αμέσως ο τίτλος.

(υπογραφή)

Σημείωση:

Η παρούσα εργασία έγινε για εκπαιδευτικούς σκοπούς και ορισμένα από τα στοιχεία που περιέχει ενδέχεται να μην είναι απολύτως ακριβή

«Οικονομοτεχνική Ανάλυση και Αξιολόγηση Μονάδας Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από Φωτοβολταϊκά»

Σημαντικοί Όροι: Ηλεκτρική ενέργεια, Οικονομοτεχνική ανάλυση, Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, Φωτοβολταϊκά

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία έγινε αρχικά μια εκτεταμένη τεχνική παρουσίαση της τεχνολογίας και της χρήσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Παρουσιάζοντας τις διάφορες τεχνολογίες και χρήσεις των φωτοβολταϊκών γίνεται εμφανές πως η όποια προοπτική επενδύσεων στο χώρο αυτό δεν βασίζεται σε καθαρά οικονομικούς ή πρακτικούς λόγους, αλλά στη διάθεση των κρατών (της εκάστοτε Ελληνικής Κυβέρνησης όσον αφορά το παρόν πόνημα) για την στήριξη της μετάβασης στη χρήση ΑΠΕ για την παραγωγή ενέργειας. Είναι, επίσης, φανερό πως είναι απαραίτητη η σύνταξη ενός ενδεδειγμένου επιχειρηματικού σχεδίου, το οποίο παρουσιάζεται στα τελευταία κεφάλαια, για την διερεύνηση της βιωσιμότητας και της ελκυστικότητας μιας επένδυσης στο χώρο των φωτοβολταϊκών σήμερα.

« Feasibility analysis and Assessment of a new photovoltaic energy production unit»

Keywords: Feasibility analysis, energy unit, Electricity production, Photovoltaics

Abstract

In the present study an extensive technical presentation of the technology and the use of photovoltaic systems was initially undertaken. By presenting the different technologies and uses of photovoltaics, it is obvious that any prospect of investment in this area is not based purely on economic or practical reasons, but at the disposal of the states (of the Greek government concerned with this study) to support the transition to use RES for power generation. It is also obvious that it is necessary to draw up a thorough business plan, presented in the last chapters, to explore the sustainability and attractiveness of an investment in the photovoltaic sector today

Περιεχόμενα

Βεβαίωση Αυθεντικότητας	vii
Περίληψη	X
Abstract.....	xii
Περιεχόμενα.....	xiv
Κατάλογος Πινάκων	xix
Κατάλογος Διαγραμμάτων.....	xxi
Κατάλογος Εικόνων	xxiii
Κεφάλαιο 1 ^ο – Εισαγωγή.....	1
1.1 Σκοπός της εργασίας	1
1.2 Διάρθρωση της εργασίας	1
ΜΕΡΟΣ Α' – ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ	
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΕ.....	2
Κεφάλαιο 2 ^ο – Ο ρόλος των ΑΠΕ σήμερα.....	3
2.1 Ιστορία και ορισμοί των ΑΠΕ	3
2.1.1 Ορισμός και χαρακτηριστικά των ΑΠΕ	3
2.1.2 Σύντομο ιστορικό της χρήσης των ΑΠΕ – Από τους μύλους στο θόριο.....	4
2.1.3 Κατηγορίες των ΑΠΕ.....	7
2.1.3.1 Φωτοβολταϊκά και άλλες Ηλιακές διατάξεις	7
2.1.3.2 Αιολική ενέργεια.....	9
2.1.3.3 Βιομάζα και βιοκαύσιμα	11
2.1.3.4 Υδροηλεκτρικά και άλλες μορφές ενέργειας από ύδατα	12
2.1.3.5 Γεωθερμία	13
2.1.3.6 Πυρηνική ενέργεια	14
2.2 Πολιτική, οικονομική και κοινωνική σημασία των ΑΠΕ.....	15
2.2.1 Ενεργειακή εξάρτηση και Ρεαλισμός	15

2.2.1.1	Ορυκτά καύσιμα και η πολιτική των αγωγών	16
2.2.1.2	Πτυχές εθνικής ενεργειακής στρατηγικής	19
2.2.2	Μικροοικονομικές και Μακροοικονομικές συνέπειες	20
2.2.2.1	ΑΠΕ και ανάπτυξη	20
2.2.2.2	Ανεργία και απασχόληση	22
2.2.2.3	Επενδυτικές ευκαιρίες και έρευνα	23
2.2.2.4	ΑΠΕ και Τρίτος Κόσμος.....	23
2.2.3	Περιβαλλοντικές πτυχές.....	24
2.2.3.1	Κλιματική αλλαγή	24
2.2.3.2	Ρύποι και ποιότητα ζωής	25
Κεφάλαιο 3 ^ο	– Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις.....	26
3.1	Επεξήγηση λειτουργίας των Φ/Β	26
3.1.1	Βασική φυσική πίσω από τα Φ/Β.....	26
3.1.2	Ιστορικό της εξέλιξης των Φ/Β	27
3.2	Εξοπλισμός και υλικά Φ/Β εγκαταστάσεων.....	30
3.2.1	Φ/Β πλαίσια.....	30
3.2.1.1	Είδη Φ/Β πλαισίων	30
3.2.1.2	Χαρακτηριστικά Φ/Β πλαισίων	34
3.2.2	Αναστροφείς Ισχύος (Inverter).....	38
3.2.3	Ηλεκτρολογικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός	39
3.2.4	Λοιπός εξοπλισμός εγκατάστασης - Στήριξη	40
3.3	Χρήσεις και εκμεταλλεύσεις των Φ/Β	42
3.3.1	Αυτονομία.....	42
3.3.2	Οικιακά συστήματα: Net Metering και Ταρίφες	43
3.2.3	Μεγάλες εγκαταστάσεις παραγωγής – «Πάρκα»	45
3.4	Συμπεράσματα Κεφαλαίου	Error! Bookmark not defined.
ΜΕΡΟΣ Β’	– ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ	
ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ Φ/Β.....		47
Κεφάλαιο 4 ^ο	– Executive Summary	48

Κεφάλαιο 5^ο - Τα χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών συστημάτων	50
.....	50
5.1 Τα πλεονεκτήματα που παρέχουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα	50
.....	50
5.2 Οι παράγοντες που καθορίζουν το κόστος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.....	51
5.2.1 Οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος.....	51
5.2.2 Οι άδειες που απαιτούνται για τη λειτουργία ενός φωτοβολταϊκού συστήματος.....	53
5.2.3 Τα κριτήρια που χρησιμοποιεί η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας για την αξιολόγηση των εντύπων αίτησης	54
5.2.4 Οι παράγοντες που απαιτούνται για σύνδεση με το δίκτυο παροχής ρεύματος.....	54
5.2.5 Η τιμή πώλησης της ισχύος.....	55
5.2.6 Οι δυνατότητες της χρηματοδότησης για τα φωτοβολταϊκά συστήματα	56
5.2.7 Οι παράγοντες που δικαιολογούν ότι η επένδυση σε φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελεί εγγυημένη επένδυση.....	57
5.2.8 Τα βήματα που πρέπει να προηγηθούν της επενδύσεως σε φωτοβολταϊκά συστήματα.....	58
Κεφάλαιο 6^ο - Η ανάλυση της αγοράς της ηλιακής ενέργειας.....	60
6.1 Η παγκόσμια, ευρωπαϊκή και εγχώρια αγορά παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	61
6.2 Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	63
6.3 Η παγκόσμια αγορά φωτοβολταϊκών	65
6.4 Η ελληνική αγορά φωτοβολταϊκών.....	67
6.5 Η ανάλυση SWOT της ελληνικής αγοράς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	69
Κεφάλαιο 7^ο - Το πάρκο παραγωγής ηλιακής ενέργειας στη Λάρισα	

7.1 Η τοποθεσία του πάρκου παραγωγής ηλιακής ενέργειας	720
7.2 Η άδεια λειτουργίας του πάρκου παραγωγής ηλιακής ενέργειας	722
7.3 Τα έξοδα δημιουργίας του πάρκου παραγωγής ηλιακής ενέργειας	733
Κεφάλαιο 8^ο - Το οικονομικό σχέδιο (Financial Plan)	744
8.1 Η χρηματοδότηση του επενδυτικού νόμου και των τραπεζικών δανείων.....	744
8.2 Το κύριο κεφάλαιο και τα οικονομικά στοιχεία	755
8.3 Οι υποθέσεις του οικονομικού σχεδίου.....	766
ΜΕΡΟΣ Γ' – ΕΠΙΛΟΓΟΣ	800
Κεφάλαιο 9^ο - Επίλογος	811
9.1 Γενικά συμπεράσματα	811
9.2 Συμπεράσματα επενδυτικού σχεδίου	811
Βιβλιογραφία	813
Διαδικτυακή	833
Ξενόγλωσση.....	877

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Η κεφαλαιακή διάρθρωση του επενδυτικού σχεδίου	48
Πίνακας 2. Οι επιδόσεις των φωτοβολταϊκών συστημάτων με βάση την γωνία και τον προσανατολισμό της γης	53
Πίνακας 3. Οι τιμές πώλησης με βάση τα kW	55
Πίνακας 4. Τα ποσοστά χρηματοδότησης με βάση την περιοχή εγκατάστασης	56
Πίνακας 5. Η τυπική απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων με βάση την περιοχή εγκατάστασης	711
Πίνακας 6. Η κεφαλαιακή διάρθρωση του επενδυτικού σχεδίου	74
Πίνακας 7. Η τραπεζική χρηματοδότηση ανά περιοχή	757
Πίνακας 8. Οι υποθέσεις & τα οικονομικά στοιχεία του σχεδίου	788

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1. Μερίδιο πηγών ενέργειας στην ενεργειακή κατανάλωση των Η.Π.Α. από το 1776 έως το 2016	5
Διάγραμμα 2. Κατάταξη πηγών ενέργειας παγκοσμίως.....	6
Διάγραμμα 3. Επιδόσεις Ελλάδας στην υιοθέτηση ΑΠΕ.....	20
Διάγραμμα 4. Ποσοστά συμμετοχής στην παραγόμενη ισχύ των δύο βασικών ειδών Φ/Β συστημάτων το 2016	43
Διάγραμμα 5. Το επίπεδο του κεφαλαίου επένδυσης.....	79

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Ηλιακός πύργος.....	8
Εικόνα 2. Σχηματική αναπαράσταση ανεμογεννήτριας.....	9
Εικόνα 3. Διαδριατικός Αγωγός (TAP).....	17
Εικόνα 4. Προτεινόμενος αγωγός για τα κοιτάσματα Κύπρου και Ισραήλ	18
Εικόνα 5. Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύς διαφόρων πηγών ενέργειας στην Ευρώπη	21
Εικόνα 6. Τυπική εμφάνιση κυψελών μονοκρυσταλλικού πυριτίου..	31
Εικόνα 7. Τυπική εμφάνιση κυψελών πολυκρυσταλλικού πυριτίου .	32
Εικόνα 8. Τυπική εμφάνιση κυψελών thin film.....	33
Εικόνα 9. Χαρακτηριστικά εμπορικού Φ/Β πλαισίου της Sharp.....	36
Εικόνα 10. Παράδειγμα καμπύλης Έντασης-Τάσης	37
Εικόνα 11. Παράδειγμα ηλιακού ανιχνευτή	411

Κεφάλαιο 1^ο – Εισαγωγή

1.1 Σκοπός της εργασίας

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) διαδραματίζουν έναν πολύ σημαντικό ρόλο, τα τελευταία χρόνια, στο παγκόσμιο ενεργειακό παιχνίδι, σε ότι αφορά την ικανοποίηση των ενεργειακών μας αναγκών, οι οποίες καλύπτονται σε μεγάλο βαθμό προς το παρόν από τους υδρογονάνθρακες. Σε διεθνές επίπεδο, γίνεται προσπάθεια αυτή η εξάρτηση να μειωθεί, ενώ δημιουργούνται κίνητρα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ. Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη και χρηματοοικονομική αξιολόγηση φωτοβολταϊκού πάρκου της τάξης των 100 kW, το οποίο θα χρηματοδοτηθεί κατά το ήμισυ από κρατική επιδότηση.

1.2 Διάρθρωση της εργασίας

Η εργασία χωρίζεται σε δύο βασικά μέρη, το θεωρητικό και το οικονομοτεχνικό. Το πρώτο μέρος απαρτίζεται από δύο επιμέρους κεφάλαια τα οποία, κυρίως, πραγματεύονται επιστημονικά και τεχνολογικά στοιχεία, αλλά και πολιτικές προεκτάσεις που αφορούν γενικά τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, αλλά και πιο συγκεκριμένα την αγορά των φωτοβολταϊκών. Στο δεύτερο μέρος, γίνεται μια αναλυτική περιγραφή της ελληνικής αγοράς φωτοβολταϊκών και της διαδικασίας που απαιτείται για την επένδυση σε αυτή. Στη συνέχεια, παρατίθενται τα δεδομένα της χρηματοοικονομικής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε στο 8ο κεφάλαιο και τα αποτελέσματα της.

**ΜΕΡΟΣ Α' – ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΕ**

Κεφάλαιο 2^ο – Ο ρόλος των ΑΠΕ σήμερα

2.1 Ιστορία και ορισμοί των ΑΠΕ

2.1.1 Ορισμός και χαρακτηριστικά των ΑΠΕ

Σύμφωνα με το Ελληνικό Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας¹ «*Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα αέρια τα εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια, όπως ορίζει η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ*».

Αντίστοιχα το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας² επισημαίνει πως «*οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες*» και πως «*συντελούν και στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς η αξιοποίησή τους δεν το επιβαρύνει, αφού δεν συνοδεύεται από παραγωγή ρύπων ή αερίων που ενισχύουν τον κίνδυνο για κλιματικές αλλαγές*».

Είναι άμεσα αντιληπτό πως στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας συγκαταλέγονται οι πηγές ενέργειας εκείνες οι οποίες πληρούν κυρίως δύο χαρακτηριστικά: 1) ανανεώνονται σε υψηλό ρυθμό σε σχέση με την ανθρώπινη δραστηριότητα ή είναι σχετικά ανεξάντλητες στο διηνεκές της ανθρώπινης ιστορίας (π.χ. ο ήλιος έχει προσδόκιμο ζωής μερικά δισεκατομμύρια ακόμα χρόνια) και 2) έχουν ελάχιστο σχετικά αρνητικό αντίκτυπο στη φύση και το περιβάλλον. Εδώ να αναφερθεί πως κατά την διερεύνηση των χαρακτηριστικών των ΑΠΕ συναντώνται και όροι όπως «*πράσινη/βιώσιμη/αειφόρος ενέργεια*» ή «*ήπιες μορφές ενέργειας*». Η πρώτη ορολογία έχει στόχο την προσφορότερη χρήση των σχετικών εννοιών στο marketing, ενώ η δεύτερη αφορά την χρήση του φυσικού κύκλου ροής της ενέργειας-στην περίπτωση της βιομάζας, ωστόσο, παρεμβάλλεται καύση, οπότε ίσως ο όρος δεν είναι ο βέλτιστος.

¹ Στο <http://www.ypeka.gr/?tabid=285>, ανακτήθηκε στις 8/11/2017

² Στο http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis.htm, ανακτήθηκε στις 8/11/2017

Εμπειρικά, ο ορισμός μιας πηγής ενέργειας ως ΑΠΕ εξαρτάται εν πολλοίς από το κατά πόσο μπορεί να αντικαταστήσει τις συμβατικές πηγές ενέργειας που βασίζονται στην καύση ορυκτών καυσίμων (κάρβουνο, λιγνίτη, παράγωγα πετρελαίου κλπ.) και να συγκεντρώνει σε ικανό, μάλιστα, βαθμό τα παραπάνω δύο χαρακτηριστικά.

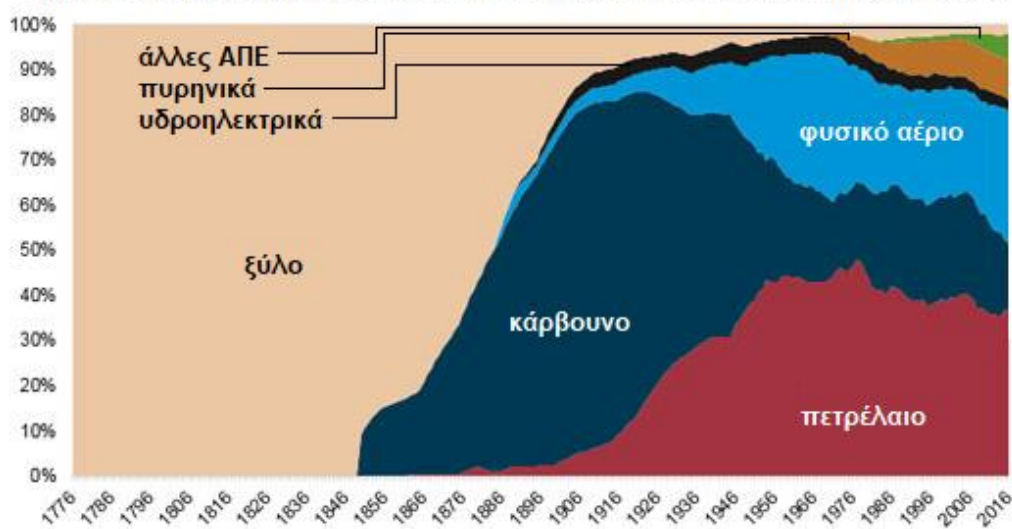
2.1.2 Σύντομο ιστορικό της χρήσης των ΑΠΕ – Από τους μύλους στο θόριο

Οι ΑΠΕ, όπως προαναφέρθηκε, είναι πηγές ενέργειας οι οποίες είναι πρακτικά ανεξάντλητες και με εύκολη προσβασιμότητα. Πρακτικά, οι άνθρωποι, από την αρχή της οργάνωσης των πρώτων ομάδων και κοινωνιών μέχρι και τον 18^ο αιώνα, βασίζονταν ουσιαστικά σε ΑΠΕ. Οι βασικότερες ήταν η βιομάζα, με την καύση ξύλου δέντρων και άλλων φυτών, τα οποία αναγεννιούνταν με μεγαλύτερο ρυθμό από ότι τα κατανάλωνε ο άνθρωπος, και οι ροές αέρα και νερού με τους αντίστοιχους μύλους. Επίσης, πολλοί αρχαίοι λαοί φέρονται να αξιοποιούσαν τον ήλιο και τεχνικές ενεργειακά αποδοτικής δόμησης των σπιτιών τους, ώστε με την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας να διατηρούν σταθερές κλιματικές συνθήκες στα σπίτια τους. Γενικά, οι ΑΠΕ χρησιμοποιούνταν για θέρμανση σπιτιών και φούρνων/καμινιών (αγγειοπλαστική, μεταλλουργία κλπ.) και για κίνηση μηχανών (ανεμόμυλοι, νερόμυλοι) και πλοίων (ιστιοφόρα)³.

Η χρήση του κάρβουνου στους κινητήρες εξωτερικής καύσης, στις ατμογεννήτριες και στις πρώιμες βιομηχανίες της Βιομηχανικής Επανάστασης εκτόξευσε τις ενεργειακές ανάγκες των νέων τότε αστικών και βιομηχανικών κέντρων και οδήγησε στην προσπάθεια εξεύρεση νέων πηγών ενέργειας, πιο αποδοτικών και ευκολότερα προσβάσιμων, σχετικά με τις μέχρι τότε χρησιμοποιούμενες ΑΠΕ. Το κάρβουνο, το οποίο χρησιμοποιούνταν σε μικρές ποσότητες από την αρχαιότητα (σε περιοχές που ήταν εύκολα προσβάσιμο, σε ρηχά σχετικά ορυχεία), σύντομα αντικαταστάθηκε από το πετρέλαιο, αλλά και άλλα ορυκτά καύσιμα, όπως το φυσικό αέριο.

³ Στο https://www.eniday.com/en/education_en/energy-in-ancient-time/, ανακτήθηκε στις 7/11/2017

Μερίδιο Πηγών Ενέργειας στην Ενεργειακή Κατανάλωση των Η.Π.Α., 1776-2016



Διάγραμμα 1. Μερίδιο πηγών ενέργειας στην ενεργειακή κατανάλωση των Η.Π.Α. από το 1776 έως το 2016

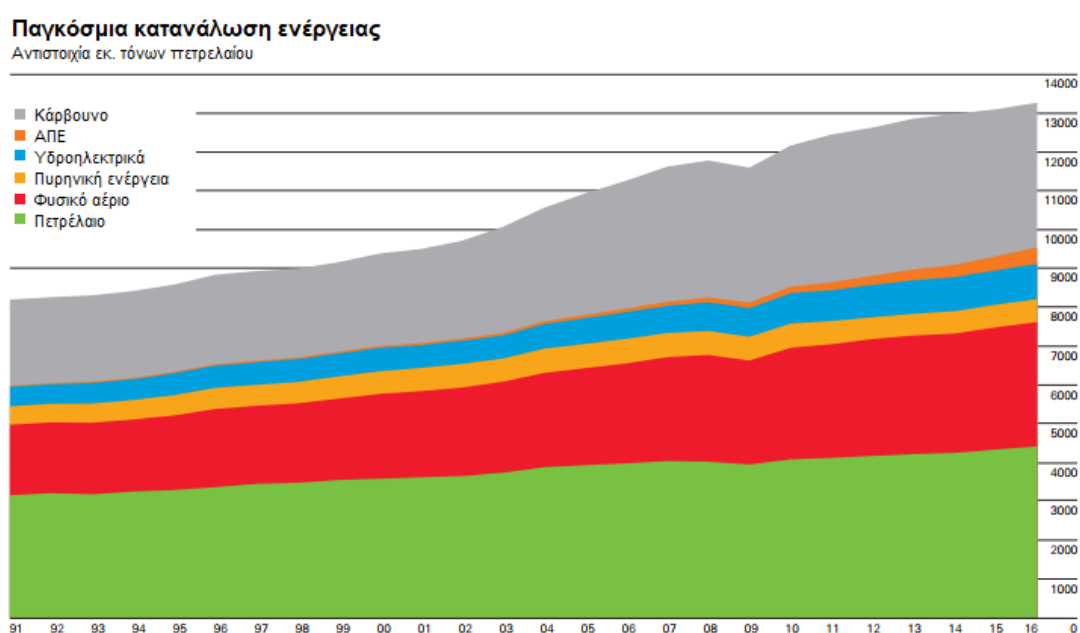
(Πηγή: US Energy Information Administration)

Είναι χαρακτηριστικό πως στις Η.Π.Α., όπως φαίνεται στο πιο πάνω γράφημα, το ξύλο έχει σχεδόν εξαλειφθεί, ενώ το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο συνεχίζουν να συμπιέζουν την χρήση του κάρβουνου. Το γράφημα είναι επίσης ενδεικτικό του ότι η πυρηνική ενέργεια, αν και είχε μια μεγάλη ανάπτυξη κατά το δεύτερο μισό του 20ού αιώνα, οπότε και αναπτύχθηκε και τεχνολογικά, εμφανίζει ένα μικρό συγκριτικά ποσοστό συμμετοχής στο ενεργειακό μίγμα, με τάσεις στασιμότητας έως ελαφράς μείωσης. Αντίστοιχα, οι «άλλες ΑΠΕ» (δηλαδή ηλιακά και αιολικά) επίσης έχουν ελάχιστη συμμετοχή στο ενεργειακό μίγμα των ΗΠΑ, παρά την ραγδαία ανάπτυξή τους.

Πράγματι, οι ΑΠΕ, αν και ήδη από την εποχή της σχεδόν καθολικής υιοθέτησης της ατζέντας της «κλιματικής αλλαγής» (στην αρχή ως «υπερθέρμανσης του πλανήτη»), η οποία θα συζητηθεί παρακάτω, είχαν γνωρίσει ευρεία αποδοχή, δεν στάθηκε δυνατό να αντικαταστήσουν σημαντικά ποσοστά της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας από ορυκτά καύσιμα, όπως φαίνεται και στο επόμενο γράφημα (Διάγραμμα 2), εξαιτίας μίας σειράς σημαντικών παραγόντων.

Οι παράγοντες αυτοί είναι είτε τεχνικοί, είτε πολιτικοί, αμφότερες περιπτώσεις που θα εξετασθούν σε επόμενα κεφάλαια. Άλλωστε, πολλές ακόμα πιθανές κατηγορίες

των ΑΠΕ είτε δεν έχουν τύχει, ακόμα, της προσοχής της επιστημονικής, πολιτικής και επιχειρηματικής κοινότητας (από τη γεωθερμία μέχρι την ενέργεια των ωκεανών), είτε χρησιμοποιούνται ήδη και συνεχίζουν να αναπτύσσονται διαρκώς (φωτοβολταϊκά και αιολική ενέργεια), ενώ για το μέλλον υπάρχουν πολλές ακόμα προοπτικές, όπως η πυρηνική σύντηξη, το «ιερό δισκοπότηρο» των επιστημών της (παραγωγής) ενέργειας, αλλά και οι δυνατότητες η κλασική πυρηνική ενέργεια (σχάση) να μετατραπεί σε αιωνεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τη χρήση ουρανίου προερχόμενο από το θαλασινό νερό ή με τη χρήση του πολλά υποσχόμενου καυσίμου θόριο (περισσότερα σε επόμενη υποενότητα).



Διάγραμμα 2. Κατάταξη πηγών ενέργειας παγκοσμίως

(Πηγή: BP Statistical Review of World Energy, 2017)

Άλλωστε, η συζήτηση για τις ΑΠΕ και τη βιώσιμη ενεργειακή ανάπτυξη, όπως σημειώθηκε παραπάνω, περιστρέφεται γύρω από την οικολογική πτυχή τους (περισσότερο και από την ίδια την έννοια της ανανέωσης), και ειδικότερα γύρω από τη μείωση των εκπομπών CO₂, με την πυρηνική ενέργεια να έχει μηδενικές εκπομπές.

2.1.3 Κατηγορίες των ΑΠΕ

Οι ΑΠΕ σε μεγάλο βαθμό εξαρτώνται από τον ήλιο. Όχι μόνο αυτές που χρησιμοποιούν άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία, αλλά και όσες εξαρτώνται από τις επιπτώσεις της, όπως η αιολική ενέργεια (θέρμανση αερίων μαζών και δημιουργία ανέμων) και η ενέργεια από βιομάζα (η ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών εξαρτάται από την ηλιακή ακτινοβολία). Άλλες οφείλονται σε συνθήκες που αφορούν τη Γη, όπως οι βαρυτικές δυνάμεις (ενέργεια από παλίρροιες), η γεωθερμία και η χημική σύσταση του φλοιού της (εάν καταλογιστούν τα πυρηνικά καύσιμα εν τέλει στις ΑΠΕ).

Μία από τις βασικότερες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις κατηγορίες των ΑΠΕ είναι εάν αυτές είναι στοχαστικές, δηλαδή αν η πρόσβαση σε αυτές είναι και χρονικά και ποσοτικά τυχαίες (ηλιακή και αιολική), ή αν είναι δυνατή η χρήση τους κατά το δοκούν (βιομάζα και γεωθερμία). Παρακάτω θα γίνει μια σύντομη παρουσίαση των βασικών ειδών ΑΠΕ, στην έκταση που αφορά την παρούσα εργασία.

2.1.3.1 Φωτοβολταϊκά και άλλες Ηλιακές διατάξεις

Τα φωτοβολταϊκά αποτελούν μια από τις πλέον διαδεδομένες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, πιθανώς με την μεγαλύτερη έκταση δυνατών χρήσεων, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ενεργειακές εφαρμογές από μικρές ηλεκτρονικές συσκευές και την ηλεκτροδότηση σκαφών θαλάσσης και οικιών, μέχρι την ηλεκτροπαραγωγή βάσης σε εθνικό και διεθνές επίπεδο. Τα φωτοβολταϊκά θα αποτελέσουν το κυρίως θέμα επόμενου κεφαλαίου, για αυτό και η εδώ αναφορά σε αυτά θα περιοριστεί στο ότι πρόκειται για διατάξεις που εκμεταλλεύονται την αλληλεπίδραση του ορατού φωτός, που προέρχεται από τον ήλιο, με ορισμένα υλικά και η οποία δημιουργεί ηλεκτρικό δυναμικό.

Όμως, η ακτινοβολία του ήλιου περιλαμβάνει πολλαπλά μέρη του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, συμπεριλαμβανομένης της υπέρυθρης ακτινοβολίας, η οποία ουσιαστικά είναι αυτή που προσφέρει θερμότητα. Η χρήση της είναι πολύ οικεία στην Ελλάδα και σε χώρες με μεγάλη ηλιοφάνεια μέσω του ηλιακού θερμοσίφωνα, μια διάταξη που προσφέρει ζεστό οικιακό νερό, ενώ και τα

θερμοκήπια, τα οποία χρησιμοποιούνται κατά κόρον στη γεωργία παγκοσμίως, ειδικά σε χώρες με ψυχρότερα κλίματα, βασίζονται σε αυτήν. Οι συσκευές αυτές, εν τέλει, έχουν σε μεγάλο βαθμό προέρθει από τα πρώτα «ηλιακά θερμικά κουτιά» του τέλους του 18^{ου} αιώνα, τα οποία εργαλειοποίησαν την ικανότητα του γυαλιού να «παγιδεύει» την υπέρυθη ακτινοβολία (Perlin, 2013, σ. 118).

