

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα  
Χωρική Ανάλυση & Διαχείριση του Περιβάλλοντος

Διπλωματική Εργασία  
Πολυκριτηριακή Ανάλυση  
Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκών Πάρκων  
σε Περιβάλλον ΓΣΠ :  
η περίπτωση της Περιφέρειας Θεσσαλίας

Πολυκριτηριακή Ανάλυση Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκών Πάρκων σε Περιβάλλον ΓΣΠ : η περίπτωση της Περιφέρειας Θεσσαλίας  
Κωνσταντόπουλος Διονύσιος

Εισηγητής  
Κωνσταντόπουλος Διονύσιος

Επιβλέπων Καθηγητής  
Φώτης Γεώργιος

Σεπτέμβριος 2011

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ,**  
**ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ**  
**ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**  
**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**“ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ**  
**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ”**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**“ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ**  
**ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ Γ.Σ.Π.:**  
**Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ”**

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:  
**ΚΩΝΣΤΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:  
**ΦΩΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ, 2011**

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Τα τελευταία χρόνια, θέματα που αφορούν την παραγωγή ενέργειας, βρίσκονται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος. Η εκμετάλλευση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) οδηγεί σε μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, που είναι η κύρια αιτία αλλαγής του κλίματος. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να εξετάσει τα κριτήρια χωροθέτησης που θέτει το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΕΠΣΧΑΑ-ΑΠΕ) και βάσει αυτών, να διερευνήσει και να καταδείξει τη δυνατότητα εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πάρκων στην ευρύτερη περιοχή της Περιφέρειας Θεσσαλίας, προσδιορίζοντας τόσο τις περιοχές χωροθέτησης όσο και τη μέγιστη δυναμικότητα τους ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Γίνεται μια προσπάθεια σχεδιασμού ενός μοντέλου χωροθέτησης φωτοβολταϊκών συστημάτων, με τη μέθοδο των πολλαπλών κριτηρίων και εφαρμογής αυτού στην Περιφέρεια Θεσσαλίας.

**Λέξεις κλειδιά:** Φωτοβολταϊκά Πάρκα, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, ηλιακή ενέργεια, πολυκριτηριακή ανάλυση, ζώνες καταλληλότητας, ζώνες αποκλεισμού.

## **ABSTRACT**

In recent years issues relating to production of energy are the focus of attention. The exploitation of Renewable Energy Sources (RES) leads to the reduction of the greenhouse gases emission, which is the main cause of climate change. This essay aims at the investigation of the siting criteria set by the Special Framework of Spatial Planning and Sustainable Development for RES, and the examination of the possibly of RES establishment solar parks, specifying the regions where RES could be established as well as the electricity production capacity in the Region of Thessaly. There is an effort to plan a model of solar systems installation with the method of multiple criteria, and apply the model in the Region of Thessaly.

**Key words:** Solar Parks, Renewable Energy Resources, solar energy, multicriteria analysis, appropriate zones, exclusion zones.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	<u>Σελίδα</u>
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.</u></b> <b><u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u></b>	<b>9</b>
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.</u></b> <b><u>Η ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ</u></b>	<b>14</b>
<u>2.1. Το ελληνικό ενεργειακό σύστημα ηλεκτρισμού</u>	14
<u>2.2. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας – Η Ηλιακή Ενέργεια</u>	16
<u>2.3. Η Ηλιακή Ηλεκτρική Ενέργεια</u>	17
<u>2.4. Το σύνδρομο N-I-M-B-Y (Not In My Back Yard)</u>	19
<u>2.5. Η κοινωνική αποδοχή και η εφαρμογή ηλιακών τεχνολογιών</u>	20
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.</u></b> <b><u>ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ</u></b> <b><u>ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</u></b>	<b>24</b>
<u>3.1. Ιστορική αναδρομή</u>	24
3.1.1. Τα πρώτα Φωτοβολταϊκά Συστήματα και η οικονομική εξέλιξή τους	26
3.1.2. Τα Φωτοβολταϊκά Συστήματα στην Ελλάδα	27
3.1.3. Το μέλλον των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων	28
<u>3.2. Λειτουργία Φωτοβολταϊκών Συστημάτων</u>	29
3.2.1. Αρχή λειτουργίας των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων	30
3.2.1.1. Χαρακτηριστικά ημιαγωγών	30
3.2.1.2. Δημιουργία ηλεκτρικά φορτισμένων ημιαγωγών	31
3.2.1.3. Δημιουργία της επαφής του ηλεκτρικού πεδίου	31
3.2.1.4. Η επίδραση της Ηλιακής ακτινοβολίας	32
3.2.1.5. Περιορισμοί στην απόδοση των Φωτοβολταϊκών	32
3.2.2. Επεξήγηση Φωτοβολταϊκών Στοιχείων	34
3.2.2.1. Φωτοβολταϊκα στοιχεία Πυριτίου (Si)	34
3.2.2.2. Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου	35
3.2.2.3. Φωτοβολταϊκά κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου	35
3.2.2.4. Φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτίου	36
3.2.2.5. Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός	37
3.2.2.6. Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου	38
3.2.2.7. Τελουριούχο Κάδμιο	39
3.2.2.8. Αρσενικούχο Γάλλιο	39
3.2.2.9. Υβριδικά Φωτοβολταϊκά Στοιχεία	40
3.2.2.10. Άλλες τεχνολογίες	41
<u>3.3. Τρόποι σύνδεσης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων</u>	42
3.3.1. Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα	42
3.3.2. Διασυνδεδεμένα συστήματα – Φωτοβολταϊκά Πάρκα	44

<u>3.4. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις Φωτοβολταϊκών συστημάτων</u>	47
3.4.1. Περιβαλλοντικές οχλήσεις	47
3.4.2. Περιβαλλοντικά και κοινωνικό – οικονομικά οφέλη	48
3.4.3. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις Φωτοβολταϊκών Συστημάτων ανά στάδιο	48
3.4.3.1. κατασκευή	48
3.4.3.2. Μεταφορά	50
3.4.3.3. Εγκατάσταση	50
3.4.3.4. Λειτουργία	51
3.4.3.5. Συντήρηση	52
3.4.3.6. Αποικοδόμηση	52
3.4.4. Τεχνολογίες και τεχνικές μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων	52
3.4.5. Περιβαλλοντικά οφέλη από την χρήση Φ/Β Πάρκων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	54

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.**

### **ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ**

**59**

<u>4.1. Θεσμικοί φορείς</u>	66
4.1.1. Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ)	66
4.1.2. Διαχειριστής του ελληνικού συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε.)	67
4.1.3. Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ)	68
<u>4.2. Αδειοδοτική διαδικασία για εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων</u>	68
4.2.1. Συστήματα λήψεων αποφάσεων	70
4.2.2. Αδειοδότηση εγκαταστάσεων Φωτοβολταϊκών Πάρκων	71
<u>4.3. Η επένδυση στα Φωτοβολταϊκά Συστήματα</u>	74

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.**

### **ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΓΣΠ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**80**

<u>5.1. Πολύ - κριτηριακή ανάλυση (ΠΑ)</u>	81
<u>5.2. Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (ΓΣΠ)</u>	83
5.2.1. Χρήση των ΓΣΠ στην χωροθέτηση εγκαταστάσεων ΑΠΕ	84
<u>5.3. Βιβλιογραφική επισκόπηση</u>	85
<u>5.4. Ανάλυση περιοχής μελέτης</u>	87
5.4.1. Γενικά στοιχεία	88
5.4.2. Κλιματολογικά και μετεωρολογικά στοιχεία	93
5.4.3. Ηλιακό δυναμικό	96
5.4.4. Ενεργειακή υποδομή περιοχής μελέτης	97
5.4.5. Εγκαταστάσεις Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας – Ηλιακή Ενεργεία	100
<u>5.5. Μεθοδολογία</u>	100
5.5.1. Κριτήρια προστασίας- Ζώνες Αποκλεισμού	102
5.5.2. Κριτήρια καταλληλότητας- Ζώνες Καταλληλότητας	104

<u>5.6. Εφαρμογή της πολύ – κριτηριακής ανάλυσης σε περιβάλλον ArcGIS 9.3</u>	106
5.6.1. Τρόπος δημιουργίας και επεξεργασίας του μοντέλου	108
5.6.1.1. Περιοχές NATURA 2000	108
5.6.1.2. Αρχαιολογικοί χώροι Παγκόσμιας Κληρονομιάς (UNESCO)	109
5.6.1.3. Λοιποί αρχαιολογικοί χώροι και Αρχαιολογικά Μνημεία	110
5.6.1.4. Οδικό Δίκτυο	111
5.6.1.5. Οριοθετημένοι και μη οριοθετημένοι οικισμοί	112
5.6.1.6. Παραδοσιακοί οικισμοί	113
5.6.1.7. Λίμνες	114
5.6.1.8. Ποτάμια	115
5.6.1.9. Δίκτυο Υψηλής και Μέσης Τάσης της Δ.Ε.Η.	116
5.6.1.10. Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου (ΖΟΕ)	117
5.6.1.11. Κλίσεις Εδάφους	117
5.6.1.12. Χρήσεις Γης	118
5.6.1.13. Εθνικοί Δρυμοί	118
5.6.1.14. Αισθητικά Δάση	119
5.6.1.15. Ανεύρεση των τελικών περιοχών προς Χωροθέτηση Φ/Β Πάρκων	119
<u>5.7. Παραμετροποίηση του μοντέλου</u>	122
<u>5.8. Κείμενο τεκμηρίωσης του μοντέλου</u>	124
<u>5.9. Αποτελέσματα</u>	124

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

130

### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

134

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 1:</b> Ενεργειακή επεξήγηση του φάσματος	33
<b>Πίνακας 2:</b> Ποσότητα ρύπων η έκλυση των οποίων αποφεύγεται για παραγωγή μίας ηλιακής kWh	54
<b>Πίνακας 3:</b> Ελληνική Νομοθεσία Ενέργειας και ΑΠΕ	60
<b>Πίνακας 4:</b> Νομοθεσία που προέκυψε από τον Αναπτυξιακό Νόμο	61
<b>Πίνακας 5:</b> Κοινοτικές οδηγίες ενέργειας και ΑΠΕ	61
<b>Πίνακας 6:</b> Αποφάσεις ΡΑΕ	61
<b>Πίνακας 7:</b> Περιβαλλοντική Νομοθεσία	62
<b>Πίνακας 8:</b> Χωροταξική Νομοθεσία	62
<b>Πίνακας 9:</b> Απαιτούμενες άδειες για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων	72
<b>Πίνακας 10:</b> Τιμές Πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης από φωτοβολταϊκά συστήματα	76
<b>Πίνακας 11:</b> Ακαθάριστο εγχώριο προϊόν Περιφέρειας Θεσσαλίας	91
<b>Πίνακας 12:</b> Ακαθάριστο εγχώριο προϊόν κατά κεφαλή Περιφέρειας Θεσσαλίας	91
<b>Πίνακας 13:</b> Ακαθάριστη προστιθέμενη αξία κατά τομέα παραγωγής	91
<b>Πίνακας 14:</b> Χρήσεις Γης σε Εθνικό επίπεδο καθώς και στο επίπεδο της Θεσσαλίας	94
<b>Πίνακας 15:</b> Χαρακτηρισμός εκτάσεων Περιφέρειας Θεσσαλίας	94
<b>Πίνακας 16:</b> Περιοχές προς χωροθέτηση Φ/Β Πάρκων που προκύπτουν από το μοντέλο επεξεργασίας	125
<b>Πίνακας 17:</b> Περιοχές προς χωροθέτηση Φ/Β Πάρκων που περιλαμβάνουν Νομοθετικά κριτήρια	128

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

<b>Χάρτης 1:</b> Τελικές περιοχές προς χωροθέτηση Φωτοβολταϊκών Πάρκων	121
<b>Χάρτης 2:</b> Περιοχές προς χωροθέτηση Φωτοβολταϊκών Πάρκων που προκύπτουν μόνο από Νομοθετικά Κριτήρια	127

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

<b>Γράφημα 1:</b> Ποσοστά συμμετοχής στην παραγωγή ηλεκτρισμού κατηγορίες χρήσης	15
<b>Γράφημα 2:</b> Κατανομή της έκτασης της Περιφέρειας Θεσσαλίας σε βασικές	90



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<b>Σχήμα 1:</b> Διαχωρισμός εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας	17
<b>Σχήμα 2:</b> Στάδια Ανάλυσης κύκλου ζωής και εκτίμησης για Φωτοβολταϊκά Ηλιακά Συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	48
<b>Σχήμα 3:</b> Διαδικασία αξιολόγησης αιτήσεων έργων ΑΠΕ από τη ΡΑΕ.	69
<b>Σχήμα 4:</b> Μελέτη ανεύρεσης θέσεων για εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Πάρκων με την βοήθεια ΓΣΠ	84

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΡΤΙΚΟΛΕΞΩΝ

Α.Ε. :	Ανώνυμη Εταιρεία
Α.Π.Ε.	Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας
Γ.Π.Σ. :	Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο
Γ.Σ.Π. :	Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών
Δ.Ε.Η. :	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. :	Διαχειριστής του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΕΠΑ :	Επιχείρησης Πολεοδομικής Ανασυγκρότησης
Ε.Π.Ο. :	Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων
Ε.Π.ΣΧ.Α.Α. :	Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης
Ε.Σ.Υ.Ε. :	Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος
Ζ.Ο.Ε. :	Ζώνη Οικιστικού Ελέγχου
Κ.Α.Π.Ε. :	Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας
Κ.Υ.Α. :	Κοινή Υπουργική Απόφαση
Μ.Κ.Ο:	Μη Κυβερνητική Οργάνωση
Ο.Π.Α.Α.Χ. :	Ολοκληρωμένα Προγράμματα Ανάπτυξης Αγροτικού Χώρου
Ο.Τ.Α. :	Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης
Π.Δ. :	Προεδρικό Διάταγμα
ΠΕ:	Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις
Π.Ε.Π. :	Περιβαλλοντικό Ειδικό Πλαίσιο
Ρ.Α.Ε. :	Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας
Σ.Χ.Ο.Ο.Α.Π. :	Σχέδια Χωρικής Οικιστικής Οργάνωσης Ανοιχτής Πόλης
Τ.Μ.Χ.Π.Π.Α. :	Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης
Υ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε. :	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
Φ/Β :	Φώτο - Βολταϊκό
Φ.Ε.Κ. :	Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως
Φ/Σ :	Φωτοβολταϊκό Σύστημα
Χ.Υ.ΤΑ. :	Χώρος Υγειονομικής Ταφής
F.I.G. :	Federation Internationale des Geometres
G.I.S. :	Geographic Information System
N.I.A.B.Y. :	Not In Any Back Yard
N.I.M.B.Y. :	Not In My Back Yard
S.Q.L. :	Structured Query Language
U.P.S. :	Uninterrupted Power Supply

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους στάθηκαν δίπλα μου και με βοήθησαν, έτσι ώστε να διεκπεραιωθεί η συγκεκριμένη διπλωματική μεταπτυχιακή εργασία. Καταρχήν, τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Φώτη Γεώργιο, ο οποίος με βοήθησε έτσι ώστε να υπάρξει αυτό το αποτέλεσμα στην εργασία, προσφέροντας μου αρκετές γνώσεις και δίνοντας λύσεις σε όλα τα προβλήματα που μου παρουσιάστηκαν. Εν συνεχεία, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους διδάκτορες του “Εργαστηρίου Χωρικής Ανάλυσης, GIS και Θεματικής Χαρτογραφίας”, Στέλιο και Παναγιώτη, οι οποίοι μου έλυσαν όλες τις απορίες που προέκυψαν επάνω στην δημιουργία του μοντέλου, στο λογισμικό πρόγραμμα ArcGIS 9.3. Επίσης, δεν θα μπορούσα να μην αναφέρω τις θερμές μου ευχαριστίες προς όλους τους συμφοιτητές μου και συγκεκριμένα προς τις δύο “Ηλιάνες”, οι οποίες με βοήθησαν τόσο στην διεκπεραίωση του πρακτικού μέρους της εργασίας όσο και στον ψυχολογικό τομέα. Εν τέλει, είναι δεδομένη η ευγνωμοσύνη μου προς την οικογένεια μου, η οποία έδωσε τα πάντα για να μπορέσω να συμμετάσχω σε αυτό το Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών και μου προσέφερε όλα τα εχέγγυα για να αποκτήσω τις σημαντικότερες γνώσεις της ζωής μου τόσο καθ’ όλη την διάρκεια της ζωής μου, όσο και κατά την διάρκεια της προπτυχιακής και μεταπτυχιακής μου φοιτητικής ζωής.

*Στους γονείς μου &  
Στον αδερφό μου*

# 1.

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.**

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η ταχύτητα αύξησης των ανθρώπων παγκοσμίως αλλά και τα νέα πρότυπα ζωής που επιβάλλονται, προκαλούν μία τεράστια αύξηση στην κατανάλωση ορυκτών καυσίμων με αποτέλεσμα την ταχύτερη εξάντλησή τους. Επιπλέον, ένα άλλο πρόβλημα που δημιουργείται από την συνεχή κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων είναι οι σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις προς το περιβάλλον. Συνεπώς πολλές χώρες παγκοσμίως προσπαθούν να συμπεριλάβουν συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην κρατική τους νομοθεσία με σκοπό να εξασφαλίσουν ένα καλύτερο ενεργειακό μέλλον στην χώρα τους. Ακολουθώντας, την παγκόσμια αυτή τάση και η Ελλάδα, προσπάθησε να ενσωματώσει στην νομοθεσία της κριτήρια τα οποία θα διευκολύνουν αλλά και θα προσδιορίζουν την εγκατάσταση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται στα ελληνικά νοικοκυριά και στην ελληνική παραγωγική δραστηριότητα προέρχεται τόσο από το φυσικό αέριο όσο και από την καύση ορυκτών καυσίμων. Ένα πολύ μικρό ποσοστό όμως των παραπάνω χρησιμοποιεί ενέργεια η οποία παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συγκεκριμένα την ηλιακή ενέργεια. Η Ελλάδα βρίσκεται σε μια από τις πλέον ευνοημένες περιοχές του πλανήτη, τόσο όσον αφορά στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία όσο και στην διαθεσιμότητα αυτής, αφού στο μεγαλύτερο μέρος της χώρας η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2.700 ώρες το χρόνο. Συνεπώς, στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ουσιαστική αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας που υπάρχει στην Ελλάδα, μέσω της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πάρκων. Η περιοχή, που εκλέχθηκε για την εφαρμογή της μελέτης χωροθέτησης φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι αυτή της Περιφέρειας Θεσσαλίας.

Η περιοχή της Θεσσαλίας συγκεκριμένα είναι περιοχή αρκετά ηλιόλουστη και έχει την δυνατότητα να αξιοποιήσει μεγάλο ποσοστό της ηλιακής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Επίσης, είναι μία περιοχή που συγκεντρώνει χαρακτηριστικά (γεωγραφικά και γεω – μορφολογικά) από όλες τις περιοχές της Ελλάδας και ως εκ τούτου, θεωρείται μία αντιπροσωπευτική λύση όλως των Περιφερειών.