Στη σύγχρονη παραγωγή ενέργειας, η υπέρυθη ακτινοβολία έχει ήδη μπει σε ευρεία κλίμακα δοκιμών των λεγόμενων ηλιακών πύργων: πλειάδα (εκατοντάδες έως χιλιάδες) κατόπτρων με ειδική μηχανική διάταξη «ακολουθούν» την πορεία του ήλιου, καθένα αντανακλώντας την ηλιακή ακτινοβολία στο υψηλότερο σημείο ενός πύργου γύρω από τον οποίον τοποθετούνται. Στον πύργο βρίσκεται ειδικό ρευστό υλικό που θερμαίνεται και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την ηλεκτροπαραγωγή μέσω ατμογεννητριών (το υλικό επάγει την θερμότητά του σε σωληνώσεις με νερό). Το σημαντικό πλεονέκτημα των διατάξεων αυτών είναι η δράση του υλικού ως θερμική μπαταρία: με άλλα λόγια, το υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά το δοκούν και όχι στοχαστικά για ηλεκτροπαραγωγή, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και τη νύχτα, ελλείψει ηλιακού φωτός.



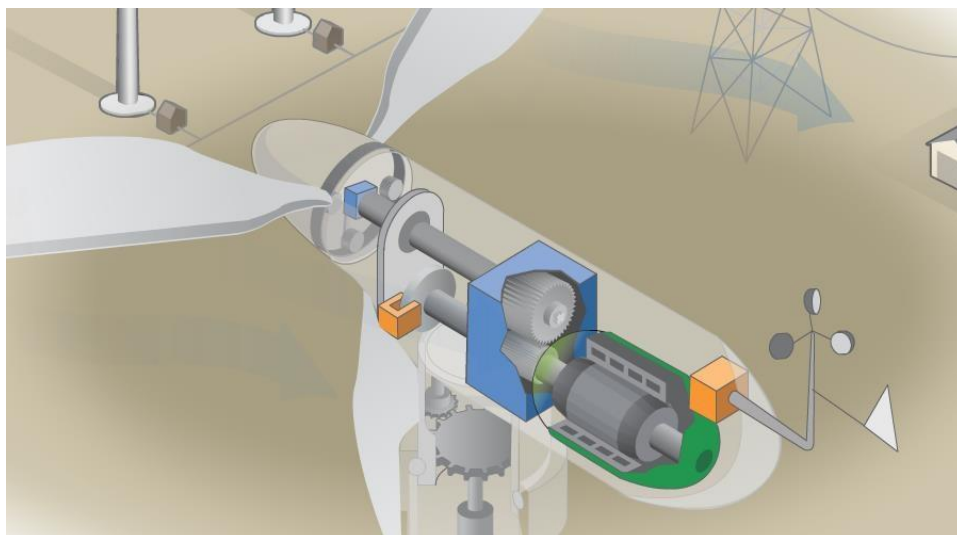
Εικόνα 1. Ηλιακός πύργος

(Πηγή: <https://climatekids.nasa.gov/concentrating-solar/>)

2.1.3.2 Αιολική ενέργεια

Όπως προαναφέρθηκε, η ενέργεια του ανέμου έχει χρησιμοποιηθεί από τον ανθρώπινο παράγοντα για χιλιετίες: από τους ανεμόμυλους που χρησιμοποιούνταν για την επεξεργασία αγροτικών προϊόντων, μέχρι, φυσικά, τα ιστιοφόρα πλοία, τα οποία αποτέλεσαν απαραίτητο και αναντικατάστατο μέσο εξερεύνησης, εμπορίου και, εν τέλει, ανάπτυξης της ανθρωπότητας.

Σήμερα, η αιολική ενέργεια, η κινητική ενέργεια δηλαδή του ατμοσφαιρικού αέρα όταν αυτός υποχρεούται σε δημιουργία ρευμάτων λόγω της θέρμανσης του από τον ήλιο και της δημιουργίας διαφορών πίεσεως, χρησιμοποιείται από τους ανθρώπους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση ευμεγεθών διατάξεων παραπλήσιων σε φιλοσοφία των παραδοσιακών ανεμόμυλων: τεράστιες λεπίδες τοποθετημένες κάθετα στην ροή του ανέμου και περιμετρικά ενός ρότορα παραλαμβάνουν την ενέργεια του ανέμου και περιστρέφουν τον ρότορα, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με ένα μηχανισμό παραπλήσιο του κιβωτίου ταχυτήτων, μετατρέποντας την αργή περιστροφή (1-2 στροφές το λεπτό συνήθως) των λεπίδων σε τάξεις μεγέθους περισσότερες περιστροφές, κινώντας μια ηλεκτρομαγνητική διάταξη και παράγοντας, έτσι, ενέργεια βάση του νόμου του Faraday.⁴



Εικόνα 2. Σχηματική αναπαράσταση ανεμογεννήτριας

(Πηγή: ENERGY.GOV)

⁴ ENERGY.GOV: "How do wind turbines work"

Οι ανεμογεννήτριες, όπως ονομάζονται οι διατάξεις που εκμεταλλεύονται την αιολική ενέργεια, έχουν την δυνατότητα να προσφέρουν καθαρή ενέργεια και είναι από τις πλέον διαδεδομένες μορφές ΑΠΕ, όμως έχουν πολλά συγγενή προβλήματα. Συγκεκριμένα είναι πολύ πιο στοχαστικές από την άλλη σύγχρονη διαδεδομένη ΑΠΕ, τα φωτοβολταϊκά, το οποίο σημαίνει πως πρέπει να γίνεται ιδιαίτερα ενδελεχής μελέτη σχετικά με την τοποθεσία εγκατάστασής τους και την ύπαρξη στατιστικά παρατηρήσιμων ωφέλιμων ροών. Επειδή, όμως η μελέτη των ροών ποτέ δεν αρκεί για τα ιδανικά αποτελέσματα, θα πρέπει, για να είναι αξιόπιστη πηγή ενέργειας τα αιολικά, είτε να γίνεται υπερεγκατάσταση ισχύος, δηλαδή να εγκαθίστανται πολλαπλάσιας ισχύος ανεμογεννήτριες, σε διαφορετικές τοποθεσίες, ώστε να υπάρχει μια κάποια ασφάλεια στην παραγωγή ενέργειας⁵, είτε, και το πιο αξιόπιστο, να υπάρχει πρόβλεψη υποκατάστασης: δημιουργία διατάξεων αποθήκευσης τυχόν πλεονάζουσας ενέργειας (μπαταρίες ή αποταμιευτήρες νερού) ή και χρήση ηλεκτρογεννητριών φυσικού αερίου. Η αιολική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για απομακρυσμένες περιοχές και σε συνδυασμό με διατάξεις υποκατάστασης και φωτοβολταϊκών, εφόσον δεν υπάρχει κάποια εναλλακτική λύση (όπως συμβαίνει πχ στα ελληνικά νησιά και τη διασύνδεση με την ηπειρωτική χώρα).

Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να αποτελέσουν μια πολύ καλή «καθαρή» εναλλακτική πηγή μέρους της απαιτούμενης ενέργειας βάσης, όταν μπορούν να διοχετευτούν σε ένα εξαιρετικά ενεργοβόρο μεγάλο δίκτυο. Παραδείγματος χάριν, η Δανία, ευρισκόμενη πλησίον μεγάλων βιομηχανικών χωρών, όπως η Γερμανία και η Νορβηγία, μπορεί να εξάγει στοχαστική αιολική ενέργεια, η οποία διοχετεύεται στο ευρύτερο «γειτονικό» ευρωπαϊκό δίκτυο, χρησιμοποιώντας η ίδια ένα μικρό ποσοστό των πιο σταθερών πηγών ενέργειας των γειτόνων της. Με αυτήν την πρακτική η Δανία εμφανίζει συχνά μια εικονική υπερκάλυψη του 100% των ενεργειακών της αναγκών από ΑΠΕ⁶. Όμως, η εγκατάσταση των αιολικών έρχεται με μεγάλο κόστος για τον καταναλωτή, καθώς η Δανία και η Γερμανία (στην οποία εγκαταστάθηκε το 44% των νέων αιολικών το 2016⁷), οι οποίες θεωρούνται πρωτοπόρες στις ΑΠΕ και ειδικά στα αιολικά έχουν και τις υψηλότερες τιμές ηλεκτρικού ρεύματος για τα

⁵ Είναι χαρακτηριστικό πως βάσει της τελευταίας έκθεσης του Wind Europe, ενώ η εγκαταστημένη ισχύς στην Ευρώπη σε αιολικά ανήρθε σε ποσοστό 17% της συνολικής, μόλις το 10,4% των αναγκών σε ενέργεια το 2016 παράχθηκε από αιολικά.

⁶ INDEPENDENT: "Denmark runs entirely on wind energy for a day"

⁷ WIND EUROPE: "Wind in power: 2016 European statistics" (σελ. 17)

νοικοκυριά στην Ε.Ε.⁸. Άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα της αποσταθεροποίησης που εισάγει η αιολική ενέργεια στο σύστημα διανομής και παροχής ενέργειας είναι η πρόσφατη περίπτωση που η Γερμανία αναγκάστηκε να πουλήσει ενέργεια με αρνητικές τιμές, ώστε να αποσυμφορήσει το δίκτυο από πλεονάζουσα ενέργεια προερχόμενη από τα αιολικά της και άλλες ΑΠΕ, το οποίο φυσικά τα ΜΜΕ αναπαρήγαγαν ως κάτι θετικό⁹. Φυσικά, η αιολική ενέργεια αποτελεί μια από τις πλέον καθарές μορφές ενέργειας, η χρήση της, όμως, πρέπει να προχωρήσει με ιδιαίτερη προσοχή τόσο ως προς τις ανάγκες των εκάστοτε αγορών σε συνεχή και απρόσκοπτη παραγωγή ενέργειας, όσο και ως προς το κόστος παραγωγής ενέργειας και, φυσικά, ως προς την αποκατάσταση των περιοχών εγκατάστασης ανεμογεννητριών μετά το πέρας του χρόνου ζωής τους (20 με 30 περίπου χρόνια), παράμετρος που ακόμα δεν έχει απασχολήσει την διεθνή κοινότητα ιδιαίτερα.

2.1.3.3 Βιομάζα και βιοκαύσιμα

Για τη βιομάζα το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας δίνει τον εξής ορισμό: *«Γενικά, ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο.»*

Αντίστοιχα, το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας ορίζει πως: *«Βιομάζα είναι το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων που προέρχονται από τη γεωργία, (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τις συναφείς βιομηχανίες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων, όπως ορίζει η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ.»*

Στη βιομάζα περιλαμβάνονται: α) φυτικά και δασικά υπολείμματα (καυσόξυλα, κλαδοδέματα, άχυρα, πριονίδια, ελαιοπυρήνες, κουκούτσια), β) ζωικά απόβλητα (κοπριά, άχρηστα αλιεύματα), γ) ενεργειακές καλλιέργειες, δηλαδή φυτά ιδανικά για χρήση ως πηγή ενέργειας, δ) αστικά απορρίμματα, ε) υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων και της αγροτικής βιομηχανίας και, τέλος, στ) το βιοαποικοδομήσιμο

⁸ EUROSTAT: Electricity prices, second half of year, 2014-2016 (EUR per kWh)

⁹ FORTUNE: "Why Germany Is Paying People to Use Electricity"

κλάσμα των αστικών λυμάτων. Όλα τα παραπάνω είδη βιομάζας χρησιμοποιούνται κυρίως με δύο τρόπους: είτε απευθείας καύση για την παραγωγή θερμικής και σε δεύτερο επίπεδο και ηλεκτρικής ενέργειας, είτε μέσω της παραγωγής υγρών βιοκαυσίμων, όπως η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ.

Τα βιοκαύσιμα αποτελούν μια εξαιρετική εναλλακτική πηγή ενέργειας, καθώς σε μεγάλο βαθμό λύνουν και το πρόβλημα των αστικών και όχι μόνο απορριμμάτων, είναι αληθινά ανανεώσιμα, αφού προέρχονται από το χημικό κύκλο της φωτοσύνθεσης, άρα αποτελούν ουσιαστικά μέσα αποθήκευσης της ηλιακής ενέργειας, ενώ και τυχόν εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατά την καύση τους, πρακτικά εξισορροπούνται και αντιστρέφονται από την κατανάλωση CO₂ κατά την παραγωγή τους. Ωστόσο, εν προκειμένω θα πρέπει να σημειωθεί πως ενυπάρχουν δύο σημαντικοί κίνδυνοι στην εξάπλωση της βιομάζας ως ΑΠΕ, ειδικότερα των βιοκαυσίμων: εάν αυξηθεί υπέρμετρα η καλλιέργεια ενεργειακών φυτών σε περιοχές που ήταν ούτως ή άλλως πλούσιες σε βλάστηση (π.χ. δάση), τότε το ισοζύγιο του άνθρακα γίνεται αρνητικό, ενώ εάν υποκαταστήσουν μεγάλες εκτάσεις βρώσιμων καλλιεργειών, τότε δημιουργείται επισιτιστικός κίνδυνος. Για αυτό και η Ε.Ε. είναι ιδιαίτερα προσεκτική με το ανάλογο νομοθετικό πλαίσιο¹⁰.

2.1.3.4 Υδροηλεκτρικά και άλλες μορφές ενέργειας από ύδατα

Με βάση τον ορισμό του Υπουργείου Περιβάλλοντος και ενέργειας «η Υδροηλεκτρική Ενέργεια είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια». Όπως και στην περίπτωση της αιολικής ενέργειας, παραλαμβάνεται μέσω πτερωτών η κινητική ενέργεια του ρευστού και μετατρέπεται μέσω των κατάλληλων διατάξεων σε ηλεκτρική. Η διαφορά είναι πως εδώ χρησιμοποιείται η βαρύτητα πρωτίστως, καθώς γίνεται εκμετάλλευση της ροής των υδάτων από υψηλότερα επίπεδα προς χαμηλότερα (θα μπορούσε να θεωρηθεί εμμέσως πως κι εδώ πρόκειται για εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, αφού το νερό φτάνει σε υψηλότερα επίπεδα λόγω βροχοπτώσεων, προκαλούμενων από την εξάτμιση των επιφανειακών υδάτων).

¹⁰ Ευρωπαϊκή Επιτροπή: Biofuels

Τα ύδατα δεσμεύονται σε φυσικές ή τεχνητές λίμνες με τη χρήση φραγμάτων και διοχετεύονται σε έναν Υδροηλεκτρικό Σταθμό προγραμματισμένα. Αυτό σημαίνει πως, εφόσον υπάρχει επάρκεια αποταμιευμένων ποσοτήτων υδάτων, η Υδροηλεκτρική Ενέργεια δεν είναι στοχαστική, σε αντίθεση με την Αιολική και τα Φωτοβολταϊκά. Αν και πρόκειται για έργα με μεγάλη παρέμβαση στο φυσικό τοπίο, εν τούτοις ο τρόπος λειτουργίας τους μπορεί να έχει επιπρόσθετα περιβαλλοντικά οφέλη, καθώς δημιουργούνται νέοι υδροβιότοποι (π.χ. λίμνη Πλαστήρα στην Ελλάδα). Θα πρέπει να σημειωθεί πως τα λεγόμενα Μικρής κλίμακας Υδροηλεκτρικά Έργα (ΜΥΗΕ) είναι μια υποκατηγορία Υ/Η τα οποία είναι κυρίως «συνεχούς ροής», άρα δεν περιλαμβάνουν ουσιαστική αποταμίευση ύδατος ή εκτενή έργα πολιτικού μηχανικού. Γενικά στο σύνολό τους τα Υ/Η αποτελούν μια εξαιρετικά «καθαρή» εναλλακτική μορφή ενέργειας, με ελάχιστη επιβάρυνση του περιβάλλοντος εάν γίνουν με σωστό σχεδιασμό, με βασικό μειονέκτημα την ανάγκη ύπαρξης εξ αρχής κατάλληλων γεωμορφολογικά τοποθεσιών.

2.1.3.5 Γεωθερμία

Σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας «η γεωθερμία είναι μια ήπια και πρακτικά ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, που μπορεί με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες να καλύψει ανάγκες θέρμανσης και ψύξης, αλλά και σε ορισμένες περιπτώσεις να παράγει ηλεκτρική ενέργεια», ενώ «προσφέρει ενέργεια χαμηλού κόστους, ενώ δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με εκπομπές βλαβερών ρύπων».

Πρακτικά η γεωθερμία αφορά την εκμετάλλευση της εγκλωβισμένης θερμότητας σε μεγάλες υδάτινες μάζες σε σχετικά μεγάλα βάθη του υπεδάφους. Ανάλογα με τη θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού ή ατμού, η οποία ποικίλει ανάλογα με την περιοχή και μπορεί να κυμανθεί από 25° C μέχρι 360° C, χρησιμοποιείται για θερμικές χρήσεις ή, στην περίπτωση που ξεπερνά τους 150° C), για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι θερμικές της χρήσεις βρίσκονται κυρίως στην θέρμανση θερμοκηπίων, αλλά και στις υδατοκαλλιέργειες, ενώ πολλές φορές χρησιμοποιείται για τηλεθέρμανση, την θέρμανση δηλαδή οικιστικών κτιρίων και περιοχών. Στην Ελλάδα θα μπορούσε να

εφαρμοστεί ευρέως για την θερμική αφαλάτωση του θαλασσινού νερού, ώστε να τροφοδοτούνται τα νησιά του Αιγαίου που βρίσκονται στο ηφαιστειακό τόξο με πόσιμο νερό, σε χαμηλότερο κόστος από την παροχή με υδροφόρες.

2.1.3.6 Πυρηνική ενέργεια

Όπως αναφέρθηκε, οι δύο βασικές πτυχές των ΑΠΕ είναι η μακρά βιωσιμότητα των αποθεμάτων ενέργειας (να ανανεώνονται δηλαδή τα αποθέματα πιο γρήγορα από ότι η ανθρωπότητα μπορεί να τα καταναλώσει) και η προστασία του περιβάλλοντος. Εδώ και πολλά χρόνια οι υπέρμαχοι των πυρηνικών υποστηρίζουν πως οι αντιδραστήρες πυρηνικής σχάσης μπορούν να θεωρηθούν ως ΑΠΕ, καθώς, όχι μόνο παράγουν μηδενικές εκπομπές CO₂, αλλά πλέον από πολλούς επιστήμονες γίνεται συζήτηση γύρω από τη διαφορά ανάμεσα στο «ανανεώσιμη» και «βιώσιμη» ενέργεια. Ουσιαστικά, εάν μια πηγή ενέργειας είναι αρκετή ώστε να καλύψει τις ανάγκες για πάρα πολλές γενιές στο μέλλον, λαμβανομένης υπόψιν της αυξητικής τάσης των αναγκών αυτών, τότε μπορεί να θεωρηθεί βιώσιμη, ιδιότητα που θεωρείται το ίδιο σημαντική με το ανανεώσιμη. Επί παραδείγματι, το απαραίτητο για τη λειτουργία των πυρηνικών αντιδραστήρων ουράνιο θα μπορεί στο μέλλον να προέρχεται από το θαλασσινό νερό, το οποίο υπολογίζεται πως εμπεριέχει 4.5 δις τόνους ουρανίου, που πιθανόν να μπορεί να χαρακτηριστεί και ανανεώσιμο, λαμβάνοντας υπόψιν τους χημικούς κύκλους του μανδύα της γης. (Conca, 2016)

Επιπροσθέτως, η διαρκής έρευνα αναφορικά με το θόριο, ένα πιθανό υποκατάστατο του ουρανίου, δίνει συνεχώς θετικές προοπτικές για θέματα ρύπανσης: κινέζοι ερευνητές θεωρούν ότι παράγει τρεις τάξεις μεγέθους λιγότερα απόβλητα από το ουράνιο, ενώ ερευνητές από τις Η.Π.Α. μιλάνε για δύο τάξεις μεγέθους λιγότερα απόβλητα. Εκτός αυτού, δύο βασικά χαρακτηριστικά του κύκλου λειτουργίας του το καθιστούν ασφαλέστερο: η διαδικασία είναι πιο ελεγχόμενη (δεν προκαλείται αλυσιδωτή αντίδραση), ενώ το καύσιμο βρίσκεται σε υγρή μορφή, άρα μπορεί να αποστραγγιστεί σε περίπτωση κινδύνου ατυχήματος. (Warmflash, 2015)

Φυσικά, όλα τα παραπάνω αφορούν την πυρηνική σχάση, με το «ιερό δισκοπότηρο», όπως προαναφέρθηκε, των επιστημών της ενέργειας να αποτελεί η δυνατότητα

παραγωγής ενέργειας μέσω πυρηνικής σύντηξης, τον τρόπο δηλαδή που παράγει ο Ήλιος ενέργεια, αλλά και ο τρόπος με τον οποίον δημιουργήθηκαν τα χημικά στοιχεία στο σύμπαν. Η μέθοδος δεν πρέπει να συγχέεται με την λεγόμενη ψυχρή σύντηξη, η οποία πλέον αποτελεί μια «τοξική» ορολογία¹¹. Η πυρηνική σύντηξη ως ελεγχόμενη μέθοδος παραγωγής χρησιμοποιήσιμης ενέργειας από τον άνθρωπο βρίσκεται ακόμα σε πειραματικά στάδια και για ειδικές κατασκευές, όπως η προώθηση διαστημικών σκαφών¹², αλλά εάν προχωρήσει σημαίνει πως με ελάχιστα καύσιμα προερχόμενα από το νερό θα μπορεί η ανθρωπότητα να παράγει τεράστιες ποσότητες σχεδόν απόλυτα καθαρής ενέργειας.

2.2 Πολιτική, οικονομική και κοινωνική σημασία των ΑΠΕ

2.2.1 Ενεργειακή εξάρτηση και Ρεαλισμός

Η ενέργεια αποτελεί ένα σημαντικό πυλώνα της παγκόσμιας ιστορίας τους τελευταίους δύο αιώνες, καθώς η ανακάλυψη όλο και περισσότερων και αποδοτικότερων πηγών και μορφών της, τόσο περαιτέρω προχωρούσε η βιομηχανική επανάσταση και η τεχνολογική και επιστημονική ανάπτυξη, οι οποίες οδήγησαν σε μια σειρά εξελίξεων την ανθρωπότητα, όπως το καπιταλιστικό μοντέλο στην οικονομία, η ανάδειξη της μεσαίας αστικής τάξης και η παγκοσμιοποίηση. Όμως, για να γίνει αντιληπτός ο ρόλος της ενέργειας στο σύγχρονο παγκοσμιοποιημένο πολιτικό σκηνικό, πρέπει να γίνει πρώτα μια καταγραφή του σκηνικού αυτού. Η επιστήμη των Διεθνών Σχέσεων έχει αναδείξει διάφορες θεωρητικές βάσεις για την περιγραφή του κόσμου τις τελευταίες δεκαετίες, όμως αυτή που γενικά έχει επικρατήσει, είναι η θεωρία του Ρεαλισμού.

Ο Ρεαλισμός στον πυρήνα του έχει την παραδοχή πως οι Διεθνείς Σχέσεις έχουν ως αντικείμενο κράτη των οποίων απώτερος σκοπός είναι η δική τους ασφάλεια και ευημερία, καθενός ξεχωριστά έναντι των υπολοίπων. Αυτή η παραδοχή οδηγεί στη μελέτη των Διεθνών Σχέσεων ως προς τις προσπάθειες των κρατών να υπερισχύσουν

¹¹ POPULAR MECHANICS: "In Cold Fusion 2.0, Who's Scamming Whom?"

¹² EXTREME TECH: "NASA-Funded Startup to Build Fusion-Powered Rockets"

το καθένα έναντι του άλλου. Αυτό συνοψίζεται στα λόγια του Morgenthau πως «η διεθνής πολιτική είναι, όπως κάθε άλλου είδους πολιτική, μια διαμάχη για ισχύ»¹³.

Άλλες σημαντικές διευκρινήσεις και προσεγγίσεις στο τι είναι ο Ρεαλισμός και γιατί ισχύει σήμερα έρχονται από τον Mearsheimer, ο οποίος στο έργο του «*Η τραγωδία των πολιτικών των Μεγάλων Δυνάμεων*»¹⁴ θεωρεί πως ο Ρεαλισμός είναι βαθιά ριζωμένος στο οικοδόμημα των Διεθνών Σχέσεων και για αυτό η όποια ισορροπία μεταξύ των Μεγάλων Δυνάμεων είναι εύθραυστη (Mearsheimer, 2001, σ.20), καθώς και από τον Waltz, ο οποίος στο έργο του «*Άνθρωπος, Κράτος και Πόλεμος*»¹⁵ παρουσιάζει ουσιαστικά τρεις κλιμακωτές «εικόνες»¹⁶ επεξήγησης των διεθνών συγκρούσεων, ξεκινώντας από τον άνθρωπο και καταλήγοντας στο διεθνές, άναρχο κατά τον Ρεαλισμό, σύστημα.

Η σύντομη αυτή ανασκόπηση της θεωρίας του Ρεαλισμού είναι απαραίτητη για την κατανόηση των επομένων υποενοτήτων, όπου και επεξηγείται ουσιαστικά γιατί η ενέργεια έχει τόσο σημαντικό ρόλο στην διεθνή πολιτική, ως εχέγγυο και προαπαιτούμενο της ευημερίας και της ασφάλειας των σύγχρονων κοινωνιών και οικονομιών.

2.2.1.1 Ορυκτά καύσιμα και η πολιτική των αγωγών

Όπως γίνεται κατανοητό από τα στοιχεία περί των ποσοτώσεων των χρησιμοποιούμενων πηγών ενέργειας στο παγκόσμιο ενεργειακό μίγμα που δόθηκαν σε προηγούμενη υποενοότητα, τα ορυκτά καύσιμα επιτελούν κυρίαρχο ρόλο στην παγκόσμια παραγωγή ενέργειας. Για αυτό και αποτελούν εδώ και δεκαετίες βασικό διακύβευμα της διεθνούς πολιτικής, ειδικά των πιο ανεπτυγμένων χωρών. Αν και εκ πρώτης όψεως η συζήτηση περί ορυκτών καυσίμων φαίνεται παράταιρη στο παρόν έργο, εν τούτοις η αλήθεια είναι εντελώς διαφορετική: οι ΑΠΕ θα μπορούσαν να καλύψουν στο μέλλον μεγαλύτερο ποσοστό της απαιτούμενης ισχύος βάσης σε εθνικό και διεθνές επίπεδο, άρα να υποκαταστήσουν τα ορυκτά καύσιμα και, έτσι, να

¹³ Online Εγκυκλοπαίδεια της Φιλοσοφίας του Stanford: Political Realism in International Relations

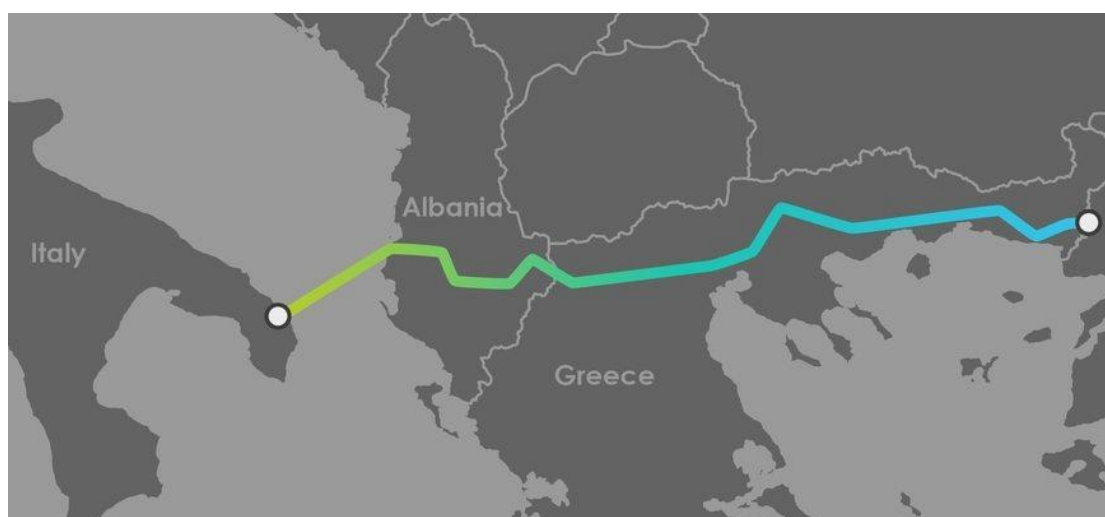
¹⁴ Mearsheimer, J. (2001). *The Tragedy of the Great Power Politics*, USA, Norton and Company Inc.