Η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελεί προτεραιότητα του ελληνικού Κράτους και για αυτό το λόγο φαίνεται ότι θα διαδραματίσουν πρωταγωνιστικό ρόλο στο ενεργειακό μέλλον της Ελλάδας. Οι στόχοι αυτής της έρευνας είναι:

- Ο καθορισμός των κατηγοριών χρήσεων γης, οι οποίες συνδέονται με υψηλό δυναμικό ηλιακής ενέργειας έτσι ώστε η χωροθέτηση των ηλιακών συλλεκτών να είναι βιώσιμη και
- Ο εντοπισμός περιοχών που είναι κατάλληλες για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων χρησιμοποιώντας ένα πολύ – κριτηριακό τεχνικό μοντέλο σε περιβάλλον GIS.

Εξετάζονται, συγκεκριμένα, στοιχεία δυναμικού της ανανεώσιμης ενέργειας (ετήσια στοιχεία ηλιοφάνειας), χρήσεων γης, κλίσεων του εδάφους, πληθυσμού περιοχών με αρχαιολογικό ενδιαφέρον και στοιχεία αποστάσεων από δρόμους όλων των κατηγοριών και οικισμούς και εν τέλει αναταξινομούνται οι περιοχές ανάλογα με την καταλληλότητά τους. Όλα τα παραπάνω στοιχεία, εισάγονται σε ένα τεχνικό μοντέλο του GIS και ανάλογα με τους περιορισμούς που επιβάλλονται από την ελληνική νομοθεσία, εξάγεται ένα αποτέλεσμα το οποίο μας εμφανίζει τις περιοχές οι οποίες περιλαμβάνουν όλα τα νομικά κριτήρια αλλά και τα κυριότερα βιώσιμα κριτήρια για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων.

Το τεχνικό μοντέλο που θα παρουσιαστεί στην εργασία αυτή, θα έχει σαν σκοπό την διευκόλυνση των αρμόδιων αρχών και φορέων για την γρήγορη ανεύρεση όλων των κατάλληλων περιοχών στην περιοχή της Θεσσαλίας που να καλύπτουν ταυτόχρονα όλα τα κριτήρια χωροθέτησης φωτοβολταϊκών πάρκων. Έτσι θα αποφευχθούν διάφορες προσπάθειες ιδιωτών να εγκαταστήσουν ηλιακά πάρκα σε εκτάσεις οι οποίες δεν κρίνονται νομικά κατάλληλες προς χωροθέτηση ηλιακών συλλεκτών.

Για τον προσδιορισμό των περιοχών χωροθέτησης Φ/Β πάρκων εφαρμόζεται η μέθοδος των πολλαπλών κριτηρίων που αποσκοπεί σε ένα σταδιακό χαρτογραφικό φιλτράρισμα, βάσει συγκεκριμένων ζωνών καταλληλότητας και αποκλεισμού, ώστε να βρεθούν οι περιοχές (τελικά γεωτεμάχια) που καλύπτουν όλα τα κριτήρια.

Το πρόβλημα της παρούσας εργασίας είναι η Εξεύρεση μιας Κατάλληλης Περιοχής για την Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού Πάρκου στην Περιφέρεια Θεσσαλίας. Η περιοχή αυτή λοιπόν, θα πρέπει να είναι κατάλληλη ως προς τα γεωμορφολογικά της χαρακτηριστικά και να ικανοποιεί τα διάφορα χωροταξικά κριτήρια που έχει θεσπίσει το ΥΠΕΧΩΔΕ για τις

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.). Επίσης, να λαμβάνει υπόψη την υφιστάμενη νομοθεσία για την προστασία διαφόρων περιοχών (π.χ. NATURA, αρχαιολογικοί χώροι κ.τ.λ.).

Η δομή που ακολουθείται στην συγκεκριμένη εργασία, είναι τέτοια ώστε να διευκολύνει τους ενδιαφερόμενους να κατανοήσουν το πρόβλημα της χωροθέτησης των φωτοβολταϊκών πάρκων, το οποίο δεν έχει να κάνει μόνο με τα κριτήρια τα οποία έχουν δοθεί αλλά και με τον ουσιαστικό τρόπο λειτουργίας των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Συγκεκριμένα, στο επόμενο κεφάλαιο, γίνεται μία εκτενής αναφορά στην κατάσταση που υφίσταται στην Ελλάδα στον τομέα της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και τις προοπτικές που υπάρχουν για αξιοποίηση του ηλιακού δυναμικού, που είναι διαθέσιμο στην χώρα μας. Βέβαια, η αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας βρίσκεται μπροστά της και πολλά εμπόδια, όπως του ζητήματος της κοινωνικής αποδοχής και του συνδρόμου NIMBY (Not In My Back Yard) τα οποία αναλύονται με στόχο την μελλοντική επίλυσή τους.

Εν συνεχεία, στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται κάποια ιστορικά στοιχεία των φωτοβολταϊκών συστημάτων, στοιχεία του τρόπου λειτουργίας τους και της διαδικασίας και τρόπου εγκατάστασής τους, με στόχο την πληροφόρηση του αναγνώστη για στοιχεία τα οποία είναι πολύ σημαντικά να γνωρίζει έτσι ώστε να είναι κατανοητότερη η λογική που θα εφαρμοστεί για την χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών πάρκων.

Η όποια χωροθέτηση, όμως, φωτοβολταϊκών συστημάτων επί του εδάφους, θα ήταν λανθασμένη, εάν δεν ακολουθούσε την Νομοθεσία που έχει εφαρμοστεί κατά καιρούς, για την αδειοδότηση της οποιαδήποτε εγκατάστασης. Συνεπώς, στο τέταρτο κεφάλαιο, αναφέρονται λεπτομερώς, τόσο το υπάρχον Θεσμικό Πλαίσιο που υπάρχει για την νόμιμη εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων όσο και κάποια στοιχεία επενδυτικού ενδιαφέροντος και πιθανού κέρδους από την εγκατάσταση συστημάτων εκμετάλλευσης ηλιακής ενέργειας σε ελεύθερα οικόπεδα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, αναλύεται εκτενώς ο τρόπος εφαρμογής της πολύ – κριτηριακής ανάλυσης σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Συγκεκριμένα, αναλύονται τόσο κάποια γενικά, γεω – μορφολογικά και κλιματολογικά στοιχεία της περιοχής μελέτης, που στην συγκεκριμένη εργασία είναι η Περιφέρεια Θεσσαλίας όσο και οι ζώνες καταλληλότητας και αποκλεισμού, οι οποίες επιλέχθηκαν με σκοπό την δημιουργία του τεχνικού μοντέλου. Εν συνεχεία, αναφέρεται ο τρόπος επεξεργασίας και λειτουργίας του τεχνικού μοντέλου, που έχει



---

*Κωνσταντόπουλος Διονύσιος*

σαν σκοπό την εξαγωγή όλων εκείνων των περιοχών, που κρίνονται κατάλληλες για την χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων.

Εν τέλει, στο τελευταίο κεφάλαιο, αναλύονται τόσο τα αποτελέσματα που εξήχθηκαν από το τεχνικό μοντέλο, το οποίο δημιουργήθηκε, όσο και η χρησιμότητα και τα συμπεράσματα της μελέτης που έγινε, με στόχο την ανεύρεση όλων των κατάλληλων θέσεων. Βέβαια, δεν θα ήταν σωστό να παραλειφθούν και οι μελλοντικές προοπτικές επέκτασης του τεχνικού μοντέλου από άλλες ερευνητικές ομάδες, που θα έχουν ως στόχο την καλύτερη και πιο αντιπροσωπευτική ανίχνευση όλων των περιοχών στις οποίες θα μπορούν να χωροθετηθούν νόμιμα και βιώσιμα φωτοβολταϊκά πάρκα.

# 2.

## Η ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.****Η ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ****2.1. ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ**

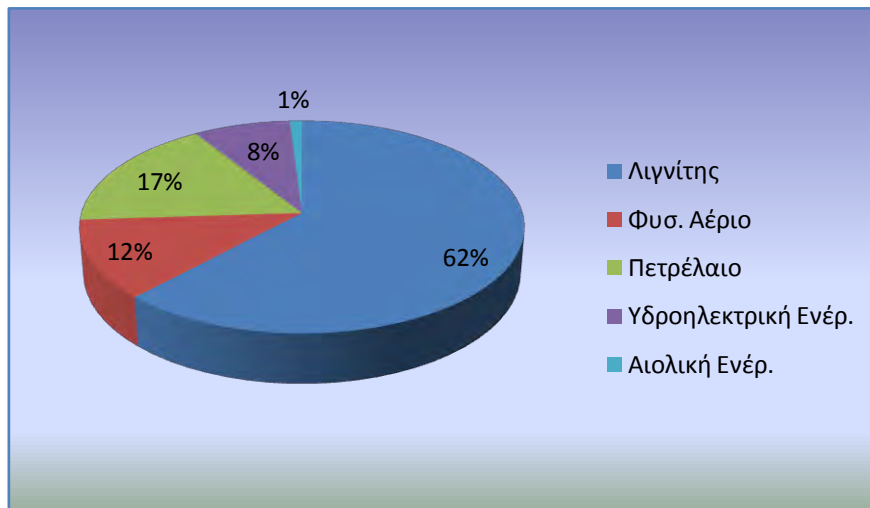
Ο λιγνίτης αποτελεί την κύρια ενεργειακή πηγή στην Ελλάδα όπου και χρησιμοποιείται εξ ολοκλήρου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το πετρέλαιο, ο λιγνίτης και το κάρβουνο εξασφαλίζουν περίπου το 90% της προμήθειας πρωτογενούς ενέργειας. Το 1996 το έργο εισαγωγής φυσικού αερίου στον Ελληνικό ενεργειακό τομέα ολοκληρώθηκε. Στα τέλη του 1990 οι ΑΠΕ (και κυρίως τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα) αναγνωρίστηκαν ως μια επιπρόσθετη πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ενεργειακές εισαγωγές το 2000 ήταν 69.6% οφειλόμενες κυρίως στις εισαγωγές πετρελαίου και φυσικού αερίου κυρίως από την Ρωσία. (Agoris et al 2004)

Μέχρι πρόσφατα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα γινόταν από τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) η οποία αποτελούσε μονοπώλιο τόσο στην παραγωγή, μεταφορά όσο και στη διανομή, με το λιγότερο δυνατό κόστος για τους καταναλωτές, σύμφωνα με τους Ελληνικούς οικονομικούς και ενεργειακούς κανονισμούς. Η κοινοτική οδηγία για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας (96/92/EC) και η εθνική εναρμόνιση της με το Νόμο 2773, δρομολόγησε την αποκρατικοποίηση της ΔΕΗ σε ΔΕΗ Α.Ε., την δημιουργία ενός ανεξάρτητου φορέα για την ενέργεια, την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), και καθόρισε τον τρόπο εμπλοκής των ιδιωτών στις επενδύσεις για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. (Agoris et al 2004)

Καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από τον εγχώριο λιγνίτη και οι δύο κύριες τοποθεσίες εξόρυξης τους βρίσκονται στην Βόρεια Ελλάδα (Πτολεμαΐδα) και την Πελοπόννησο (Μεγαλόπολη), μοιραία σε αυτές τις περιοχές αναπτύχθηκαν μεγάλες εργοστασιακές εγκαταστάσεις εξόρυξης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στο βόρειο κέντρο παραγωγής ηλεκτρισμού υπάρχουν 17 μονάδες με συνολική ισχύ 4050 MW, ενώ στο νότιο τμήμα βρίσκονται 4 μονάδες συνολικής ισχύος 850 MW. Άλλες μικρότερες μονάδες παραγωγής βρίσκονται όπου είναι απαραίτητο από τις ανάγκες ζήτησης. Τα

περισσότερα νησιά διαθέτουν αυτόνομους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργούν με μαζούτ καθώς η σύνδεση τους με την ηπειρωτική χώρα δεν είναι ακόμα οικονομικά εφικτή. Τα μεγάλα υδροηλεκτρικά εργοστάσια συνεισφέρουν και αυτά στην παραγωγή ηλεκτρισμού. Επίσης υπάρχουν και ιδιωτικές μονάδες συμπαραγωγής καθώς και ιδιωτικές αιολικές επενδύσεις.

Το 2000 η παραγωγή ηλεκτρισμού στην Ελλάδα ήταν 49 TWh με το 62% να προέρχεται από τον λιγνίτη, το 17% από προϊόντα πετρελαίου, το 12 % από το φυσικό αέριο, το 8% από τα υδροηλεκτρικά και 1% από αιολική ενέργεια (Σχήμα 1). Οι συνδέσεις του Ελληνικού δικτύου μεταφοράς προς βορρά και δύση εξασφαλίζουν μια συνολική μεταφορική ισχύς της τάξης των 1200 MW. Συνεπώς, κρίθηκε αναγκαία η ανεύρεση κι άλλης μίας λύσης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που να ανταποκρίνεται και στα δεδομένα της χώρας μας. (Agoris et al 2004)



Γράφημα 1: Ποσοστά συμμετοχής στην παραγωγή ηλεκτρισμού

Το υπάρχον ενεργειακό σύστημα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας βασίζεται σε μεγάλες μονάδες παραγωγής, κυρίως στους τύπους εξαγωγής του λιγνίτη, αποτελούμενο από χιλιάδες χιλιόμετρα δικτύου μεταφοράς και διανομής, όπου, και με την απουσία ουσιαστικού ενεργειακού σχεδιασμού, δημιουργήθηκαν μακροχρόνια προβλήματα:

- περιβαλλοντικές πιέσεις τοπικής κλίμακας στον τόπο λειτουργίας,
- μεγάλο ποσοστό εκλυόμενων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κυρίως λόγω του λιγνίτη
- οικονομική εξάρτηση λόγω εισαγωγών πετρελαίου,
- απηρχαιωμένα δίκτυα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικού ρεύματος,

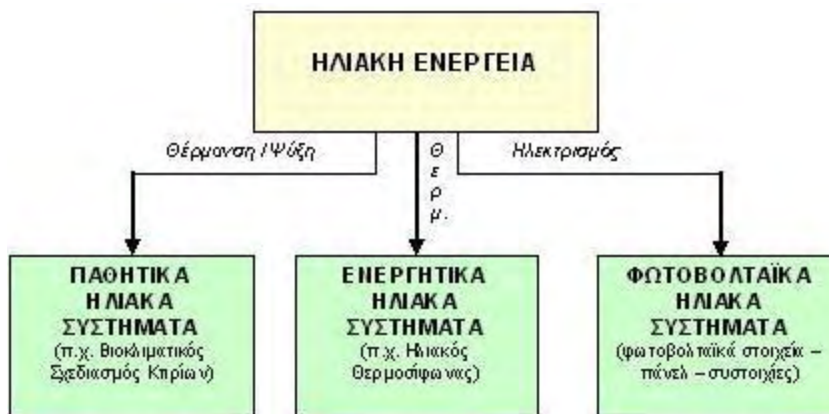
- σημαντικές απώλειες ηλεκτρισμού λόγω μεταφοράς, και
- επιπλέον κόστος λόγω μεταφοράς του πετρελαίου στα τοπικά εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού στα διάσπαρτα πολυπληθή Ελληνικά νησιά.

## 2.2. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ) – ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Με τον όρο Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) θεωρούμε τις φυσικά επαναλαμβανόμενες φυσικές ενεργειακές ροές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή χρήσιμης ενέργειας. Κύρια προέλευση είναι άμεσα ο ήλιος και έμμεσα η βαρύτητα και η περιστροφή της γης. Οι ΑΠΕ χρησιμοποιούνται κυρίως για παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (Boyle 1996). Στις ΑΠΕ συγκαταλέγονται η ηλιακή, η αιολική, η γεωθερμία, η ενέργεια που παράγεται από τη βιομάζα, και η ενέργεια από την κίνηση των ρευστών (υδροηλεκτρική < 10 MW, κυματική, ενέργεια από το φαινόμενο της παλίρροιας).

Όσον αφορά την ηλιακή ενέργεια ως μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, πρέπει να αναφερθεί ότι η ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται ως το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας. Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της. (Ελευθεριάδου, 2007)

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, αξίζει να σημειωθεί ότι χωρίζεται στην χώρα μας σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. (Ελευθεριάδου, 2007)



Σχήμα 1: Διαχωρισμός εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας

### 2.3. Η ΗΛΙΑΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η Ελλάδα, χώρα με μεγάλη ηλιοφάνεια, προσφέρεται για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας με στόχο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μέση ημερήσια ενέργεια που δίνεται από τον ήλιο στην Ελλάδα είναι 4,6 KWh/m<sup>2</sup>. Η επιφάνεια των εγκαταστημένων συλλεκτών στη χώρα μας ανέρχεται περίπου σε 2.000.000 m<sup>2</sup>. Η τιμή αυτή αποτελεί ποσοστό 50% περίπου, της επιφάνειας συλλεκτών εγκατεστημένων σε ολόκληρη την Ευρώπη. Οι συλλέκτες αυτοί, κύρια αφορούν σε μικρά οικιακά συστήματα.

Η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τόσο σε απομακρυσμένες όσο και σε κατοικημένες περιοχές, χωρίς επιπτώσεις στο περιβάλλον, κάνει ελκυστική τη χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τη δυνατότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται από :

- το Φ/Β πλαίσιο (είδος ηλιακού συλλέκτη)
- το σύστημα αποθήκευσης της ενέργειας (μπαταρίες)
- τα ηλεκτρονικά συστήματα που ελέγχουν την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η Φ/Β συστοιχία.

Τα φωτοβολταϊκά, τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα, θεωρούνται τα ιδανικά συστήματα ενεργειακής μετατροπής καθώς: (ΕΛΥΤ ΑΠΕ)

- i. χρησιμοποιούν την πλέον διαθέσιμη πηγή ενέργειας στον πλανήτη,
- ii. δεν έχουν κινούμενα μέρη, και
- iii. παράγουν ηλεκτρισμό, που αποτελεί την πιο χρήσιμη μορφή ενέργειας.