¹⁵ Waltz, K. (2001) *Man, the State, and the War: A Theoretical Analysis*, Columbia University Press

¹⁶ Διεθνής σύγκρουση και ανθρώπινη συμπεριφορά (Κεφ 2ο); Διεθνής σύγκρουση και εσωτερική δομή των κρατών (Κεφ. 4ο); Διεθνής σύγκρουση και διεθνής αναρχία (Κεφ. 6ο)

αμβλύνουν την σημαντικότητα των πηγών πετρελαίου και των αγωγών στην διεθνή πολιτική σκηνή.

Ειδικά στην Ελλάδα η όλη πολιτική των αγωγών έχει πολυδιάστατη σημασία. Εκτός των πρόσφατων σχετικά κινητοποιήσεων των Ελληνικών Κυβερνήσεων για περαιτέρω διερεύνηση των πιθανών κοιτασμάτων ορυκτών καυσίμων στην Ελληνική επικράτεια (ζήτημα που άπτεται του ευρύτερου πλαισίου των ΑΟΖ και της υφαλοκρηπίδας και τα οποία ξεφεύγουν από το σκοπό της παρούσας εργασίας), η Ελλάδα έχει ορισμένα σημαντικά πιθανά οφέλη από τη μετατροπή της σε ενεργειακό κόμβο.



Εικόνα 3. Διαδριατικός Αγωγός (TAP)

(Πηγή: <https://pipelinesinternational.com/2017/06/27/tap-donates-utility-vehicles-greek-communities/>)

Πρώτα από όλα καθίσταται ακόμα σημαντικότερη η θέση της εντός της Ευρωπαϊκής ένωσης και της Ευρώπης γενικότερα, καθώς με το Αζέρικο φυσικό αέριο του αγωγού TAP γίνεται κόμβος για την τροφοδοσία της Ευρώπης και την, μερική έστω, απεξάρτησή της από τα Ρωσικά ορυκτά καύσιμα. Επιπροσθέτως, μπαίνει σε μια λογική συνεργασίας με την Τουρκία, η οποία μπορεί να δίνει στη γείτονα χώρα διαπραγματευτικά χαρτιά απέναντι στην Ε.Ε., αλλά την καθιστά και οικονομικό εταίρο της Ελλάδας, πράγμα που σημαίνει πως τα οικονομικά οφέλη του αγωγού έρχονται σε αντιπαράθεση με την προκλητικότητα της εξωτερικής της πολιτικής (έστω βραχυ-μεσοπρόθεσμα).

Εάν συνδυαστεί η εξάρτηση της παγκόσμιας οικονομίας από τα ορυκτά καύσιμα με τις αρχές του Ρεαλισμού (βλ. παραπάνω), γίνεται άμεσα αντιληπτό πως οποιαδήποτε χώρα μπορεί να εκμεταλλευτεί τη θέση της για να συμμετάσχει στις διεθνείς διεργασίες που αφορούν, όχι μόνο την παραγωγή, αλλά και τη διανομή των ενεργειακών πόρων με τέτοιο τρόπο ώστε να αυξήσει τη σχετική ισχύ της έναντι εταίρων, ουδέτερων και εχθρικά διακείμενων χωρών. Η Ελλάδα και η Κύπρος έχουν, άλλωστε, στο άμεσο μέλλον τη δυνατότητα να πρωταγωνιστήσουν στην πολιτική των αγωγών στην ευρύτερη περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου, με τη πιθανή διασύνδεση τους με το Ισραήλ και τα πλούσια προσφάτως ανακαλυφθέντα κοιτάσματά του φυσικού αερίου.



Εικόνα 4. Προτεινόμενος αγωγός για τα κοιτάσματα Κύπρου και Ισραήλ

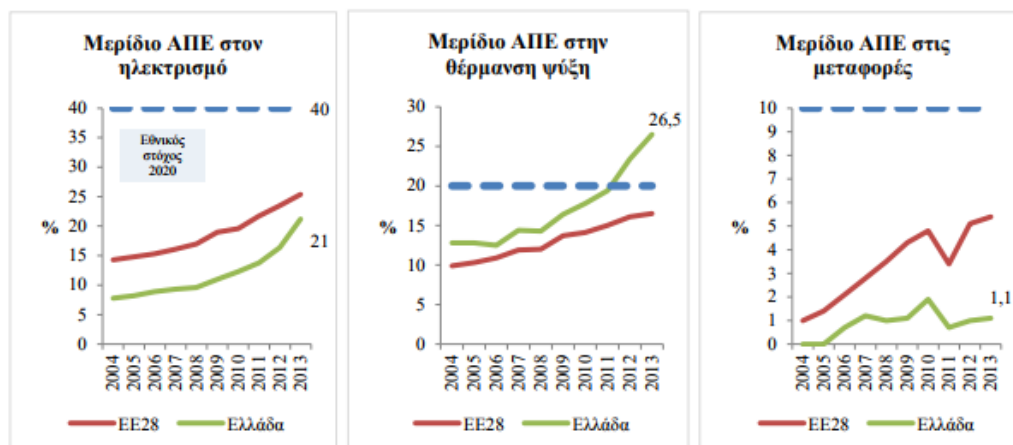
(Πηγή: <http://www.edison.it/en/eastmed-pipeline>)

Εάν αυτό συνδυαστεί με δυνατότητες απεξάρτησης της ίδιας από τα ορυκτά καύσιμα, έστω και μερικώς, μέσω ΑΠΕ, τότε αυξάνεται ακόμα περισσότερο η αναγκαιότητα για ένα ρεαλιστικά ενεργό στη διεθνή πολιτική του κράτος να εντάξει τις ΑΠΕ στο ενεργειακό του μίγμα. Όπως θα περιγραφεί στην επόμενη υποενότητα, η Ελλάδα έχει σημαντικές δυνατότητες μερικής απεξάρτησης από εισαγόμενους ενεργειακούς πόρους, συνδυάζοντας ορθή διαχείριση του φυσικού ορυκτού πλούτου της (λιγνίτης) και των καταφανών δυνατοτήτων της στην εκμετάλλευση των ΑΠΕ.

2.2.1.2 Πτυχές εθνικής ενεργειακής στρατηγικής

Η Ελλάδα βρίσκεται σε μια γεωγραφική θέση που εμπεριέχει πολλές αποσταθεροποιητικές τάσεις, τόσο λόγω των σχέσεών της με τους γείτονές της, όπως και με την εγγύτητά της με την Μέση Ανατολή και τις ροές τόσο προσφύγων & παράνομων οικονομικών μεταναστών, όσο και ενεργειακών πόρων. Ήδη έχει δοθεί μια περιγραφή της σημασίας της ενέργειας στις διεθνείς σχέσεις και ειδικότερα σε ότι αφορά την Ελλάδα, και του πώς στην εξέλιξη της εξωτερικής πολιτικής της χώρας μπορεί να παίζει ρόλο η υιοθέτηση των ΑΠΕ και η απεξάρτηση από τις εισαγωγές ενεργειακών πόρων. Η Energy International Agency στην τελευταία της έκθεση για την Ελλάδα αναφέρει σχετικά με την ενεργειακή ασφάλεια της χώρας (σ. 12) πως ο λιγνίτης αποτελεί καίριο στρατηγικό παράγοντα, αναγνωρίζοντας, όμως, τις υποχρεώσεις απομείωσης εκπομπών από καύση υδρογονανθράκων και την υπερεπάρκεια σε αποθέματα ΑΠΕ, συνιστά την περαιτέρω εκμετάλλευση των ΑΠΕ αυτών, ειδικά ως παράγοντα ενεργειακής ασφάλειας.

Η ΕΙΑ θεωρεί τα ΑΠΕ ως τον πρωταρχικό ειδικό στόχο της Ελληνικής πολιτείας σε θέματα ενέργειας (σ. 14), καθώς έχει αποδειχθεί από την τελευταία έκθεση του 2011 πως η ανάπτυξη των ΑΠΕ, κυρίως στα φωτοβολταϊκά, είναι σημαντική, με ορισμένες επιφυλάξεις για τα αιολικά. Τα κόστη για την υιοθέτηση των ΑΠΕ από την πολιτεία ανέβηκαν πολύ, για αυτό και ενδιάμεσα έγιναν ορισμένες σημαντικές διορθώσεις (περισσότερα περί επιδοτήσεων τιμών σε επόμενο κεφάλαιο). Πράγματι, διαχρονικά την τελευταία δεκαετία και πλέον, οι ελληνικές Κυβερνήσεις έχουν προβεί σε ορισμένα βήματα για την υιοθέτηση των ΑΠΕ, με την οικονομική κρίση να αποτελεί καθοριστικό παράγοντα επιβράδυνσης των επενδύσεων. Στο παρακάτω γράφημα από την αντίστοιχη μελέτη του IOBE, διαφαίνεται πως ενώ στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής ακολουθούμε κατά πόδας την Ευρώπη, έχουμε ακραίες επιδόσεις στον τομέα της ψύξης-θέρμανσης (υπέρβαση στόχου για το 2020) και στον τομέα των μεταφορών (εξαιρετικά αρνητικές επιδόσεις).



Διάγραμμα 3. Επιδόσεις Ελλάδας στην υιοθέτηση ΑΠΕ

(Πηγή: IOBE, Eurostat)

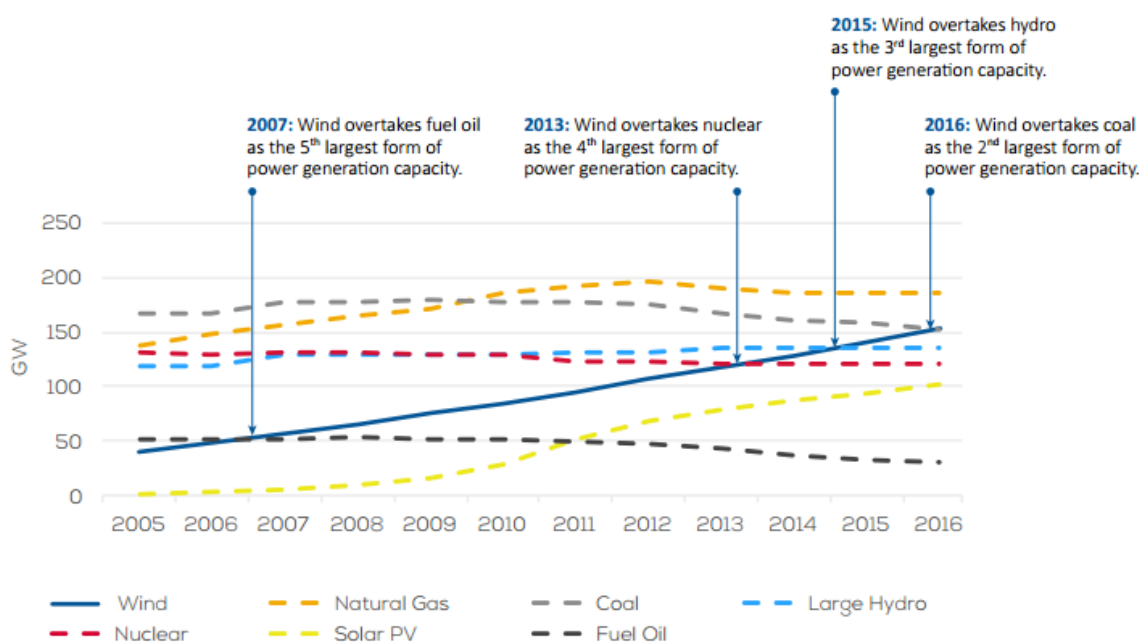
Εμβάθυνση στις προωθητικές πολιτικές της Ελληνικής Πολιτείας, ειδικά στο ζήτημα των φωτοβολταϊκών, θα πραγματοποιηθεί σε επόμενο κεφάλαιο.

2.2.2 Μικροοικονομικές και Μακροοικονομικές συνέπειες

2.2.2.1 ΑΠΕ και ανάπτυξη

Οι ΑΠΕ αποτελούν εδώ και αρκετά χρόνια μια εξαιρετικά ακμάζουσα βιομηχανία. Σύμφωνα με το Wind Europe στην τελευταία του έκθεση, μόνο σε αιολική ενέργεια και μόνο στην Ευρώπη, προστέθηκαν 12,5 GW εγκατεστημένης ισχύς αιολικής ενέργειας το 2016, ανεβάζοντάς την στη δεύτερη θέση των συνολικών πηγών ενέργειας στην Ευρώπη. Όμως, η συνεχής ενασχόληση σε ερευνητικό και επενδυτικό επίπεδο με τις ΑΠΕ δεν έρχεται χωρίς κάποιους κινδύνους. Όπως θα αναλυθεί παρακάτω, ο βασικός μοχλός πίεσης για την εξάπλωση των ΑΠΕ είναι οι κίνδυνοι της κλιματικής αλλαγής, όμως το μοντέλο μετάβασης σε μια οικονομία ανεξαρτημένη από τον άνθρακα δεν είναι απαραίτητα τόσο ευθύ και απλό. Παραδείγματος χάριν, σύμφωνα με τους Safarzyńska και van den Bergh (2017), οι οποίοι εφάρμοσαν ένα agent-based μοντέλο για να συμπεριλάβουν όλες τις πιθανές κοινωνικο-οικονομικές διεργασίες, η μετάβαση στις ΑΠΕ θα έπρεπε να είναι σταδιακή, μετατρέποντας αρχικά τις μονάδες παραγωγής ενέργειας με κάρβουνο σε αντίστοιχες με φυσικό αέριο, το οποίο παράγει πολύ λιγότερες εκπομπές CO₂. Με

αυτόν τον τρόπο η μετάβαση θα είναι πολύ πιο ομαλή, άρα και πιο ασφαλής για το μέλλον των ΑΠΕ.



Εικόνα 5. Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύς διαφόρων πηγών ενέργειας στην Ευρώπη

(Πηγή: Wind Europe)

Άλλωστε, αυξάνονται στη διεθνή βιβλιογραφία οι επισημάνσεις πως οι ΑΠΕ δεν συνδέονται άμεσα με την οικονομική ανάπτυξη. Οι Afonso, Marques και Fuinhas σε μια έρευνά τους την περίοδο 1995-2013 σε 28 χώρες κατέληξαν στο συμπέρασμα πως οι ΑΠΕ δεν βοήθησαν στην οικονομική ανάπτυξη των χωρών αυτών, σε αντίθεση με τις μη-ΑΠΕ. Οι Marques και Fuinhas (2012) άλλωστε έχουν υποστηρίξει πως οι ΑΠΕ μπορεί και να δημιουργούν βάρη στην αναπτυξιακή προοπτική, όπως και άλλοι συγγραφείς (Bhattacharya, Paramati, Ozturk & Bhattacharya, 2016; Dogan, 2015; Ocal & Aslan, 2013) έχουν αμφισβητήσει τη θετική επιρροή των ΑΠΕ στην ανάπτυξη.

2.2.2.2 Ανεργία και απασχόληση

Από την εποχή των Λουδιτών¹⁷, κάθε καινούρια εξέλιξη στην επιστήμη, την τεχνολογία και, εν τέλει, την οικονομία αντιμετωπίζεται με καχυποψία σε ότι αφορά την επίπτωση που θα έχει στο εργατικό δυναμικό, ειδικότερα στους εργάτες και τους υπαλλήλους χωρίς ειδικευση ή ιδιαίτερη κατάρτιση. Η όλη διαδικασία σταδιακής απεξάρτησης από τον άνθρακα και η εισαγωγή των ΑΠΕ στο παγκόσμιο ενεργειακό μίγμα δημιούργησε, όπως ήταν αναμενόμενο, τέτοιους φόβους, καθώς η οριστική αποχώρηση από τα ορυκτά καύσιμα θα σημάνει την απώλεια θέσεων εργασίας σε ορυχεία, πλατφόρμες εξόρυξης, δίκτυα διανομής κλπ.. Οι αντίστοιχες θέσεις εργασίας που θα δημιουργηθούν, όπως στην πλειονότητα των τεχνολογικών εξελίξεων τους τελευταίους δύο αιώνες, θα απαιτούν πιο εξειδικευμένο και καταρτισμένο προσωπικό.

Η σύνδεση των προσπαθειών μείωσης των εκπομπών CO₂ με την αύξηση της ανεργίας έχει αποτελέσει σημαντικό αντικείμενο της διεθνούς βιβλιογραφίας. Ο Rivers (2013) υποστηρίζει πως μείωση κατά 10% των εκπομπών με την αντικατάσταση συμβατικών πηγών ενέργειας με ΑΠΕ μπορεί να οδηγήσει το ισοζύγιο απασχόλησης σε μείωση κατά 0,1 έως 0,3%. Όμως, αυτό δεν είναι καθολικά εφαρμόσιμο, σύμφωνα με τον ίδιο τον Rivers, καθώς ορισμένοι παράγοντες, όπως η πορεία των υπό επένδυση κεφαλαίων, μπορούν να αντιστρέψουν αυτήν την πραγματικότητα από χώρα σε χώρα. Πράγματι, ο Khodeir (2016) καταλήγει πως από μια μακροπρόθεσμη οπτική η ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Αίγυπτο συνεισέφερε στην απασχόληση. Άλλωστε οι Barros, Coira, Lopez και Gochi (2017) υποστηρίζουν στη μελέτη τους πως για κάθε νέα εγκατάσταση παραγωγής ενέργειας, οι ΑΠΕ αποδίδουν περίπου 0.1 με 4 ανθρωποέτη απασχόλησης ανά παραγόμενη GWh, όταν οι μη-ΑΠΕ αποδίδουν 0.1 με 2.4 ανθρωποέτη απασχόλησης ανά παραγόμενη GWh.

¹⁷ Οργανωμένοι εργάτες κλωστοϋφαντουργίας στην Αγγλία του 18^{ου} αιώνα, οι οποίοι βανδάλιζαν βιομηχανικές εγκαταστάσεις επειδή θεωρούσαν ότι τους κλέβουν τις δουλειές, συνώνυμο σήμερα όποιου είναι ενάντια στην εξέλιξη της τεχνολογίας, ο τεχνοφοβικός.

2.2.2.3 Επενδυτικές ευκαιρίες και έρευνα

Η επίπτωση των ΑΠΕ στην οικονομική ανάπτυξη, την απασχόληση και εν γένει τα μακροοικονομικά μεγέθη είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις επιλογές των κρατών και των διακρατικών οργανισμών κατά την υιοθέτησή τους. Όμως, σε μικροοικονομικό επίπεδο, είτε αφορά την έρευνα, είτε άμεσες επενδύσεις, οι ΑΠΕ προσφέρουν αρκετές προοπτικές. Επειδή η συγκεκριμένη εργασία θα αναφερθεί εκτενώς στις μικροοικονομικές αυτές ευκαιρίες στα επόμενα κεφάλαια, δεν θα γίνει αναλυτικότερη παρουσίαση αυτών στην παρούσα υποενότητα.

Αναφορικά με την έρευνα, όμως, επισημαίνεται πως στην αναζήτηση στο *ScienceDirect*, οι όροι “*renewable energy*” και “*sustainable energy*” επέστρεψαν 184,759 και 457,826 αποτελέσματα αντίστοιχα για την περίοδο 2009-2018, χαρακτηριστικό της σημασίας που δίνεται στην έρευνα πάνω σε αυτούς τους τομείς.

2.2.2.4 ΑΠΕ και Τρίτος Κόσμος

Η ενέργεια είναι καίριος παράγοντας ανάπτυξης και ευημερίας. Οι αναπτυσσόμενες χώρες και οι χώρες του τρίτου κόσμου, κυρίως σε Αφρική και Ασία, χρειάζονται, μεταξύ άλλων, και μεγάλες επενδύσεις στον τομέα της ενέργειας, ώστε να διευκολυνθεί η πρόσβαση σε αγαθά όπως το καθαρό τρεχούμενο νερό, η αποχέτευση, οι υπηρεσίες υγείας και η εκπαίδευση και εν τέλει να επιτευχθούν οι προϋποθέσεις για οικονομική ανάπτυξη. Αυτές οι επενδύσεις όμως πρέπει να είναι όσο πιο αποδοτικές γίνεται. Οι Wesseh και Lin (2017) υποστηρίζουν πως χώρες όπως αυτές της Ανατολικής Αφρικής, οι οποίες βρίσκονται ακόμα σε νηπιακό επίπεδο αναφορικά με την ανάπτυξή τους σε επίπεδα Δυτικών χωρών, δεν μπορούν να περάσουν άμεσα στη χρήση ΑΠΕ, πριν καν καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες, καθώς οι συμβατικές μέθοδοι παραγωγής ενέργειας είναι πολύ φθηνότερες στην ανάπτυξη ισχύος βάσης. Παρ’ όλα αυτά, ήδη στις χώρες αυτές υπάρχει έντονη κινητικότητα για να κατευθυνθεί η ενεργειακή ανάπτυξη προς τις ΑΠΕ, όπως φαίνεται και από τη μελέτη των Akurua, Onukwube, Okoro, και Obea (2017) για τις δυνατότητες της Νιγηρίας σε ότι αφορά την υιοθέτηση των ΑΠΕ από ιδιώτες, ώστε προς τα εκεί να οδηγηθούν τελικά και οι κυβερνητικές πολιτικές.

2.2.3 Περιβαλλοντικές πτυχές

2.2.3.1 Κλιματική αλλαγή

Η κλιματική αλλαγή είναι ένα φαινόμενο που υφίσταται από την απαρχή της δημιουργίας της γήινης ατμόσφαιρας και αφορά τις μακροπρόθεσμες μεταβολές στο κλίμα της γης και τις επιπτώσεις του στη βιόσφαιρα, το ζωτικό χώρο δηλαδή ανάμεσα στην επιφάνεια της γης και την ατμόσφαιρα όπου αναπτύσσονται οι βιολογικοί οργανισμοί.

Εδώ και αρκετές δεκαετίες υπάρχει εξαιρετικά έντονη ανησυχία για την πιθανή επίπτωση της ανθρώπινης δραστηριότητας στην επιτάχυνση των φαινομένων της κλιματικής αλλαγής, καθώς υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις ραγδαίας (σχετικά με τα γεωλογικά και κλιματολογικά δεδομένα) αύξησης της μέσης θερμοκρασίας της γης¹⁸, με μια γενικότερη αποδοχή παγκοσμίως πως σε αυτήν την αύξηση ρόλο παίζει η καύση ορυκτών καυσίμων και η απελευθέρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα, το οποίο δρα ως αέριο «θερμοκηπίου». Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αφορά τον εγκλωβισμό της θερμότητας από την ηλιακή ακτινοβολία στη γήινη ατμόσφαιρα από αέρια που έχουν την δυνατότητα αυτή (μεθάνιο, CO₂ κλπ.). Η θεωρία αυτή έδωσε έναυσμα για ένα «ράλι» τεράστιων επενδύσεων σε ορισμένες μορφές ΑΠΕ, όπως τα αιολικά και τα φωτοβολταϊκά, ως εναλλακτικές μορφές ενέργειας οι οποίες θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν τους υδρογονάνθρακες. Αυτή ακριβώς η εξέλιξη έδωσε πολλές προοπτικές και σε μικρομεσαίους επενδυτές να επενδύσουν σε ιδιωτικά έργα βασισμένα πάνω στην συγκεκριμένη βιομηχανία. Την τρέχουσα αυτή κατάσταση, άλλωστε, αξιοποιεί και ως θέμα μελέτης η παρούσα εργασία για την εγκατάσταση μονάδας παραγωγής ενέργειας από φωτοβολταϊκά.

¹⁸ Αρκετά στοιχεία αναφορικά με την κλιματική αλλαγή μπορούν να βρεθούν στην αντίστοιχη σελίδα της NASA, <https://climate.nasa.gov/>.

2.2.3.2 Ρύποι και ποιότητα ζωής

Με την έννοια της κλιματικής αλλαγής να έχει κυριαρχήσει στις περιβαλλοντικές συζητήσεις, η διεθνής κοινότητα έχει παραμελήσει μια ίσως πιο ουσιαστική και άμεση πτυχή της καύσης υδρογονανθράκων για παραγωγή ενέργειας και αυτή είναι η εκπομπή ρύπων βλαβερών για τον άνθρωπο και εν γένει την πανίδα και την χλωρίδα, ειδικά με τη μορφή μικροσωματιδίων και βαρέων μετάλλων (Noli & Tsamos, 2016), τα οποία προκαλούν σημαντικές επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής και την υγεία των κατοίκων των περιοχών λειτουργίας τέτοιων μονάδων¹⁹.

¹⁹ Στην Ελλάδα υφίσταται μια μακροχρόνια συζήτηση για την επίπτωση των λιγνιτικών μονάδων στην περιοχή της Κοζάνης και της Πτολεμαΐδας, ειδικά αναφορικά με τα κρούσματα καρκίνου, εντούτοις η έρευνα έδειξε αντικρουόμενες απόψεις και δε θα περιληφθεί περαιτέρω σχολιασμός στην παρούσα εργασία.