Όταν τα φωτοβολταϊκά εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπουν ένα 5-17% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Όλα τα φωτοβολταϊκά μοιράζονται τα παρακάτω πλεονεκτήματα: (ΕΛΥΤ ΑΠΕ)

- μηδενική ρύπανση
- αθόρυβη λειτουργία
- αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (που φθάνει τα 30 χρόνια)
- απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές
- δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες
- ελάχιστη συντήρηση

Τα φωτοβολταϊκά είναι μία από τις πολλά υποσχόμενες τεχνολογίες της νέας εποχής που ανατέλλει στο χώρο της ενέργειας. Τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι αδιαμφισβήτητα. Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από φωτοβολταϊκά, και άρα όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης 1,1 κιλών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (με βάση το σημερινό ενεργειακό μείγμα στην Ελλάδα και τις μέσες απώλειες του δικτύου). Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα του ενός κιλοβάτ, αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1,4 τόνων διοξειδίου του άνθρακα, όσο δηλαδή θα απορροφούσαν δύο στρέμματα δάσους. Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ). Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον. Υπάρχουν δύο τρόποι που τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας:

1. Ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρισμού με φωτοβολταϊκά μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με το δίκτυο της ΔΕΗ (διασυνδεδεμένο σύστημα). Στην περίπτωση αυτή, πουλάει κανείς το ηλιακό ρεύμα στη ΔΕΗ έναντι μιας ορισμένης από το νόμο τιμής και συνεχίζει να αγοράζει ρεύμα από τη ΔΕΗ όπως και σήμερα. Έχει δηλαδή ένα διπλό μετρητή για την καταμέτρηση της εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας. (ΕΛΥΤ ΑΠΕ)
2. Εναλλακτικά, μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορεί να αποτελεί ένα αυτόνομο σύστημα που να καλύπτει το σύνολο των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου ή μιας

επαγγελματικής χρήσης. Για τη συνεχή εξυπηρέτηση του καταναλωτή, η εγκατάσταση θα πρέπει να περιλαμβάνει και μια μονάδα αποθήκευσης (μπαταρίες) και διαχείρισης της ενέργειας. (ΕΛΥΤ ΑΠΕ)

Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούνται για παροχή ηλεκτρικής ενέργειας εφεδρείας (δηλαδή ως συστήματα αδιάλειπτης παροχής - UPS). Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα είναι μεν διασυνδεδεμένο με τη ΔΕΗ, αλλά διαθέτει και μπαταρίες (συν όλα τα απαραίτητα ηλεκτρονικά) για να αναλαμβάνει την κάλυψη των αναγκών σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος και για όσο διαρκεί αυτή. (ΕΛΥΤ ΑΠΕ)

#### 2.4. ΤΟ ΣΥΝΔΡΟΜΟ N-I-M-B-Y (NOT IN MY BACK YARD)

Το πιο κοινό λάθος στη τοποθέτηση οποιονδήποτε εγκαταστάσεων είναι ότι θεωρείται δεδομένη η γενική αποδοχή τους από την κοινωνία και ότι αναμένεται από τους ανθρώπους να υποδέχονται εγκάρδια τέτοιες εφαρμογές τις οποίες υπάρχει η εντύπωση ότι υποστηρίζουν θετικά.

Οι αντιδράσεις όσον αφορά τη χωροθέτηση διαφόρων εγκαταστάσεων συνεπάγεται συνήθως με το σύνδρομο NIMBY (Not-In-My-Backyard=Όχι στην αυλή μου = όσο πιο μακριά από μένα). Το φαινόμενο αυτό έχει αναλυθεί σε διάφορες περιπτώσεις που έχει να κάνει με τις υποδομές κτιρίων και υπηρεσιών (όπως τη χωροθέτηση επικίνδυνων, πυρηνικών και συμβατικών εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων, πυρηνικών και συμβατικών εργοστασίων παραγωγής ενέργειας), καθώς και κοινωνικές υποδομές (όπως κέντρα ψυχικής υγείας, εργατικές κατοικίες, κέντρα περίθαλψης AIDS κτλ). (Ελευθεριάδου, 2007)

Ο Lake (1993) συνοψίζει ότι το σύνδρομο αυτό κατηγορείται στην πραγματικότητα για όλες τις αδυναμίες να επιλυθούν κρίσιμα κοινωνικά προβλήματα. Η ανικανότητα να μειωθεί η περιβαλλοντική υποβάθμιση, η κυκλοφοριακή συμφόρηση, η έλλειψη στέγης, η εγκληματικότητα και η ανέχεια, αποδίδονται κατά μεγάλο ποσοστό στο σύνδρομο NIMBY. Είναι πιθανό ότι μπορούν να γίνουν μεγάλα βήματα σε όλους αυτούς τους τομείς, εάν οι τοπικές κοινωνίες εγκατέλειπαν εγωιστικές εναντιώσεις όσον αφορά τους αποτεφρωτήρες αποβλήτων, τα συστήματα μεταφορών, τα προγράμματα στέγασης, τις φυλακές, τα διάφορα άσυλα και κλινικές που χρειάζεται μια κοινωνία, με σκοπό την επίλυση αυτών των κρίσιμων κοινωνικών προβλημάτων. (Ελευθεριάδου, 2007)



Στη βιβλιογραφία όπου αναφέρονται σε θέματα χωροθέτησης φαίνεται ότι το σύνδρομο NIMBY δεν είναι ξεκάθαρα ορισμένο, καθώς μπορεί να θεωρείται ως πρόβλημα κοινής λογικής αλλά στην πραγματικότητα αντιπροσωπεύει ένα «κοινωνικό δίλημμα» ή μια κατάσταση που ανάγεται στη «θεωρία παιγνίων» (Wolsink 2000). Αυτές οι έννοιες είναι σημαντικά θέματα που εξετάζονται και από τους οικονομολόγους (όπου αναφέρονται στη θεωρία παιγνίων) και τους ψυχολόγους (θεωρία κοινωνικού διλήμματος.) Οι παραπάνω θεωρίες εξηγούν γιατί κάποια κοινωνικά αγαθά δεν παράγονται στην κοινωνία, παρόλο που όλα τα άτομα μέσα στην κοινωνία θα ήθελαν να τους παρέχονται. Το αποτέλεσμα του συνδρόμου NIMBY θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σε πρώτο επίπεδο και σαν ένας εγωιστικός τοπικισμός που παράγει τοπική διαμάχη. Εξετάζοντας όμως σε βάθος τις ιδιαιτερότητες που ανακύπτουν σε κάθε περίπτωση, προκύπτουν οι πραγματικοί λόγοι αντίδρασης των τοπικών κοινωνιών. (Ελευθεριάδου, 2007)

## 2.5. Η ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΑΠΟΔΟΧΗ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

Δυναμικές αντιδράσεις κατά την εφαρμογή τεχνολογιών ΑΠΕ είναι συχνά εμφανείς, καθώς ο ήλιος ως μια καθαρή μορφή ενέργειας απαιτεί πολλές φορές την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών σε περιοχές περιβαλλοντικής αξίας. Σε πολλές χώρες, το ηλιακό δυναμικό συγκεντρώνεται γεωγραφικά σε οικολογικά ευαίσθητες περιοχές. Αυτές οι οικολογικές διαστάσεις παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο σε δημόσιες συζητήσεις που αφορούν ηλιακές εφαρμογές. Συνεπώς, οι περιβαλλοντολόγοι θεωρούν συχνά την εξάπλωση της ηλιακής ενέργειας προβληματική, εξετάζοντας το όμως από μια «συντηρητική» σκοπιά. (Ελευθεριάδου, 2007)

Παράλληλα, τα επίπεδα της κοινωνικής αποδοχής θεωρούνται συνήθως πρωτοβάθμιοι (primary) δείκτες υποστήριξης εφαρμογών ηλιακής ενέργειας εντός της τοπικής κοινωνίας. Έρευνες έχουν δείξει ότι η ηλιακή ενέργεια έχει γενικά ισχυρή κοινωνική υποστήριξη, ωστόσο πολλές πραγματικές εφαρμογές της φαίνεται να υποφέρουν από το σύνδρομο NIMBY (Wolsink 2000).

Από την αρχή των εφαρμογών της ηλιακής ενέργειας, οι ανάδοχοι αντιμετώπισαν αντίσταση στην τοποθέτηση φωτοβολταϊκών και έκτοτε αυτά τα προβλήματα έχουν αποδοθεί ότι οφείλονται στο σύνδρομο NIMBY. Επιπλέον, υπάρχουν και άλλοι φραγμοί στην εφαρμογή της ηλιακής ενέργειας πέρα από την υπάρχουσα νοοτροπία του πληθυσμού, όπως είναι θεσμικοί

παράγοντες που φαίνεται ότι έχουν μεγάλη επιρροή στη χωροθέτηση ηλιακών ενεργειακών εγκαταστάσεων. Η κυρίαρχη θέση των κρατικών εταιριών κοινής ωφελείας, δημιουργεί μικρές θεσμικές δυνατότητες για επιτυχή χωροθέτηση των ηλιακών εγκαταστάσεων, αλλά και εξάρτηση των επενδυτών ηλιακής ενέργειας στις υπάρχουσες υποδομές. Έτσι φαίνεται να ενισχύεται το σφάλμα στον ενεργειακό σχεδιασμό περιορίζοντας τις δυνατότητες εφαρμογής των νέων τεχνολογιών που αφορά τα φωτοβολταϊκά συστήματα. (Ελευθεριάδου, 2007)

Η μεγαλύτερη αντίδραση στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων έχει να κάνει κυρίως με την αισθητική αξία. Η επικρατούσα αντίληψη για την επίδραση στο τοπίο, η οπτική όχληση όσον αφορά την διαμόρφωση του εξωτερικού χώρου όπως και οι θετικές κρίσεις είναι η καλύτερη πρόβλεψη για την επικρατούσα τάση απέναντι στα φωτοβολταϊκά.

Παρόλο που η χωροθέτηση αναγνωρίζεται ως ο πιο σημαντικός παράγοντας στην εφαρμογή της ηλιακής ενέργειας, αυτοί που εμπλέκονται στον ηλεκτρικό τομέα έχουν την τάση να το αντιλαμβάνονται αυτό σαν μερική «αδυναμία της αγοράς» ή «γραφειοκρατικό εμπόδιο» (Slingerland 1999).

Οι αντιδράσεις, που είχαν αρχικά υιοθετηθεί και περιγραφεί για τη χωροθέτηση εργοστασίων ανακύκλωσης, ΧΥΤΑ, και άλλων κατασκευών βιομηχανικών και μη, έχουν κατηγοριοποιηθεί και για το ηλιακό ενεργειακό περιβάλλον. Τα παρακάτω αποτελούν κατηγοριοποίηση ειδών αντίδρασης, (Wolsink 1994) που αρχικά εμφανίστηκαν και αναλύθηκαν για εγκαταστάσεις εργοστασίων παραγωγής γενετικά τροποποιημένων προϊόντων (Tellegen, Wolsink 1998), και που αποδίδονται τώρα και για το ηλιακό ενεργειακό περιβάλλον:

- Αντίδραση τύπου Α: Θετική στάση απέναντι στην ηλιακή ενέργεια, συνδυασμένη με εναντίωση όσον αφορά τη δημιουργία ηλιακού πάρκου οπουδήποτε μέσα στη γειτονική περιοχή. Αυτός ο συνδυασμός συμπεριφοράς και στάσης αντικατοπτρίζει τη μόνη αληθινή NIMBY σκοπιά.
- Αντίδραση τύπου Β: Απόρριψη και εναντίωση στη δημιουργία ηλιακού πάρκου στη γειτονική περιοχή διότι κάποιος απορρίπτει την τεχνολογία των φωτοβολταϊκών γενικά. Αυτή η θέση ονομάζεται NIABY ή Not In Any Backyard (Όχι σε καμία αυλή). Αυτού του είδους η αντίδραση βασίζεται στο ενδιαφέρον για τις γενικές συνέπειες της ηλιακής ενέργειας στο τοπίο και τον περιβάλλον χώρο.
- Αντίδραση τύπου Γ: Θετική στάση απέναντι στην ηλιακή ενέργεια, όπου γίνεται αρνητική ως αποτέλεσμα συζήτησης που αφορά την προτεινόμενη κατασκευή του

φωτοβολταϊκού πάρκου. Αυτού του είδους η αντίδραση δείχνει τη βαρύτητα της δυναμικής στη συμπεριφορά, καθώς αντικατοπτρίζει τη στάση NIABY ως αποτέλεσμα αλλαγής των αντιλήψεων περί επικινδυνότητας κατά την διάρκεια της διαδικασίας της λήψης απόφασης.

- Αντίδραση τύπου Δ: Αντίδραση που δημιουργείται λόγω του γεγονότος ότι ορισμένες εφαρμογές θεωρούνται αποτυχημένες, χωρίς όμως ολική απόρριψη της τεχνολογίας. Αυτού του είδους αντίδραση συνηγορεί την παραγωγή ενέργειας από την ηλιακή, κάτω όμως από κάποιες προϋποθέσεις, περιορίζεται ιδιαίτερα σε προτεινόμενα φωτοβολταϊκά πάρκα σε συγκεκριμένες περιοχές, καθώς βασίζεται σε προβληματισμούς που αφορούν τις συνέπειες των φωτοβολταϊκών πάρκων, κυρίως στο τοπίο.

Είναι φανερό λοιπόν ότι για την εφαρμογή ηλιακών τεχνολογιών σε μια περιοχή πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν και η γνώμη της τοπικής κοινωνίας, τόσο των τοπικών αρχών όσο και των κατοίκων που ζουν σε αυτή την περιοχή, καθώς είναι οι άμεσοι αποδέκτες των θετικών ή αρνητικών επιδράσεων που δημιουργούνται κατά την κατασκευή και λειτουργία τέτοιων εγκαταστάσεων. (Ελευθεριάδου, 2007)

# 3.

## ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

### ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

#### 3.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

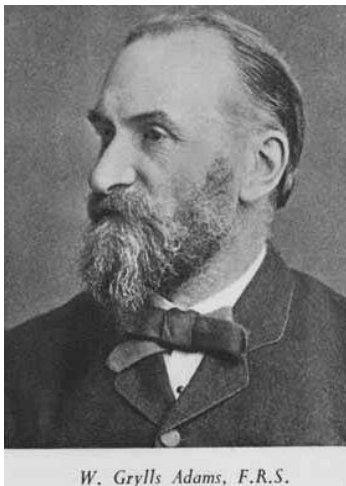
Η περίοδος η οποία διανύουμε χαρακτηρίζεται από τη διόγκωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων σε συνδυασμό με την εξάντληση των ορυκτών ενεργειακών πόρων και τα τεράστια βήματα στην τεχνολογία των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων (Φ/Β) κάνουν πλέον εφικτή την χρήση τους, με στόχο την εξάλειψη των προβλημάτων αυτών. Τα Φωτοβολταϊκά συστήματα δεν είναι, όμως, μία καινούρια ανακάλυψη. Αν διατρέξουμε δεκαετίες πίσω θα αποκαλυφθεί ότι η σύλληψή τους σαν ιδέα είναι αρκετά παλιά. (HelioSystems AE)

Η πρώτη γνωριμία του ανθρώπου με το φωτοβολταϊκό φαινόμενο έγινε το 1839 όταν ο Γάλλος φυσικός Edmond Becquerel (1820 - 1891) ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο κατά την διάρκεια πειραμάτων του με μια ηλεκτρολυτική επαφή φτιαγμένη από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια.



Εικόνα 1: Edmond Becquerel

Το επόμενο σημαντικό βήμα έγινε το 1876 όταν οι **Adams** (1836 - 1915) και ο φοιτητής του **Day** παρατήρησαν ότι μια ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος παραγόταν από το σελήνιο (Se) όταν αυτό ήταν εκτεθειμένο στο φως. (HelioSystems AE)



Εικόνα 2: Grylls Adams

Το 1918 ο Πολωνός Czochralski (1885 - 1953) πρόσθεσε την μέθοδο παραγωγής ημιαγωγού μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Si) με την σχετική έρευνα του και η οποία μάλιστα χρησιμοποιείται βελτιστοποιημένη ακόμα και σήμερα. (HelioSystems AE)



Εικόνα 3: Czochralski

Μια σημαντική ανακάλυψη έγινε επίσης το 1949 όταν οι Mott και Schottky ανέπτυξαν την θεωρία της διόδου σταθερής κατάστασης. Στο μεταξύ η κβαντική θεωρία είχε ξεδιπλωθεί. Ο δρόμος πλέον για τις πρώτες πρακτικές εφαρμογές είχε ανοίξει. Το πρώτο ηλιακό κελί ήταν γεγονός στα εργαστήρια της Bell το 1954 από τους Chapin, Fuller και Pearson. Η απόδοση του ήταν 6% εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. (HelioSystems AE)

### 3.1.1. ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ Η ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥΣ

Τέσσερα χρόνια μετά την δημιουργία του πρώτου ηλιακού κελιού στα εργαστήρια της Bell, το 1958 η τεχνολογία των Φωτοβολταϊκών συστημάτων προσαρτάται στον χώρο των διαστημικών εφαρμογών όταν τοποθετήθηκε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα στον δορυφόρο Vanguard I.



Εικόνα 4: Ο δορυφόρος Vanguard I

Το σύστημα αυτό λειτουργήσε επιτυχώς για 8 ολόκληρα χρόνια και ήταν ένα από τα πρώτα Φωτοβολταϊκά συστήματα. Από το χρονικό αυτό σημείο και μετά, τα Φωτοβολταϊκά συστήματα άρχισαν να ενσωματώνονται σταδιακά σε διάφορες εφαρμογές και η τεχνολογία να βελτιώνεται συνεχώς. (HelioSystems AE)

Το 1962 η μεγαλύτερη Φ/Β εγκατάσταση στον κόσμο γίνεται στην Ιαπωνία από την Sharp, σε έναν φάρο. Η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος είναι 242Wp. Τα Φωτοβολταϊκά ξεκίνησαν λοιπόν να κάνουν την εμφάνιση τους αλλά λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής η εφαρμογή τους ήταν δυνατή μόνο σε ειδικές περιπτώσεις αυτόνομων συστημάτων. Η έρευνα όμως προχωρούσε και η απόδοση των Φ/Β συνεχώς βελτιωνόταν. Κυριότερος πελάτης των φωτοβολταϊκών τις δεκαετίες που ακολούθησαν είναι η NASA. (HelioSystems AE)

Οι υψηλές τιμές στα Φωτοβολταϊκά ήταν ο σημαντικότερος λόγος που δεν υπήρχε περισσότερο ενθουσιώδης αποδοχή από την αγορά. Ενδεικτικά η τιμή των φωτοβολταϊκών ξεκινάει από τα 500\$ ανά εγκατεστημένο Watt το 1956, ενώ μετά από 14 χρόνια, το 1970 αγγίζει τα 100\$/Watt. Το 1973 οι βελτιώσεις στις μεθόδους παραγωγής φέρνουν το κόστος των φωτοβολταϊκών στα 50\$/Watt. Η πρώτη εγκατάσταση PV που φτάνει στα επίπεδα του 1MW

(μεγαβατ) γίνεται στην Καλιφόρνια το 1980 από την ARCO Solar χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα και σύστημα παρακολούθησης της τροχιάς του ηλίου 2 αξόνων (dual-axis trackers). Η εξέλιξη αρχίζει πλέον να γίνεται με ταχύτερους ρυθμούς. Το 1983 η παγκόσμια παραγωγή Φ/Β φτάνει τα 22MW και ο συνολικός τζίρος τα 250.000.000 \$. Το 1999 η εταιρία Spectrolab σε συνεργασία με το NREL αναπτύσσουν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο με απόδοση 32,3%!!!. Το στοιχείο αυτό είναι συνδυασμός τριών υλικών (στρώσεων) και ειδικό για εφαρμογές σε συγκεντρωτικά συστήματα CPV. Την ίδια χρονιά το ρεκόρ στην απόδοση των Thin Films φτάνει στο 18.8%. Η παραγωγή όλων των τεχνολογιών των Φ/Β πάνελ φτάνει συνολικά τα 200 MegaWatt. Φτάνοντας στην σημερινή εποχή, και συγκεκριμένα στο κοντινό 2004, η πορεία πια είναι ασταμάτητη. Η μαζική είσοδος μεγάλων εταιρειών στον χώρο των Φ/Β φέρνει την μαζική παραγωγή και αυτή με την σειρά της την τιμή των διασυνδεδεμένων συστημάτων στα 6,5 ευρώ/Wp. Γερμανία και Ιαπωνία κυριαρχούν στην κατασκευή Φ/Β πάνελ και πλέον σε όλες τις αναπτυγμένες χώρες αρχίζουν, με τον έναν (παραγωγή εξοπλισμού) ή τον άλλον τρόπο (κατασκευή Φ/Β εγκαταστάσεων), να υιοθετούν τις τεχνολογίες των φωτοβολταϊκών και να τις παγιώνουν στην συνείδηση των επενδυτών αλλά και των καταναλωτών ενέργειας. Η συνολική παραγωγή το 2004 έφτασε τα 1.200 MegaWatt Φ/Β στοιχείων ενώ ο τζίρος της ίδιας χρονιάς άγγιξε τα 6.500.000.000 \$. (HelioSystems AE)

Σήμερα με οικονομίες μεγάλης κλίμακας έχουν επιτευχθεί μεγάλες αποδόσεις στα κρυσταλλικά κυρίως υλικά και αρκετές χώρες με πρωτοπόρες την Γερμανία και την Ιαπωνία έχουν ήδη επενδύσει τεράστια κονδύλια με σκοπό την ευρύτερη εκμετάλλευση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας. Ήδη βέβαια οι χώρες αυτές έχουν αρχίσει και απολαμβάνουν τους καρπούς της εξελιγμένης τεχνολογίας τους. (HelioSystems AE)

#### *3.1.2. ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ*

Πάντως τίποτα από όσα έχουν προαναφερθεί δεν θα γινόταν πραγματικότητα εάν δεν είχε επικυρωθεί το πρωτόκολλο του Κιότο και άλλες διεθνείς συμφωνίες που ακολούθησαν κάτω από την πίεση των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Η ουσιαστική ώθηση για τα Φωτοβολταϊκά όπως και για τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δόθηκε μέσα από κυβερνητικά προγράμματα με την μορφή επιδοτήσεων των δραστηριοτήτων παραγωγής ενέργειας (κυρίως ηλεκτρικής) με την χρήση "πράσινων" τεχνολογιών (ΑΠΕ). Η περισσότερο



γνωστή από αυτές είναι η ευνοϊκή τιμολόγηση της ενέργειας που παράγεται από Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, γνωστή και ως feed - in - tariff. (HelioSystems AE)

Η Ελλάδα έχει υιοθετήσει και αυτή με την σειρά της κίνητρα για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα οποία μάλιστα ήταν ιδιαίτερα ελκυστικά για τους υποψήφιους επενδυτές. Όμως η παροικιόδης γραφειοκρατία, ανικανότητα και διαφθορά που μαστίζει τους κρατικούς φορείς, κατάφερε την πιο ελπιδοφόρα τεχνολογία της εποχής μας να την κάνει να χαρακτηριστεί ως "φούσκα" (και μάλιστα από την οπτική γωνία κάποιων, δυστυχώς δικαιολογημένα). Εκατοντάδες αιτήσεις για άδειες παραγωγής ενέργειας στην ΡΑΕ και άλλες τόσες αιτήσεις αδειών - εξαιρέσεων προς επιδότηση από τον επενδυτικό νόμο, περιμένουν καρτερικά σε κάποια συρτάρια την ώρα (ή .... την χρονιά) της κρίσης τους.