Κεφάλαιο 3^ο – Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις

3.1 Επεξήγηση λειτουργίας των Φ/Β

3.1.1 Βασική φυσική πίσω από τα Φ/Β

Πρωταρχικά, για τη λειτουργία των Φ/Β χρειάζεται η ύπαρξη ηλιακής ακτινοβολίας ή ηλιακού φωτός. Ο ήλιος στο δικό μας ηλιακό σύστημα αποτελεί ένα κλασικό αστέρι, το οποίο μετατρέπει τη μάζα του (τα «καύσιμά» του) σε ενέργεια, έως ότου αυτή εξαντληθεί σε περίπου 4 δις γήινα έτη και μετατραπεί σε έναν κόκκινο γίγαντα που θα καταστρέψει σχεδόν όλο το ηλιακό σύστημα. Μέχρι τότε, όμως ο ήλιος αποτελεί τη βασική πηγή ενέργειας στον πλανήτη μας (εκτός από τις βαρυτικές αλληλεπιδράσεις με τη σελήνη, τη ραδιενέργεια από τη διάσπαση ορισμένων υλικών του φλοιού της γης και την εναπομείνασα εσωτερική θερμότητα της γης, κάτω από το φλοιό της). Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί βασίζονται στη φωτοσύνθεση, ενώ ακόμα και η αιολική (θέρμανση αερίων μαζών) ή η υδραυλική (εξάτμιση υδάτων και εναπόθεσή τους σε υψηλότερα υψόμετρα) ενέργεια εξαρτώνται από τον ήλιο. Η ενέργεια του ήλιου φτάνει στη γη με τη μορφή ακτινοβολίας με διάφορα μήκη κύματος κυρίως στο ευρύτερο μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που αφορά το φως, ξεκινώντας από την υπέρυθρη και φτάνοντας στην υπεριώδη ακτινοβολία (άλλες ακτινοβολίες, όπως οι ακτίνες X, φιλτράρονται από την ατμόσφαιρα). Το ηλιακό φως είναι η άμεση πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται από τα Φ/Β κύτταρα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.²⁰

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο αποτελεί τη βασική φυσική διεργασία μέσω της οποίας τα φωτοβολταϊκά κύτταρα μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια. Το ηλιακό φως αποτελείται από φωτόνια, πρακτικά «πακέτα» ενέργειας, τα οποία περιέχουν διάφορες ποσότητες ενέργειας, αντίστοιχες με τα διαφορετικά μήκη κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Όταν τα φωτόνια χτυπήσουν ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο, είτε ανακλώνται, είτε απορροφούνται. Τα απορροφούμενα

²⁰ US DoE: Basic Photovoltaic Principles and Methods

φωτόνια είναι που θα παράξουν ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό γίνεται γιατί η ενέργεια του φωτονίου μεταφέρεται σε ένα ηλεκτρόνιο από τα άτομα του Φ/Β κυττάρου (συνήθως άτομα πυριτίου) και έτσι αυτό μπορεί να μεταπηδήσει από την κανονική του θέση και να γίνει μέρος του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, το οποίο δημιουργείται χάρη στις κατασκευαστικές ιδιότητες του Φ/Β κυττάρου και την ικανότητά του να περιλαμβάνει ένα ενσωματωμένο ηλεκτρικό πεδίο. Για να δημιουργηθεί το ηλεκτρικό αυτό πεδίο μέσα σε ένα Φ/Β κύτταρο, η κατασκευή του περιλαμβάνει διασταυρώσεις δύο διαφορετικών ημιαγωγών (τύπου P και N), με διαφορετικά υλικά, τα οποία περιλαμβάνουν παραπανίσια ή υπολειπόμενα ηλεκτρόνια. Σύνηθες υλικό αποτελεί το πυρίτιο, το οποίο έχει 14 ηλεκτρόνια, με τα 4 τελευταία να αποκαλούνται ηλεκτρόνια σθένους. Οι κρύσταλλοι πυριτίου σχηματίζονται από μόρια 5 ατόμων πυριτίου, τα οποία συνδέονται με ομοιοπολικό δεσμό, διαμοιράζοντας (ανά δύο άτομα) ένα από τα τέσσερα ηλεκτρόνια σθένους. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο “doping”, συνδέονται στον κρύσταλλο πυριτίου ένα άτομο άλλου στοιχείου, με διαφορετικό αριθμό ηλεκτρονίων σθένους (όπως ο φωσφόρος που έχει 5 ηλεκτρόνια σθένους και δημιουργεί τύπου N ή το βόριο που έχει 3 ηλεκτρόνια σθένους και δημιουργεί τύπου P), αλλάζουν τα χαρακτηριστικά του και δημιουργείται ένα διαρκές ηλεκτρικό πεδίο.²¹

3.1.2 Ιστορικό της εξέλιξης των Φ/Β

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο παρατηρήθηκε πρώτη φορά τον 19^ο αιώνα, όταν ο Γάλλος φυσικός Edmond Becquerel το περιέγραψε το 1839. Σε ηλικία 19 ετών, ο Becquerel διαπίστωσε ότι ορισμένα υλικά παρήγαγαν μικρές μεν, παρατηρήσιμες δε, ποσότητες ηλεκτρικού ρεύματος, όταν αυτά εκτίθεντο στο φως. Το επόμενο βήμα στην αναγνώριση και εκμετάλλευση του Φ/Β φαινομένου ήρθε τη δεκαετία του 1870, όταν ο William Adams και ο Richard Day απέδειξαν ότι το σελήνιο μπορεί να παράξει ηλεκτρικό ρεύμα, όταν εκτεθεί στο φως. Ο Charles Fritts, βασιζόμενος σε αυτήν την ανακάλυψη, εφηύρε το 1883 το πρώτο Φ/Β κύτταρο, χρησιμοποιώντας φύλλα από σελήνιο και χρυσό, το οποίο μετέτρεπε το φως σε ηλεκτρισμό με απόδοση περίπου 1% επίδοσης. Η απόδοση ενός Φ/Β κυττάρου είναι η αναλογία της ενεργειακής ακτινοβολίας την οποία το κύτταρο μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια,

²¹ US DoE: Photovoltaics Fundamentals

σε σχέση με το ποσό της ακτινοβολούμενης ενέργειας στην οποία εκτίθεται το κύτταρο. Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό αποτέλεσε και το σημαντικότερο διακύβευμα στην ιστορία της εξέλιξης των Φ/Β. (NEED, 2017)

Σημαντική καμπή στην κατανόηση του Φ/Β φαινομένου ήταν το 1887, όταν ο γερμανός φυσικός Heinrich Hertz ανακάλυψε το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, το φαινόμενο, δηλαδή, κατά το οποίο ηλεκτρόνια εκπέμπονται από ένα υλικό που έχει απορροφήσει φως με μήκος κύματος μικρότερο από ένα συγκεκριμένο όριο το οποίο εξαρτάται από το υλικό. Επιπροσθέτως, το 1905 ο Albert Einstein δημοσίευσε ένα άρθρο στο οποίο εξήγησε το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο με την υπόθεση της μεταφοράς ενέργειας μέσω του φωτός σε μορφή «πακέτων» ενέργειας, τα φωτόνια. Εκτός από τις παραπάνω επεξηγηματικές για το Φ/Β φαινόμενο επιστημονικές ανακαλύψεις, μια από τις πλέον πρακτικές ανακαλύψεις ήρθε το 1918, όταν ο πολωνός χημικός Jan Czochralski ανακάλυψε μια μέθοδο για την ανάπτυξη κρυσταλλικών υλικών υψηλής ποιότητας. Μια τεχνική που ακόμα και σήμερα είναι πολύ σημαντική για την παραγωγή μονοκρυσταλλικού πυριτίου (το οποίο χρησιμοποιείται σε υψηλής ποιότητας Φ/Β κύτταρα), ενώ αποτέλεσε βασικό όχημα της εμπορικής εκμετάλλευσης του Φ/Β φαινομένου. (Jäger et al, 2014)

Οπότε, ήδη κατά τη διάρκεια του δεύτερου μισού του 20ού αιώνα η επιστήμη των Φ/Β ήταν ανεπτυγμένη, για αυτό και τις δεκαετίες του 1940 και του 1950 ξεκίνησε η εμπορική εκμετάλλευσή τους, όταν μέσω της διαδικασίας Czochralski κατέστη δυνατό να αναπαραχθεί πιο μαζικά το εξαιρετικά καθαρό κρυσταλλικό πυρίτιο που χρειάζονταν για την οικονομικά συμφέρουσα χρήση των Φ/Β, αφού ήταν πιο φθινό από τα πρώτα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν. Το 1954, οι επιστήμονες των Bell Laboratories κατάφεραν να κατασκευάσουν κύτταρα με συντελεστή απόδοσης 4% (η βιβλιογραφία αναφέρει και έως 6%). Σήμερα, βέβαια, και ως αποτέλεσμα των τεχνολογικών εξελίξεων, το κόστος των Φ/Β κυττάρων έχει μειωθεί δραματικά, ενώ η απόδοσή τους κυμαίνεται στις εμπορικές εφαρμογές σε 13-30%. Φυσικά, με τη χρήση εξωτικών υλικών η απόδοση έχει μετρηθεί ακόμα και στο 46%, με κόστος όμως που να ανταποκρίνεται μόνο σε ιδιαίτερα εξειδικευμένες εφαρμογές, όπως η αεροδιαστημική και εξεζητημένες βιομηχανικές εφαρμογές. (NEED, 2017)

Στην πραγματικότητα, ανέκαθεν η αεροδιαστημική υπήρξε σημαντικός πελάτης της βιομηχανίας των Φ/Β, αφού η ανάπτυξη εταιριών και εργαστηρίων που ασχολούνταν

με τα Φ/Β κατά τα μέσα και τα τέλη της δεκαετίας του 1950 δραστηριοποιήθηκαν με βάση τις ανάγκες των διαστημικών αποστολών που έθεταν δορυφόρους σε τροχιά γύρω από τη Γη. Εταιρίες όπως η RCA Corporation και η Hoffman Electronics Corporation βοήθησαν στην ανάπτυξη της τεχνολογίας των Φ/Β, μέσω της δημιουργίας και παροχής προϊόντων ενέργειας για δορυφόρους, με την Hoffman Electronics, μάλιστα, να εξοπλίζει τον Αμερικανικό δορυφόρο Vanguard 1 το 1958, τον πρώτο τεχνητό δορυφόρο με ηλιακά κύτταρα. Τα Bell Laboratories εκτόξευσαν τον πρώτο τηλεπικοινωνιακό δορυφόρο με Φ/Β το 1962, ενώ η NASA εγκαινίασε το πρώτο αστρονομικό παρατηρητήριο σε τροχιά, το οποίο τροφοδοτήθηκε με Φ/Β συστοιχία 1 kW, το 1966. (Jäger et al, 2014)

Τη δεκαετία του 1970 προχώρησε η επιστημονική (ανακάλυψη των επονομαζόμενων thin film Φ/Β πλαισίων με άμορφο πυρίτιο, αντί για κρυσταλλικό) και εμπορική (η SHARP και η TEAL κατασκεύασαν τους πρώτους υπολογιστές μαθηματικών τσέπης με ηλιακή ενέργεια) ανάπτυξη. Ένα γεγονός, όμως, έμελλε να γίνει καθοριστικό για την εξάπλωση των Φ/Β και αυτό ήταν η πετρελαϊκή κρίση μετά το 1973, η οποία και οδήγησε στην ανάγκη εξεύρεσης νέων μορφών ενέργειας. Η ραγδαία αύξηση της αποδοτικότητας των Φ/Β, αφού ήδη από τη δεκαετία του 1980 παρουσιάστηκαν κύτταρα με αποδόσεις άνω του 20%, έδωσε μια ώθηση στην υιοθέτηση των Φ/Β, ωστόσο ήταν οι περιβαλλοντικές ανησυχίες που άρχισαν από το 2000 να κυριαρχούν στη διεθνή πολιτική και κοινωνική ατζέντα που τελικά κατέστησαν τα Φ/Β μια διεθνή και ακμάζουσα αγορά. Το 1999 η εγκατεστημένη ισχύς των Φ/Β ήταν 1 GW, ενώ το 2012 είχε ξεπεράσει τα 100 GW, με την Κίνα να είναι ο ισχυρότερος κατασκευαστής Φ/Β συσκευών, βασιζόμενη στην πολιτική απόφαση των αρχών της να επενδύσουν σε αυτήν την βιομηχανία από το 2008. (Jäger et al, 2014)

3.2 Εξοπλισμός και υλικά Φ/Β εγκαταστάσεων

Στην παρούσα υποενότητα θα παρουσιαστούν συνοπτικά τα διάφορα υλικά από τα οποία αποτελούνται τα διάφορα Φ/Β έργα. Η παρουσίαση δεν περιλαμβάνει εκτεταμένες τεχνικές και επιστημονικές λεπτομέρειες (καθότι αυτό κρίνεται εκτός του σκοπού της εργασίας), παρά μόνο βασικά χαρακτηριστικά, ώστε στο επόμενο μέρος της μελέτης, την κατάρτιση του επιχειρηματικού Σχεδίου, να μπορεί ο αναγνώστης να κατανοήσει τις αντίστοιχες ανάγκες και επιλογές του εγχειρήματος.

3.2.1 Φ/Β πλαίσια

Τα φ/β πλαίσια αποτελούν, όπως γίνεται ήδη κατανοητό από την επεξήγηση της λειτουργίας των φ/β σε επίπεδο φυσικού φαινομένου, το κυριότερο στοιχείο ενός συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο. Πρόκειται για το στοιχείο ενός τέτοιου συστήματος το οποίο επιτελεί τη βασική φυσική διεργασία της μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Στην παρούσα υποενότητα θα αναφερθούν εν τάχει τα βασικά χαρακτηριστικά των πλαισίων και οι πλέον διαδεδομένες μορφές (κατηγορίες) τους σήμερα.

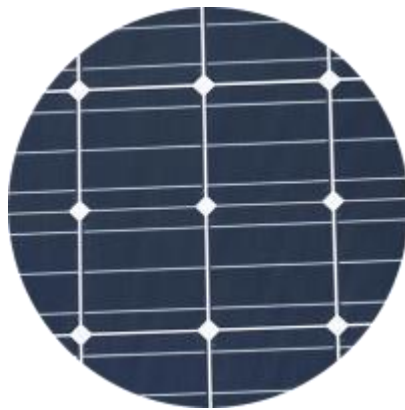
3.2.1.1 Είδη Φ/Β πλαισίων

Οι κατηγορίες των φ/β πλαισίων είναι κυρίως οι ακόλουθες τρεις:

Κυψέλες Μονοκρυσταλλικού Πυριτίου

Τα φ/β πλαίσια κατηγοριοποιούνται βάση της σύστασης των επιμέρους κυψελών από τις οποίες αυτά αποτελούνται. Πιο συγκεκριμένα, βασικό χαρακτηριστικό διαχωρισμού είναι το υλικό τους και η δομή τους. Τα μονοκρυσταλλικά πλαίσια (όπως λέγονται εν συντομία) αποτελούνται κυρίως από κρυστάλλους πυριτίου. Για την παραγωγή αυτών των πλαισίων χρησιμοποιείται ένας κυλινδρικός κρύσταλλος πυριτίου, ο οποίος "αναπτύσσεται" από τετηγμένο πυρίτιο. Αυτός ο κρύσταλλος

κόβεται έπειτα σε λεπτές φέτες και τελικά διαμορφώνεται σε εξαγωνικές κυψέλες, ώστε να μπορούν να συναρμολογηθούν τέλεια πάνω στο πλαίσιο. Επειδή οι συγκεκριμένες κυψέλες χαρακτηρίζονται από υψηλή ακαμψία, είναι απαραίτητο να τοποθετούνται σε αντίστοιχα ανθεκτικά και άκαμπτα πλαίσια, ώστε να προστατεύονται από φορτία που μπορεί να προκαλέσουν τη θραύση τους²². Γενικά, οι συγκεκριμένες κυψέλες προσφέρουν αποδόσεις έως και 20% και αποτελούν τα πιο αποτελεσματικά Φ/Β πλαίσια με βασικό υλικό το πυρίτιο. Χαρακτηριστικό τους είναι πως παράγουν περισσότερη ισχύ ανά μονάδα επιφάνειας και επομένως είναι προτιμητέα σε περιπτώσεις που οι διαθέσιμες για ιδανική τοποθέτηση επιφάνειες είναι περιορισμένες, ενώ έχουν και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τα πολυκρυσταλλικά Φ/Β πλαίσια, όπως και καλύτερη απόδοση σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού²³. Παρ' όλα αυτά, η κατασκευή τους είναι πιο κοστοβόρο και πιο χρονοβόρα, ενώ και η λειτουργία τους δεν είναι η βέλτιστη σε πιο κρύες συνθήκες.²⁴



Εικόνα 6. Τυπική εμφάνιση κυψελών μονοκρυσταλλικού πυριτίου

(Πηγή: Greenmatch.co.uk)

Κυψέλες Πολυκρυσταλλικού Πυριτίου

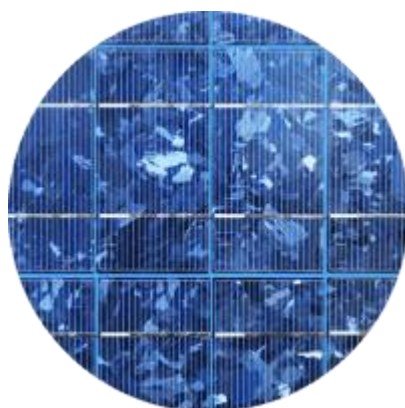
Η οπτική διάκριση ανάμεσα σε πολυκρυσταλλικά και μονοκρυσταλλικά Φ/Β πλαίσια είναι εύκολη, καθώς οι κυψέλες πολυκρυσταλλικού πυριτίου έχουν έντονους μπλε χρωματικούς σχηματισμούς. Κατασκευάζονται με τήξη του ακατέργαστου πυριτίου,

²² Solar-Facts: Types of Solar Cells

²³ Energy Informative: Which Solar Cell is Best for you?

²⁴ Energy Education: Types of PV cells

τεχνική ταχύτερη και φθηνότερη από αυτή που χρησιμοποιείται για την παραγωγή των μονοκρυσταλλικών κυψελών. Το λιωμένο πυρίτιο υψηλής καθαρότητας διαμορφώνεται με τη χρήση καλουπιών και ψύχεται υπό ελεγχόμενες συνθήκες. Η τελική ακανόνιστη πολυκρυσταλλική μορφή, δίνει στο τελικό προϊόν τη χαρακτηριστική εμφάνιση με τα μπλε στίγματα. Η χρησιμοποιούμενη μέθοδος παραγωγής οδηγεί σε χαμηλότερη τελική τιμή, σε σχέση με τα μονοκρυσταλλικά πλαίσια, αλλά και σε χαμηλότερη απόδοση, η οποία φτάνει περίπου το 15%, καθώς και μικρότερη ειδική αποδοτικότητα ανά επιφάνεια και συντομότερη διάρκεια ζωής, ειδικότερα επειδή επηρεάζονται περισσότερο από υψηλές θερμοκρασίες.²⁵



Εικόνα 7. Τυπική εμφάνιση κυψελών πολυκρυσταλλικού πυριτίου

(Πηγή: Greenmatch.co.uk)

Τα δύο πρώτα αυτά είδη αποτελούν την πρώτη γενιά φωτοβολταϊκών πλαισίων²⁶ και η επιλογή ανάμεσα στις δύο κατηγορίες εν τέλει έγκειται σε λεπτομέρειες, όπως η διαθέσιμη επιφάνεια και ο προϋπολογισμός του έργου, χωρίς να υφίστανται σημαντικές διαφορές στην τελική παραγόμενη ποσότητα ρεύματος.

Πλαίσια Λεπτού Υμένια (Thin Film)

Τα γνωστά ως Thin Film ή Λεπτού Φιλμ πλαίσια είναι μια συνήθως αρκετά πιο οικονομική επιλογή πλαισίων. Κατασκευάζονται τοποθετώντας ένα ή περισσότερα φιλμ (υμένια) υλικού με φωτοβολταϊκές ιδιότητες (πυρίτιο, κάδμιο ή χαλκό συνήθως)

²⁵ Solar-Facts: Types of Solar Cells

²⁶ Greenmatch: 7 different types of solar panels explained

επάνω σε ένα υπόστρωμα, μια μέθοδος παραγωγής πολύ ευκολότερη και οικονομικότερη των φωτοβολταϊκών κυψελών πρώτης γενιάς, καθιστώντας τα ιδιαίτερα ελκυστικά για έργα που μπορούν να εκμεταλλευτούν οικονομίες κλίμακας. Επιπροσθέτως, είναι αρκετά πιο ευέλικτα, σε αντίθεση με τα ιδιαίτερα στιβαρά κρυσταλλικά πλαίσια, ανοίγοντας το δρόμο σε πολλές εναλλακτικές εφαρμογές (π.χ. καινοτόμες ή και δύσκολες τοποθετήσεις)²⁷.



Εικόνα 8. Τυπική εμφάνιση κυψελών thin film

(Πηγή: Greenmatch.co.uk)

Βασικό χαρακτηριστικό τους είναι ότι δεν επηρεάζονται από τις υψηλές θερμοκρασίες, όμως έχουν και ιδιαίτερα χαμηλή απόδοση σε σχέση με τα αντίστοιχα κρυσταλλικά, οπότε για αντίστοιχες εφαρμογές απαιτούν και περισσότερο χώρο, για αυτό και αποφεύγονται για οικιακές χρήσεις, καθώς έχουν εμφανίζουν και χαμηλότερη διάρκεια ζωής.

Κυψέλες Άμορφου Πυριτίου

Οι περισσότεροι έχουμε κατά πάσα πιθανότητα κάνει χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας, αφού πρόκειται για τη διάταξη που χρησιμοποιείται στις μικρές ηλεκτρονικές αριθμομηχανές χειρός. Τα ηλιακά στοιχεία από άμορφο πυρίτιο κατασκευάζονται με τη χρήση μιας τριπλής επικάλυψης, τεχνολογία η οποία αποτελεί και την καλύτερη εφαρμογή της γενικότερης ιδέας των λεπτών υμενίων. Το πάχος των συγκεκριμένων τριπλών υμενίων είναι της τάξης του 1 μικρομέτρου (ένα

²⁷ Greenmatch: 7 different types of solar panels explained

εκατομμυριοστό του μέτρου). Αντιστοίχως με την ιδέα των thin film πλαισίων, μοιράζονται και τα χαρακτηριστικά τους, με αποδόσεις της τάξης του 7%, πολύ χαμηλότερα των πλαισίων κρυσταλλικού πυριτίου, αποτελώντας ωστόσο πολύ πιο φθηνές λύσεις σε σχέση με αυτά.²⁸

Τα δύο αυτά είδη κυψελών αποτελούν τη δεύτερη γενιά, ουσιαστικά, των φωτοβολταϊκών κυψελών και αποτελούν ένα βήμα εμπρός σε ότι αφορά την ικανότητα απορρόφησης φωτός σε δύσκολες συνθήκες, όπως είναι η συννεφιά, παρ' όλο που αν και νεότερη τεχνολογία δεν έχουν φτάσει τις αποδόσεις των κρυσταλλικών πλαισίων.

Μετά από τα πλαίσια λεπτού υμένα, πλέον, η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών προετοιμάζει την τρίτη γενιά φωτοβολταϊκών κυψελών, με τεχνολογίες όπως η χρήση πιο «εξωτικών» υλικών, όπως το Κάδμιο, η χρήση υποσυστημάτων που προσομοιάζουν τη βιολογική μετατροπή της ηλιακής ενέργειας (φωτοσύνθεση) σε υβριδικές κυψέλες και η κατασκευή πιο εξειδικευμένων σχημάτων και στοιχείων με ενσωματωμένες τεχνολογίες ψύξης. Όμως, αυτές οι τεχνολογίες βρίσκονται ακόμα σε πειραματικό στάδιο ή έχουν να αντιμετωπίσουν άλλα εμπόδια (όπως π.χ. η τοξικότητα του Καδμίου και για αυτό οι αντιρρήσεις της Ε.Ε. στη χρήση του), για αυτό και η περαιτέρω ενασχόληση μαζί τους δεν αφορά τους σκοπούς της παρούσας εργασίας.

3.2.1.2 Χαρακτηριστικά Φ/Β πλαισίων

Αφού παρουσιάστηκαν τα βασικά (διαθέσιμα στην αγορά) είδη φωτοβολταϊκών πλαισίων (από αυτό το σημείο, για να μην υπάρχει σύγχυση αργότερα, θα χρησιμοποιείται κυρίως ο όρος «πλαίσιο», ο οποίος αφορά το τελικό εμπορικό προϊόν στο οποίο τοποθετούνται κατά ομάδες τα βασικά φωτοβολταϊκά στοιχεία, δηλαδή οι φωτοβολταϊκές κυψέλες), θα γίνει και μια παρουσίαση των ειδικότερων μετρήσιμων χαρακτηριστικών τους, τα οποία αποτελούν βασικό κριτήριο για την επιλογή των τελικών προϊόντων που θα χρησιμοποιηθούν σε κάθε έργο. Αυτά είναι:

²⁸ Greenmatch: 7 different types of solar panels explained

Ονομαστική Ισχύς

Η ονομαστική ισχύς (nominal power) ή μέγιστη ισχύς (max power ή Pmax) είναι η τυπική παράμετρος αναγνώρισης ενός πλαισίου. Πρόκειται για μια εξαιρετικά αισιόδοξη ένδειξη ισχύος (δηλαδή πόση ενέργεια παράγεται στη μονάδα του χρόνου), αφού η μέτρησή της γίνεται υπό «κανονικές συνθήκες (Standard test conditions ή STC), δηλαδή σε τεχνητή ηλιοφάνεια 1000W/m² (δυνατή ηλιοφάνεια) και θερμοκρασία πλαισίου 25° C. Πρέπει να σημειωθεί πως η πιο πάνω ηλιοφάνεια αυξάνει σημαντικά την θερμοκρασία του πλαισίου, το οποίο σημαίνει πως η θερμοκρασία περιβάλλοντος του τεστ πρέπει να είναι κάτω από το επίπεδο των 5-10° C, συνδυασμός ηλιοφάνειας και θερμοκρασίας δηλαδή ανέφικτος στη φύση.²⁹

Απόδοση

Η πρώτη βασική παράμετρος ενός Φ/Β πλαισίου είναι η απόδοσή του, δηλαδή το ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει σε αυτό το οποίο μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Η απόδοση αυτή σε πρακτικούς όρους τις περισσότερες φορές μπορεί να λειτουργήσει περισσότερο συγκριτικά ανάμεσα σε διάφορα πλαίσια, αφού για να εκτιμηθεί η τελική παραγωγή ρεύματος ενός συστήματος, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφορες παράμετροι σε τοπικό μετεωρολογικό και γεωμορφολογικό επίπεδο. Επίσης, θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν πως η απόδοση ενός πλαισίου, τελικά, επηρεάζει κυρίως τον χώρο που πρέπει να διατεθεί ώστε το φωτοβολταϊκό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που σχεδιάζεται, αφού η απόδοση που δίνεται από τις εταιρίες στα πλαίσιά τους, αφορά ένα πλαίσιο συγκεκριμένης επιφάνειας. Έτσι, ένα πλαίσιο χαμηλότερης απόδοσης, αλλά ίδιου μεγέθους (ως προς την επιφάνεια) και ονομαστικής ισχύος θα χρειαστεί απλώς περισσότερη επιφάνεια (περισσότερα πλαίσια) για να παράξει την ίδια ενέργεια.³⁰

NOCT και Θερμοκρασιακός συντελεστής ισχύος

Πιο πάνω έγινε αναφορά στις συνθήκες μέτρησης της ισχύος ενός πλαισίου και πώς αυτή εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Όπως φαίνεται και στην εικόνα της επόμενης σελίδας, η οποία αποτελεί μέρος του φυλλαδίου τεχνικών χαρακτηριστικών ενός

²⁹ Solar Quotes: How To Read A Solar Panel Specification: Part #1 Power & Temperature Specs.

³⁰ Infinite Energy: What Does Module Efficiency Mean?

εμπορικού Φ/Β πλαισίου, κάθε εταιρία δημοσιεύει και μια σειρά παραμέτρων που αφορά την αντίδραση του κάθε πλαισίου στις θερμοκρασιακές διαφορές. Σημαντική παράμετρος είναι η ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας του Φ/Β πλαισίου (NOCT), η οποία αφορά και πάλι μια μέτρηση εργαστηρίου, που δείχνει τη θερμοκρασία στην οποία λειτουργεί ένα πλαίσιο, σε συνθήκες ηλιοφάνειας στα 800 W/m² και θερμοκρασίας περιβάλλοντος στους 20° C. Η δεύτερη μέτρηση που είναι ιδιαίτερης σημασίας για την επιλογή ενός πλαισίου είναι ο θερμοκρασιακός συντελεστής ισχύος (T Coefficient of Pmax), ο οποίος ουσιαστικά αποτυπώνει πόση απώλεια ισχύος παρατηρείται ανά βαθμό Κελσίου πάνω από τη θερμοκρασία λειτουργίας των 25° C, τη θερμοκρασία δηλαδή στην οποία μετριέται η ονομαστική ισχύς.³¹

240 WATT

ND-240QCJ

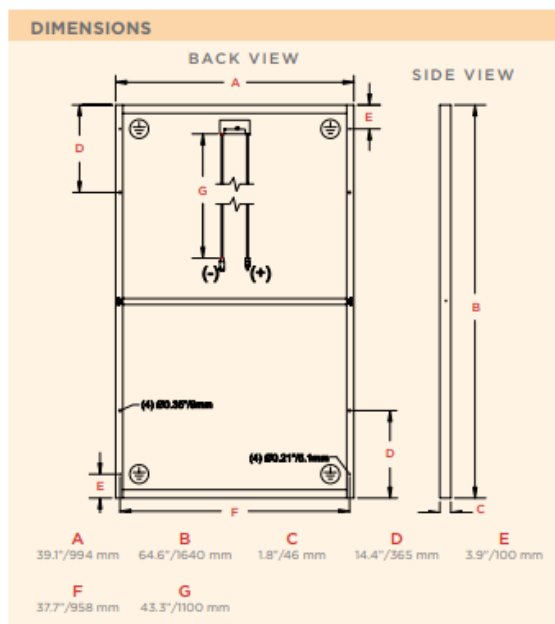
Module output cables: 12 AWG PV Wire (per UL Subject 4703)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS	
Maximum Power (Pmax)*	240 W
Tolerance of Pmax	+5%/-0%
PTC Rating	216.4 W
Type of Cell	Polycrystalline silicon
Cell Configuration	60 in series
Open Circuit Voltage (Voc)	37.5 V
Maximum Power Voltage (Vpm)	29.3 V
Short Circuit Current (Isc)	8.75 A
Maximum Power Current (Ipm)	8.19 A
Module Efficiency (%)	14.7%
Maximum System (DC) Voltage	600 V (UL)/1000V (IEC)
Series Fuse Rating	15 A
NOCT	47.5 °C
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.485%/°C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.36%/°C
Temperature Coefficient (Isc)	0.053%/°C

*Illumination of 1 kW/m² (1 sun) at spectral distribution of AM 1.5 (ASTM E892 global spectral irradiance) at a cell temperature of 25°C.

MECHANICAL CHARACTERISTICS	
Dimensions (A x B x C to the right)	39.1" x 64.6" x 1.8"/994 x 1640 x 46 mm
Cable Length (G)	43.3"/1100 mm
Output Interconnect Cable	12 AWG with *SMK Locking Connector
Hail Impact Resistance	1" (25 mm) at 52 mph (23 m/s)
Weight	41.9 lbs / 19.0 kg
Max Load	50 psf (2400 Pascals)
Operating Temperature (cell)	-40 to 194°F / -40 to 90°C

*Intertek recognized for mating with MC-4 connectors (part numbers PV-KST4; PV-KBT4)



Contact Sharp for tolerance specifications

ISO QUALITY & ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

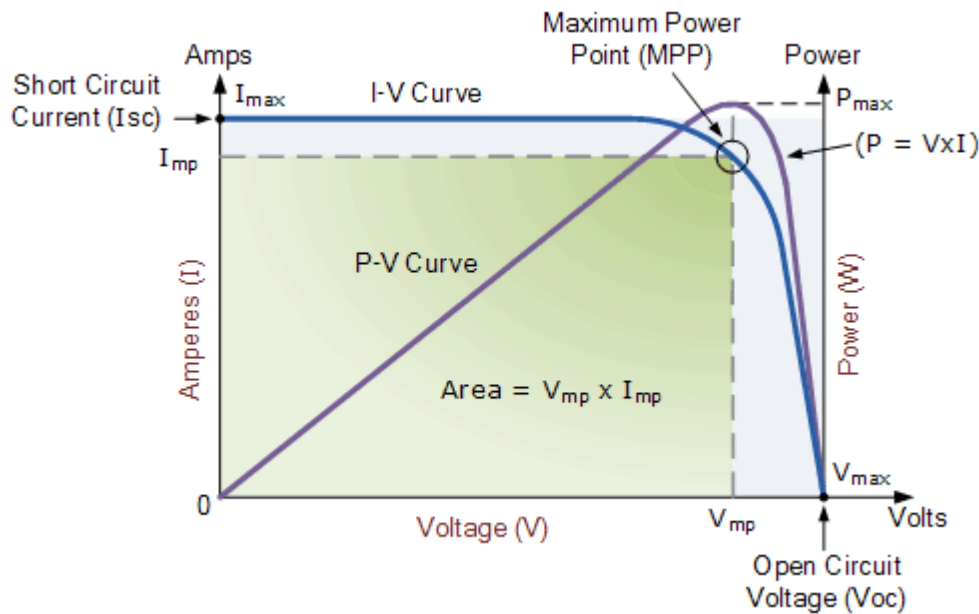
Sharp solar modules are manufactured in ISO 9001:2000 AND ISO 14001:2004 certified facilities.

Εικόνα 9. Χαρακτηριστικά εμπορικού Φ/Β πλαισίου της Sharp

³¹ Solar Quotes: How To Read A Solar Panel Specification: Part #1 Power & Temperature Specs.

Καμπύλη Έντασης-Τάσης (I-V)

Αν και οι προηγούμενες παράμετροι είναι οι πλέον χρήσιμες κατά την εμπορική έρευνα και επιλογή των πλαισίων που θα χρησιμοποιηθούν στο εκάστοτε σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο, ένας μελετητής θα πρέπει να λάβει υπόψη του τη συνάρτηση έντασης-τάσης του κάθε πλαισίου για κάθε διαθέσιμη θερμοκρασία λειτουργίας. Η επεξήγηση του πως αναγιγνώσκεται η καμπύλη της σχέσης έντασης-τάσης είναι εκτός των σκοπών της παρούσας εργασίας, ενώ και η χρήση της ακόμα και από τους επαγγελματίες μελετητές γίνεται μέσω κατάλληλου λογισμικού, στο οποίο εισέρχονται δεδομένα πλαισίων και συνήθως τα προμηθεύουν οι εταιρίες παραγωγής αναστροφένων (βλέπετε παρακάτω), ώστε να μπορεί να επιλεγθεί η ιδανική, ως προς την απόδοση, διάταξη πλαισίων.



Εικόνα 10. Παράδειγμα καμπύλης Έντασης-Τάσης

Οι παραπάνω παράμετροι αποτελούν τη βασικότερη ένδειξη των ιδανικών συνθηκών οι οποίες πρέπει να αναζητούνται για τις περιοχές εγκατάστασης ενός συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο: της ηλιοφάνειας (όσο περισσότερη, τόσο καλύτερα) και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος (όσο χαμηλότερη, τόσο καλύτερα). Οι δύο αυτές παράμετροι εξαρτώνται από γεωμορφολογικά και μετεωρολογικά χαρακτηριστικά, όπως το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο της περιοχής εγκατάστασης. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι απαραίτητα στην εκπόνηση του επιχειρηματικού σχεδίου μιας τέτοιας εγκατάστασης, καθώς επηρεάζουν άμεσα την τελική απόδοση του συστήματος παραγωγής ενέργειας, άρα και την βιωσιμότητα του εγχειρήματος.

3.2.2 Αναστροφείς Ισχύος (Inverter)

Εάν τα Φ/Β πλαίσια είναι το «σώμα» του συστήματος παραγωγής ενέργειας, ο Αναστροφέας είναι η «καρδιά» και το «μυαλό» αυτού. Πρόκειται, κατά βάση, για το μηχανισμό ο οποίος μετατρέπει το συνεχές ρεύμα (DC) που από τη φύση τους παράγουν τα πλαίσια σε εναλλασσόμενο (AC) το οποίο χρησιμοποιείται σήμερα στο ηλεκτρικό δίκτυο και στις ηλεκτρικές συσκευές κατά συντριπτική πλειοψηφία. Περιλαμβάνει, επίσης, όλες τις ηλεκτρονικές εκείνες διατάξεις που είναι απαραίτητες για την καλύτερη διαχείριση και απόδοση των διασυνδεδεμένων Φ/Β πλαισίων, τα οποία αποτελούν το σύστημα παραγωγής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων συστημάτων καταγραφής δεδομένων και ανίχνευσης βλαβών.³²

Η βασικότερη διάκριση των αναστροφέων είναι ανάμεσα σε αυτούς οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε αυτόνομα συστήματα και σε συστήματα συνδεδεμένα στο κεντρικό δίκτυο παροχής ενέργειας (βλέπετε παρακάτω).

Βασικό χαρακτηριστικό των αναστροφέων, πέρα από την ίδια την ονομαστική ισχύ την οποία μπορούν να διαχειριστούν είναι και η δυνατότητα λειτουργίας με διαφορετικά «νήματα» (strings) ή σειρές πλαισίων, τα οποία μπορούν ουσιαστικά να τύχουν ξεχωριστής διαχείρισης. Αυτό είναι χρήσιμο σε δύο περιπτώσεις, στην καλύτερη λειτουργία του συστήματος εάν παρουσιαστεί βλάβη σε ένα πλαίσιο (οπότε

³² Solar Power World: What Is a Solar Inverter & How Does It Work?8

θα τεθεί εκτός μια σειρά πλαισίων και όχι όλα όσα είναι συνδεδεμένα στον αναστροφέα) και στην καλύτερη εκμετάλλευση του χώρου στην περίπτωση οικιακών συστημάτων σε σκεπές περιορισμένου χώρου και περίπλοκων σχημάτων (βλέπετε παρακάτω). Επίσης, υπάρχει η περίπτωση των μικροαναστροφέων, με ορισμένες εταιρίες παραγωγής αναστροφέων να προσφέρουν «οικογένειες» μικρότερων αναστροφέων, οι οποίοι συνδέονται σε μια κεντρική διάταξη και προσφέρουν μεγαλύτερες δυνατότητες μικροδιαχείρισης περίπλοκων τοποθετήσεων.

Όλα τα παραπάνω, βέβαια, μικρή σημασία έχουν εν τέλει στην περίπτωση της παρούσας εργασίας, καθώς οι αναστροφείς σε μεγάλα «πάρκα» παραγωγής ενέργειας πρέπει να στοχεύουν σε άλλου είδους χαρακτηριστικά, όπως το κόστος ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος, οι δυνατότητες ανίχνευσης βλαβών και τηλεμετρίας και η ανθεκτικότητα στις συνθήκες του περιβάλλοντος.

3.2.3 Ηλεκτρολογικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός

Πρόκειται για δευτερεύοντα εξοπλισμό και αφορά κυρίως την καλωδίωση του όλου συστήματος και άλλα υποσυστήματα. Σε ότι αφορά την καλωδίωση, αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, ειδικά σε μεγάλα «πάρκα», καθώς πρέπει τα καλώδια να έχουν μικρές απώλειες ανά μονάδα μήκους (αφού μπορεί να διατρέχουν δεκάδες μέτρα από τα πλαίσια έως τους αναστροφείς και από εκεί μέχρι το δίκτυο) και φυσικά να έχουν μεγάλη ανθεκτικότητα στις φυσικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία κλπ.).

Στην περίπτωση αυτόνομων συστημάτων, μια κατηγορία σημαντικών υλικών είναι οι μπαταρίες οι οποίες χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας και τη χρήση της σε περιόδους μικρής ή μηδενικής παραγωγής (νύκτα), ενώ πρέπει να προμηθεύεται ο εγκαταστάτης και τις ανάλογες διατάξεις διαχείρισης των μπαταριών και τους φορτίου της.

Άλλες δευτερεύουσες ηλεκτρονικές και ηλεκτρολογικές διατάξεις αποτελούν τα διάφορα στοιχεία εξοπλισμού τηλεμετρίας, όπως διατάξεις κινητής τηλεφωνίας GPRS για την αποστολή δεδομένων παραγωγής και ειδοποιήσεων βλαβών, καθώς και ανάλογα συστήματα συναγερμού για απομακρυσμένες εγκαταστάσεις.

3.2.4 Λοιπός εξοπλισμός εγκατάστασης - Στήριξη

Το πως θα στηριχτεί ένα σύστημα παραγωγής ενέργειας από τον ήλιο μπορεί να αποτελέσει σημαντική παράμετρο στην συνολική ποιότητα και τελική απόδοση του συστήματος. Κι αυτό γιατί σε αυτό βασίζονται βασικές παράμετροι, όπως η φυσική ψύξη των πλαισίων και η βέλτιστη τοποθέτησή τους ως προς την κλίση και τον προσανατολισμό τους, άρα και τη βέλτιστη πρόσπτωση του ηλιακού φωτός σε αυτά.

Σε οικιακά συστήματα και εν γένει σε συστήματα που τοποθετούνται σε κτίρια η συνήθης λύση είναι σταθερές κατασκευές μεταλλικών σκελετών με την κατάλληλη διαμόρφωση, ώστε τα πλαίσια να έχουν όσο το δυνατόν πιο νότιο προς νοτιοανατολικό προσανατολισμό και κλίση ανάλογη με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής εγκατάστασης. Επίσης, σε περιπτώσεις στεγών με διαφορετικούς προσανατολισμούς, οι κατάλληλες στηρίξεις μπορεί να αποτελούν κομβικό σημείο στη βιωσιμότητα της εγκατάστασης.



Εικόνα 11. Παράδειγμα ηλιακού ανιχνευτή

(Πηγή: <https://www.civicsolar.com/support/installer/articles/pros-and-cons-solar-tracking>)

Σε μεσαία κυρίως προς μεγάλα «πάρκα», υπάρχει και η δυνατότητα εγκατάστασης ανιχνευτών (trackers), ευμεγεθών δηλαδή μηχανισμών στήριξης μεγάλων ομάδων πλαισίων επάνω σε ειδικούς σερβομηχανισμούς οι οποίοι «ακολουθούν» την πορεία του ήλιου κατά την ημέρα (σαν τα ηλιοτρόπια) ή ακόμα και, τα πλέον εξεζητημένα μοντέλα, την κλίση του ήλιου κατά τη διάρκεια της χρονιάς (κίνηση σε δύο άξονες, διαξονικά).³³

Πέραν των διατάξεων στήριξης, πολλά έργα, κυρίως τα «πάρκα», απαιτούν και μια σειρά άλλων υποδομών, όπως περίφραξη, υπόστεγα και μικρά κτίρια-δώματα για την στέγαση ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και λοιπές υποδομές ασφάλειας και προστασίας.

³³ Solar Power World: Advantages and disadvantages of a solar tracker system.

3.3 Χρήσεις και εκμεταλλεύσεις των Φ/Β

3.3.1 Αυτονομία

Η πρώτη βασική χρήση που μπορεί να έχει ένα σύστημα παραγωγής ενέργειας με φωτοβολταϊκά είναι η χρήση της παραγόμενης ενέργειας για ίδια χρήση και συνήθως ως αποκλειστικής (ως επί το πλείστον τουλάχιστον) πηγής ενέργειας.

Τα συστήματα αυτά πρέπει να λαμβάνουν υπόψιν τόσο τη μέγιστη πιθανή απαιτούμενη ισχύ, όσο και την αναμενόμενη ανάγκη σε ενέργεια και, φυσικά, τις δυνατότητες παραγωγής ενέργειας λόγω τοποθεσίας εγκατάστασης. Συνήθως, μεγαλύτερη σημασία δίνεται στις διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας, παρά στο μέγεθος του ίδιου του «εργοστασίου» παραγωγής ενέργειας, καθώς βασικότερη έγνοια σε ένα σύστημα παραγωγής ενέργειας από τον ήλιο είναι η αντιμετώπιση της στοχαστικότητας της παραγωγής και της μειωμένης (όπως συμβαίνει κατά τη χειμερινή περίοδο) ή μηδενικής (όπως στις νυχτερινές ώρες) παραγωγής. Συνήθως, σε οικιακά συστήματα γίνεται αναπλήρωση είτε με άλλες ΑΠΕ (αιολική π.χ.) ή με ταυτόχρονη σύνδεση στο δίκτυο της ΔΕΗ (αλλά εκεί πλέον εντάσσεται το σύστημα Net Metering), ενώ προτιμάται η υποκατάσταση της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμικές συσκευές με άλλες πηγές ενέργειας (π.χ. υγραέριο ή φυσικό αέριο στη μαγειρική, φυσικό αέριο ή ηλιακή θερμότητα στο ζεστό νερό χρήσης και εν γένει καύσιμα στη θέρμανση).

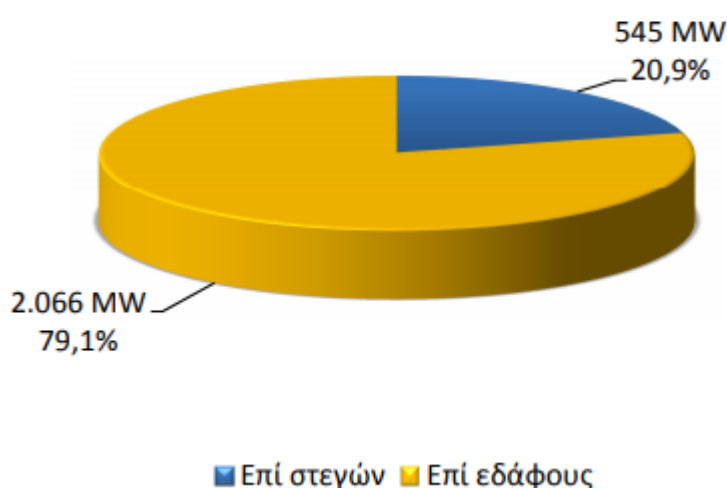
Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί πως μια εκτεταμένη εφαρμογή της έννοιας του αυτόνομου συστήματος είναι τυχόν διατάξεις σε απομακρυσμένες περιοχές, κυρίως νησιά, στα οποία το κεντρικό και διασυνδεδεμένο διεθνώς δίκτυο αντικαθίσταται με ευρείες διατάξεις ΑΠΕ, με μεγάλη συμμετοχή των Φ/Β σε αυτές, και εξεζητημένες λύσεις αποθήκευσης (μπαταρίες και υδατικοί αποταμιευτήρες) ή αναπλήρωσης (γεννήτριες φυσικού αερίου).

3.3.2 Οικιακά συστήματα: Net Metering και Ταρίφες

Στη συγκεκριμένη κατηγορία ανήκουν τα διάφορα συστήματα οικιακής εγκατάστασης, αλλά και τα συστήματα σε επαγγελματικά κτίρια, τα οποία επιδοτούνται ή γενικώς στηρίζονται από το κράτος, ώστε να υπάρχουν κίνητρα υιοθέτησης της ηλιακής ενέργειας ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων.

Στην Ελλάδα μεγάλη άνθιση γνώρισε στα τέλη της περασμένης δεκαετίας, έως και το πρώτο μισό της τρέχουσας, η έννοια του οικιακού συστήματος έως 10 kW, δηλαδή ενός συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με μέγιστη ονομαστική ισχύ τα 10 kW και συγκεκριμένη συμφωνημένη ταρίφα αγοράς από το κράτος ανά kWh. Η τιμή αγοράς ήταν πολύ μεγαλύτερη από την τιμή πώλησης από την ΔΕΗ (ως πρακτικά αποκλειστικού παρόχου ενέργειας μέχρι πρόσφατα) και χρηματοδοτούνταν αυτή η διαφορά μέσω του λεγόμενου ΕΤΜΕΑΡ (Ειδικό Τέλος Μείωσης Εκπομπών Αερίων Ρύπων) ή του Τέλους ΑΠΕ παλαιότερα, ενός τέλους που πληρώνουν όλοι οι καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας. Το κίνητρο αυτό δόθηκε έτσι ώστε να υπάρξει μια ευρεία κίνηση του κοινού προς την χρήση ΑΠΕ και η γνωριμία του με αυτές, μέσω της δυνατότητα επένδυσης στις τελευταίες.

Κατηγορίες φωτοβολταϊκών σταθμών



Διάγραμμα 4. Ποσοστά συμμετοχής στην παραγόμενη ισχύ των δύο βασικών ειδών Φ/Β συστημάτων το 2016

Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα, τα οικιακά συστήματα, αλλά και αυτά επί επαγγελματικών στεγών, έχουν ανέλθει το 2016 σε πάνω από 500 MW εγκατεστημένης ισχύος, αποτελώντας το 1/5 της συνολικής παραγόμενης ισχύος από Φ/Β στην Ελλάδα, σημαντικό μέγεθος εάν ληφθούν υπόψιν τα πολλαπλάσια μεγέθη των «πάρκων» (των εγκατεστημένων επί εδάφους συστημάτων).

Πλέον, βέβαια, επειδή το ισχύον θεσμικό πλαίσιο έχει απομακρυνθεί από τις υψηλές χρηματικές αποδόσεις των ταριφών στα οικιακά συστήματα και έχει επικεντρωθεί στο Net Metering, τα οικιακά συστήματα δεν αυξάνονται πλέον με το ρυθμό του παρελθόντος. Το Net Metering βασίζεται σε μια απλή συνδιαλλαγή ανάμεσα στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και τον παραγωγό ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς ό,τι ποσό ενέργειας παράγεται από το Φ/Β σύστημα διοχετεύεται στο δίκτυο και μετά συμψηφίζεται με όση ενέργεια καταναλώνει ο παραγωγός στην οικεία του (ή στην επαγγελματική του στέγη). Σε σχέση με ένα αυτόνομο σύστημα, το Net Metering προσφέρει σαφώς πιο σταθερή και εξασφαλισμένη πρόσβαση σε επαρκή ηλεκτρική ενέργεια, με χαμηλότερο αρχικό κόστος, λόγω μη ανάγκης αγοράς διατάξεων αποθήκευσης ενέργειας (μπαταρίες κλπ.), και με καλύτερη εντέλει εκμετάλλευση των όποιων παραγωγικών δυνατοτήτων (αφού δεν περιορίζονται από χαρακτηριστικά αποθήκευσης). Σίγουρα δεν προσφέρει την ανεξαρτησία ενός αυτόνομου συστήματος (π.χ. χρεώσεις κεντρικού δικτύου), δεν εξυπηρετεί, φυσικά, τις ειδικές περιπτώσεις απομονωμένων περιοχών (που χρειάζονται αυτόνομα συστήματα) και δεν προσφέρει, βέβαια, τις επενδυτικές προοπτικές των συστημάτων με ταρίφα, αφού το όφελος του παραγωγού περιορίζεται αποκλειστικά στο ύψος της ενέργειας που καταναλώνει.

Κλείνοντας την παρούσα υποενότητα, επιβάλλεται αναφορά στα μεγάλα προβλήματα που αντιμετωπίζονταν κατά την εγκατάσταση των οικιακών συστημάτων στις ελληνικές οικίες. Η εγκατάλειψη παλιών τεχνικών λύσεων οικοδόμησης αναφορικά με τον αερισμό και φωτισμό των οικιών, άρα και του προσανατολισμού τους, αλλά και η άναρχη οικοδόμηση, ειδικά με τις αλλεπάλληλες προσθήκες δωματίων στις μονοκατοικίες και οικίσκων στις ταράτσες των πολυκατοικιών, δημιούργησαν προβληματικά σημεία εγκατάστασης, τόσο ως προς τη διαθέσιμη επιφάνεια, όσο και ως προς τον βέλτιστο προσανατολισμό. Επειδή παραπλήσιες προσπάθειες προώθησης των Φ/Β έχουν γίνει διεθνώς και επειδή προφανώς και σε άλλες χώρες

αντιμετωπίζονταν αντίστοιχα προβλήματα, πολλές εταιρίες παραγωγής πλαισίων ή και αναστροφέων προέβησαν σε αντίστοιχες λύσεις (όπως οι μικροαναστροφείς που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη υποενότητα).

3.2.3 Μεγάλες εγκαταστάσεις παραγωγής – «Πάρκα»

Το είδος εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που απασχολεί την παρούσα εργασία και αποτελεί ακόμα μια βιώσιμη και υποσχόμενη μορφή επένδυσης στην Ελλάδα σε ό,τι αφορά την ηλιακή ενέργεια είναι αυτή των μεγάλων φωτοβολταϊκών πάρκων, εγκαταστάσεων δηλαδή μεγάλου αριθμού Φ/Β πλαισίων επί του εδάφους.

Συνήθως, στην ελληνική πραγματικότητα και λόγω της ανάλογης νομοθεσίας, μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσίαζαν τα προηγούμενα χρόνια τα «πάρκα» ισχύος πάνω από 100kW εγκατεστημένης ισχύος, αν και τα τελευταία χρόνια τα έργα που τελικά αποπερατώνονται αφορούν πολύ μεγαλύτερα μεγέθη. Αρκετά τεχνικά χαρακτηριστικά των έργων αυτών έχουν αποτυπωθεί στην προηγούμενη ενότητα και θα επεκταθεί η περιγραφή τους στο επιχειρηματικό σχέδιο που θα ακολουθήσει.

Μια σημαντική παράμετρος που έχει απασχολήσει την κοινή γνώμη σε σχέση με τα Φ/Β «πάρκα» αποτελεί η χρήση γης, καθώς εν πολλοίς έχουν κατηγορηθεί για την αλόγιστη χρήση πολύτιμης καλλιεργήσιμης γης. Ωστόσο, τα στατιστικά στοιχεία αποδεικνύουν λανθασμένη την κατηγορία αυτή ενάντια στα Φ/Β, καθώς από τις 2.066 MW εγκατεστημένης ισχύος σε Φ/Β πάρκα δεσμεύονται μόλις 12.400 στρέμματα, όσο περίπου η έκταση του Δήμου Αμαρουσίου (Αττική) ή του Δήμου Νεάπολης-Συκεών (Θεσσαλονίκη), ενώ η συνολική δεσμευμένη έκταση (ολόκληρων των αγροτεμαχίων και οικοπέδων επί των οποίων εγκαθίστανται τα «πάρκα») φτάνει τα 40.000 στρέμματα, δηλαδή όσο είναι η έκταση του Δήμου Αθηναίων. Αντιστοίχως οι λιγνιτικοί σταθμοί και τα λιγνιτωρυχεία της ΔΕΗ καλύπτουν έκταση 6,3 φορές μεγαλύτερη, με παραγόμενη ισχύ λιγότερο από 5 φορές μεγαλύτερη, ενώ η γεωργική

γη στην Ελληνική επικράτεια είναι 36,8 εκ. στρέμματα, δηλαδή σχεδόν 900 φορές μεγαλύτερη από τη δεσμευμένη από τα Φ/Β πάρκα έκταση.³⁴

Το βασικότερο χαρακτηριστικό για τις επερχόμενες στην Ελλάδα επενδύσεις σε φωτοβολταϊκά πάρκα είναι ο καθορισμός, πλέον, των τιμών των ταριφών που αποδίδονται στους παραγωγούς μέσα από μειοδοτικούς διαγωνισμούς. Συγκεκριμένα, το εγκεκριμένο από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή σχέδιο της Ελληνικής Κυβέρνησης προβλέπει την διενέργεια τριών ετήσιων διαγωνισμών την τριετία 2018-2020 για την μειοδότηση 100 MW εγκατεστημένης ισχύος ετησίως, ενώ αναμένονται οι τελικές προδιαγραφές και ο τρόπος διενέργειας των διαγωνισμών.³⁵

³⁴ Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών: Στατιστικά στοιχεία αγοράς φωτοβολταϊκών για το 2016

³⁵ news247: Μόνο με διαγωνισμούς θα 'στήνονται' νέα φωτοβολταϊκά και αιολικά

**ΜΕΡΟΣ Β' – ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ Φ/Β**

Κεφάλαιο 4^ο – Executive Summary

Το επιχειρηματικό αυτό σχέδιο συνδέεται με την ανάπτυξη του φωτοβολταϊκού πάρκου στο νομό Λάρισας. Ο σκοπός του πάρκου θα είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών πάνελ που πρόκειται να πωληθεί αποκλειστικά στο ΛΑΓΗΕ με 20ετή σύμβαση, σύμφωνα με τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, με εγγυημένη τιμή πριμοδότησης. Εναλλακτικά, η σύμβαση μπορεί να επεκταθεί περαιτέρω μετά την παρέλευση της περιόδου. Το φωτοβολταϊκό πάρκο θα είναι εγκατεστημένο σε ιδιόκτητη έκταση 5.000 m² εντός του νομού Λάρισας και θα συνδέεται με το δίκτυο με βάση το ελάχιστο κόστος. Οι ιδιοκτήτες θα είναι δύο υποθετικά πρόσωπα και η σύσταση της εταιρείας θα είναι Ομόρρυθμη (Zografakis, et al. 2010).

Ως προς την ολοκλήρωση του εγχειρήματος, δεν υπάρχει ανταγωνισμός. Σύμφωνα με την οδηγία της ΕΕ, η Ελλάδα αναγκάζεται να αυξήσει τη συμβολή της ηλιακής ενέργειας σε 500MW - 700MW μέχρι το 2020 και όλη η ενέργεια που θα παραχθεί θα πρέπει να αγοραστεί από το ΛΑΓΗΕ. Μέχρι σήμερα η Ελλάδα παράγει μόνο 5,8 MW μέσω φωτοβολταϊκών πλαισίων (Tsantopoulos, et al. 2014).

Η κεφαλαιακή διάρθρωση της νέας έναρξης συνοψίζεται στον ακόλουθο πίνακα:

Κεφαλαιακή διάρθρωση	Ευρώ	Ποσοστό επί τοις εκατό (%)
Χρηματοδότηση	300.000	50%
Τραπεζικό δάνειο	150.000	25%
Κεφάλαιο Επενδυτών	150.000	25%
Συνολικά έξοδα ρύθμισης	600.000	100%

Πίνακας 1. Η κεφαλαιακή διάρθρωση του επενδυτικού σχεδίου

Η επιχείρηση αυτή εμπίπτει στην κατηγορία των προμηθευτών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και χρηματοδοτείται από τον επενδυτικό νόμο κατά 50%, δεδομένου ότι θα βρίσκεται στο νομό Λάρισας Θεσσαλίας και είναι μια μικρή

επιχείρηση. Η εταιρεία θα χρηματοδοτηθεί επίσης από την Τράπεζα Πειραιώς με 150.000 ευρώ, που αντιστοιχεί στο 25% της συνολικής επένδυσης. Τέλος, οι δύο ιδιοκτήτες θα συνεισφέρουν 75.000 ευρώ ο καθένας (25%) σε αυτό το έργο (Kaldellis, et al. 2009).

Αυτή η συγκεκριμένη επένδυση είναι πολύ ασφαλής αφού όλα μπορούν να προβλεφθούν και να σχεδιαστούν με ακρίβεια, σύμφωνα με τα στοιχεία που θα παρουσιαστούν. Σύμφωνα με την οικονομική ανάλυση, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (EBA) του έργου θα είναι 15,8%, δηλαδή αρκετά μεγαλύτερος από το μέσο σταθμικό κόστος κεφαλαίου (WACC), το οποίο έχει υπολογιστεί σε 7,31%, ενώ το σημείο ανανέωσης για το επενδυτικό κεφάλαιο θα είναι στα 8 έτη. Επιπλέον, είναι μια επένδυση που, βάσει σταθερών γεγονότων, χρειάζεται ελάχιστη συμμετοχή (Simoglou, et al. 2013).

Κεφάλαιο 5^ο - Τα χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών συστημάτων

5.1 Τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων

Αρχικά, τα πλεονεκτήματα που παρέχουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Προσφέρεται υψηλή και εγγυημένη απόδοση.
- Εξασφαλίζεται δωρεάν παροχή ηλεκτρικού ρεύματος από τον ήλιο.
- Δεν υπάρχει ρύπανση στο περιβάλλον.
- Μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς χειριστή.
- Μπορούν να εγκατασταθούν σε απομονωμένες περιοχές.
- Μπορούν να λειτουργήσουν και να συνεργαστούν με άλλα συστήματα ισχύος, όπως οι ανεμογεννήτριες.
- Μπορούν να λειτουργήσουν κάτω από οποιοσδήποτε καιρικές συνθήκες.
- Το κόστος συντήρησης είναι πολύ χαμηλό.
- Εξασφαλίζεται μεγάλος κύκλος ζωής (> 30 έτη).