Παρόλα αυτά, ευτυχώς δεν φαίνεται να "κατόρθωσε" ο κρατικός μηχανισμός να αναχαιτίσει στην χώρα μας την παγκόσμια δυναμική των φωτοβολταϊκών, αφού η εφευρετικότητα του έλληνα κατασκευαστή αλλά και η "προνοητικότητα" κάποιων επενδυτών έχουν ήδη "στείλει" κάποιες μεγαβατώρες στο δίκτυο της ΔΕΗ. Τέλος, πέρα από τις επενδύσεις σε διασυνδεδεμένα συστήματα μια άλλη αγορά Φ/Β που αναπτύσσεται είναι αυτή των αυτόνομων συστημάτων , αφού η τιμή της φωτοβολταϊκής κιλοβατώρας πλέον ανταγωνίζεται με αξιώσεις αυτήν του πετρελαίου και μάλιστα παρουσιάζει και αρκετά πλεονεκτήματα έναντι αυτής. Τα περισσότερα αυτόνομα συστήματα προς το παρόν βρίσκονται στο Άγιο Όρος, αλλά πλέον υπάρχουν πολλές Φ/Β εγκαταστάσεις σε εξοχικές κατοικίες , απομακρυσμένους τηλεπικοινωνιακούς σταθμούς, φάρους, κτηνοτροφικές μονάδες κλπ. (HelioSystems AE)

#### *3.1.3. ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ*

Πολλοί εμπλεκόμενοι παρόλα τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω κρίνουν ότι η διείδυση των φωτοβολταϊκών έγινε με πολύ αργό ρυθμό παίρνοντας μάλιστα αφορμή από τον εκρηκτικό τρόπο που εξελίχθηκε μια άλλη βιομηχανία ημιαγωγών υλικών, αυτή των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Αυτή η καθυστέρηση οφείλεται κυρίως στις τεχνικές (και οικονομικές) δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι κατασκευαστές στην παραγωγική διαδικασία κατά την προσπάθεια τους να δημιουργήσουν καθαρά ημιαγωγά υλικά (κρυσταλλικό πυρίτιο). (HelioSystems AE)

Στα φωτοβολταϊκά συστήματα ο όγκος του απαιτούμενου υλικού (κρυσταλλικού πυριτίου) είναι πολύ μεγάλος και η παραγωγή του είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρος. Επίσης

*Κωνσταντόπουλος Διονύσιος*

απαιτούνται υπέρογκα κεφάλαια για το κόστος του εξοπλισμού αλλά και της ενέργειας που καταναλώνεται κατά την παραγωγική διαδικασία. Για τον λόγο αυτό άλλωστε η τάση που φαίνεται ότι θα καταλάβει ένα μεγάλο μερίδιο στην αγορά των φωτοβολταϊκών μετά από κάποια χρόνια (σε σχέση με αυτό που έχει σήμερα) είναι οι τεχνολογίες λεπτού υμενίου (thin film) στις οποίες επιτυγχάνεται σημαντική μείωση του απαιτούμενου όγκου πυριτίου (ή των άλλων τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται) και συνεπώς μείωση στις τιμές των φωτοβολταϊκών. (HelioSystems AE)

Σε καμία περίπτωση πάντως δεν πρόκειται να αμφισβητηθούν τα πρωτεία των τεχνολογιών κρυσταλλικού πυριτίου. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα εκατοντάδες εκατομμύρια ευρώ - δολάρια - γεν και γιουάν, που έχουν επενδυθεί παγκοσμίως για την κατασκευή εργοστάσιων παραγωγής:

- πολυπυριτίου (polysilicon)
- ράβδων (μόνο και πολύ) κρυσταλλικού πυριτίου (solar ingot)
- φωτοβολταϊκών στοιχείων (solar wafers)
- φωτοβολταϊκών κυψελών (solar cells) και
- φωτοβολταϊκών πλαισίων (solar panels - modules) ή αλλιώς (πάνελ - τζαμιών - καθρεπτών κλπ).

Οι προβλέψεις για το άμεσο μέλλον όσον αφορά την αγορά των φωτοβολταϊκών είναι ιδιαίτερα ευοίωνες, τόσο για την καθολική εξάπλωση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας παγκοσμίως, όσο και για την καθοδική πορεία στις τιμές των φωτοβολταϊκών πλαισίων. (HelioSystems AE)

#### 3.2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Για να γίνει πιο συγκεκριμένος αλλά και πιο κατανοητός, ο σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας θα πρέπει να γίνει και μια εκτενής αναφορά για τον τρόπο λειτουργίας των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Με αυτόν τον τρόπο θα γίνει ευκολότερα αντιληπτή η λογική που ακολουθείται για την όποια χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών πάρκων αλλά θα γίνει και πιο κατανοητή η λογική της νομοθεσίας για την εγκατάστασή τους. (HelioSystems AE)

### 3.2.1. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Η λειτουργία των Φ/Β συστημάτων στηρίζεται εξ' ολοκλήρου στην πραγματοποίηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και η λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος στηρίζεται στις βασικές ιδιότητες των ημιαγωγών υλικών σε ατομικό επίπεδο. Ας πάρουμε όμως τα πράγματα από την αρχή. Όταν το φως προσπίπτει σε μια επιφάνεια είτε ανακλάται, είτε την διαπερνά (διαπερατότητα) είτε απορροφάται από το υλικό της επιφάνειας. Η απορρόφηση του φωτός ουσιαστικά σημαίνει την μετατροπή του σε μια άλλη μορφή ενέργειας (σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας) η οποία συνήθως είναι η θερμότητα. (HelioSystems AE)

Παρόλα αυτά όμως υπάρχουν κάποια υλικά τα οποία έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την ενέργεια των προσπιπτόντων φωτονίων (πακέτα ενέργειας) σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτά τα υλικά είναι οι ημιαγωγοί και σε αυτά οφείλεται επίσης η τεράστια τεχνολογική πρόοδος που έχει συντελεστεί στον τομέα της ηλεκτρονικής και συνεπακόλουθα στον ευρύτερο χώρο της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών. Γενικότερα τα υλικά στην φύση σε σχέση με τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους εμπίπτουν σε τρεις κατηγορίες, τους αγωγούς του ηλεκτρισμού, τους μονωτές και τους ημιαγωγούς. Ένας ημιαγωγός έχει την ιδιότητα να μπορεί να ελεγχθεί η ηλεκτρική του αγωγιμότητα είτε μόνιμα είτε δυναμικά. (HelioSystems AE)

#### 3.2.1.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ

Το χαρακτηριστικό στοιχείο ενός ημιαγωγού που το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα υλικά είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων ενός ατόμου που βρίσκεται στην εξωτερική του στοιβάδα (σθένους). Ο περισσότερο γνωστός ημιαγωγός είναι το πυρίτιο (Si) για αυτό και θα επικεντρωθούμε σε αυτό. Το πυρίτιο έχει ατομικό αριθμό 14 και έχει στην εξωτερική του στοιβάδα 4 ηλεκτρόνια. Όλα τα άτομα που έχουν λιγότερα ή περισσότερα ηλεκτρόνια στην εξωτερική στοιβάδα (είναι "γενικά" συμπληρωμένη με 8 e) ψάχνουν άλλα άτομα με τα οποία μπορούν να ανταλλάξουν ηλεκτρόνια ή να μοιραστούν κάποια με σκοπό τελικά να αποκτήσουν συμπληρωμένη εξωτερική στοιβάδα σθένους. Σε αυτήν την τάση οφείλεται και η κρυσταλλική δομή του πυριτίου αφού όταν συνυπάρχουν πολλά άτομα μαζί διατάσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε να συνεισφέρουν ηλεκτρόνια με όλα τα γειτονικά τους άτομα και τελικά με αυτόν τον

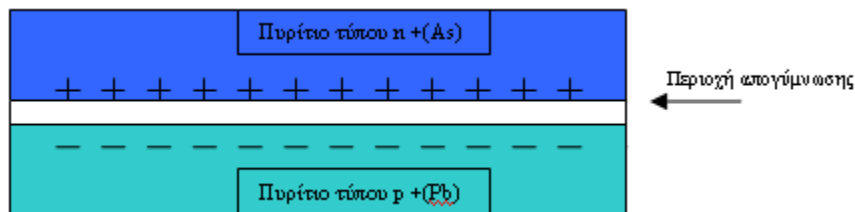
τρόπο να αποκτούν μια συμπληρωμένη εξωτερική στοιβάδα και κρυσταλλική δομή. Αυτή είναι και η καθοριστική ιδιότητα που έχουν τα κρυσταλλικά υλικά. Στην κρυσταλλική του μορφή όμως το πυρίτιο είναι σταθερό. Δεν έχει ανάγκη ούτε να προσθέσει ούτε να διώξει ηλεκτρόνια κάτι που ουσιαστικά του δίνει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά πολύ κοντά σε αυτά ενός μονωτή αφού δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια για την δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος στο εσωτερικό του. (HelioSystems AE)

#### 3.2.1.2. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΩΝ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ

Τις ημιαγωγές ιδιότητες του το πυρίτιο τις αποκτά με τεχνικό τρόπο. Αυτό πρακτικά γίνεται με την πρόσμειξη με άλλα στοιχεία τα οποία είτε έχουν ένα ηλεκτρόνιο περισσότερο είτε ένα λιγότερο στην στοιβάδα σθένους των. Αυτή η πρόσμειξη τελικά κάνει τον κρύσταλλο δεκτικό είτε σε θετικά φορτία (υλικό τύπου p) είτε σε αρνητικά φορτία (υλικό τύπου n). Για να φτιαχτεί λοιπόν ένας ημιαγωγός τύπου n ή αλλιώς ένας αρνητικά φορτισμένος κρύσταλλος πυριτίου θα πρέπει να γίνει πρόσμειξη ενός υλικού με 5e στην εξωτερική του στοιβάδα όπως για παράδειγμα το Αρσενικό (As). Αντίστοιχα για να δημιουργήσουμε έναν ημιαγωγό τύπου p η αλλιώς θετικά φορτισμένος κρύσταλλος πυριτίου χρειάζεται να γίνει πρόσμειξη στον κρύσταλλο κάποιου υλικού όπως το βόριο (B) που έχει 3e στην εξωτερική του στοιβάδα. (HelioSystems AE)

#### 3.2.1.3. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΕΠΑΦΗΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Εάν φέρουμε σε επαφή δύο κομμάτια πυριτίου τύπου n και τύπου p το ένα απέναντι από το άλλο δημιουργείται μια δίοδος η αλλιώς ένα ηλεκτρικό πεδίο στην επαφή των δύο υλικών το οποίο επιτρέπει την κίνηση ηλεκτρονίων προς μια κατεύθυνση μόνο. Τα επιπλέον ηλεκτρόνια της επαφής n έλκονται από τις «οπές» τις επαφής p. Αυτό το ζευγάρι των δύο υλικών είναι το δομικό στοιχείο του φωτοβολταϊκού κελιού και η βάση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας. (HelioSystems AE)

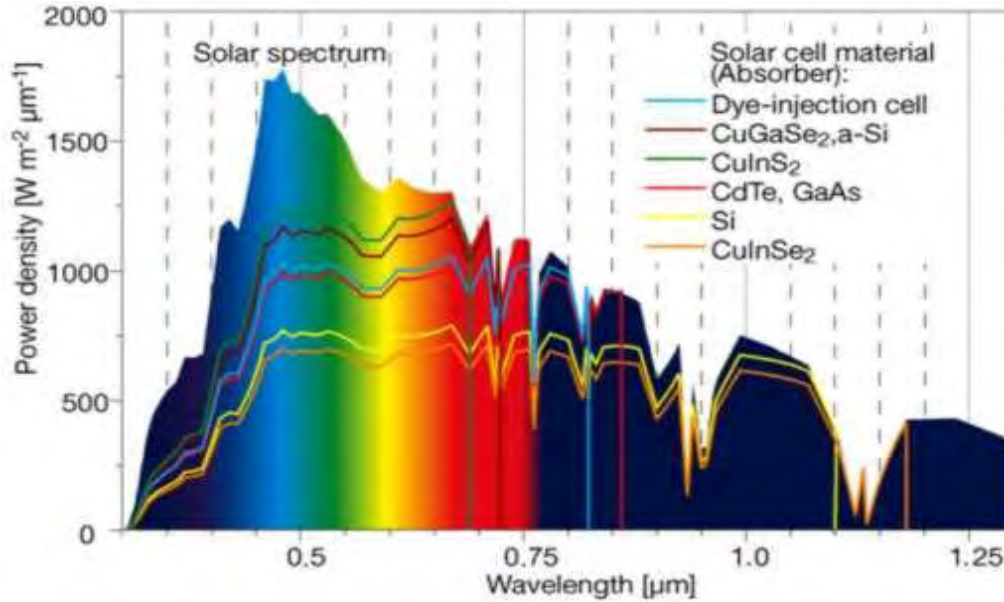


#### 3.2.1.4. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η ηλιακή ακτινοβολία έρχεται με την μορφή πακέτων ενέργειας ή φωτονίων. Τα φωτόνια όταν προσπίπτουν σε μια διάταξη φ/β κελιού περνούν αδιατάραχτα την επαφή τύπου n και χτυπούν τα άτομα της περιοχής τύπου p. Τα ηλεκτρόνια της περιοχής τύπου p αρχίζουν και κινούνται μεταξύ των οπών ώσπου τελικά φτάνουν στην περιοχή της διόδου όπου και έλκονται πλέον από το θετικό πεδίο της εκεί περιοχής. Αφού ξεπεράσουν το ενεργειακό χάσμα αυτής της περιοχής μετά είναι αδύνατον να επιστρέψουν. Στο κομμάτι της επαφής n πλέον έχουμε μια περίσσεια ηλεκτρονίων που μπορούμε να εκμεταλλευτούμε. Αυτή η περίσσεια των ηλεκτρονίων μπορεί να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα εάν τοποθετήσουμε μια διάταξη όπως ένας μεταλλικός αγωγός στο πάνω μέρος της επαφής n και στο κάτω της επαφής p και ένα φορτίο ενδιάμεσα με τέτοιο τρόπο ώστε να κλείσει ένας αγωγίμος δρόμος για το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται. Αυτή είναι απλοποιημένα η γενική αρχή λειτουργίας του φωτοβολταϊκού φαινομένου. (HelioSystems AE)

#### 3.2.1.5. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Ο λόγος που δεν μπορούμε να εκμεταλλευτούμε όλη την προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια είναι ότι το κάθε ημιαγωγό υλικό αντιδρά σε διαφορετικά μήκη κύματος της ακτινοβολίας. Κάποια υλικά αντιδρούν σε ευρύτερα φάσματα ακτινοβολίας από κάποια άλλα.



Εικόνα 5: Αντίδραση των υλικών σε ευρύτερα φάσματα ακτινοβολίας

Έτσι ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιούμε μπορούμε να εκμεταλλευτούμε μόνο εκείνο το φάσμα της ακτινοβολίας που αντιδρά με το συγκεκριμένο υλικό. (HelioSystems AE)



Εικόνα 6: Ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος

Περιοχή του φάσματος	Περιοχή συχνοτήτων	Ενέργεια φωτονίων
<b>Ραδιοκύματα</b>	0-300 MHz	0-10-5 eV
<b>Μικροκύματα</b>	300 MHz - 300GHz	10-5 - 10-3 eV
<b>υπέρυθρη ακτινοβολία</b>	300GHz - 400THz	10-3 - 1,6eV
<b>ορατή ακτινοβολία</b>	400-800THz	1,6 - 3,2 eV
<b>υπεριώδης ακτινοβολία</b>	800THz - 3 · 10 17Hz	3eV - 2000eV
<b>ακτίνες Χ</b>	3 · 10 17Hz - 5 · 10 19 Hz	1200 eV - 2,4 · 10 5 eV
<b>ακτίνες γ</b>	5 · 10 19Hz - 3 · 10 22Hz	10 5eV - 10 7eV
<b>Κοσμικές ακτίνες</b>	3 · 10 22Hz -	10 7eV -

Πίνακας 1: Ενεργειακή επεξήγηση του φάσματος

Το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται σε σχέση με την προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια συμβολίζει τον συντελεστή απόδοσης του υλικού. Οι δύο βασικοί παράγοντες για την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού υλικού είναι το ενεργειακό χάσμα του υλικού και ο συντελεστής μετατροπής.

### 3.2.2. ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Στην ενότητα αυτή θα γίνει μία αναφορά στο υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών αλλά και στον τρόπο δράσης των υλικών αυτών, έτσι ώστε να μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική.

#### 3.2.2.1. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΥΡΙΤΙΟΥ (SI)

Το υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων στην βιομηχανία είναι το πυρίτιο. Είναι ίσως και το μοναδικό υλικό που παράγεται με τόσο μαζικό τρόπο. Το πυρίτιο σήμερα αποτελεί την πρώτη ύλη για το 90% της αγοράς των φωτοβολταϊκών. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του πυριτίου είναι:

- Μπορεί να βρεθεί πάρα πολύ εύκολα στην φύση. Είναι το δεύτερο σε αφθονία υλικό που υπάρχει στον πλανήτη μετά το οξυγόνο. Το διοξείδιο του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ) (ή κοινώς η άμμος) και ο χαλαζίτης αποτελούν το 28% του φλοιού της γης. Είναι ιδιαίτερα φιλικό προς το περιβάλλον.
- Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί. Επίσης είναι σχετικά εύκολο να μετατραπεί στην μονοκρυσταλλική του μορφή.
- Οι ηλεκτρικές του ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν μέχρι και στους 1250C κάτι που επιτρέπει την χρήση του πυριτίου σε ιδιαίτερα δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτός είναι και ο λόγος που τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου ανταπεξέρχονται σε ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών.
- Πολύ σημαντικό στοιχείο, που συνέβαλε στην γρήγορη ανάπτυξη τα φωτοβολταϊκά στοιχεία τα τελευταία χρόνια, ήταν η ήδη αναπτυγμένη τεχνολογία, στην βιομηχανία της επεξεργασίας του πυριτίου, στον τομέα της ηλεκτρονικής (υπολογιστές, τηλεοράσεις κλπ). Το 2007 μάλιστα ήταν η πρώτη χρονιά που υπήρχε μεγαλύτερη ζήτηση (σε τόνους κρυσταλλικού πυριτίου) στην αγορά των φωτοβολταϊκών στοιχείων σε σχέση με αυτήν των ημιαγωγών της ηλεκτρονικής.

- Μια κατηγοριοποίηση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία θα μπορούσε να γίνει με βάση το πάχος του υλικού που χρησιμοποιείται. (HelioSystems AE)

#### 3.2.2.2. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΟΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ

Το πάχος τους είναι γύρω στα 0,3 χιλιοστά. Η απόδοσή τους στην βιομηχανία κυμαίνεται από 15 - 18% για το πλαίσιο. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερες αποδόσεις έως και 24,7%. Το μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό στοιχείο χαρακτηρίζεται από το πλεονέκτημα της καλύτερης σχέσης απόδοσης/επιφάνειας ή "ενεργειακής πυκνότητας". Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι το υψηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά. Βασικές τεχνολογίες παραγωγής μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών είναι η μέθοδος CZ (Czochralski) και η μέθοδος FZ (float zone). Αμφότερες βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου. Το μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό με την υψηλότερη απόδοση στο εμπόριο σήμερα, είναι της SunPower με απόδοση πλαισίου 18,5%. Είναι μάλιστα το μοναδικό που έχει τις μεταλλικές επαφές στο πίσω μέρος του πάνελ αποκομίζοντας έτσι μεγαλύτερη επιφάνεια αλληλεπίδρασης με την ηλιακή ακτινοβολία. (HelioSystems AE)



Εικόνα 7: Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο

#### 3.2.2.3. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΚΕΛΙΑ ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ

Το πάχος τους είναι επίσης περίπου 0,3 χιλιοστά. Η μέθοδος παραγωγής τους είναι φθηνότερη από αυτήν των μονοκρυσταλλικών γι' αυτό και η τιμή τους είναι συνήθως λίγο χαμηλότερη. Οπτικά μπορεί κανείς να παρατηρήσει τις επιμέρους μονοκρυσταλλικές περιοχές.



Όσο μεγαλύτερες είναι σε έκταση οι μονοκρυσταλλικές περιοχές τόσο μεγαλύτερη είναι και η απόδοση για τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά κελιά. (HelioSystems AE)

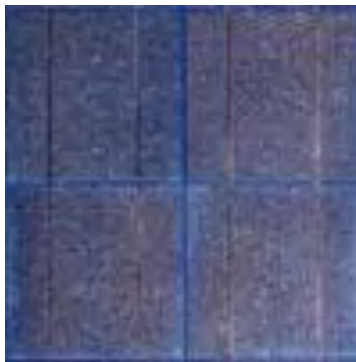
Σε εργαστηριακές εφαρμογές έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 20% ενώ στο εμπόριο τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία διατίθενται με αποδόσεις από 13 έως και 15% για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (πάνελ). Βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι: η μέθοδος απ' ευθείας στερεοποίησης DS (directional solidification), η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου ("χύτευση"), και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC.



Εικόνα 8: Κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου

#### 3.2.2.4. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΑΙΝΙΑΣ ΠΥΡΙΤΙΟΥ

Πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων. Αναπτύσσεται από την Evergreen Solar. Προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις "παραδοσιακές τεχνικές" κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών κυψελών πυριτίου. Η απόδοση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία του έχει φτάσει πλέον γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3 χιλιοστά. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις της τάξης του 18%. (HelioSystems AE)



Εικόνα 9: Στοιχεία ταινίας πυριτίου

#### 3.2.2.5. ΔΙΣΕΛΗΝΟΪΝΔΙΟΥΧΟΣ ΧΑΛΚΟΣ

Ο Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αλλά παρόλα αυτά η απόδοση του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο 11% (πλαίσιο). Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως. Με την πρόσμιξη γάλλιου η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο CIGS. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίνδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση. Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι αρκετά χαμηλότερο. (HelioSystems AE)

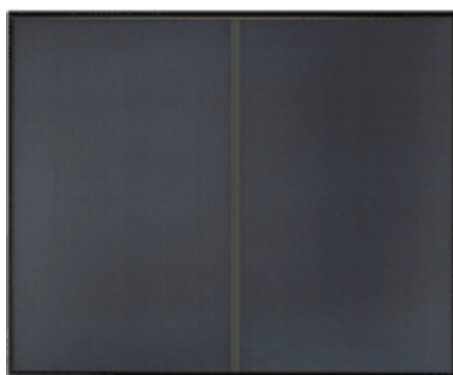


Εικόνα 10: Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός

## 3.2.2.6. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΜΟΡΦΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αυτά, έχουν αισθητά χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Έτσι και λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται η τιμή τους είναι γενικότερα αρκετά χαμηλότερη. Ο χαρακτηρισμός άμορφο φωτοβολταϊκό προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου. Οι αποδόσεις που επιτυγχάνονται με χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκα thin films πυριτίου κυμαίνονται για το πλαίσιο από 6 έως 8% ενώ στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις ακόμα και 14%. (HelioSystems AE)

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα για το φωτοβολταϊκό στοιχείο a-Si είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζεται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, πλεονεκτεί στην αξιοποίηση της απόδοσης του σε σχέση με τα κρυσταλλικά Φ/Β, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά). Το μειονέκτημα των άμορφων πλαισίων είναι η χαμηλή τους ενεργειακή πυκνότητα κάτι που σημαίνει ότι για να παράγουμε την ίδια ενέργεια χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία. Επίσης υπάρχουν αμφιβολίες όσων αφορά την διάρκεια ζωής των άμορφων πλαισίων μιας και δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά καινούρια. Παρόλα αυτά οι κατασκευαστές πλέον δίνουν εγγυήσεις απόδοσης 20 ετών. Το πάχος του πυριτίου είναι περίπου 0,0001 χιλιοστά ενώ το υπόστρωμα μπορεί να είναι από 1 έως 3 χιλιοστά. (HelioSystems AE)



Εικόνα 11: Άμορφο πυρίτιο

### 3.2.2.7. ΤΕΛΟΥΡΙΟΥΧΟ ΚΑΔΜΙΟ

Το Τελουριούχο Κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1eV το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-8%. Στο εργαστήριο η απόδοση στα Φωτοβολταϊκά στοιχεία έχει φθάσει το 16%.

Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά. Σημαντικότερος κατασκευαστής για φωτοβολταϊκά στοιχεία CdTe είναι η First Solar. Τροχοπέδη για την χρήση του αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του. Ήδη η Greenpeace έχει εναντιωθεί στην χρήση του. Επίσης προβληματίζει ή έλλειψη του Τελλουρίου. Σημαντικότερη χρήση του είναι ή ενθυλάκωση του στο γυαλί ως δομικό υλικό (BIPV Building Integrated Photovoltaic). (HelioSystems AE)



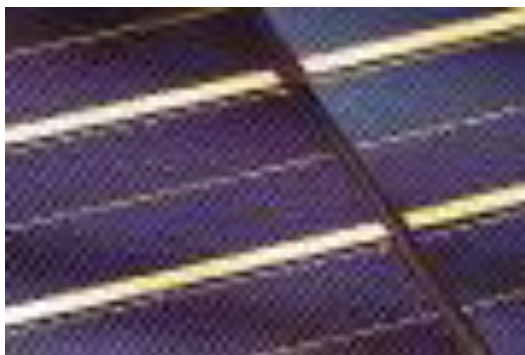
Εικόνα 12: Τελουριούχο κάδμιο

### 3.2.2.8. ΑΡΣΕΝΙΚΟΥΧΟ ΓΑΛΛΙΟ

Το Γάλλιο είναι ένα παραπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από τον χρυσό. Το Αρσενικό δεν είναι σπάνιο

άλλα έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες. Το αρσενικούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο  $1,43\text{eV}$  που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η απόδοση του στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Επίσης τα Φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση τους σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators). Τα Φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσης του ενδείκνυται για διαστημικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού GaAs υποστρώματος. (HelioSystems AE)



Εικόνα 13: Αρσενικούχο Γάλλιο

### 3.2.2.9. ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ένα υβριδικό φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από στρώσεις υλικών διαφόρων τεχνολογιών (HIT - Heterojunction with Intrinsic Thin-layer). Τα πιο γνωστά εμπορικά υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου (πάνω και κάτω) ενώ ενδιάμεσα υπάρχει μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

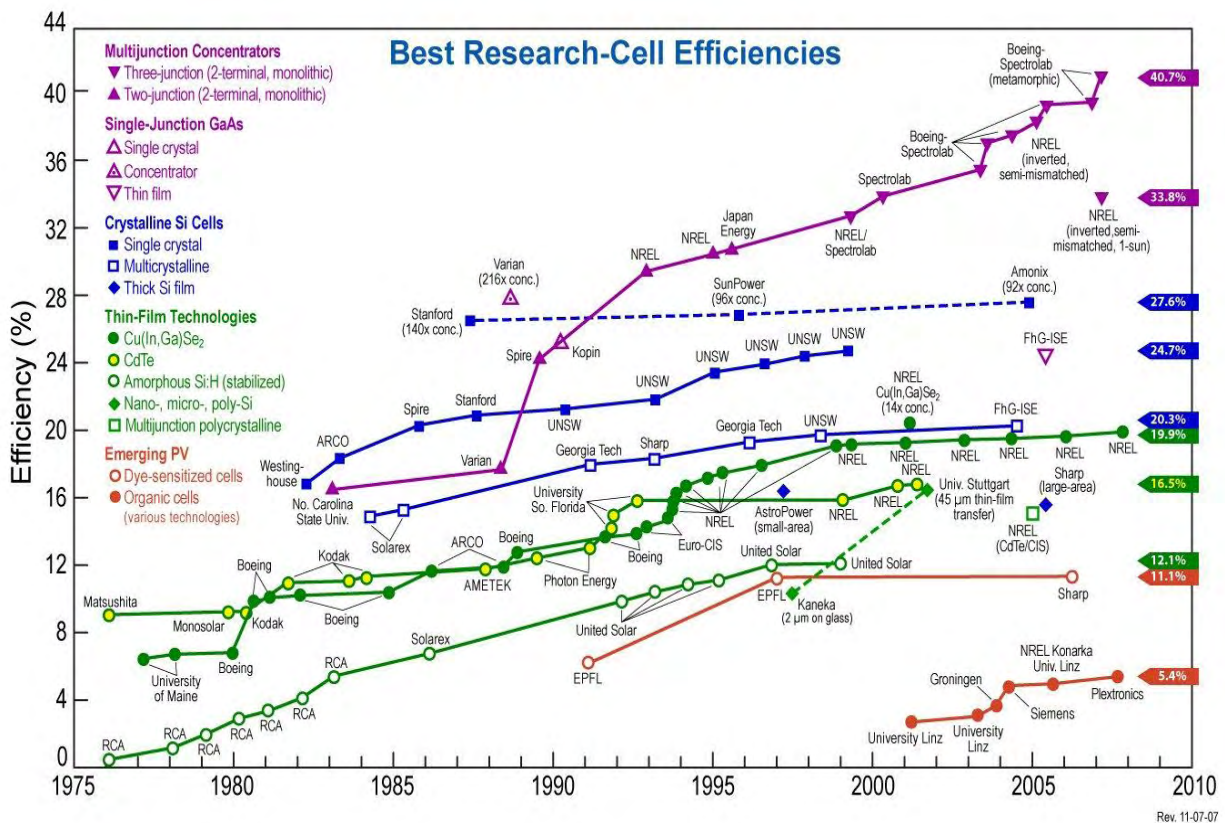
Κατασκευάζεται από την Sanyo Solar. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης του πλαισίου που φτάνει σε εμπορικές εφαρμογές στο 17,2% και το οποίο σημαίνει ότι χρειαζόμαστε μικρότερη επιφάνεια για να έχουμε την ίδια εγκατεστημένη ισχύ. Τα αντίστοιχα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν απόδοση 19,7%. Άλλα πλεονεκτήματα για τα υβριδικά Φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι η υψηλή τους απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και η μεγάλη τους απόδοση στην διαχεόμενη ακτινοβολία. Φυσικά, αφού

προσφέρει τόσα πολλά, το υβριδικό φωτοβολταϊκό είναι και κάπως ακριβότερο σε σχέση με τα συμβατικά φωτοβολταϊκά πλαίσια. (HelioSystems ΑΕ)

3.2.2.10. ΆΛΛΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και διάφορα εργαστήρια στον κόσμο παρουσιάζουν νέες πατέντες. Κάποιες από τις τεχνολογίες στα φωτοβολταϊκα στοιχεία που φαίνεται να ξεχωρίζουν και μελλοντικά πιθανώς να γίνει ευρεία η χρήση τους είναι:

- Νανοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου (nc-Si)
- Οργανικά/Πολυμερή στοιχεία (HelioSystems ΑΕ)



Εικόνα 14: Εξέλιξη της απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων

### 3.3. ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα Φωτοβολταϊκά συστήματα διαχωρίζονται ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται, την έκταση που καταλαμβάνουν αλλά και το μέγεθος ηλεκτρικής ενέργειας, που μπορούν να παράγουν. Έτσι προκύπτουν τα ακόλουθα φωτοβολταϊκά συστήματα:

- Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα (σπίτια, τροχόσπιτα, κλπ)
- Φωτοβολταϊκά Πάρκα - Διασυνδεδεμένα Συστήματα

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία μελετάει την χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών πάρκων, τα οποία καταλαμβάνουν πολύ μεγαλύτερη έκταση από τα αυτόνομα συστήματα και εμπίπτουν σε ένα πιο περιορισμένο θεσμικό πλαίσιο αδειοδότησης.

#### *3.3.1. ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ*

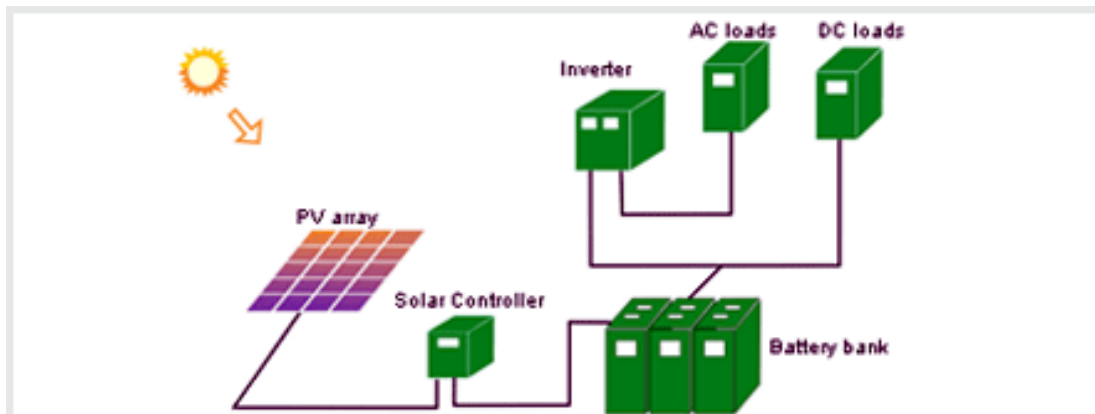
Σε ένα απομακρυσμένο από το δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο σύστημα οι ενεργειακές ανάγκες μιας εγκατάστασης μπορούν να τροφοδοτούνται από ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα. Παρόλα αυτά θα μπορούσαμε να διακρίνουμε και μια ακόμη κατηγορία τα υβριδικά συστήματα στα οποία συνεισφέρουν ενέργεια, τα φωτοβολταϊκά και άλλες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας όπως η αιολική ή κάποια γεννήτρια πετρελαίου. (HelioSystems AE)

Ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποκλειστικά από φωτοβολταϊκές γεννήτριες. Παραπέρα τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε αυτά που έχουν κάποια αποθηκευτική διάταξη ενέργειας (συνήθως μπαταρίες) και σε αυτά που είναι άμεσα συνδεδεμένα μόνο με τα φορτία που τροφοδοτούν χωρίς αποθηκευτική διάταξη (παράδειγμα: εξοχικό σπίτι με μια μικρή dc αντλία νερού συνδεδεμένη απ' ευθείας με ένα φωτοβολταϊκό πάνελ). Τα βασικά μέρη ενός αυτόνομου συστήματος είναι:

- τα φωτοβολταϊκά πάνελ
- οι συσσωρευτές
- ο ρυθμιστής φόρτισης
- ο αντιστροφέας dc/ac (για τις καταναλώσεις των 230Volt)
- ασφάλειες

- διακόπτες dc
- όργανα μέτρησης χωρητικότητας συσσωρευτών

Το κύκλωμα dc συνήθως έχει τάση λειτουργίας 12,24 ή 48 volt.