Επίσης, οι πιθανές θέσεις που μπορεί να εγκατασταθεί ένα φωτοβολταϊκό σύστημα είναι οι εξής (Zafirakis, et al. 2013) :

- Στις κτιριακές στέγες.
- Σε κάθε ανοιχτό χώρο που έχει φράχτη.
- Σε χώρους στάθμευσης (ως στέγες).
- Ως δομικά υλικά σε νέα κτίρια.
- Ως αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις (π.χ σε πάρκα, γήπεδα, πλατείες κλπ.)

Τα πάνελ έχουν επιφάνεια περίπου 10 m² έως 20 m² για κάθε kW ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Επιπλέον, πρέπει να ληφθεί υπόψη ο επιπλέον χώρος για να αποφευχθεί η σκίαση, η ευκολία συντήρησης κλπ. Μια τυπική φωτοβολταϊκή εγκατάσταση των 100kW κυμαίνεται από 2.000 m² έως 3.000 m² (Zafirakis, et al. 2013).

5.2 Οι παράγοντες που καθορίζουν το κόστος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

Το κόστος μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης υπολογίζεται σε €/kW και αφορά τα εξής (Tourkolias & Mirasgedis, 2011) :

- Την τεχνολογία των πάνελ που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.
- Την προέλευση των πάνελ και του υπόλοιπου εξοπλισμού (τα ευρωπαϊκά συστήματα είναι συνήθως πιο ακριβά, όμως είναι πιο αποτελεσματικά και πιο αξιόπιστα συγκριτικά με τα υπόλοιπα συστήματα των άλλων χωρών).
- Το μέγεθος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.
- Την ευκολία εγκατάστασης.
- Την μορφολογία της περιοχής που πρόκειται να εγκατασταθεί η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.
- Την απόσταση του συστήματος από το δίκτυο ενέργειας.

Το κόστος των φωτοβολταϊκών συστημάτων που διατίθενται σήμερα στην αγορά κυμαίνεται μεταξύ € 5.500 έως € 7.500 ανά εγκατεστημένη kW για πλήρως αυτοματοποιημένα συστήματα με μονοκρυσταλλικά ή πολυκρυσταλλικά δομοστοιχεία, ανιχνευτή ηλίου και συστήματα ασφαλείας. Ένα τυπικό σύστημα κοστίζει περίπου 6.000 ευρώ ανά εγκατεστημένη kW (Tourkolias & Mirasgedis, 2011).

5.2.1 Οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος

Όσον αφορά τους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, αυτοί είναι οι κάτωθι:

- Το κλίμα της περιοχής (περιοχές με ηλιοφάνεια είναι καλύτερες από ότι άλλες με διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες).
- Το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής (περιοχές της νότιας και ανατολικής Ελλάδας παρέχουν καλύτερες συνθήκες).

- Η γωνία των πλαισίων (η καλύτερη λύση είναι ο νότιος προσανατολισμός και η γωνία 30 μοιρών από το έδαφος).
- Η ηλικία των φωτοβολταϊκών συστημάτων (η αποδοτικότητα μειώνεται κατά 0,5% ετησίως για τα πρώτα 10 χρόνια και 1% ετησίως για τα υπόλοιπα 10 χρόνια).
- Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται (τα ηλιακά συστήματα παρακολούθησης μπορούν να αυξήσουν την απόδοση έως και 35%).
- Η σωστή συντήρηση του συστήματος (Fthenakis & Kim, 2011).

Αυτό που έχει σημασία είναι πόσες kWh / έτος πρόκειται να παράγει το σύστημα και με ποιο κόστος πρόκειται να τις παραγάγει. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από φωτοβολταϊκά συστήματα μπορεί να προβλεφθεί με ασφάλεια. Στην Ελλάδα μπορούμε να υποθέσουμε με ασφάλεια ότι ένα φωτοβολταϊκό σύστημα από μονοκρυσταλλικά ή πολυκρυσταλλικά δομοστοιχεία θα παράγει μεταξύ 1.200 - 1.500 kWh/έτος. Στην Ελλάδα οι γεωγραφικές περιοχές με τις καλύτερες επιδόσεις είναι αυτές της νοτιοανατολικής Ελλάδας (Fthenakis & Kim, 2011).

Σύμφωνα με τον Σύνδεσμο Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (HELAPCO), οι σχετικές επιδόσεις ενός φωτοβολταϊκού συστήματος σύμφωνα με τη γωνία και τον προσανατολισμό της γης είναι (Katsivelis, 2013) :

Προσανατολισμός	Γωνία από το έδαφος		
	0°	30°	90°
Μοίρες			
Ανατολικός - Δυτικός	90%	85%	50%
Νοτιοανατολικός - Νοτιοδυτικός	90%	95%	60%
Δυτικός	90%	100%	60%
Βορειοανατολικός -	90%	67%	30%

Βορειοδυτικός			
Βόρειος	90%	60%	20%

Πίνακας 2. Οι επιδόσεις των φωτοβολταϊκών συστημάτων με βάση την γωνία και τον προσανατολισμό της γης

5.2.2 Οι άδειες που απαιτούνται για τη λειτουργία ενός φωτοβολταϊκού συστήματος

Για τις εγκαταστάσεις άνω των 150kW απαιτείται άδεια λειτουργίας, εγκατάστασης και παραγωγής ισχύος. Για την άδεια παραγωγής, είναι υπεύθυνη η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) και απαιτείται έρευνα για περιβαλλοντικές επιπτώσεις και έγκριση περιβαλλοντικών όρων. Επίσης είναι υποχρεωτική μια πιο αναλυτική τεχνικοοικονομική ανάλυση. Η διαδικασία μπορεί να διαρκέσει έως και 7 μήνες. Η άδεια παραγωγής διαρκεί 25 χρόνια με επιλογή για άλλα 25 χρόνια. Μετά την έγκριση της άδειας παραγωγής, υποχρεωτική είναι και η έγκριση περιβαλλοντικών όρων. Η άδεια εγκατάστασης σύμφωνα με την νομοθεσία 3468/06 θα δοθεί από τον γενικό γραμματέα της περιοχής μετά από 15 ημέρες από την υποβολή της αίτησης. Για τοποθεσίες που περιλαμβάνονται σε προστατευόμενες περιοχές, όπως το Ramsar, το Natura 2000 κλπ., η άδεια χορηγείται από τον ίδιο τον Υπουργό Ανάπτυξης μέσα σε ένα μήνα. Προς το παρόν η άδεια εγκατάστασης παρέχεται από το Υπουργείο Ανάπτυξης. Τέλος, η άδεια λειτουργίας παρέχεται από το ίδιο ίδρυμα. Η άδεια διαρκεί 20 χρόνια με δυνατότητα επιλογής άλλων 20 ετών.

Παράλληλα, για εγκαταστάσεις μεταξύ 20kW - 150kW, τις οποίες αφορά το παρόν επιχειρηματικό σχέδιο, δεν απαιτείται άδεια παραγωγής, εγκατάστασης ή λειτουργίας. Αλλά σε αυτή την περίπτωση υπάρχει ανάγκη για άδεια εξαίρεσης από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, καθώς και έρευνα για περιβαλλοντικές επιπτώσεις και έγκριση περιβαλλοντικών συνθηκών.

Ωστόσο, για εγκαταστάσεις έως 20kW δεν απαιτείται καμία άδεια χρήσης. Το μόνο που χρειάζεται είναι μια ενημέρωση προς την ΔΕΔΔΗΕ σχετικά με την τεχνολογία που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί, τη θέση και την ισχύ εξόδου (Tsantopoulos, et al. 2014).

Σε όλες τις περιπτώσεις, όμως, ο επενδυτής πρέπει να είναι προσεκτικός σχετικά με την ισχύουσα νομοθεσία ανάλογα με την επικράτεια και το είδος της επένδυσης. Για παράδειγμα, τα φωτοβολταϊκά συστήματα στις στέγες των σπιτιών απαιτούν άδεια από το γραφείο πολεοδομικού σχεδιασμού σχετικά με τη σύνδεση στο δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ (Tsantopoulos, et al. 2014).

5.2.3 Τα κριτήρια που χρησιμοποιεί η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας για την αξιολόγηση των εντύπων αίτησης

Τα κριτήρια που χρησιμοποιεί η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας για την αξιολόγηση των εντύπων αίτησης είναι τα εξής:

- Η εθνική ασφάλεια.
- Η δημόσια ασφάλεια και υγεία.
- Η ασφάλεια της ίδιας της εγκατάστασης.
- Η απόδοση ισχύος και η βιωσιμότητα του έργου.
- Η ωριμότητα του έργου προκειμένου να καθοριστεί πόσο γρήγορα μπορεί να εφαρμοστεί.
- Η εγγύηση για το δικαίωμα χρήσης για τη συγκεκριμένη τοποθεσία.
- Το δυναμικό του αιτούντος να ολοκληρώσει το σχέδιο σύμφωνα με τις οικονομικές, επιστημονικές και τεχνικές δεξιότητές του.
- Η εγγύηση κοινών υπηρεσιών πλούτου και προστασίας των πελατών.
- Η προστασία του περιβάλλοντος σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος (Tsantopoulos, et al. 2014).

5.2.4 Οι παράγοντες που απαιτούνται για σύνδεση με το δίκτυο παροχής ρεύματος

Ο παραγωγός πρέπει να ενημερώσει την ΔΕΔΔΗΕ σχετικά με την τοποθεσία και τις τεχνικές προδιαγραφές του συστήματος. Η ΔΕΔΔΗΕ προετοιμάζει μια έρευνα για μια βέλτιστη τεχνική και οικονομική λύση, εκτός εάν υπάρχουν ορισμένα προβλήματα προκειμένου να διακοπεί η έρευνα και να απορριφθεί η αίτηση σύνδεσης (Kymakis, et al. 2009).

Σε μια περίοδο ενός έτους ο παραγωγός υπογράφει πλέον μια σύμβαση που συνδέεται με το δίκτυο και μέσα σε 3 μήνες συμπληρώνει μια αίτηση για την κατασκευή του συνδέσμου και πληρώνει το κόστος. Ο σύνδεσμος μπορεί να συμβεί μόνο αν διευθετηθούν όλες οι προϋποθέσεις (εφαρμογές, σύμβαση και όροι πώλησης με το ΛΑΓΗΕ και την υπηρεσία πολεοδομικού σχεδιασμού) (Chioncel, et al. 2009). Αναλυτικότερα:

- Για σταθμούς μέχρι 100kW η σύνδεση είναι χαμηλής τάσης και το κόστος είναι περίπου 4.000 ευρώ, εάν το σύστημα βρίσκεται δίπλα σε υποσταθμό ή δίκτυο χαμηλής τάσης.
- Για σταθμούς με ισχύ εξόδου άνω των 100kW, η σύνδεση είναι στο δίκτυο μέσης τάσης και κοστίζει 15.000 ευρώ. Η άδεια χορηγείται από τα κεντρικά γραφεία της ΔΕΔΔΗΕ που βρίσκονται στην Αθήνα.
- Για σταθμούς με ισχύ εξόδου μεγαλύτερη από 150kW, προς το παρόν η άδεια εκδίδεται από την ΔΕΔΔΗΕ, ωστόσο αυτό θα αλλάξει σύντομα και θα εκδίδεται από το Υπουργείο Ανάπτυξης (Wirth, 2013).

5.2.5 Η τιμή πώλησης της ισχύος

Όσον αφορά την τιμή πώληση της ισχύος, στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά.

Ισχύς Φ / Β συστήματος	Ευρωπαϊκό Δίκτυο	Αποκομμένα νησιά
≤ 100kW	€0.45/kWh	€0.5/kWh
>100 kW	€0.40/kWh	€0.45/kWh

Πίνακας 3. Οι τιμές πώλησης με βάση τα kW

Οι προαναφερθείσες τιμές έχουν ψηφιστεί στον νέο αναπτυξιακό νόμο 3468/06 και μπορούν να επανεκτιμηθούν κάθε χρόνο από το Υπουργείο Ανάπτυξης σύμφωνα με

τις αυξήσεις στα τιμολόγια του ΛΑΓΗΕ. Επομένως, δεν υπάρχει πρόβλημα για τη μείωση των εγγυημένων τιμολογίων (Fantidis, et al. 2013).

5.2.6 Οι δυνατότητες της χρηματοδότησης για τα φωτοβολταϊκά συστήματα

Σύμφωνα με τον επενδυτικό νόμο 3468/06, οι επενδύσεις στην παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ χρηματοδοτούνται με ποσοστό 40% - 60%. Αυτά τα ποσοστά για κάθε περιοχή παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Ragwitz, et al. 2014).

Χρηματοδότηση ανά τοποθεσία	Ποσοστό χρηματοδότησης επί τοις εκατό
Ζώνη Α: Αττική - Θεσσαλονίκη (εκτός νησιών και βιομηχανικών περιοχών)	40%
Ζώνη Β: Κεντρική Μακεδονία, Δυτική Μακεδονία, Θεσσαλία, Κρήτη, Ιόνια νησιά, Στερεά Ελλάδα, Νησιά του Ν. Αιγαίου	50%
Ζώνη Γ: Δυτική Ελλάδα, Ανατολική Μακεδονία, Θράκη, Ήπειρος, Πελοπόννησος, Νησιά Βορείου Αιγαίου	60%

Πίνακας 4. Τα ποσοστά χρηματοδότησης με βάση την περιοχή εγκατάστασης

Ένα επιπλέον 10% για κάθε περιοχή μπορεί να προστεθεί για εταιρείες μεσαίου μεγέθους και 20% για μικρές επιχειρήσεις. Μια μεσαίου μεγέθους εταιρεία έχει έσοδα κάτω των 50.000.000 ευρώ και προσωπικό λιγότερο από 250 άτομα. Μια μικρή επιχείρηση έχει έσοδα μικρότερα από 10.000.000 ευρώ και απασχολεί λιγότερα από 50 άτομα (Katsivelis, 2013).

5.2.7 Οι παράγοντες που δικαιολογούν ότι η επένδυση σε φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελεί εγγυημένη επένδυση

Όσον αφορά τους παράγοντες που δικαιολογούν ότι η επένδυση σε φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελεί εγγυημένη επένδυση, αυτοί είναι οι εξής:

- Τα φωτοβολταϊκά πάνελ που είναι το πιο ακριβό μέρος ενός συστήματος συνήθως αποστέλλονται με εγγύηση 10-25 ετών.
- Οι μετατροπείς διαθέτουν 10 χρόνια εγγύηση.
- Οι μεγάλες ελληνικές εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην αγορά εγγυώνται ότι το σύστημα θα λειτουργεί άψογα για 2 χρόνια και θα προσφέρει μακροχρόνιες συμβάσεις συντήρησης σε συνδυασμό με τα συστήματα αναφοράς των εργαλείων εγκατάστασης και στατιστικής ανάλυσης, που μπορούν να διαγνώσουν κάθε πρόβλημα σε ένα συγκεκριμένο τμήμα του συστήματος, έχοντας έτσι εξαιρετικά γρήγορη επισκευή.
- Το ετήσιο κόστος συντήρησης κυμαίνεται μεταξύ 0,3% και 0,6% του κόστους του συστήματος και συνεπάγεται την ταχεία επανεξισορρόπηση κάθε ελαττώματος και βέλτιστης λειτουργίας της μονάδας.
- Το υπόλοιπο κόστος συντήρησης και λειτουργίας της μονάδας είναι πρακτικά μηδενικό. Συνήθως, είναι αναγκαίο ένα απλό ξέπλυμα με νερό, για να αποφευχθεί η σκόνη στα πλαίσια και η τακτική επιβεβαίωση ότι ο χώρος γύρω τους δεν δημιουργεί προβλήματα σκιών.
- Άλλες πιθανές απειλές όπως ο βανδαλισμός, ο σεισμός, η πυρκαγιά, η κλοπή κ.λπ. μπορούν να καλυφθούν από το ασφαλιστήριο συμβόλαιο. Η επιστροφή μπορεί να καλύψει την καταβολή της ζημίας μέχρι την επιστροφή για τις απώλειες λόγω της μειωμένης απόδοσης. Το τυπικό κόστος για το ασφαλιστήριο συμβόλαιο είναι 0,25% - 0,5% του μοναδιαίου κόστους ανάλογα με τη σύμβαση (Tourkolias & Mirasgedis, 2011).

Κρίνοντας από τα γεγονότα είναι εύκολο να καταλάβουμε ότι με σταθερό και προβλεπόμενο κόστος για μια περίοδο 20 ετών, με μια προβλεπόμενη απόδοση καθώς και προκαθορισμένη τιμή πώλησης ισχύος που επενδύει σε Φ / Β είναι μια εγγυημένη επένδυση (Wirth, 2013).

5.2.8 Τα βήματα που πρέπει να προηγηθούν της επενδύσεως σε φωτοβολταϊκά συστήματα

Εν συνεχεία, στην υποενότητα αυτή παρουσιάζονται τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ένας επενδυτής πριν να επενδύσει σε φωτοβολταϊκά συστήματα. Πιο συγκεκριμένα, τέτοια βήματα συνιστούν:

- Η αξιολόγηση του οικοπέδου ή των κτιρίων που πρόκειται να εγκατασταθούν τα φωτοβολταϊκά συστήματα.
- Ο προσδιορισμός της βέλτιστης διαθέσιμης φωτοβολταϊκής λύσης σύμφωνα με το οικόπεδο και το διαθέσιμο κεφάλαιο για την έναρξη της έρευνας προδιαγραφών.
- Η συλλογή και η ανάλυση των διαθέσιμων προσφορών.
- Η συμπλήρωση και η αποστολή της αίτησης για άδεια παραγωγής.
- Η εφαρμογή στην ΔΕΔΔΗΕ για να συναχθούν σχετικά με τους όρους σύνδεσης για συστήματα μεταξύ 20kW και 150kW.
- Η άδεια εγκατάστασης για τα συστήματα μεγαλύτερα από 150kW.
- Η συμπλήρωση και η αποστολή της μελέτης περιβαλλοντικής έγκρισης και της αξιολόγησης για τα συστήματα μεταξύ 20kW - 150kW.
- Το συμβόλαιο με το ΛΑΓΗΕ για την σύνδεση στο δίκτυο.

- Την σύμβαση πώλησης της εξουσίας με το ΛΑΓΗΕ.
- Το επιχειρηματικό σχέδιο προκειμένου να χρηματοδοτηθεί από το επενδυτικό δίκαιο.
- Το συμβόλαιο με τους προμηθευτές του εξοπλισμού για την έναρξη του έργου.
- Η άδεια λειτουργίας για συστήματα μεγαλύτερα από 150kW.
- Οι αναφορές προόδου και ολοκλήρωσης προκειμένου να εξασφαλιστεί η πλήρης χρηματοδότηση από τον επενδυτικό νόμο (Fantidis, et al. 2013).

Κεφάλαιο 6^ο - Η ανάλυση της αγοράς της ηλιακής ενέργειας

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η ανάγκη ηλεκτρικής ενέργειας της Ελλάδας αυξάνεται καθημερινά λόγω του αυξανόμενου πληθυσμού, του πολιτισμού και της αναπτυσσόμενης βιομηχανίας. Η ικανοποίηση αυτής της ανάγκης απαιτεί όχι μόνο παραδοσιακές αλλά και ανανεώσιμες πηγές. Θεωρώντας ότι οι ενεργειακές ανάγκες της Ελλάδας ικανοποιούνται κυρίως από εξαγόμενες πηγές από άλλες χώρες, συμπληρωματικό μερίδιο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από όλες τις πηγές αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για την Ελλάδα (Wirth, 2013).

Η Ελλάδα λαμβάνει την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία τον Ιούνιο, τον Ιούλιο και τον Αύγουστο με σχεδόν 11 ώρες ηλιοφάνειας ανά ημέρα. Η ελάχιστη ηλιακή ακτινοβολία είναι τον Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο, όπου η διάρκεια της ηλιοφάνειας είναι μικρότερη από 4 ώρες. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι, οι πιο ελκυστικές περιοχές είναι οι νότιες και οι ανατολικές περιοχές (δηλαδή τα νησιά του Αιγαίου και η Κρήτη), λόγω ότι έχουν περισσότερο χρονικό διάστημα ηλιοφάνειας απ' ότι οι βόρειες και οι δυτικές περιοχές (Fantidis, et al. 2013).

Εξάλλου, το ανατολικό τμήμα της χώρας βρίσκεται σε καλύτερη κατάσταση από επενδυτικής/επιχειρηματικής σκοπιάς, σε σύγκριση με το δυτικό τμήμα της χώρας, λόγω, κυρίως, της ύπαρξης των ελκυστικών τουριστικών προορισμών του (πχ νησιά Αιγαίου). Οι κυβερνήσεις εργάζονται επί αυτού του προβλήματος εδώ και δεκαετίες και προσπαθούν να αναπτύξουν τη βιομηχανία στα ανατολικά. Πολλές βιομηχανικές περιοχές έχουν οικοδομηθεί τα τελευταία χρόνια και ο πολιτισμός αυξάνεται. Αυτοί οι δύο παράγοντες δείχνουν επίσης ότι οι ενεργειακές ανάγκες στις περιοχές αυτές είναι πολύ υψηλές. Η κυβέρνηση, ο ιδιωτικός τομέας και οι ξένοι επενδυτές δεν θα χάσουν αυτή την ευκαιρία. Ως εκ τούτου, τα τελευταία 3 χρόνια υπήρξε σημαντικό βήμα για την φωτοβολταϊκή βιομηχανία στην Ελλάδα (Ragwitz, et al. 2014).

Ωστόσο, η αιολική και η υδροηλεκτρική ενέργεια στην Ελλάδα δεν θα μπορούσε να αναπτυχθεί όπως η ενέργεια που παρέχουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Αν και η χώρα έχει μεγάλες δυνατότητες και είναι η 3η καλύτερη στην Ευρώπη μετά την Ισπανία, συμπεριλαμβανομένης της διάρκειας της ηλιοφάνειας των 2640 ωρών, μέχρι το τέλος του 2014, η εγκατεστημένη ισχύς των ηλιακών σταθμών παρέμεινε στα 50

MW. Προκειμένου να ενισχυθεί η χρήση της ηλιακής ενέργειας, η κυβέρνηση ορίζει τιμές-στόχους για την εγκατεστημένη ισχύ. Ως εκ τούτου, προγραμματίζεται να επιτευχθεί συνολική ισχύς 5 GW ηλιακών σταθμών μέχρι το 2023 (Katsivelis, 2013).

Δεδομένης της πολυπλοκότητας των γραφειοκρατικών διαδικασιών (π.χ διαδικασίες δημοπρασίας), η εγκατάσταση αδειοδοτημένου εργοστασίου παραγωγής ενέργειας μπορεί να χρειαστεί πολύ χρόνο και προσπάθεια. Ως εκ τούτου, αναμενόταν ότι τα μη εξουσιοδοτημένα έργα κάτω του 1 MW θα προτιμούνται από τους εγκαταστάτες (Fthenakis & Kim, 2011).

6.1 Η παγκόσμια, ευρωπαϊκή και εγχώρια αγορά παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Καταρχάς θα πρέπει να αναφέρουμε ότι το επενδυτικό σχέδιο ανήκει στον τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καθορίζεται από την πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται ως είσοδος στις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι πιο σημαντικές πηγές που θέτουν σε λειτουργία τις μονάδες παραγωγής ενέργειας είναι ο άνθρακας, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, η βιομάζα, η πυρηνική ενέργεια, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η γεωθερμία, η ηλιακή ενέργεια των φωτοβολταϊκών, η ηλιακή θερμική ενέργεια και άλλες πηγές (Zografakis, et al. 2010).

Το κάρβουνο, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και τα πυρηνικά στοιχεία αποτελούν τις πλέον χρησιμοποιούμενες και σημαντικές πηγές ενέργειας σε παγκόσμιο, ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο (Tsantopoulos, et al. 2014).

Περίπου το 69% της παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από μη ανανεώσιμους πόρους (άνθρακας και υδρογονάνθρακες), η καύση του οποίου παράγει θερμότητα, η οποία με τη σειρά της μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Η χρήση των δύο αυτών πηγών ως ενεργειακής πρώτης ύλης έχει δύο σοβαρά μειονεκτήματα όπου είναι ότι τα αποθέματα είναι εξαντλητικά και οι εκπομπές που προέρχονται από την καύση τους είναι πολύ επιβλαβείς για το περιβάλλον. Όπως είναι ευρέως γνωστό, το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), ως η πλέον επιβλαβής εκπομπή που παράγεται από την καύση άνθρακα και υδρογονανθράκων, είναι ο βασικός

παράγοντας πίσω από τις παγκόσμιες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GHG) και την παγκόσμια κλιματική αλλαγή που λαμβάνει χώρα τα τελευταία χρόνια (Kaldellis, et al. 2009).

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) υποστηρίζεται το 57,5% από άνθρακα και υδρογονάνθρακες, το 27,82% από την πυρηνική ενέργεια και μόνο το 15% από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η πυρηνική ενέργεια, το ποσοστό της οποίας είναι εντυπωσιακό σε σύγκριση με τα παγκόσμια επίπεδα, προσεγγίζεται με σκεπτικισμό λόγω των αρνητικών συνεπειών σε περιπτώσεις ατυχημάτων και των αρνητικών επιπτώσεων των πυρηνικών αποβλήτων. Σε περίπτωση που κάποια από αυτά τα πρακτικά, αν και αξιολογούνται, προβλήματα επιλυθούν στο μέλλον, η πυρηνική ενέργεια θα μπορούσε να αποτελέσει σημαντική πηγή ενέργειας. Μέχρι τότε, οι συνέπειες που ακολουθεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση της πυρηνικής ενέργειας δεν μπορούν να διαγραφούν. Η τελευταία εξηγείται επίσης από τα περιορισμένα κίνητρα για την ανάπτυξη του τομέα της πυρηνικής ενέργειας (Kaldellis, et al. 2009).

Όσον αφορά την Ελλάδα, η πηγή που χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο άνθρακας, καλύπτοντας το 54,6% της συνολικής παραγωγής. Το ποσοστό αυτό δεν συμβάλλει στην υλοποίηση του στόχου της χώρας να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, έτσι ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι της ΕΕ για μείωση έως το 2020. Δεν βοηθά ούτε η αξιολογούμενη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι υδρογονάνθρακες συμμετέχουν κατά 37% στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αυξάνοντας τη συνολική χρήση των πηγών, όπου είναι υπεύθυνες για την παραγωγή εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, σε υψηλό επίπεδο του 92%, ενώ το αντίστοιχο παγκόσμιο ποσοστό είναι περίπου 69%. Τέλος, αξίζει να τονιστεί το γεγονός ότι όταν γίνεται σύγκριση των συνολικών ποσοστών των συνεισφερόντων υδρογονανθράκων και άνθρακα διαπιστώνεται ότι το ποσοστό όχι μόνο μένει σταθερό αλλά αυξάνεται. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη ότι εάν η Ελλάδα δεν εκπληρώσει τους στόχους μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (20% έως το 2020) σύμφωνα με τις οδηγίες της ΕΕ, θα υπάρξουν χρεώσεις και κυρώσεις για τη χώρα (Kymakis, et al. 2009).

Όπως αναμενόταν, η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας θα αυξηθεί όσο περνούν τα χρόνια και η παγκόσμια οικονομία μεγαλώνει. Η γενική τάση αποδεικνύει την αυξανόμενη ανάγκη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, προκειμένου να αντιμετωπιστεί η αυξανόμενη παγκόσμια ζήτηση (Zafirakis, et al. 2013).

Η συμβολή της ηλιακής ενέργειας δεν ήταν σημαντική μέχρι τώρα. Το σύνολο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας άρχισε να εξελίσσεται τη δεκαετία του 1990 αλλά δεν έφτασε στο σημείο να συμβάλει σημαντικά σε παγκόσμιο επίπεδο. Ωστόσο, οι υπάρχοντες δείκτες σχετικά με το πρόβλημα της υπερθέρμανσης του πλανήτη, σε συνδυασμό με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς που συζητήθηκαν, οδηγούν τα γεγονότα σε μια πιο θετική κατεύθυνση σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια (Tourkolias & Mirasgedis, 2011).

6.2 Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), όπως η ηλιακή ενέργεια, ο άνεμος, η βροχή, η παλίρροια, η βιομάζα, τα βιοκαύσιμα και η γεωθερμική ενέργεια, αναπληρώνονται συνεχώς, όπως ορίζει η φύση και θεωρούνται ανεξάντλητες. Η πρώτη κρίση των τιμών του πετρελαίου το 1979 ήταν το πρώτο κρούσμα που κατέληξε στην εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς και στην ανάπτυξη αξιόπιστων και αποδοτικών τεχνολογιών ώστε οι άνθρωποι να μην εξαρτώνται πλήρως από τον άνθρακα και τους υδρογονάνθρακες για τις ενεργειακές τους ανάγκες. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν ήδη αρχίσει να αποτελούν μέρος του παγκόσμιου ενεργειακού περιβάλλοντος, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό και εισαγόμενο πετρέλαιο και την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού (Tsoutsos, et al. 2005).