Εικόνα 15: Σύνδεση ενός αυτόνομου Φωτοβολταϊκού κυκλώματος

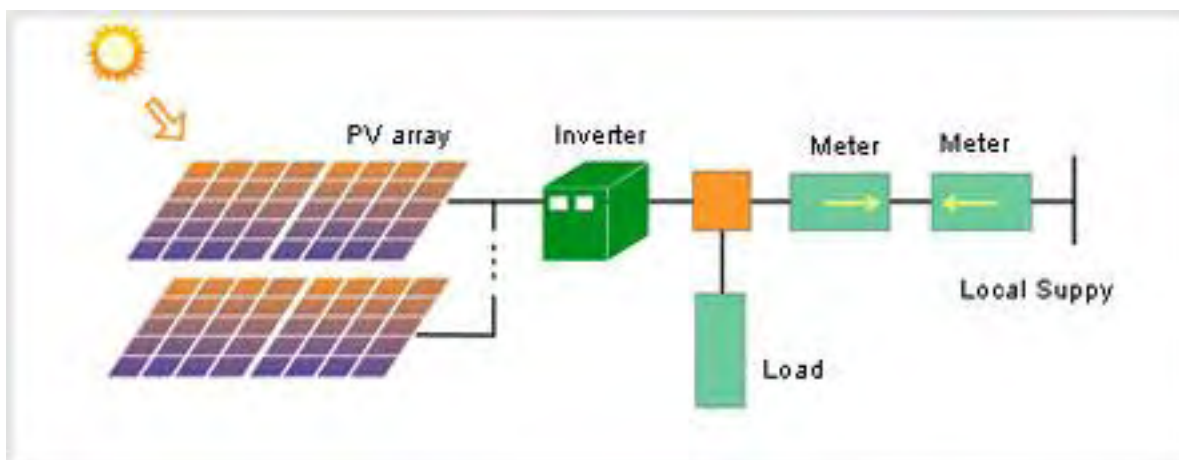
Στην κατηγορία των αυτόνομων Φ/Β συστημάτων υπάρχουν και τα υβριδικά Φ/Β συστήματα. Συνήθως τέτοια συστήματα επιβάλλονται λόγω κόστους. Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να τροφοδοτήσουν οποιαδήποτε εγκατάσταση (όπως ένα εξοχικό σπίτι) αλλά το κόστος μπορεί να είναι μεγάλο. Για τον λόγο αυτό τα φωτοβολταϊκά μπορούν να συνδυαστούν και με άλλες πηγές ενέργειας. Για παράδειγμα υπάρχουν περιοχές με καλό αιολικό δυναμικό και μάλιστα συνήθως όταν υπάρχει συννεφιά ο αέρας είναι ισχυρότερος. Έτσι μπορεί μια ανεμογεννήτρια και μια φωτοβολταϊκή συστοιχία να αλληλοσυμπληρώνονται σε μια εγκατάσταση. Σε αυτήν την περίπτωση οι δύο πηγές ενέργειας τροφοδοτούν τις συστοιχίες των συσσωρευτών μέσω ρυθμιστών φόρτισης και από εκεί η ενέργεια διοχετεύεται στις καταναλώσεις της εγκατάστασης.

Γενικότερα οι τεχνολογίες που μπορεί να συμμετέχουν σε μια υβριδική εγκατάσταση είναι συνήθως οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες, οι ανεμογεννήτριες, και οι πετρελαιοκινητήρες Η/Ζ. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι ενεργειακές πηγές μπαίνουν παράλληλα στο τοπικό δίκτυο με σκοπό την αδιάκοπη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Η επιλογή ενός τέτοιου συστήματος προέρχεται από έναν συγκερασμό μετεωρολογικών και οικονομοτεχνικών δεδομένων. (HelioSystems AE)



## 3.3.2. ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΡΚΑ

Τα διασυνδεδεμένα συστήματα ή φωτοβολταϊκά πάρκα έχουν ως βασικό χαρακτηριστικό το γεγονός ότι υπάρχει φυσική ένωση με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (για την Ελλάδα με την ΔΕΗ (ΔΕΣΜΗΕ)). Η σχέση μιας εγκατεστημένης μονάδας με το δημόσιο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας είναι αμφίδρομη. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να απορροφά ενέργεια αλλά και να διαχέει ενέργεια προς το δίκτυο. (HelioSystems AE)



Εικόνα 16: Σύνδεση ενός διασυνδεδεμένου Φωτοβολταϊκού κυκλώματος

Πιο συγκεκριμένα πιθανότερη περίπτωση που μπορεί να συναντήσουμε ένα διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι πρόκειται να πωληθεί η ηλεκτρική ενέργεια στο ηλεκτρικό δίκτυο. Όταν μια εγκατάσταση έχει ως αποκλειστικό στόχο την έγχυση ενέργειας προς το δίκτυο. Σε αυτές τις περιπτώσεις στόχος είναι η μέγιστη ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η πώληση της σε κάποιον προμηθευτή (καταναλωτή). Τέτοιου είδους μονάδες ονομάζονται και Φ/Β σταθμοί, Φωτοβολταϊκά πάρκα κλπ. Η ισχύς σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να είναι από μερικά KW έως και αρκετά MW. Στην Ελλάδα η συνηθέστερη επένδυση σε αυτά τα επίπεδα είναι αυτή των 100KW (γιατί συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της υψηλής επιδότησης της KWh και της ευκολότερης αδειοδότησης του Φ/Β σταθμού). (HelioSystems AE)

Τελευταία με την ΡΑΕ να μην δέχεται άλλες αιτήσεις πολλοί επενδυτές έχουν στραφεί και σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς 20KW όπου η διαδικασία αδειοδότησης είναι πολύ απλή και μπορεί μάλιστα να ολοκληρωθεί άμεσα και γρήγορα.

Τα διασυνδεδεμένα Φωτοβολταϊκά συστήματα κατηγοριοποιούνται με κριτήριο τα συστήματα στήριξής τους. Οι τρόποι στήριξής τους, λοιπόν, είναι οι παρακάτω:

- Στήριξη με σταθερό σύστημα στο έδαφος.
- Στήριξη με σταθερό σύστημα σε επικλινή στέγη.
- Στήριξη με σταθερό σύστημα σε επίπεδη οροφή κτιρίου.
- Στήριξη με σύστημα ηλιοστατών (solar tracker) στο έδαφος (πολύ σπάνια σε οροφές αν επαρκούν τα κριτήρια στατικότητας)

Τα σταθερά συστήματα πλεονεκτούν σε σχέση με τα tracker στην απλότητα της κατασκευής, στο κόστος εγκατάστασης, στην ταχύτητα εγκατάστασης, στο κόστος συντήρησης, στην μεγαλύτερη ανεξάρτηση του επενδυτή από τον κατασκευαστή και σε θέματα αξιοπιστίας (reliability, availability). (HelioSystems AE)

Επειδή, όμως, στα φωτοβολταϊκά πάρκα πολλές φορές συνηθίζεται η χρήση συστημάτων παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται ηλιοστάτες ή trackers. Το πλεονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι ότι η άμεση ακτινοβολία (direct irradiation) προσπίπτει στα πάνελ κάθετα με αποτέλεσμα την αυξημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχουν 3 βασικά είδη τέτοιων συστημάτων τα οποία είναι τα έξης:

- Παρακολούθηση της τροχιάς στον κάθετο άξονα (vertical one axis tracker)-> (Μικρή αύξηση απόδοσης)
- Παρακολούθηση της τροχιάς στον οριζόντιο άξονα (horizontal one axis tracker) -> (Μεσαία αύξηση απόδοσης)
- Παρακολούθηση της τροχιάς και στους δύο άξονες (dual axis tracker) -> (Μέγιστη αύξηση απόδοσης)

Επίσης ανάλογα με την μέθοδο που δίνει κίνηση στους άξονες του συστήματος διακρίνονται σε:

- Υδραυλικά συστήματα κίνησης
- Ηλεκτρικά συστήματα κίνησης

Τα Φ/Β συστήματα με στήριξη σε σύστημα ηλιοστατών πλεονεκτούν συνολικά στην απόδοση της επένδυσης του φωτοβολταϊκού συστήματος και αποδίδουν μεγαλύτερα οικονομικά οφέλη (όταν όμως ισχύουν και αρκετοί άλλοι παράμετροι). Υπάρχει ένα αυξημένο κόστος γενικότερα στην κατασκευή και την εγκατάσταση αλλά οι ηλιοστάτες μπορούν να αυξήσουν

αρκετά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Φυσικά αυτό και μόνο το γεγονός αποτελεί βασικό κριτήριο για πολλούς επενδυτές που επιθυμούν το μέγιστο όφελος από την επένδυση τους. Η αύξηση αυτή μπορεί ξεκινάει από 10% (για συστήματα μονού άξονα) να φτάσει ακόμα και το 40% (αλλά για κάποιες μόνο εποχές του χρόνου). Ο υπολογισμός της μέσης ετήσιας αύξησης στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ενός συστήματος είναι το κρίσιμο μέγεθος που θα πρέπει να υπολογιστεί κανείς για να βγάλει χρήσιμα συμπεράσματα. (HelioSystems AE)

Η χρήση των tracker πάντως συστήνεται μόνο σε περιοχές που έχουν υψηλό ποσοστό άμεσης ακτινοβολίας (όπως στην Ελλάδα). Για αυτόν ακριβώς τον λόγο μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι στην Ισπανία και την Γερμανία (οι 2 περισσότερο ώριμες αγορές του κόσμου) όπου έχουν τοποθετηθεί πολλά φωτοβολταϊκά πάρκα χρησιμοποιούνται διαφορετικές πρακτικές όσον αφορά τα συστήματα στήριξης. Στην μεν συννεφιασμένη Γερμανία τα συντριπτικά περισσότερα εγκατεστημένα συστήματα είναι σταθερά, ενώ στην Ισπανία τα trackers έχουν κατακτήσει ένα πολύ σημαντικό μερίδιο της αγοράς. (HelioSystems AE)

Συμπερασματικά υπάρχουν αρκετοί παράμετροι που θα πρέπει κανείς να σταθμίσει για να προχωρήσει στην επιλογή ενός σταθερού συστήματος στήριξης σε σχέση με ένα σταθερό.

Στα μειονεκτήματα των κινητών συστημάτων (ηλιοστατών) μπορούν να αναφερθούν:

- Το αυξημένο κόστος της επένδυσης.
- Η ύπαρξη κινητών μερών η οποία και αυξάνει την πολυπλοκότητα του συστήματος.
- Η ανάγκη για αυτοκατανάλωση κάποιας ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας για την περιστροφή (κίνηση) των συστημάτων
- Το αυξημένο κόστος συντήρησης.
- Η μεγαλύτερη ανάγκη για απομακρυσμένο (τηλεπικοινωνιακά) έλεγχο του συστήματος μιας και η πιθανότητα αστοχίας είναι μεγαλύτερη.
- Μεγαλύτερος κίνδυνος καταστροφής σε περίπτωση ακραίων καιρικών φαινομένων.

Συμπερασματικά υπάρχουν αρκετοί παράμετροι που θα πρέπει κανείς να σταθμίσει για να προχωρήσει στην επιλογή αίνος σταθερού συστήματος στήριξης σε σχέση με ένα σταθερό. (HelioSystems AE)

### 3.4. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα Φωτοβολταϊκά Συστήματα (Φ/Σ) αποτελούν καθαρές, αλλά και ασφαλείς τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας, δεδομένου ότι εκμεταλλεύονται μια αενάως ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, ενώ η λειτουργία τους δε συνοδεύεται από σημαντική έκλυση αέριων, υγρών ή στερεών αποβλήτων συγκριτικά με τις συμβατικές πηγές. Σε γενικές γραμμές αποτελούν τεχνολογίες με αναστρέψιμες συνέπειες στο περιβάλλον, οι οποίες λόγω της μικρής ισχύος των συστημάτων αλλά και της μικρής επιφάνειας που καταλαμβάνουν, είτε θεωρούνται προσωρινές και αμελητέες, είτε δύνανται να εξαιρεθούν χρησιμοποιώντας τεχνικές απαλοιφής τους και κανόνες καλής πρακτικής. (Tsoutsos et al, 2002)

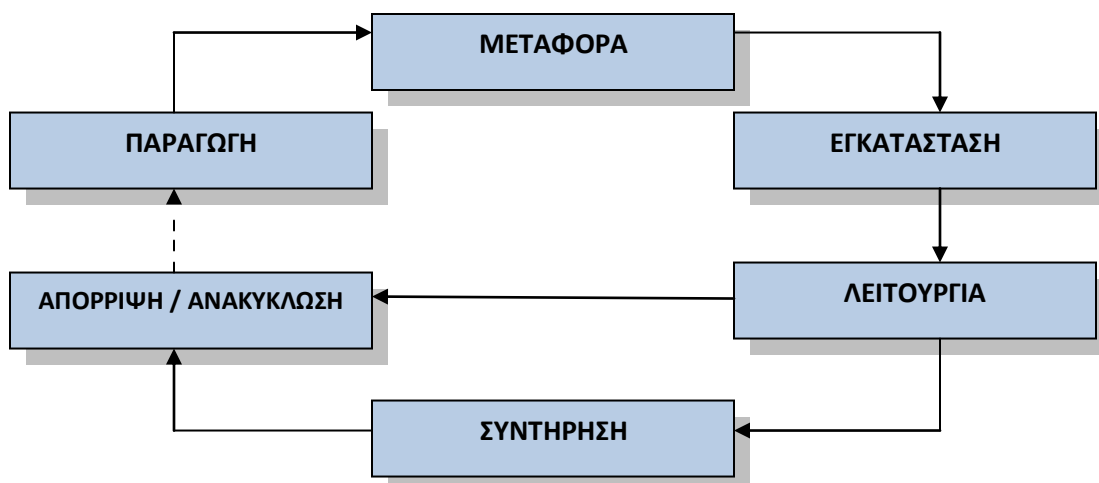
Παρόλα αυτά στην συγκεκριμένη ενότητα εντοπίζονται και αναλύονται ακόμα και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι οποίες είτε λόγω της μικρής τους διάρκειας θεωρούνται προσωρινές είτε συγκρίσει άλλων το μέγεθος επιρροής τους στο περιβάλλον θεωρείται μικρό άρα χαρακτηρίζονται ως αμελητέες. (Tsoutsos et al, 2002)

#### *3.4.1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΟΧΛΗΣΕΙΣ*

Οι ενδεχόμενες περιβαλλοντικές οχλήσεις από τα Φ/Σ σχετίζονται κυρίως με την αισθητική αλλά και με το θόρυβο κατά την εγκατάστασή τους. Ο βαθμός όχλησης αυξάνεται με το μέγεθος των συστημάτων. Οι επιπτώσεις αυτές προλαμβάνονται ή/και αντιμετωπίζονται επιτυχώς με ορθή χωροθέτηση, η οποία προϋποθέτει ορθή εκτίμηση των εναλλακτικών θέσεων εγκατάστασης και εκτίμηση των αναμενόμενων επιπτώσεων, την εκπόνηση Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΠΕ), τη χρήση των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών, την ανάλυση κόστους – οφέλους σε τοπικό/περιφερειακό / εθνικό επίπεδο, καθώς και τη συμμετοχή του κοινού και σχετικών κοινωνικών ομάδων / οργανώσεων κατά τη διάρκεια εκπόνησης πρώιμων σταδίων του σχεδιασμού, με στόχο την εξασφάλιση της κοινωνικής αποδοχής. (Tsoutsos et al, 2002)

## 3.4.2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ – ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Οι θετικές επιπτώσεις των Φ/Σ αναφέρονται στη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, τη βελτίωση της ποιότητας σε υδάτινους αποδέκτες, την αποκατάσταση καταστραμμένης ή εγκαταλειμμένης χερσαίας επιφάνειας, τη μείωση της ρύπανσης των αστικών περιοχών καθώς και μείωση του αριθμού των γραμμών μεταφοράς της ενέργειας (Tsoutsos et al, 2002 και Tsoutsos et al, 1997). Επιπλέον τα Φ/Σ συνεισφέρουν θετικά στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, στην ενίσχυση της τοπικής μικροοικονομίας και στην απεξάρτησή της από τα συμβατικά καύσιμα, στην ηλεκτροδότηση απομακρυσμένων περιοχών βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα ζωής των πολιτών. (Tsoutsos et al, 2002, Tsoutsos et al, 1997 και OECD IEA, 1998)



Σχήμα 2: Στάδια Ανάλυσης κύκλου ζωής και εκτίμησης για Φωτοβολταϊκά Ηλιακά Συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

## 3.4.3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΣΤΑΔΙΟ

## 3.4.3.1. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Το στάδιο της κατασκευής των Φωτοβολταϊκών πάρκων επηρεάζει αρκετά μέρη του φυσικού περιβάλλοντος όπως η ατμόσφαιρα, το φυσικό κεφάλαιο, το έδαφος και τους υδάτινους αποδέκτες, τον άνθρωπο, την χλωρίδα και την πανίδα, το τοπίο αλλά δημιουργεί επίσης και

θόρυβο. Ειδικότερα, θα αναλυθεί παρακάτω κάθε μέρος του φυσικού περιβάλλοντος που επηρεάζεται από το στάδιο της κατασκευής:

- Ατμόσφαιρα: Η παραγωγή των φωτοβολταϊκών (Φ/Β) στοιχείων είναι διεργασία με υψηλή ενεργειακή ένταση, που συνεπάγεται έκλυση ατμοσφαιρικών ρύπων. Η παραγωγή του κρυσταλλικού Si είναι η διεργασία με τη μεγαλύτερη ενεργειακή ένταση. Εκπομπές επίσης προκαλούνται από την παραγωγή των πλαισίων, των συστημάτων εξισορρόπησης, ενώ κάποιες εκπομπές που συνδέονται με τα πλαίσια και τις δομές στήριξης στην ανύψωση, ιδιαίτερα στα στοιχεία CdTe, δύναται να είναι σημαντικές. (Tsoutsos et al, 2002, Τσούτσος, 2001 και OECD IEA, 1998)
- Φυσικό κεφάλαιο: Τα στοιχεία Si είναι φτιαγμένα από πρώτες ύλες ευρέως διαθέσιμες (χαλαζία). Η παραγωγή σε μεγάλη κλίμακα στοιχείων από ίνδιο και τελλούριο θα μπορούσε να προκαλέσει εξάντληση των αποθεμάτων του διαθέσιμου φυσικού κεφαλαίου. (Tsoutsos et al, 1997)
- Έδαφος & υδάτινοι αποδέκτες: Για την παραγωγή των Φ/Β στοιχείων χρησιμοποιείται μεγάλος αριθμός υλικών, των οποίων η μη ασφαλής αποθήκευση ή η «ατυχηματική» διαρροή δύναται να προκαλέσει ρύπανση του εδάφους και των υπογείων υδάτων. (Tsoutsos et al, 1997 και OECD IEA, 1998)
- Άνθρωπος: Στην παραγωγική διαδικασία των Φ/Β στοιχείων απασχολείται εργατικό δυναμικό, ενώ για την εφαρμογή καινοτομιών τόσο κατά την παραγωγή όσο και κατά το σχεδιασμό απασχολείται ειδικευμένο προσωπικό. Επιπλέον χρησιμοποιείται μεγάλος αριθμός υλικών αυξημένης επικινδυνότητας και τοξικής δράσης (π.χ. διαλύτες). Η έκθεση στα υλικά αυτά θα μπορούσε να είναι επικίνδυνη για τη δημόσια και επαγγελματική υγεία. (Τσούτσος, 2001 και OECD IEA, 1998)
- Θόρυβος: Στις εγκαταστάσεις κατασκευής των πλαισίων ή των βάσεων προκαλείται θόρυβος.
- Χλωρίδα - Πανίδα: Η επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με αέριους ρύπους επιφέρει δυσμενείς συνέπειες σε χλωρίδα και πανίδα, μέσω της τροφικής αλυσίδας και μέσω της έκθεσης τους.
- Τοπίο: Οι αλλαγές στο τοπίο ποικίλουν ανάλογα με το μέγεθος της δραστηριότητας και την τεχνολογία του ηλιακού συστήματος. (OECD IEA, 1998)

### 3.4.3.2. ΜΕΤΑΦΟΡΑ

Το στάδιο της μεταφοράς των Φωτοβολταϊκών συστημάτων επηρεάζει μόνο την ατμόσφαιρα αλλά δημιουργεί επίσης έστω και παροδικά υψηλά επίπεδα θορύβου. Ειδικότερα, θα αναλυθεί παρακάτω κάθε μέρος του φυσικού περιβάλλοντος που επηρεάζεται από το στάδιο της μεταφοράς:

- Θόρυβος: Κατά τη μεταφορά των Φ/Β στοιχείων στο χώρο εγκατάστασης, τα οχήματα αυξάνουν παροδικά τα επίπεδα θορύβου της περιοχής.
- Ατμόσφαιρα: Για τη μεταφορά των στοιχείων απαιτείται κατανάλωση ενέργειας, η οποία συνεπάγεται έκλυση αέριων εκπομπών, που είναι μικρές συγκριτικά με αυτές που εκλύονται κατά τη φάση παραγωγής των Φ/Β στοιχείων.

### 3.4.3.3. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Το στάδιο της εγκατάστασης των Φωτοβολταϊκών συστημάτων επηρεάζει το τοπίο, τον άνθρωπο αλλά δημιουργεί και αυτό επίσης έστω και παροδικά υψηλά επίπεδα θορύβου. Ειδικότερα, θα αναλυθεί παρακάτω κάθε μέρος του φυσικού περιβάλλοντος που επηρεάζεται από το στάδιο της εγκατάστασης:

- Θόρυβος: Κατά την εγκατάσταση παρατηρείται αύξηση του επιπέδου θορύβου της περιοχής εγκατάστασης.
- Τοπίο - Αισθητική - Οικοσυστήματα: Αν και η αλλαγή στο τοπίο χαρακτηρίζεται ως ήπια, οι παρεμβάσεις αυτές προκαλούν οπτική όχληση και διατάραξη, έστω προσωρινά της ισορροπίας του «μικρό - οικοσυστήματος». (Τσούτσος, 2001 και OECD IEA, 1998 και EC, 1996)
- Άνθρωπος: Τα Φ/Β στοιχεία δύναται να προκαλέσουν προσωρινή θάμβωση στους ανθρώπους που είτε εργάζονται κοντά σε αυτά είτε τα εγκαθιστούν. (Θεοδωράτος και Καρακασίδης, 1997)

## 3.4.3.4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Το στάδιο της λειτουργίας των Φωτοβολταϊκών συστημάτων επηρεάζει την αισθητική του τοπίου, τον άνθρωπο στον τομέα της υγείας, τα οικοσυστήματα αλλά δημιουργεί και αρκετά περιβαλλοντικά οφέλη. Ειδικότερα, θα αναλυθεί παρακάτω κάθε μέρος του φυσικού περιβάλλοντος που επηρεάζεται από το στάδιο της λειτουργίας:

- Τοπίο – Χλωρίδα - Οικοσυστήματα: Η σκίαση από τις διατάξεις συμβάλλει στη διατήρηση της υγρασίας σε θερμές και ξηρές περιοχές, με συνέπεια την αύξηση της εδαφικής υγρασίας και κατ' επέκταση την αύξηση της παραγωγικότητας της γης (Tsoutsos et al και 2002, Τσούτσος, 2001). Μεγάλα συστήματα θα μπορούσαν να είχαν σημαντικές επιπτώσεις ιδιαίτερα σε οικολογικά ευαίσθητες περιοχές.
- Αισθητική: Η οπτική όχληση εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από το σχήμα του Φ/Β στοιχείου και είναι ανάλογη με την επιφάνεια που καταλαμβάνεται, αλλά κυρίως από το τρόπο χωροθέτησής του. Για μικρά απομονωμένα συστήματα η επίπτωση είναι αμελητέα και ιδιαίτερα μικρή αναφορικά με τα συστήματα οροφής. Όταν δεν υπάρχει δίκτυο, η επιβάρυνση που δημιουργείται είναι σημαντικά μικρότερη από την υποδομή (πυλώνες, καλώδια, μετασχηματιστές κλπ) που απαιτείται για τη σύνδεση με το δίκτυο. (EC, 1996)
- Άνθρωπος: (α) Κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία: Για στοιχεία οροφής ή ενσωματωμένα στο κέλυφος των κτιρίων, τυχόν φωτά στο κτίριο οδηγεί σε απελευθέρωση στην ατμόσφαιρα ρυπαντών από τα στοιχεία (Cd, Te, Se, As) με κίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Ο κίνδυνος είναι πολύ μικρός για μικρές εγκαταστάσεις (<5 kWp). Για μεγαλύτερες (>100 kWp) απαιτούνται συνήθη μέτρα (π.χ. οι κάτοικοι σε απόσταση 1-2 km από την εγκατάσταση). (Τσούτσος, 2001 και OECD IEA, 1998)
- Άνθρωπος: (β) Κίνδυνοι για τη επαγγελματική υγεία: Κατά τη διάρκεια της κατασκευής και εγκατάστασης οι κίνδυνοι είναι τυπικοί, όπως για κάθε εγκατάσταση παραγωγής ενέργειας. Εν τούτοις, το συνεχές ρεύμα από τα Φ/Σ είναι περισσότερο επικίνδυνο από το ισοδύναμο εναλλασσόμενο και για το λόγο αυτό απαιτείται κάποια επιπλέον προστασία (Tsoutsos et al, 2002, Τσούτσος, 2001 και OECD IEA, 1998). Επιπλέον είναι δυνατόν τα στοιχεία να προκαλέσουν προσωρινή θάμβωση σε ανθρώπους από τις ανακλώμενες ακτίνες ηλίου. (Θεοδωράτος και Καρακασίδης, 1997)



- Περιβαλλοντικά οφέλη: Θετικές συνέπειες κατά το στάδιο της λειτουργίας είναι η παραγωγή ηλεκτρισμού ελλείπει ατμοσφαιρικών ρύπων, ηχορύπανσης και η ηλεκτροδότηση ακόμα και σε περιοχές απομακρυσμένες, συμβάλλοντας έτσι στην ανάπτυξή τους. (Τσούτσος, 2001 και OECD IEA, 1998 και EC, 1996)

#### 3.4.3.5. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Κατά το στάδιο της συντήρησης είναι δυνατόν να αυξηθεί το επίπεδο του θορύβου στην περιοχή, ενώ η χρήση χημικών ουσιών είναι δυνατόν να επιβαρύνει το έδαφος σε περίπτωση διαρροής ή ατυχήματος.

#### 3.4.3.6. ΑΠΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗ

Εκτός από τις διατάξεις Si, η τοξικότητα του Cd αφορά στη διάθεση των διατάξεων CdTe. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται ανακύκλωση ή διάθεση σύμφωνα με τους κανονισμούς διάθεσης απορριμμάτων. Η καύση οδηγεί σε ανεξέλεγκτες αέριες εκπομπές Cd. Αντίστοιχα, η ανεξέλεγκτη διάθεση σε χωματερές οδηγεί σε ρύπανση των υπογείων υδάτων.

#### 3.4.4. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

Για την μείωση των όποιων περιβαλλοντικών επιπτώσεων που δημιουργούνται από οποιοδήποτε στάδιο, υπάρχουν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν αρκετές τεχνολογίες και τεχνικές σε κάθε ένα μέρος του φυσικού περιβάλλοντος, το οποίο φαίνεται από τα παραπάνω ότι επηρεάζεται αρνητικά. Αναλυτικότερα, οι τεχνικές αυτές παρουσιάζονται παρακάτω για κάθε ένα μέρος του φυσικού περιβάλλοντος:

- Άνθρωπος. Για να καλύψει τις ανάγκες προσλαμβάνεται εξειδικευμένο προσωπικό. Στο στάδιο της παραγωγής απαιτείται ασφαλής αποθήκευση επικινδύνων χημικών (Τσούτσος, 2001 και OECD IEA, 1998), τήρηση κανόνων ασφάλειας χειρισμού επικίνδυνων ουσιών και κατάλληλος εργασιακός εξοπλισμός (μάσκες ασφαλείας, γάντια) κατά την έκθεση ή τη διαχείριση των επικινδύνων χημικών. Κατά την εγκατάσταση

απαιτείται η χρήση κανόνων καλής πρακτικής. (OECD IEA, 1998 και Θεοδωράτος και Καρακασίδης, 1997)

- Χλωρίδα – Πανίδα - Οικοσυστήματα: Υποστηρίζεται και επαναδημιουργείται η βιοποικιλότητα του χώρου εγκατάστασης για την ανάκτηση μεγάλου μέρους των αρχικών τους χαρακτηριστικών (OECD IEA, 1998 και Various, 1996). Επιπλέον φυτεύονται φωτοευαίσθητοι θάμνοι ή πόες στις επιφάνειες σκίασης των συλλεκτών για τη μείωση της οπτικής όχλησης. (Fernandez-Baco et al, 1998 και Rossa, 1999)
- Αισθητική - Τοπίο: Απαιτείται ορθή χωροθέτηση, ενώ αποφεύγεται η εγκατάσταση πλησίον περιοχών ιδιαίτερου φυσικού κάλλους ή πολιτιστικών και ιστορικών μνημείων (Τσούτσος, 2001, OECD IEA, 1998 και Various, 1996) . Το σχήμα του Φ/Σ εναρμονίζεται με το κτίριο χρωματικά και σχηματικά. Επιδιώκεται η εναλλακτική χρήση Φ/Β στοιχείων (α) ως σκίαστρα σε υπόστεγα χώρων στάθμευσης, αλλά και σε παράθυρα κτιρίων αντί συμβατικών μέσων σκίασης, (β) ως ηχοπέτασμα σε εθνικές οδούς και περιμετρικά νοσηλευτικών ιδρυμάτων με κατάλληλη χωροθέτηση,
- Ατμόσφαιρα: Εισάγονται στοιχεία χωρίς πλαίσια για τη ενσωμάτωση στο κτίριο εξοικονομώντας σημαντικά ποσά ενέργειας για τα πλαίσια αλουμινίου ελαττώνοντας τις συνολικές εκπομπές του συστήματος. Με την ενσωμάτωσή τους στο κέλυφος του κτιρίου αποφεύγεται η χρήση συμβατικών υαλοπινάκων, και συνεπώς επιπτώσεις τόσο από την παραγωγή του γυαλιού, όσο και από την παραγωγή πλαισίων. (Τσούτσος, 2001, OECD IEA, 1998 και Fthenakis, 2000)
- Διαχείριση αποβλήτων: Ανακτώνται και ανακυκλώνονται οι χρησιμοποιούμενοι κρύσταλλοι κατά το στάδιο της αποικοδόμησης. Η διαχείριση των απορριμμάτων από Φ/Β στοιχεία γίνεται σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς διαχείρισης/επεξεργασίας επικινδύνων και συμβατικών αποβλήτων. (Tsoutsos et al, 2002, Τσούτσος, 2001, OECD IEA, 1998 και Fthenakis, 2000)

## 3.4.5. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ Φ/Β ΠΑΡΚΩΝ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Για να γίνει, όμως, περισσότερο αντιληπτά τα περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από την εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Πάρκων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θα αναλυθούν περιληπτικά στην παράγραφο αυτή, οι εκπομπές αερίων που προκύπτουν από την καύση λιγνίτη για την παραγωγή ενέργειας. Όπως, είναι ευρέως γνωστό, στην Ελλάδα το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, προκύπτει από την καύση λιγνίτη. Δηλαδή, θα αναλυθεί ποιές είναι οι εκπομπές αερίων από την καύση λιγνίτη, για την παραγωγή μίας κιλοβατώρας (kWh).

Καταρχήν, πρέπει να αναφερθεί ότι Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα του ενός κιλοβάτ, αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1,3-1,4 τόνων διοξειδίου του άνθρακα, όσο δηλαδή θα απορροφούσαν δύο στρέμματα δάσους. Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ). Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον.

Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει την ποσότητα των ρύπων (σε γραμμάρια) η έκλυση των οποίων αποφεύγεται για κάθε ηλιακή κιλοβατώρα που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα.

Υποκατάσταση	Αποφυγή εκλυόμενων ρύπων (σε gr) ανά ηλιακή κιλοβατώρα (λαμβάνοντας υπ' όψη και τις απώλειες του δικτύου)			
	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>
Λιγνίτη	1.482	1 - 1,8	1,17 - 1,23	1,1
Πετρελαίου	830	3,5	1,5	0,34
Φυσικού Αερίου	475	0,017	0,6	-
Μέσου Ενεργειακού Μείγματος Χώρας	1.062			

Πίνακας 2: Ποσότητα ρύπων η έκλυση των οποίων αποφεύγεται για παραγωγή μίας ηλιακής kWh (Πηγή:

Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, Ιδία επεξεργασία)

Οι μονάδες ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα (ατμοηλεκτρικοί σταθμοί) με καύσιμο λιγνίτη έχουν τροφοδοσία καυσίμου με θερμικό δυναμικό 6.12 MJ/kg (λιγνίτης Πτολεμαΐδας) και περιεχόμενο μόνιμο άνθρακα 19% στον εξορυσσόμενο λιγνίτη (ως έχει). Γίνεται η υπόθεση ότι η απόδοση της μονάδας είναι 37% (energy efficiency) δηλαδή από 2.7 μονάδες περιεχόμενης (εισαγόμενης) ενέργειας στο καύσιμο, η ενέργεια που παράγεται υπό μορφή ηλεκτρικής ενέργειας είναι 1 μονάδα. (Τσακαλάκης, 2005)

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι για την παραγωγή 1 kWh Η.Ε. (860 kcal) και για απόδοση ατμοηλεκτρικού σταθμού 37% απαιτούνται θεωρητικά:  $860/0.37 = 2324.32$  kcal θερμικής ενέργειας από το λιγνίτη, δηλαδή περίπου:

$$2324.32 \text{ kcal} / 1461.1 \text{ kcal/kg λιγνίτη} = \mathbf{1.6 \text{ kg λιγνίτη Πτολεμαΐδας} / \text{kWh}}$$

Για τις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής ανάλογα με την ονομαστική τους ισχύ, τα όρια για τις αέριες εκπομπές είναι 260 g διοξειδίου του θείου ανά  $10^6$  kJ «εισαγόμενης» ενέργειας στη μονάδα (130 g στοιχειακού θείου/106 kJ). Γίνεται η υπόθεση ότι η περιεκτικότητα του καυσίμου σε S είναι 2% και σε τέφρα 17.5% και ότι το 70% περίπου της περιεχόμενης τέφρας (12.25% της συνολικά περιεχόμενης στο καύσιμο) απελευθερώνεται ως ιπτάμενη τέφρα (fly ash) και το υπόλοιπο 5.25% συλλέγεται στον πυθμένα του θαλάμου καύσης. (Τσακαλάκης, 2005)

Όπως έχει υπολογιστεί από την υπάρχουσα βιβλιογραφία  $1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$ . Για την παραγωγή 1 kWh ηλεκτρικής ενέργειας με θερμική απόδοση 37%, απαιτείται η καύση ορυκτού καυσίμου με θερμικό δυναμικό  $\mathbf{9720 \text{ kJ} = 2.7 \times 3600 \text{ kJ} = 2.7 \text{ kWh}}$ .

Από τα δεδομένα του προβλήματος προκύπτει ότι οι εκπομπές στοιχειακού θείου (S) στην ατμόσφαιρα, κατά την παραγωγή 1 kWh, είναι:

$$[130 \text{ g S} / 106 \text{ kJ}] \times 9720 \text{ kJ} / \text{kWh} = \mathbf{1.264 \text{ g S} / \text{kWh}}$$

Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί σε εκπομπές  $(64/32) \times 1.264 \text{ g S / kWh} = \mathbf{2.528 \text{ g SO}_2 / \text{kWh}}$ .

1. Για την παραγωγή **1 kWh** καίονται  $(9720 \text{ kJ / kWh}) / (6.12 \text{ kJ / g καυσίμου}) = 1588.2 \text{ g καυσίμου}$ , που περιέχουν :
  - $0.19 \times 1588.2 \text{ g} = \mathbf{301.8 \text{ g C}}$
  - $0.02 \times 1588.2 \text{ g} = \mathbf{31.8 \text{ g S}}$  και
  - $0.175 \times 1588.2 \text{ g} = \mathbf{277.94 \text{ g τέφρας}}$
2. Από τα παραπάνω όμως προκύπτει ότι για την ικανοποίηση των περιβαλλοντικών απαιτήσεων πρέπει να δεσμευονται:
  - $(31.8 - 1.264) \text{ g} = 30.536 \text{ g εκπεμπόμενου S}$  δηλαδή η απόδοση της διάταξης δέσμευσης (αποθείωσης) πρέπει να είναι:

$$30.536 / 31.8 = 0.96 \text{ ή } \mathbf{96\%}$$
 και επίσης

- $0.7 \times 17.5 \times 1588.2 \text{ g} - (82 \text{ g/106 kJ}) \times 9720 \text{ kJ} = (194.55 - 0.8) \text{ g} = 193.75 \text{ g ιπτάμενης τέφρας}$ , δηλαδή η απόδοση των ηλεκτροστατικών φίλτρων πρέπει να είναι

$$193.75 / 194.55 = 0.9959 \text{ ή } \mathbf{99.59\%}$$

Για να επιτευχθούν τα διεθνώς αποδεκτά όρια εκπομπών αιωρούμενων τεμαχιδίων ( $13 \text{ g/106 kJ}$ ) το ποσοστό δέσμευσής τους πρέπει να φθάσει το 99.93% σύμφωνα με τους παραπάνω υπολογισμούς. (Τσακαλάκης, 2005)

Από τα παραπάνω για κάθε 1 kWh παράγονται 193.75 g ιπτάμενης τέφρας οπότε, επειδή από  $67.5 \times 10^9 \text{ kg}$  λιγνίτη παράγονται  $67.5 \times 10^9 \text{ kg} / 1.5882 \text{ (kg/kWh)} = 42.50 \times 10^9 \text{ kWh}$  ετησίως, προκύπτει ότι η παραγόμενη ετησίως ιπτάμενη τέφρα στις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής της Δ.Ε.Η που καίνε λιγνίτη ανέρχεται περίπου σε:  $42.50 \times 10^9 \text{ kWh} \times 0.19375 \text{ kg / kWh} = 8.234.375 \text{ tonnes/έτος}$ , η οποία όμως είναι περίπου 10-15% μεγαλύτερη ( $\approx 9$  εκατομ. τόνοι) λόγω της πολύ χαμηλότερης θερμογόνου δύναμης του λιγνίτη Μεγαλόπολης και της μεγαλύτερης περιεκτικότητάς του σε τέφρα. Το εξαιρετικά λεπτομερές αυτό υλικό χρειάζεται διαχείριση (απόθεση, διάθεση στην τσιμεντοβιομηχανία ή για άλλες κατάλληλες χρήσεις). (Τσακαλάκης, 2005)

# 4.

## ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.****ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ**

Το ελληνικό Κράτος και συγκεκριμένα το υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής με στόχο τη διευκόλυνση των μικροεπενδυτών και τον περιορισμό της γραφειοκρατίας, ώστε να προχωρήσει άμεσα η υλοποίηση μικρών εγκαταστάσεων φωτοβολταϊκών συστημάτων σε περιοχές εντός και εκτός σχεδίου, έχει θέσει σε ισχύ έναν Νόμο για την εγκατάσταση έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) αλλά και αρκετές υπουργικές αποφάσεις, που διευκρινίζουν την υπάρχουσα Νομοθεσία σαφέστερα.