Οι σημαντικότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σήμερα είναι η βιομάζα (στερεά, υγρά, αέρια), η γεωθερμία, η ηλιακή ενέργεια, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η αιολική ενέργεια, κλπ (Zafirakis, et al. 2013).

Η υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελεί την κύρια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού σε παγκόσμιο, ευρωπαϊκό και ελληνικό επίπεδο. Σε

παγκόσμιο επίπεδο, καλύπτει το 86% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η ανάπτυξη της υδροηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η υποδομή που απαιτείται για την ανάπτυξη ενός υδροηλεκτρικού σταθμού έχει πολλαπλά οφέλη (χρήση φραγμάτων και εκμετάλλευση του πολύτιμου νερού) και καλύπτει έργα μεγάλης κλίμακας. Η βιομάζα, αν και ξεκίνησε ως η κύρια πηγή ενέργειας από την αρχή της ανθρώπινης ιστορίας, καλύπτει σήμερα το 4% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Ragwitz, et al. 2014).

Στην ΕΕ, μετά την χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που είναι το μεγαλύτερο μέρος της υδροηλεκτρικής ενέργειας (61%), η αιολική ενέργεια ακολουθεί με 19% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η αιολική ενέργεια, όπου μπορεί να αξιοποιηθεί αποτελεσματικά, αποτελεί μια οικονομικά βιώσιμη λύση, καθώς η τεχνολογία της αναπτύσσεται ταχέως (Tsantopoulos, et al. 2014).

Στην Ελλάδα, η κύρια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι η υδροηλεκτρική ενέργεια, η οποία καλύπτει το 62%. Ακολουθεί ο άνεμος, καλύπτοντας το 34% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Όπως σημειώθηκε στην τελευταία επικαιροποίηση της Διεθνούς Οργάνωσης Ενέργειας το 2007, η ηλιακή ενέργεια και τα φωτοβολταϊκά πάνελ δεν υπήρχαν στον χάρτη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας (Fthenakis & Kim, 2011).

Προσπαθώντας να προσεγγίσουμε τα δεδομένα της Ελλάδας, μπορούμε να σχολιάσουμε ότι η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε κάθε χώρα λειτουργεί σε συνάρτηση με τη διαθεσιμότητα της πρώτης ύλης και το κόστος της τεχνολογίας. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο τα φωτοβολταϊκά δεν έχουν εισέλθει δυναμικά στην αγορά ενέργειας, κυρίως λόγω του κόστους της τεχνολογίας. Στην Ελλάδα, ωστόσο, μπορεί να εξεταστεί ένας πρόσθετος λόγος, λόγω ότι οι γραφειοκρατικές διαδικασίες σε συνδυασμό με τη ρύθμιση της αγοράς αποθάρρυναν πολλούς επενδυτές από τη συγκεκριμένη κατεύθυνση (Tsantopoulos, et al. 2014).

6.3 Η παγκόσμια αγορά φωτοβολταϊκών

Η φωτοβολταϊκή τεχνολογία χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στη δεκαετία του 1960 σε διαστημικές εφαρμογές. Έκτοτε, η συγκεκριμένη τεχνολογία προσπάθησε να καλύψει κάποιες μικρές ενεργειακές ανάγκες, ειδικά σε μικρές και απομονωμένες τοποθεσίες (Kymakis, et al. 2009).

Τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι αναμφισβήτητα. Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα ισχύος 1 KW αποτρέπει την εκπομπή 1,4 τόνων διοξειδίου του άνθρακα. Για να παρουσιαστεί η σημασία του θέματος είναι σημαντικό να σχολιαστεί ότι η ίδια ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα μπορεί να απορροφηθεί από δύο στρέμματα δασών. Επιπλέον, συμβάλλει στη μείωση άλλων επιβλαβών εκπομπών, όπως μικρά σωματίδια, οξείδιο του αζώτου, εκπομπές θείου κλπ (Chioncel, et al. 2009).

Οι εγκαταστάσεις της παγκόσμιας αγοράς ηλιακών φωτοβολταϊκών έφθασαν το 2017 σε υψηλό επίπεδο 5,95 GW, αντιπροσωπεύοντας αύξηση 110% σε σχέση με τον προηγούμενο χρόνο, με αποτέλεσμα το εντυπωσιακό 7,3 GW το 2018, που αντιπροσωπεύει αύξηση 20% σε σχέση με το προηγούμενο έτος. Κατά την αξιολόγηση της ζήτησης των φωτοβολταϊκών το 2017, 81 χώρες συνέβαλαν στη συνολική παγκόσμια αγορά των 5,95 GW σημειώνοντας μια αξιοσημείωτη αύξηση 240% σε σύγκριση με το 2016 (1,744 GW). Συνολικά, η βιομηχανία φωτοβολταϊκών επέφερε 38,5 δισεκατομμύρια δολάρια σε παγκόσμια έσοδα το 2017, αυξάνοντας κατά 8% σε σύγκριση με το 2016 (Greinöcker, 2018).

Οι ευρωπαϊκές χώρες αντιπροσώπευαν το 5,6 GW ή το 77% της παγκόσμιας ζήτησης το 2017. Οι τρεις μεγαλύτερες χώρες στην Ευρώπη ήταν η Γερμανία, η Ιταλία και η Τσεχία, οι οποίες ανήλθαν συνολικά σε 4,07 GW. Και οι τρεις χώρες γνώρισαν αυξανόμενη ζήτηση, με την Ιταλία να γίνεται η δεύτερη μεγαλύτερη αγορά στον κόσμο. Η τρίτη μεγαλύτερη αγορά στον κόσμο ήταν οι Ηνωμένες Πολιτείες, οι οποίες αυξήθηκαν κατά 36% από το 2017 και έφτασε στα 485 MW και σημείωσε το 3% του συνολικού μεριδίου αγοράς. Ακολουθώντας μια στενή πορεία η Ιαπωνία, κατέλαβε

την τέταρτη θέση, αυξάνοντας το ποσοστό της κατά 109% από το 2017 (Greinöcker, 2018).

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα ποσοστά εξελίσσονται αρκετά δυναμικά. Το 2017 η Ευρώπη αντιπροσώπευε το 82% της παγκόσμιας ζήτησης φωτοβολταϊκών και η αύξηση του 285% της Ισπανίας ώθησε τη Γερμανία στη δεύτερη θέση στην κατάταξη της αγοράς, ενώ οι ΗΠΑ έπεσε στην τρίτη θέση. Η ισπανική ζήτηση το 2018 κατέρρευσε μόλις στο 4% του προηγούμενου έτους, γεγονός που οδήγησε στο μειωμένο μερίδιο αγοράς της. Η διαρκώς μεταβαλλόμενη δυναμική αγορά εξηγείται από το κρίσιμο χρονικό σημείο, τα επενδυτικά κίνητρα και τη λεγόμενη «πράσινη κίνηση» κυρίως των ανεπτυγμένων χωρών που προωθούν την ανάπτυξη της αγοράς και κατά συνέπεια τη ζήτηση (Greinöcker, 2018).

Η παγκόσμια παραγωγή ηλιακών κυψελών έφθασε σε ενοποιημένη τιμή 9,34 GW το 2017, από 6,85 GW ένα χρόνο νωρίτερα. Τα πάνελ κρυσταλλικού πυριτίου συνεχίζουν να κυριαρχούν στην αγορά. Ωστόσο, το πλεόνασμα της παραγωγής ηλιακών κυψελών σε σχέση με τη ζήτηση της αγοράς προκάλεσε τον μέσο όρο των τιμών των κρυσταλλικών στοιχείων πυριτίου για το 2017 να υποχωρήσουν κατά 38% σε σχέση με το προηγούμενο έτος (Greinöcker, 2018).

Προς το μέλλον, ο κλάδος αναμένεται να επανέλθει σε υψηλό ρυθμό ανάπτυξης το 2020 και επίσης τα επόμενα 5 χρόνια. Ακόμη και στο πιο αργό αναπτυξιακό σενάριο, η παγκόσμια αγορά θα είναι 2,5 φορές υψηλότερη από το σημερινό της μέγεθος. Δεν πρέπει να αγνοήσουμε το γεγονός ότι ένα βασικό χαρακτηριστικό των συνθηκών της αγοράς φωτοβολταϊκών είναι το γεγονός ότι η ζήτηση αυξάνεται λόγω των επιτυχώς εφαρμοζόμενων φωτοβολταϊκών εφαρμογών της Γερμανίας και της Ιαπωνίας. Η "υπερπήδηση" παίζει καίριο ρόλο στη βιομηχανία των φωτοβολταϊκών. Στα βήματα αυτών των χωρών, η κινεζική και η ταϊβανέζικη παραγωγή συνέχισαν να αυξάνουν το μερίδιο αγοράς τους και αντιπροσωπεύουν σήμερα το 49% της συνολικής παραγωγής (Wirth, 2013).

Όπως φαίνεται από τους αριθμούς, τα φωτοβολταϊκά αποτελούν μια ενδεχομένως ευημερούσα τεχνολογία παραγωγής ενέργειας, η οποία αναμένεται να αυξηθεί. Οι πολιτικές που εφαρμόζονται και τα κίνητρα που παρέχονται στους επενδυτές φαίνεται

να είναι αποτελεσματικά. Η ζήτηση των φωτοβολταϊκών μονάδων αναμένεται να αυξηθεί πάνω από 100% έως το 2020 σε όλο τον κόσμο, σε σύγκριση με τις εκτιμήσεις του 2019. Προφανώς, η μειωμένη ζήτηση των φωτοβολταϊκών μονάδων δεν σχετίζεται με τον τομέα, αλλά ενδεχομένως με την παγκόσμια ύφεση που ξεκίνησε την κρίση του 2008 (Fantidis, et al. 2013).

Η εκτεταμένη αναφορά στην παγκόσμια ζήτηση και προμήθεια των φωτοβολταϊκών συνδέεται με την εξέλιξη των τιμών αγοράς των φωτοβολταϊκών μονάδων, τη συνολική ανάπτυξη και την αποδοτικότητα των κινήτρων που παρέχονται στους επενδυτές φωτοβολταϊκών συστημάτων σε όλο τον κόσμο τα επόμενα χρόνια. Οι τάσεις δείχνουν αξιοσημείωτη ανάπτυξη της αγοράς (Ragwitz, et al. 2014).

6.4 Η ελληνική αγορά φωτοβολταϊκών

Μέχρι πρόσφατα, τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ελλάδα ήταν κυρίως ιδιωτικά αυτόνομα συστήματα σε απομακρυσμένες περιοχές, όπου δεν υπάρχει ηλεκτρικό δίκτυο, ενώ η συνδεδεμένη με το δίκτυο αγορά ήταν σχετικά μικρή. Παρόλο που από το 1998 υπήρχε ένα ικανοποιητικό νόμικο πλαίσιο για την αγορά ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η έλλειψη σημαντικού καθεστώτος στήριξης για μεγάλο χρονικό διάστημα, η συμμετοχή πολλών δημοσίων υπηρεσιών για τη λήψη μεγάλου αριθμού αδειών και η έλλειψη συγκεκριμένων κανονισμών για τους συντελεστές της αγοράς παρεμπόδισαν τη μεγαλύτερη εισαγωγή φωτοβολταϊκών συστημάτων (Katsivelis, 2013).

Η ετήσια εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα πριν από το 2006, εξαιρουμένων των προγραμμάτων επίδειξης και των ερευνητικών έργων, δεν ξεπέρασε τα 200 έως 300 kW. Μεταξύ 2008 και 2009, η εγκατεστημένη χωρητικότητα φωτοβολταϊκών συστημάτων αυξήθηκε κατά 12 MWp, το μεγαλύτερο μέρος της προέρχεται από φωτοβολταϊκά συστήματα που συνδέονται με το δίκτυο λόγω του νόμου 3468/2006. Σήμερα, τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν μεγαλύτερη ισχύ (αναλόγως τα πάνελ που θα χρησιμοποιηθούν) λόγω εξέλιξης της τεχνολογίας κυρίως (Fthenakis & Kim, 2011).

Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό της αγοράς είναι το γεγονός ότι η περιοδική απαγόρευση της άδειας από τη ΡΑΕ (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας) προκαλεί στρεβλώσεις στις εφαρμογές σύνδεσης για την υλοποίηση και την επιτρεπόμενη χωρητικότητα. Με άλλα λόγια, η ζήτηση υπερβαίνει τη χωρητικότητα. Οι γραφειοκρατικές καθυστερήσεις καθιστούν ακόμη πιο δύσκολη τη διαδικασία, αποθαρρύνοντας τους δυνητικούς επενδυτές. Μπορεί να παρατηρηθεί ότι οι εφαρμογές υπερβαίνουν πάντα την ικανότητα που επιτρέπει η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας στις διάφορες κατηγορίες kW, προκαλώντας περισσότερα προβλήματα. Παρατηρείται ότι το χάσμα αυξάνεται καθώς αυξάνεται η τάξη των kW, λόγω του γεγονότος ότι μέχρι το 2007 υπήρχαν πολλές εφαρμογές για έργα μεγάλης κλίμακας. Δεν πρέπει να αγνοήσουμε τη γραφειοκρατική παράμετρο σε όλη τη διαδικασία που αφορά συγκεκριμένα έργα, λόγω ότι συνιστά τον κύριο σκοπό, σε συνδυασμό με το υψηλό κόστος της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών μέχρι πρόσφατα, για την απουσία συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Ωστόσο, ορισμένοι γραφειοκρατικοί παράγοντες που αποθάρρυναν πολλούς πιθανούς επενδυτές σε έργα φωτοβολταϊκής ενέργειας έχουν εξαφανιστεί εν μέρει, ενισχύοντας τα σενάρια για μεγάλη ανάπτυξη της ελληνικής αγοράς φωτοβολταϊκών στο εγγύς μέλλον (Tourkolias & Mirasgedis, 2011).

Οι τελικές παρατηρήσεις σχετικά με την ελληνική αγορά φωτοβολταϊκών μπορούν να συνοψιστούν στο γεγονός ότι μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια αναδυόμενη αγορά με μεγάλες δυνατότητες. Παρά τους εξαιρετικούς ηλιακούς της πόρους, η χώρα είχε ελάχιστη πρόοδο μέχρι πρόσφατα όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά. Η αγορά ήταν περιθωριακή έως το 2006 και βασίστηκε κυρίως σε συστήματα εκτός δικτύου. Ωστόσο, η πρόσφατη πολιτική άλλαξε εντελώς την εικόνα και σηματοδότησε τις αλλαγές στη δυναμική της αγοράς. Αναμένετε ότι η νέα πολιτική, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα γραφειοκρατικά προβλήματα θα επιλυθούν μέσω του νέου νομικού πλαισίου, θα προωθήσουν ένα μεγάλο φάσμα επενδύσεων τα επόμενα χρόνια. Οι ενδιαφερόμενοι επενδυτές στον κλάδο επιθυμούν να επωφεληθούν από τις υψηλότερες τιμές της τιμολογιακής πολιτικής και πιθανότατα θα εισέλθουν στην αγορά το συντομότερο δυνατό (Zafirakis, et al. 2013).

6.5 Η ανάλυση SWOT της ελληνικής αγοράς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Παρακάτω, γίνεται ανάλυση SWOT της ελληνικής αγοράς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα πλεονεκτήματα, οι αδυναμίες, οι ευκαιρίες και οι απειλές της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Fthenakis & Kim, 2011) :

Πλεονεκτήματα	Αδυναμίες	Ευκαιρίες	Απειλές
Γεωγραφική θέση	Έλλειψη εγχώριων ενεργειακών πόρων	Περιφερειακή ολοκλήρωση και κοινή ευρωπαϊκή αγορά ενέργειας	Αύξηση των τιμών των καυσίμων και του κόστους κεφαλαίου σε παγκόσμιο επίπεδο
Εξειδικευμένο προσωπικό	Χαμηλές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας	Ενέργεια και κλιματική αλλαγή	Έλλειψη ηλεκτρικής ενέργειας σε περιφερειακό επίπεδο
Προοδευτική υιοθέτηση προτύπων της ΕΕ στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας και της νομοθεσίας	Υψηλή ενεργειακή ένταση		Περιβαλλοντικές υποχρεώσεις
	Ανεπαρκής θεσμική και ανθρώπινη ικανότητα		

Κεφάλαιο 7^ο - Το πάρκο παραγωγής ηλιακής ενέργειας στη Λάρισα

7.1 Η τοποθεσία του πάρκου παραγωγής ηλιακής ενέργειας

Το φωτοβολταϊκό πάρκο θα βρίσκεται σε ιδιόκτητη τοποθεσία συνολικού εμβαδού περίπου 5.000 τ.μ. πολύ κοντά στην πόλη των Φαρσάλων, του νομού Λαρίσης. Επιπλέον, η θέση της γης είναι πολύ κοντά σε μια γραμμή ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΔΔΗΕ, οπότε το κόστος σύνδεσης για το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι λιγότερο δαπανηρό, δημιουργώντας έτσι μια χαμηλότερη ανάγκη για την έναρξη του πάρκου (Fthenakis & Kim, 2011).

Στην πραγματικότητα υπάρχει ένας πυλώνας ισχύος της ΔΕΔΔΗΕ σε απόσταση περίπου 500 μέτρων από το σημείο εγκατάστασης που ταιριάζει απόλυτα με τα κριτήρια για την παροχή ισχύος που θα παραχθεί από το φωτοβολταϊκό πάρκο, το οποίο θα είναι της τάξης των 100kW. Για να εξηγήσουμε περαιτέρω τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης θέσης θα πρέπει να προχωρήσουμε σε ορισμένα τεχνικά γεγονότα που επηρεάζουν άμεσα την απόδοση μιας φωτοβολταϊκής γεννήτριας. Αυτοί οι παράγοντες είναι (Tourkolias & Mirasgedis, 2011) :

- Να υπάρχει αρκετός ελεύθερος στον ουρανό.
- Οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες έχουν σημαντικά καλύτερη απόδοση όταν ο προσανατολισμός είναι προς το νότο χωρίς αποκλίσεις.
- Η γωνία με την υψηλότερη απόδοση για μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση είναι 30 μοίρες. Έτσι, η τοποθεσία πρέπει να παρέχει εύκολα αυτή τη δυνατότητα.

Στη συγκεκριμένη τοποθεσία πληρούνται όλες οι παραπάνω προϋποθέσεις. Υπάρχει

τεράστια ποσότητα γης προς εκμετάλλευση (800.000 τ.μ.), ενώ, μάλιστα, για την κατασκευή χρειάζονται, πρακτικά, μόλις γύρω στα 5.000 τ.μ. Δεν υπάρχουν φυσικά εμπόδια που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν σκιά ή να αποτρέψουν τη δημιουργία του φωτοβολταϊκού πάρκου (Zafirakis, et al. 2013).

Επιπλέον, η τοποθεσία συμμορφώνεται με κάθε προϋπόθεση. Έχει νότιο προσανατολισμό και η γωνία είναι περίπου 5 μοίρες με 10 μοίρες κάτι που καθιστά πολύ εύκολο για τον τεχνικό να εγκαταστήσει τις μονάδες στην βέλτιστη γωνία. Προς ολοκλήρωση της περιγραφής, αξίζει να σημειωθεί ότι η πεδιάδα της Θεσσαλίας είναι μια ελληνική περιοχή η οποία τις περισσότερες φορές έχει ηλιοφάνεια, γεγονός που ενισχύει την απόδοση των φωτοβολταϊκών μονάδων (Simoglou, et al. 2013).

Τοποθεσία	Τυπική απόδοση
Θεσσαλονίκη	1.200---1.325 kWh/έτος/kW
Λάρισα	1.250---1.425 kWh/έτος/kW
Αττική	1.300---1.450 kWh/έτος/kW
Κρήτη	1.400---1.500 kWh/έτος/kW
Ρόδος	1.450---1.500 kWh/έτος/kW

Πίνακας 5. Η τυπική απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων με βάση την περιοχή εγκατάστασης

Εν κατακλείδι, δεν πρέπει να παραβλέπεται ότι η τοποθεσία δεν περιλαμβάνεται σε προστατευόμενες περιοχές από την ελληνική κυβέρνηση όπως συμβαίνει με το Natura 2000, το Ramsar, τα εθνικά πάρκα, τα αισθητικά δάση, τους παραδοσιακούς οικισμούς ή τους αρχαιολογικούς χώρους ενδιαφέροντος. Επιπλέον, συμμορφώνεται με όλες τις άλλες προϋποθέσεις που ζητούνται (Kaldellis, et al. 2009).

Το προσωπικό και οι διαδικασίες του πάρκου παραγωγής ηλιακής ενέργειας δεν έχουν προσδιοριστεί ακόμα, ωστόσο, ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι ότι απαιτούν ελάχιστη συντήρηση. Στην πραγματικότητα τα συστήματα απομακρυσμένης παρακολούθησης μπορούν να εκτελέσουν όλες τις απαραίτητες ενέργειες (Tsantopoulos, et al. 2014).

7.2 Η άδεια λειτουργίας του πάρκου παραγωγής ηλιακής ενέργειας

Για εγκαταστάσεις που κυμαίνονται από 20kW έως 150kW δεν χρειάζονται άδειες παραγωγής, εγκατάστασης και λειτουργίας. Στην περίπτωση αυτή, εντούτοις, υπάρχουν τεχνικές προδιαγραφές που παρέχονται από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, που αφορούν τις πρώτες δέκα εργάσιμες ημέρες από την συμπλήρωση της αίτησης (Zografakis, et al. 2010).

Επιπλέον, πρέπει να ολοκληρωθεί η διαδικασία έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, η οποία συνήθως διαρκεί 3 με 5 μήνες. Η τοποθεσία στην οποία πρόκειται να εγκριθεί το πάρκο έχει περάσει από αυτούς τους όρους, καθώς, όπως ήδη έχει επισημανθεί παραπάνω, δεν ανήκει στον κατάλογο προστατευόμενων περιοχών (Fthenakis & Kim, 2011).

Σε κάθε περίπτωση για τη σύνδεση των φωτοβολταϊκών σταθμών με το δίκτυο πρέπει να υπάρχει σχετική μελέτη η οποία πρέπει να εγκριθεί από τον διαχειριστή (ΔΕΔΔΗΕ). Η πώληση ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με σύμβαση με την ΛΑΓΗΕ και έχει διάρκεια ζωής 10 ετών. Η σύμβαση αυτή μπορεί να ανανεωθεί αυτομάτως για περίοδο 10 ακόμη ετών, εφόσον ο παραγωγός συμπληρώσει ένα νέο έντυπο αίτησης 3 μηνών πριν από τη λήξη της σύμβασης (Simoglou, et al. 2013).

Εξυπακούεται πως οι ιδιοκτήτες πρέπει να έχουν κάνει όλες τις απαραίτητες ενέργειες για να βεβαιωθούν ότι η επένδυση αυτή μπορεί να μετουσιωθεί από θεωρία σε πράξη. Ειδικότερα, θα πρέπει να έχουν έρθει σε επαφή με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, την ΔΕΔΔΗΕ και να έχουν συναντηθεί με τις νομαρχιακές αρχές της περιοχής. Εφόσον ακολουθηθούν τα βήματα αυτά, δεν θα υπάρξει τροχοπέδη στην οικοδόμηση του συστήματος (Fantidis, et al. 2013).

7.3 Τα έξοδα δημιουργίας του πάρκου παραγωγής ηλιακής ενέργειας

Το κόστος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης υπολογίζεται, όπως προαναφέρθηκε, στο ποσό των 600.000 ευρώ. Για την εκτίμηση του συγκεκριμένου κόστους λαμβάνεται υπόψη ό,τι είναι (ή ό,τι μπορεί να θεωρηθεί) απαραίτητο προκειμένου να είναι το πάρκο παραγωγικό και συνδεδεμένο με το δίκτυο της ΔΕΔΔΗΕ, συμπεριλαμβανομένων κάποιων επιπλέον δαπανών σχετικών με την προστασία της περιοχής, την απομακρυσμένη παρακολούθηση και την παρακολούθηση της απόδοσης από την εταιρεία που θα αγοράσει τον εξοπλισμό. Ενδεικτικά, τέτοια έξοδα θα αποτελούν (Fantidis, et al. 2013):

- Φωτοβολταϊκά πλαίσια, πλαίσιο στήριξης, μετατροπείς, σύνδεση με το δίκτυο, άλλος εξοπλισμός : κόστος 570.000 ευρώ.
- Φράχτης, συστήματα παρακολούθησης κλπ : κόστος 30.000 ευρώ.
- Άδειες, διαδικασία έκδοσης απαραίτητων εγγράφων : κόστος 20.000 ευρώ.

Όλα τα μέρη του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθούν για το σύστημα θα προέρχονται από την ΕΕ, διότι υπάρχει αμοιβαία συμφωνία μεταξύ όλων των κρατών-μελών της ΕΕ για τα αφορολόγητα ευρωπαϊκά προϊόντα. Επομένως, τα προτιμώμενα εμπορικά σήματα θα είναι η Q. Cells, η Shell Solar, η Schott Solar, η Isofoton, η Deutsche Cell ή η Photowatt. Αυτά τα εμπορικά σήματα όχι μόνο έχουν ευρωπαϊκή προέλευση, αλλά είναι επίσης και υψηλής ποιότητας (Fantidis, et al. 2013).

Κεφάλαιο 8^ο - Το οικονομικό σχέδιο (Financial Plan)

8.1 Η χρηματοδότηση του επενδυτικού νόμου και των τραπεζικών δανείων

Το απαραίτητο κεφάλαιο για την αγορά του εξοπλισμού, σύμφωνα με τις οικονομικές εκτιμήσεις, είναι 600.000 ευρώ. Η χρηματοδότηση του συνόλου του έργου δίνεται παρακάτω (Tsantopoulos, et al. 2014).

Κεφαλαιακή διάρθρωση	Ευρώ	Ποσοστό επί τοις εκατό (%)
Χρηματοδότηση	300.000	50%
Τραπεζικό δάνειο	150.000	25%
Κεφάλαιο Επενδυτών	150.000	25%
Συνολικά έξοδα ρύθμισης	600.000	100%

Πίνακας 6. Η κεφαλαιακή διάρθρωση του επενδυτικού σχεδίου

Η χρηματοδότηση του επενδυτικού νόμου

Οι ιδιοκτήτες, ήδη από την έναρξη του εγχειρήματος, στράφηκαν στον νόμο περί επενδυτικών κινήτρων 3468/2006, ο οποίος υποστηρίζει έντονα τις επιχειρήσεις που προσφέρουν παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το φωτοβολταϊκό πάρκο ανήκει στη Ζώνη Β και θα χρηματοδοτηθεί από τον επενδυτικό νόμο με 50% της συνολικής επένδυσης (Tsantopoulos, et al. 2014).

Χρηματοδότηση ανά τοποθεσία	Ποσοστό χρηματοδότησης επί τοις εκατό
Ζώνη Α: Αττική - Θεσσαλονίκη (εκτός νησιών και βιομηχανικών περιοχών)	40%
Ζώνη Β: Κεντρική Μακεδονία, Δυτική Μακεδονία, Θεσσαλία, Κρήτη, Ιόνια νησιά, Στερεά Ελλάδα, Νησιά του Ν. Αιγαίου	50%
Ζώνη Γ: Δυτική Ελλάδα, Ανατολική Μακεδονία, Θράκη, Ήπειρος, Πελοπόννησος, Νησιά Βορείου Αιγαίου	60%

Πίνακας 7. Η τραπεζική χρηματοδότηση ανά περιοχή

Το υπόλοιπο 50% της επένδυσης θα χρηματοδοτηθεί από τους ιδιοκτήτες και ένα τραπεζικό δάνειο. Σύμφωνα με τον επενδυτικό νόμο, τουλάχιστον το 25% του συνολικού σχεδίου πρέπει να χρηματοδοτείται άμεσα από τους ιδιοκτήτες. Το υπόλοιπο 25% θα χρηματοδοτηθεί από τραπεζικό δάνειο (Tsantopoulos, et al. 2014).

8.2 Το κύριο κεφάλαιο και τα οικονομικά στοιχεία

Το ποσό του τραπεζικού δανείου είναι 150.000 ευρώ (25%), που εγκρίθηκε από την Τράπεζα Πειραιώς με επιτόκιο περίπου 6% (euribor + 2% + 0,6% κρατικό τέλος) για περίοδο δέκα ετών. Ως εγγύηση η τράπεζα χρειάζεται τη σύμβαση με το ΛΑΓΗΕ (Ragwitz, et al. 2014).

Το κύριο κεφάλαιο

Το υπόλοιπο χρηματικό ποσό θα δοθεί στην εταιρεία ως κεφάλαιο από τους δύο επενδυτές. Το ποσό αυτό είναι 150.000 ευρώ, καλύπτοντας το 25% του επενδυτικού σχεδίου. Οι επενδυτές θα συμβάλλουν εξίσου το κεφάλαιο των 75.000 ευρώ έκαστος. Επιπλέον θα παρέχουν 10.000 ευρώ ο καθένας ακόμη, για τη δημιουργία της εταιρείας και κάποια άλλα αρχικά έξοδα. Αυτά τα χρήματα δεν μπορούν να

καλυφθούν από τον επενδυτικό νόμο, γι 'αυτό και υπολογίζονται χωριστά (Ragwitz, et al. 2014).

Τα οικονομικά στοιχεία

Τα οικονομικά στοιχεία που αφορούν τα επόμενα 20 χρόνια παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Ο ισολογισμός, η κατάσταση λογαριασμού αποτελεσμάτων και οι προϋπολογισμοί διατυπώνονται προκειμένου η διοίκηση να έχει μια σαφή εικόνα των οικονομικών στοιχείων της κατά τα επόμενα έτη (Ragwitz, et al. 2014).

8.3 Οι υποθέσεις του οικονομικού σχεδίου

Οι υποθέσεις του οικονομικού σχεδίου είναι οι εξής:

- Η μέγιστη παραγωγή ενέργειας θα φτάσει τις 140.000 kWh / έτος, για ένα σύστημα 100kW (σύμφωνα με τα δεδομένα της ΕΕ).
- Οι δείκτες απόδοσης για την παραγωγή ενέργειας θα μειωθούν ετησίως κατά 0,5% για τα πρώτα 10 χρόνια και 1% για τα επόμενα 10 έτη.
- Κάθε kWh πρόκειται να αγοραστεί από τον ΛΑΓΗΕ για € 0,45 με σταθερή σύμβαση διάρκειας 20 ετών. Οι αυξήσεις των τιμών αναμένονται σε περίπου 2,5% / έτος.
- Τα κόστη διοίκησης, συντήρησης και ασφάλειας υπολογίζονται ως 1,5% της τιμής του συστήματος (600.000 ευρώ) ετησίως. Το ποσό αυτό έχει επιλεγεί μετά από πολλή συζήτηση με τους εμπειρογνώμονες και ήταν ένα ποσό για το οποίο υπήρξε ομοφωνία. Έτσι είναι 9.000 ευρώ συν 2,5% κάθε χρόνο.
- Αρχικά λειτουργικά έξοδα 3.000 ευρώ (διοικητικά, συντήρησης, ασφάλειας στην αρχή κλπ.). Το οικόπεδο είναι ήδη ιδιοκτησία και δεν απαιτείται ενοίκιο.

- Το αρχικό κεφάλαιο υπολογίζεται από το Ίδια Κεφάλαια + (Άδεια και τα λοιπά έξοδα*)= 150.000 + 20.000 = 170.000 ευρώ (Fantidis, et al. 2013).

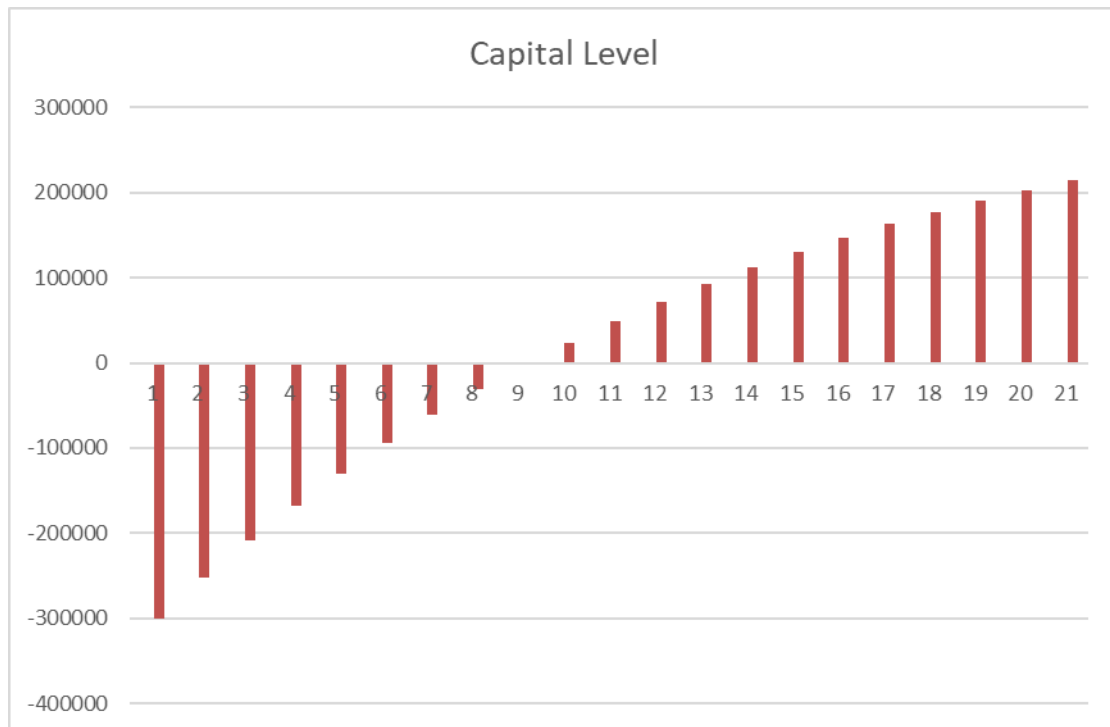
*Η άδεια υπόκειται σε άδεια λειτουργίας, εγκατάστασης και παραγωγής ισχύος όπου υπολογίζονται σε 8.000 ευρώ.

Τα λοιπά έξοδα είναι τα κόστη διοίκησης, συντήρησης και ασφάλειας + τα αρχικά λειτουργικά έξοδα, όπου υπολογίζονται σε 12.000 ευρώ

Αρχικό Κεφάλαιο	Ισχύς έργου ΑΠΕ (kW)	100
	Κόστος Εγκατάστασης (€/kW)	6,000
	Κόστος Επένδυσης με επιχορήγηση (€)	600,000
	Κόστος Επένδυσης χωρίς επιχορήγηση (€)	300,000
Δάνειο	Ποσοστό Δανείου	25%
	Επιτόκιο δανείου (%)	6%
	Περίοδος εξόφλησης δανείου (έτη)	10
Έσοδα	Εγγυημένη Τιμή Πληρωμής (€/MWh)	450.00
	Ετήσια Παραγωγή έργου ΑΠΕ MWh/kW	1.4
	Ετήσια πτώση απόδοσης έργου ΑΠΕ (%)	0.5%
Φορολογία	Συντελεστής Φορολογίας (%)	13.0%
	Απόσβεση αξίας (%)	10.0%
Έξοδα	Λειτουργικά έξοδα (% του αρχικού κόστους επένδυσης)	1.5%
Λοιπά	Πληθωρισμός (%)	2.5%
Οικονομικά μεγέθη	Επιτόκιο Αναγωγής Ιδίων Κεφαλαίων (%)*	8.0%
	Μέσο Σταθμικό Κόστος Κεφαλαίου - WACC (%) **	7.31%

Έτος	Έσοδα (€)				Δάνειο (€)				Φορολογικά (€)				Ονομαστικές τιμές (€)		Τιμές σε Παρούσα αξία (€)				
	Ακαθάριστα Έσοδα	Ενοίκιο	Λειτουργικά έξοδα	Σύνολο	Ετήσια Τοκοχρεωλυτική Δόση	Χρεωλύσιο	Τόκοι	Ανεξόφλητο Υπόλοιπο Δανείου	Κέρδη Προ Φόρων, Τόκων & Αποσβέσεων - EBITDA	Αποσβέσεις	Κέρδη Προ Φόρων & Τόκων (για υπολογισμό φόρου) - EBIT	Φόρος	Καθαρή Ταμειακή Ροή	Αθροιστική Καθαρή Ταμειακή Ροή	Συντελεστής Αναγωγής σε Παρούσα Αξία	Καθαρή Ταμειακή Ροή	Αθροιστική Καθαρή Ταμειακή Ροή	IRR (%)	Έτη Απόσβεση
0								150,000					-300,000	-300,000	1	-300,000	-300,000		
1	63,000	0	9,000	9,000	20,380	11,380	9,000	138,620	54,000	30,000	24,000	3,120	50,880	-249,120	1.07	47,416	-252,584	-83%	1
2	63,077	0	9,225	9,225	20,380	12,063	8,317	126,557	53,852	30,000	23,852	3,101	50,751	-198,369	1.15	44,076	-208,507	-50%	1
3	63,154	0	9,456	9,456	20,380	12,787	7,593	113,770	53,698	30,000	23,698	3,081	50,617	-147,752	1.24	40,967	-167,540	-28%	1
4	63,231	0	9,692	9,692	20,380	13,554	6,826	100,216	53,539	30,000	23,539	3,060	50,479	-97,273	1.33	38,074	-129,466	-14%	1
5	63,308	0	9,934	9,934	20,380	14,367	6,013	85,849	53,373	30,000	23,373	3,039	50,335	-46,938	1.42	35,381	-94,085	-5%	1
6	63,385	0	10,183	10,183	20,380	15,229	5,151	70,620	53,202	30,000	23,202	3,016	50,186	3,248	1.53	32,875	-61,211	0%	1
7	63,462	0	10,437	10,437	20,380	16,143	4,237	54,477	53,025	30,000	23,025	2,993	50,032	53,279	1.64	30,543	-30,668	4%	1
8	63,539	0	10,698	10,698	20,380	17,112	3,269	37,365	52,841	30,000	22,841	2,969	49,872	103,151	1.76	28,372	-2,296	7%	1
9	63,617	0	10,966	10,966	20,380	18,138	2,242	19,227	52,651	30,000	22,651	2,945	49,707	152,858	1.89	26,353	24,058	9%	0
10	63,694	0	11,240	11,240	20,380	19,227	1,154	0	52,455	30,000	22,455	2,919	49,536	202,393	2.02	24,475	48,532	11%	0
11	63,772	0	11,521	11,521	0	0	0	0	52,251	30,000	22,251	2,893	49,359	251,752	2.17	22,727	71,259	12%	0
12	63,850	0	11,809	11,809	0	0	0	0	52,041	30,000	22,041	2,865	49,176	300,928	2.33	21,101	92,361	13%	0
13	63,928	0	12,104	12,104	0	0	0	0	51,824	30,000	21,824	2,837	48,987	349,914	2.50	19,589	111,950	14%	0
14	64,005	0	12,407	12,407	0	0	0	0	51,599	30,000	21,599	2,808	48,791	398,705	2.68	18,183	130,133	14%	0
15	64,083	0	12,717	12,717	0	0	0	0	51,367	30,000	21,367	2,778	48,589	447,294	2.88	16,875	147,008	15%	0
16	64,162	0	13,035	13,035	0	0	0	0	51,127	30,000	21,127	2,746	48,380	495,675	3.09	15,659	162,666	15%	0
17	64,240	0	13,361	13,361	0	0	0	0	50,879	30,000	20,879	2,714	48,165	543,840	3.32	14,528	177,194	15%	0
18	64,318	0	13,695	13,695	0	0	0	0	50,624	30,000	20,624	2,681	47,942	591,782	3.56	13,476	190,670	15%	0
19	64,396	0	14,037	14,037	0	0	0	0	50,360	30,000	20,360	2,647	47,713	639,495	3.82	12,498	203,168	16%	0
20	64,475	0	14,388	14,388	0	0	0	0	50,087	30,000	20,087	2,611	47,476	686,971	4.10	11,590	214,758	16%	0
ΣΥΝΟΛΟ	1,274,696		229,902	229,902	203,802	150,000	53,802	896,699	1,044,794	600,000	444,794	57,823	686,971	686,971		214,758	214,758	15.8%	8

Πίνακας 8. Οι υποθέσεις & τα οικονομικά στοιχεία του σχεδίου



Διάγραμμα 5. Το επίπεδο του κεφαλαίου επένδυσης

Το σημείο ανανέωσης της επένδυσης σύμφωνα με το κεφάλαιο που επενδύθηκε θα είναι μεταξύ 8^{ου} και 9^{ου} έτους. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 5, ενώ τον 8^ο χρόνο υπάρχει ζημία 2.296 €, απ' τον 9^ο χρόνο και έπειτα υπάρχει κέρδος, το οποίο στοιχειοθετεί την παραπάνω εκτίμηση.

Τέλος, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (EBA ή αλλιώς IRR) υπολογίζεται στον παραπάνω πίνακα ως 15,8% στην 20ετία, γεγονός που καθιστά την συγκεκριμένη επένδυση ιδιαίτερα συμφέρουσα. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο για το οποίο τα έσοδα από την επένδυση σε όλη τη χρονική διάρκεια ζωής του έργου, είναι ίσα με το ποσό της επένδυσης. (Tsoutsos, et al. 2005).

ΜΕΡΟΣ Γ' – ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Κεφάλαιο 9^ο - Επίλογος

9.1 Γενικά συμπεράσματα

Η πρόσφατη πολιτική στην Ελλάδα άλλαξε την εθνική σκηνή της αγοράς των φωτοβολταϊκών. Η μετάβαση σηματοδοτεί πολλές αλλαγές στην τελευταία και στον τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι επικαιροποιημένες αλλαγές της πολιτικής (νόμος 3851/2010), οι οποίες ψηφίστηκαν μόλις τον Ιούνιο του 2010, δίνουν προτεραιότητα στις συμβάσεις πώλησης με τον ΛΑΓΗΕ Α.Ε. στους αγρότες. Στην πραγματικότητα, υπάρχει ήδη ένα μεγάλο ενδιαφέρον από έναν αξιοσημείωτο αριθμό αγροτών σε όλη την Ελλάδα: η τρέχουσα οικονομική δυσπραγία της χώρας κάνει τους ανθρώπους να αναζητούν μακροπρόθεσμες επενδύσεις χαμηλού κινδύνου. Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας δείχνουν ότι μια επένδυση σε φωτοβολταϊκά στην Ελλάδα, σύμφωνα με το ισχύον νομικό πλαίσιο και τις συνθήκες της αγοράς, καλύπτει αυτά τα παραπάνω κριτήρια. Με δεδομένο, λοιπόν, ότι η πολιτική προωθεί τη φιλοσοφία των φωτοβολταϊκών σε εθνικό επίπεδο, σύμφωνα με την κατάλληλη καθοδήγηση, το ενδιαφέρον αυτό μπορεί να οδηγήσει σε κατανομημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα, κάλυψη του ελλείμματος στο ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας ή ακόμη και σε προώθηση των εξαγωγών ηλεκτρικής ενέργειας μακροπρόθεσμα. Παράλληλα με την έγκριση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας και του ΛΑΓΗΕ Α.Ε. , που είναι ο διαχειριστής της κατάστασης, η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας δεν φαίνεται αδύνατη.

9.2 Συμπεράσματα επενδυτικού σχεδίου

Τα έσοδα της παρούσας επένδυσης έχουν το χαρακτηριστικό ότι είναι σταθερά και μπορούν να υπολογιστούν ακόμα και από την προ – επενδυτική φάση με μεγάλη ακρίβεια και ασφάλεια , με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιούνται τα ρίσκα για τον εκάστοτε επενδυτή. Η παρούσα επένδυση δύναται να χαρακτηριστεί ως μια θετική επένδυση, για έναν επενδυτή, ο οποίος δεν θέλει να αναλάβει κάποιο μεγάλο ρίσκο και αναζητά χαμηλές ή μεσαίες εξασφαλισμένες αποδόσεις.

Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι μια τέτοια επένδυση έχει προεκτάσεις και σε εθνικό και κοινωνικό επίπεδο. Το γεγονός αυτό καθιστά μια τέτοια επένδυση

ιδιαίτερα θετική για την ίδια την κοινωνία πέρα από τον εκάστοτε επενδυτή, το οποίο δίνει ένα ακόμα κίνητρο που θα πρέπει να αναφερθεί.

Συμπερασματικά, οι επενδύσεις στον τομέα της «πράσινης» ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας :

- Αποτελούν το μέσο για την επίτευξη ενεργειακής ανεξαρτησίας και ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο
- Μειώνουν την παραγωγή ρύπων, συμβάλλοντας στην προστασία του περιβάλλοντος
- Εναρμονίζονται με τους στόχους που έχει θέσει η ΕΕ σχετικά με τη μείωση των ρύπων και τη διείσδυση των ΑΠΕ στην συνολική ηλεκτροπαραγωγή
- Ενισχύουν την ανάπτυξη της Ελληνικής Βιομηχανίας Φ/Β Συστημάτων , δημιουργώντας νέες θέσεις εργασίας και αναπτύσσοντας την ελληνική τεχνογνωσία.

Βιβλιογραφία

Διαδικτυακή

Alternative Energy Tutorials: Solar Cell I-V Characteristic. Στο <http://www.alternative-energy-tutorials.com/energy-articles/solar-cell-i-v-characteristic.html>, ανακτήθηκε στις 4/3/2018

BP Statistical Review of World Energy June 2017. Στο <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf>, ανακτήθηκε στις 19/11/2017

BP Statistical Review of World Energy June 2017. Στο <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf>, ανακτήθηκε στις 8/11/2017

Conca, J. (2016). "Is Nuclear Power A Renewable Or A Sustainable Energy Source?". Στο <https://www.forbes.com/sites/jamesconca/2016/03/24/is-nuclear-power-a-renewable-or-a-sustainable-energy-source/#65e42ff1656e>, ανακτήθηκε στις 18/11/2017

Edison: EastMed. Στο <http://www.edison.it/en/eastmed-pipeline>, ανακτήθηκε στις 9/11/2017.

EIA: Renewable Energy Explained. Στο https://www.eia.gov/energyexplained/?page=renewable_home, ανακτήθηκε στις 8/11/2017

Energy Education: Types of PV cells. Στο http://energyeducation.ca/encyclopedia/Types_of_PV_cells#cite_note-RE4-5, ανακτήθηκε στις 17/01/2018

Energy Informative: Which Solar Cell is Best for You? Στο <http://energyinformative.org/best-solar-panel-monocrystalline-polycrystalline-thin-film/#crystalline-silicon>, ανακτήθηκε στις 17/01/2018

ENERGY.GOV: "How do wind turbines work". Στο <https://energy.gov/eere/wind/how-do-wind-turbines-work>, ανακτήθηκε στις 18/11/2017

Eniday: Energy in ancient time. Στο https://www.eniday.com/en/education_en/energy-in-ancient-time/, ανακτήθηκε στις 7/11/2017

EUROSTAT: Electricity prices, second half of year, 2014-2016 (EUR per kWh). Στο [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Electricity_prices,_second_half_of_year,_2014-2016_\(EUR_per_kWh\)_YB17.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Electricity_prices,_second_half_of_year,_2014-2016_(EUR_per_kWh)_YB17.png), ανακτήθηκε στις 18/11/2017

EXTREME TECH: "NASA-Funded Startup to Build Fusion-Powered Rockets". Στο <https://www.extremetech.com/extreme/250836-nasa-funded-startup-aims-build-fusion-powered-rockets>, ανακτήθηκε στις 18/11/2017

FORTUNE: "Why Germany Is Paying People to Use Electricity". Στο <http://fortune.com/2016/05/11/germany-excess-power/>, ανακτήθηκε στις 18/11/2017

Greenmatch: 7 different types of solar panels explained. Στο <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2015/09/types-of-solar-panels>, ανακτήθηκε στις 17/01/2018

INDEPENDENT: "Denmark runs entirely on wind energy for a day". Στο <http://www.independent.co.uk/news/world/europe/denmark-ran-entirely-on-wind-energy-for-a-day-a7607991.html>, ανακτήθηκε στις 18/11/2017

Infinite Energy: What Does Module Efficiency Mean? Στο <https://www.infiniteenergy.com.au/module-efficiency-mean/>, ανακτήθηκε στις 25/02/2018

NASA Climate Kids: Tower of Power. Στο <https://climatekids.nasa.gov/concentrating-solar/>, ανακτήθηκε στις 8/11/2017

NASA: Global Climate Change. Στο <https://climate.nasa.gov/>, ανακτήθηκε στις 18/11/2017

news247: Μόνο με διαγωνισμούς θα 'στήνονται' νέα φωτοβολταϊκά και αιολικά. Στο <http://www.news247.gr/energia/mono-me-diagwnismoys-tha-sthnontai-nea-fwtovoltaika-kai-aiolika.6521110.html>, ανακτήθηκε στις 6/3/2018

Pipelines International: TAP. Στο <https://pipelinesinternational.com/2017/06/27/tap-donates-utility-vehicles-greek-communities/>, ανακτήθηκε στις 9/11/2017.

POPULAR MECHANICS: "In Cold Fusion 2.0, Who's Scamming Whom?". Στο <http://www.popularmechanics.com/science/energy/a20454/in-cold-fusion-20-whos-scamming-whom/>, ανακτήθηκε στις 18/11/2017

Solar Power World: Advantages and disadvantages of a solar tracker system. Στο <https://www.solarpowerworldonline.com/2016/05/advantages-disadvantages-solar-tracker-system/>, ανακτήθηκε στις 6/3/2018

Solar Power World: What Is a Solar Inverter & How Does It Work? Στο <https://www.solarpowerworldonline.com/2013/04/how-do-solar-inverters-work/>, ανακτήθηκε στις 5/3/2018

Solar Quotes: How To Read A Solar Panel Specification: Part #1 Power & Temperature Specs. Στο <https://www.solarquotes.com.au/blog/how-to-read-a-solar-panel-specification-part-1-power-temperature-specs/>, ανακτήθηκε στις 1/3/2018

Solar-Facts: Types of Solar Cells. Στο <http://www.solar-facts.com/panels/panel-types.php>, ανακτήθηκε στις 17/01/2018

Warmflash, D. (2015). "Thorium Power Is the Safer Future of Nuclear Energy". Στο <http://blogs.discovermagazine.com/crux/2015/01/16/thorium-future-nuclear-energy/#.WhR-VErXaUm>, ανακτήθηκε στις 18/11/2017

WIND EUROPE: "Wind in power: 2016 European statistics". Στο <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2016.pdf>, ανακτήθηκε στις 18/11/2017

Ευρωπαϊκή Επιτροπή: Biofuels. Στο <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/biofuels>, ανακτήθηκε στις 19/11/2017

Ευρωπαϊκή Επιτροπή: Biofuels. Στο <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/biofuels>, ανακτήθηκε στις 19/11/2017

ΙΟΒΕ: ΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΩΣ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ. Στο http://iobe.gr/docs/pub/ARTICLE_01012016_PUB_GR.pdf, ανακτήθηκε στις 19/11/2017

ΚΑΠΕ: ΑΠΕ. Στο http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis.htm, ανακτήθηκε στις 8/11/2017

ΚΑΠΕ: ΒΙΟΜΑΖΑ. Στο http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf, ανακτήθηκε στις 19/11/2017

Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών: Στατιστικά στοιχεία αγοράς φωτοβολταϊκών για το 2016. Στο http://helapco.gr/wp-content/uploads/pv-stats_greece_2016_25Apr2017-2.pdf, ανακτήθηκε στις 6/3/2018

ΥΠΕ: ΑΠΕ. Στο <http://www.ypeka.gr/?tabid=285>, ανακτήθηκε στις 8/11/2017

ΥΠΕ: ΒΙΟΜΑΖΑ. Στο <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=288&language=el-GR>, ανακτήθηκε στις 19/11/2017

ΥΠΕ: ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ. Στο <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=483&language=el-GR>, ανακτήθηκε στις 19/11/2017

ΥΠΕ: ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ. Στο <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=484&language=el-GR>, ανακτήθηκε στις 19/11/2017

Ξενόγλωσση

Afonso, T., Marques, A., & Fuinhas, J. (2017). Strategies to make renewable energy sources compatible with economic growth. *Energy Strategy Reviews*, v. 18, pp. 121-126

Akurua, O., Onukwubeb, I., Okoroc, O., & Obea, E. (2017). Towards 100% renewable energy in Nigeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.71, pp. 943-953

Barros, J., Coira, M., Lopez, M., & Gochi, A. (2017). Comparative analysis of direct employment generated by renewable and non-renewable power plants. *Energy*, v. 139, pp. 542-54

Bhattacharya, M., Paramati, S.R., Ozturk, I., & Bhattacharya, S. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: evidence from top 38 countries. *Applied Energy*, v. 162, pp. 733-741

Chioncel, P. Augustinov, L. Chioncel, P. Gillich, N. & Tirian, O. (2009). *Performance Ratio of a Photovoltaic Plant*. Romania.

Cook, G., Billman, L., & Adcock, R. (1991). *Photovoltaics Fundamentals*. US DoE

Dogan, E. (2015). The relationship between economic growth and electricity consumption from renewable and non-renewable sources: a study of Turkey. *Renewable Sustainable Energy Review*, v. 52, pp. 534-546

Fantidis, G. Bandekas, V. Potolias, C. & Vordos, N. (2013). Cost of PV electricity – Case study of Greece. *Solar Energy*, 9(1), 120-130.

Fthenakis, V. & Kim, H. (2011). Photovoltaics : Life-cycle analyses. *Solar Energy*, 8(5), 1609–1628.

Jäger, K., Isabella, O., Smets, A., Zeman, M., & van Swaaij, R. (2014). *Solar Energy -*

Fundamentals, Technology, and Systems. DELFT University of Technology

Kaldellis, K. Zafirakis, D. & Kondili, E. (2009). Contribution of lignite in the Greek electricity generation: Review and future prospects. *Fuel*, 8(8), 475–489.

Karolina Safarzyńska, K., & van den Bergh, J. (2017). Financial stability at risk due to investing rapidly in renewable energy. *Energy Policy*, v. 108, pp. 12-20

Katsivelis, P. (2013). Energy in Greece - Basic information and figures. *Rosa Luxemburg Stiftung*, Athens, 2013.

Khodeir, A. (2016). The Relationship between the Generation of Electricity from Renewable Resources and Unemployment: An Empirical Study on the Egyptian Economy. *Arab economic and Business Journal*, v. 11, pp. 16-30

Kymakis, E. Kalykakis, S. & Papazoglou, M. (2009). Performance analysis of a grid-connected photovoltaic park on the island of Crete. *Energy Conversion and Management*, 5(1), 433-438.

Marques, A., & Fuinhas, J. (2012). Is renewable energy effective in promoting growth? *Energy Policy*, v. 46, pp. 434-442

Mearsheimer, J. (2001). *The Tragedy of Great Power Politics*, USA, W. W. Norton and Company Inc.

Morgenthau, H. (1978). *Politics Among Nations: The Struggle for Power and Peace*, Fifth Edition, Revised. New York, Alfred A. Knopf

NEED (2017). *Exploring Photovoltaics-Student Guide*. NEED Project

Noli, F., & Tsamos, P. (2016). Concentration of heavy metals and trace elements in soils, waters and vegetables and assessment of health risk in the vicinity of a lignite-fired power plant. *Science of The Total Environment*, v 563–564, pp. 377-385

Ocal, O., Aslan, A. (2013). Renewable energy consumption and economic growth nexus in Turkey. *Renewable Sustainable Energy Review*, v. 28, pp. 494-499

Perlin, J. (2013). *Let It Shine: The 6,000-Year Story of Solar Energy*

Ragwitz, M. Held, A. Gephart, M. De Visser, E. & Klessmann, C. (2014). *Design features of support schemes for renewable electricity*. Ecofys.

Rivers, N. (2013). Renewable energy and unemployment: A general equilibrium analysis. *Resource and Energy Economics*, v. 35, pp. 467-485

SERI (1982). *Basic Photovoltaic Principles and Methods*. US DoE

Simoglou, K. Biskas, N. Bakirtzis, A. Matenli, N. Petridis, I. & Bakirtzis, G. (2013). Evaluation of the capacity credit of RES : The Greek case. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9(4), 89–100.

Tourkolias, C. & Mirasgedis, S. (2011). Quantification and monetization of employment benefits associated with renewable energy technologies in Greece. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1(5), 2876– 2886.

Tsantopoulos, G. Arabatzis, G. & Tampakis, S. (2014). Public attitudes towards photovoltaic developments: Case study from Greece. *Energy Policy*, 7(1), 94-106.

Tsoutsos, T. Frantzeskaki, N. & Gekas, V. (2005). Environmental impacts from the solar energy technologies. *Energy Policy*, 3(3), 289-296.

Waltz, K. (2001). *Man, the State, and War: A Theoretical Analysis*, Columbia University Press

Wesseh, P., & Lin, B. (2017). Is renewable energy a model for powering Eastern African countries transition to industrialization and urbanization? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.75, pp. 909-917

Wirth, H. (2013). *Recent facts about photovoltaics in Germany*. Fraunhofer Institute, Freiburg.

Zafirakis, D. Chalvatzis, K. & Kaldellis, K. (2013). Socially just support mechanisms for the promotion of renewable energy sources in Greece. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2(1), 478-493.

Zografakis, N. Sifaki, E. Pagalou, M. Nikitaki, G. Psarakis, V. & Tsagarakis, P. (2010). Assessment of public acceptance and willingness to pay for renewable energy sources in Crete. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1(4), 1088–1095.