Συγκεκριμένα, ο Νόμος που άλλαξε άρδην το σκηνικό της αγοράς των ανανεώσιμων πηγών ηλεκτρικής ενέργειας ήταν ο Ν.3468/06. Ο σκοπός αυτού του νόμου είναι η εναρμόνιση ουσιαστικά της Ελληνικής νομοθεσίας με την οδηγία της ευρωπαϊκής κοινότητας 2001/77/ΕΚ. Με αυτόν τον νόμο θεσπίζονται επιτέλους σοβαρά κίνητρα στους ιδιώτες για την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κυρίως με σκοπό την οικονομική επένδυση. Το κυριότερο του σημείο είναι η κρατική δέσμευση για αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η έκδοση του σχετικού τιμοκαταλόγου με τον οποίο καθορίζονται τιμές πώλησης της ενέργειας για κάθε πιθανή δραστηριότητα στον χώρο των ΑΠΕ.

Στους παρακάτω πίνακες, λοιπόν, παρατίθενται οι νομοθεσίες, αποφάσεις, οδηγίες κλπ που σχετίζονται με διαδικασίες αδειοδότησης, εγκατάστασης, λειτουργίας, επιδότησης σταθμών παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές:

<b>Ελληνική Νομοθεσία Ενέργειας και ΑΠΕ</b>	
N.3851/2010	Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
ΚΥΑ Φωτοβολταϊκά	Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες

στις στέγες	κτιρίων.(ΝΕΟ)
N.3734/2009	N.3734/2009 Νέος νόμος και ρυθμίσεις για φωτοβολταϊκά και ΑΠΕ 2009.(ΝΕΟ)
ΥΑ 06/2007	Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ΗΕ από ΑΠΕ
Οικ.5707/2007	Κανονισμός αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ
Οικ.21691/2006	Οδηγίες εφαρμογής του Ν.3468
Οικ.18359/2006	Τύπος και περιεχόμενο συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας στο Σύστημα
N.3468/2006	Παραγωγή Ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και ΣΗΘΥΑ
Οικ.8311/2005	Έγκριση του Κώδικα Διαχείρισης του συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής ενέργειας
N.2941/2001	Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών αδειοδότησης ΑΠΕ (άρθρο 2)
24/4/2001	Χορήγηση άδειας διαχείρισης του συστήματος στον ΔΕΣΜΗΕ
Οικ.6296/2001	Κανονισμός Άδειας διαχείρισης και εκμετάλλευσης του συστήματος
Οικ.7890/2000	Έγκριση κανονισμού προμηθειών της ΔΕΗ
ΠΔ328/2000	Σύσταση και καταστατικό της ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε.
Οικ.17951/2000	Κανονισμός Αδειών παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας
Οικ.12160/1999	Διαδικασία επιλογής υποψήφιων ηλεκτροπαραγωγών από μικρά υδροηλεκτρικά
N.2773/1999	Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας - Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής
N.2244/1994	Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και συμβατικά καύσιμα

Πίνακας 3: Ελληνική Νομοθεσία Ενέργειας και ΑΠΕ (Πηγή: HelioSystems ΑΕ, Ίδια Επεξεργασία)



<b>Αναπτυξιακός Νόμος</b>	
Αποφάσεις 7/2007	Το σύνολο των «τελικών» αποφάσεων (Ποσοστά, δικαιολογητικά, προϋποθέσεις κλπ)
Τροπολογία/2006	Τροπολογία στα «Μεταβολές στη φορολογία εισοδήματος, απλουστεύσεις στον κώδικα βιβλίων»
Τροπολογία/2006	Μεταβολές στη φορολογία κτλπ
Ν.3299/2004	Αναπτυξιακός νόμος

Πίνακας 4: Νομοθεσία που προέκυψε από τον Αναπτυξιακό Νόμο (Πηγή: HelioSystems ΑΕ, Ιδία Επεξεργασία)

<b>Κοινοτικές οδηγίες ενέργειας και ΑΠΕ</b>	
Κανονισμός 1228/03ΕΚ	Όροι πρόσβασης στο δίκτυο για τις διασυνοριακές ανταλλαγές ηλεκτρικής ενέργειας
Οδηγία 54/03ΕΚ	Κοινοί κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας κατάργηση 96/92
Directive 77/01ΕΚ	Promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market
Οδηγία 96/92ΕΚ	Κοινοί κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας

Πίνακας 5: Κοινοτικές οδηγίες ενέργειας και ΑΠΕ (Πηγή: HelioSystems ΑΕ, Ιδία Επεξεργασία)

<b>Αποφάσεις ΡΑΕ</b>	
2/1/2007	Κώδικας διαχείρισης του συστήματος και συναλλαγών ηλεκτρικής ενέργειας
76/2007	Δημοσίευση στοιχείων συστήματος συναλλαγών ηλεκτρικής ενέργειας
75/2007	Α' Φάση προγράμματος ανάπτυξης Φ/Β κατά άρθρο 14 παρ 1. του 3468/2007
136/2006	Αιτήσεις για άδειες παραγωγής

66/2006	Διαδικασία παραλαβής και εξειδίκευση περιεχομένων αίτησης για χορήγηση άδειας παραγωγής ΗΕ
Οδηγός/2001	Οδηγός αξιολόγησης αιτήσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ

Πίνακας 6: Αποφάσεις ΡΑΕ (Πηγή: HelioSystems ΑΕ, Ιδία Επεξεργασία)

<b>Περιβαλλοντική Νομοθεσία</b>	
Οικ.107100/29-08-2007	Διευκρινήσεις σχετικά με την διαδικασία Περιβαλλοντικής αδειοδότησης έργων ΑΠΕ
Οικ.104247/26-05-2006	Διαδικασία ΠΠΕΑ και ΕΠΟ για έργα

Πίνακας 7: Περιβαλλοντική Νομοθεσία (Πηγή: HelioSystems ΑΕ, Ιδία Επεξεργασία)

<b>Χωροταξικό Πλαίσιο</b>	
1/2/2007	Ειδικό χωροταξικό πλαίσιο ΑΠΕ (Συνέντευξη τύπου Σουφλιάς)
Ειδικό πλαίσιο	Χωροταξικού σχεδιασμού και αιεφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Πίνακας 8: Χωροταξική Νομοθεσία (Πηγή: HelioSystems ΑΕ, Ιδία Επεξεργασία)

Αναλυτικότερα, οι Φ/Β σταθμοί κατά την έννοια του Νόμου 3325/2005, άρθρο 2 παράγραφος 1, δεν νοούνται εξ' ορισμού ως «Βιομηχανία - βιοτεχνία» και στο άρθρο 3, παράγραφος 2, εξαιρούνται από τις διατάξεις του. Οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας υπάγονται στις διατάξεις του νόμου Ν. 1559/1985 (ΦΕΚ 135Α), όπως αυτές έχουν αντικατασταθεί από τις διατάξεις του Ν. 2294/1994 (ΦΕΚ 168Α). (ΚΑΠΕ, 2009)

Στο άρθρο 2 παρ. 7 του ν. 2941/2001, προστίθεται η παρακάτω ρύθμιση της παραγράφου 4 του άρθρου 3 του ν.2244/1994, η οποία μετά την προσθήκη αυτή έχει στο σύνολο της ως εξής: «4. Στις άδειες εγκατάστασης μπορούν να τίθενται όροι και περιορισμοί για την εξασφάλιση της τεχνικής αρτιότητας της κατασκευής του σταθμού και την προστασία των εργαζομένων και του περιβάλλοντος. Τα αιολικά και ηλιακά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας νοούνται μόνο ως ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις. Για την εγκατάσταση ηλιακών σταθμών και ανεμογεννητριών δεν απαιτείται η έκδοση οικοδομικής άδειας, αλλά θεώρηση, που χορηγείται

από την αρμόδια πολεοδομική υπηρεσία, ύστερα από αίτηση του ενδιαφερομένου, συνοδευόμενη από υπεύθυνες δηλώσεις αναθέσεων και αναλήψεων μελετών και επιβλέψεων του έργου, τοπογραφικό διάγραμμα με σαφές οδοιπορικό, διάγραμμα κάλυψης, σχέδια, προϋπολογισμό του έργου, αποδεικτικά πληρωμής φόρων και αποδεικτικά εισφορών και αμοιβών μηχανικών. (ΚΑΠΕ, 2009)

Συνεπώς οι εγκαταστάσεις ηλεκτρικής ενέργειας φωτοβολταϊκών σταθμών δεν εμπίπτουν στον ως άνω νομοθετικό ορισμό (3325/2005) περί βιομηχανίας, ακριβώς γιατί για την παραγωγή ενέργειας δεν χρησιμοποιούν «πρώτες ύλες ή προϊόντα», αλλά ηλιακή ενέργεια.

Από το κείμενο της παραπάνω διάταξης (2941/2001) καθίσταται φανερό ότι ρυθμίζονται αποκλειστικά ζητήματα πολεοδομικά, δεδομένου ότι οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί δεν είναι βιομηχανίες και καταρχήν εξαιρούνται από την ανάγκη έκδοσης πολεοδομικής άδειας, καθώς και δεν επιβάλλεται στους φωτοβολταϊκούς σταθμούς η εφαρμογή εν γένει της νομοθεσίας που αφορά σε βιομηχανίες. Υπάρχει ειδική πρόβλεψη, βάσει της οποίας οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί χαρακτηρίζονται «βιομηχανίες», μόνον προκειμένου να υπαχθούν σε ορισμένες πολεοδομικές διατάξεις, κατά τη διαδικασία εγκατάστασής τους. Με αυτήν την ειδική πρόβλεψη, δηλαδή, επί της ουσίας ρυθμίζονται μόνον πολεοδομικά ζητήματα. (ΚΑΠΕ, 2009)

Με την ανωτέρω διάταξη ο νομοθέτης ρητά ορίζει ότι οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί πρέπει να θεωρούνται για όλους τους σκοπούς του νόμου ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις και όχι βιομηχανίες.

Επίσης, σύμφωνα με την ΚΥΑ 19500/2004, Φ/Β σταθμοί ισχύος έως 500 κιλοβάτ ορίζονται ως μηδενικής όχλησης εγκαταστάσεις, ενώ Φ/Β σταθμοί άνω των 500 κιλοβάτ ορίζονται ως εγκαταστάσεις χαμηλής όχλησης. (ΚΑΠΕ, 2009)

Όσον αφορά την χωροθέτηση έργων ΑΠΕ, την 1η Φεβρουαρίου 2007 παρουσιάστηκε από τον υπουργό ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε και τέθηκε σε δημόσια διαβούλευση το σχέδιο του Ειδικού Χωροταξικού Πλαισίου για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Η διαδικασία ολοκληρώθηκε με συζήτηση στο Εθνικό Συμβούλιο, οπότε και το σχέδιο εγκρίθηκε από το αρμόδιο κυβερνητικό όργανο. Το ζήτημα της χωροθέτησης των ΑΠΕ είναι σημαντικό γιατί, αν και τα έργα ΑΠΕ μπορεί να χαρακτηρισθούν κατ' αρχήν ως δραστηριότητες φιλικές προς το περιβάλλον, εν τούτοις έχουν και αυτά τις επιπτώσεις τους. Οι επιπτώσεις αυτές διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος της ΑΠΕ. Για την πρόληψη, την άμβλυνση και την αποτροπή των επιπτώσεων αυτών, είναι ιδιαίτερα σημαντική και άμεση η ανάγκη καθιέρωσης κανόνων και κριτηρίων για τη

χωροθέτηση έργων ΑΠΕ, στο σύνολο του εθνικού χώρου. Έτσι, προστατεύεται το περιβάλλον και ενισχύεται η επενδυτική ασφάλεια. Την ανάγκη αυτή υπέδειξε, άλλωστε, και το Συμβούλιο της Επικρατείας σε πρόσφατες αποφάσεις του. Για την ηλιακή ενέργεια και ιδιαίτερα για τα ενεργά συστήματα εκμετάλλευσης, τα φωτοβολταϊκά συστήματα, υπάρχει το πλεονέκτημα της εύκολης χωροθέτησης, της μεγάλης διάρκειας ζωής και του μικρού κόστους συντήρησης. Τελικά στις 12/11/2008, εγκρίθηκε από την Κυβερνητική Επιτροπή το Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο για τις ΑΠΕ. Στο άρθρο 17, αναφέρονται τα κριτήρια χωροθέτησης εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας Η ΡΑΕ προσδιόρισε τα παρακάτω για την χωροθέτηση Φ/Β σταθμών: (ΚΑΠΕ, 2009)

- Ως περιοχές προτεραιότητας για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας μπορεί ενδεικτικά να θεωρηθούν οι περιοχές που είναι άγονες ή δεν είναι υψηλής παραγωγικότητας και κατά προτίμηση αθέατες από πολυσύχναστους χώρους, και με δυνατότητες διασύνδεσης με το Δίκτυο ή το Σύστημα. (ΚΑΠΕ, 2009)
- Ειδικότερα για τα νησιά πλην Κρήτης και Εύβοιας είναι επιθυμητή η κατά προτεραιότητα χωροθέτηση μικρών εγκαταστάσεων. (ΚΑΠΕ, 2009)
- Ζώνες Αποκλεισμού ορίζονται οι παρακάτω: (ΚΑΠΕ, 2009)
  - i. Διατηρητέα μνημεία,
  - ii. Περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης,
  - iii. Πυρήνες των Εθνικών Δρυμών,
  - iv. Περιοχές NATURA 2000,
  - v. Δάση και
  - vi. Οι γεωργικές γαίες υψηλής παραγωγικότητας.

Αναλογιζόμενοι της ζώνες αποκλεισμού που αναφέρονται παραπάνω, αξίζει να σημειωθεί ότι ένα ζήτημα που απασχολεί πολλούς επενδυτές είναι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε γαίες υψηλής παραγωγικότητας. Ο νέος νόμος προβλέπει πλέον τα εξής:

- Απαγορεύεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς σε αγροτεμάχια της Αττικής που χαρακτηρίζονται ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, καθώς και σε περιοχές της Επικράτειας που έχουν ήδη καθοριστεί ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας από εγκεκριμένα Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια (Γ.Π.Σ.) ή Σχέδια Χωρικής Οικιστικής Οργάνωσης Ανοιχτής Πόλης (Σ.Χ.Ο.Ο.Α.Π.) του Ν.2508/1997 (ΦΕΚ 124 Α'), καθώς και Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου (Ζ.Ο.Ε.) του άρθρου

29 του Ν.1337/1983 (ΦΕΚ 33 Α'), εκτός αν διαφορετικά προβλέπεται στα εγκεκριμένα αυτά σχέδια. (ΚΑΠΕ, 2009)

- Με την επιφύλαξη του προηγούμενου εδαφίου, επιτρέπεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς σε αγροτεμάχια που χαρακτηρίζονται ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας. Στην περίπτωση αυτή η άδεια χορηγείται μόνον αν οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί για τους οποίους έχουν ήδη εκδοθεί άδειες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή, σε περίπτωση απαλλαγής, δεσμευτικές προσφορές σύνδεσης από τον αρμόδιο Διαχειριστή, καλύπτουν εδαφικές εκτάσεις που δεν υπερβαίνουν το 1% του συνόλου των καλλιεργούμενων εκτάσεων του συγκεκριμένου νομού. Για την εφαρμογή της διάταξης του προηγούμενου εδαφίου χρησιμοποιούνται τα στοιχεία της Ετήσιας Γεωργικής Στατιστικής Έρευνας του έτους 2008 της Γενικής Γραμματείας της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδας. Για τον υπολογισμό της κάλυψης λαμβάνεται υπόψη η οριζόντια προβολή επί του εδάφους των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων και Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής είναι δυνατόν να ορίζονται όροι και προϋποθέσεις για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών σε αγροτεμάχια που χαρακτηρίζονται ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, περιλαμβανομένων της μέγιστης κάλυψης εδάφους ανά σταθμό, των ελάχιστων αποστάσεων από τα όρια του γηπέδου του σταθμού, περιορισμών στον τρόπο θεμελίωσης και υποχρεώσεων για την αποκατάσταση του γηπέδου μετά την αποξήλωση των φωτοβολταϊκών σταθμών. (ΚΑΠΕ, 2009)

Όσον αφορά στην περίπτωση, που μπορεί να υπάρξει υπαίτια κατάτμηση οικοπέδων, το άρθρο 4 του Νόμου 3468/2006 ασχολείται με τις εξαιρέσεις από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής. Ειδικά για τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι ενδεχόμενο να υπάρξουν προσπάθειες για κατάτμηση του πραγματικού μεγέθους, σε υποσύνολα ισχύος μικρότερης αυτής για την οποία δεν απαιτείται άδεια, με σκοπό την καταστρατήγηση του ευνοϊκού καθεστώτος τιμολόγησης που εισάγει το άρθρο 13 του νέου νόμου. Για το σκοπό αυτό η ΡΑΕ κατά την εξέταση αιτημάτων για έκδοση απόφασης απαλλαγής από την υποχρέωση έκδοσης άδειας παραγωγής, αλλά και οι φορείς όπως ο ΔΕΣΜΗΕ και η ΔΕΗ επ' ευκαιρία της διατύπωσης όρων σύνδεσης και σύναψης συμβάσεων αγοραπωλησίας ανανεώσιμης ενέργειας, θα εξετάζουν τη νομική κατάσταση των ακινήτων για διαπίστωση τυχόν υπαίτιας κατάτμησης. Δηλαδή από τη

*Κωνσταντόπουλος Διονύσιος*

φύση των διατάξεων φαίνεται ότι η Διοίκηση νομιμοποιείται να προβαίνει κατ' εξαίρεση σε έλεγχο τίτλου ιδιοκτησίας. (ΚΑΠΕ, 2009)

Υπενθυμίζεται το ανάλογο της πολεοδομικής νομοθεσίας και συγκεκριμένα του άρθρου 2 του Ν.Δ. 690/ 1948 (ΦΕΚ Α' 135), όπως η διάταξη αυτή επανήλθε σε ισχύ με το άρθρο 6 παρ. 1 του Ν. 651/1977 (ΦΕΚ Α' 207), όπου ορίζεται ότι απαγορεύεται η υπαίτια κατάτμηση οικοπέδων επαγομένη τη δημιουργία οικοπέδων μη αρτίων, ενώ περαιτέρω προβλέπεται ότι είναι εξαρχής απολύτως άκυρη κάθε δικαιοπραξία που έχει ως αντικείμενο απαγορευμένη από τις διατάξεις αυτές μεταβίβαση κυριότητας. (ΚΑΠΕ, 2009)

#### 4.1. ΘΕΣΜΙΚΟΙ ΦΟΡΕΙΣ

Οι θεσμικοί φορείς που είναι υπεύθυνοι για την εγκατάσταση, λειτουργία, χωροθέτηση, αδειοδότηση και την επιδότηση των φωτοβολταϊκών πάρκων είναι η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), ο Διαχειριστής του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε.) και η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ). Παρακάτω θα αναλυθούν οι αρμοδιότητες της κάθε μίας αλλά και θα δοθεί μία μικρή περιγραφή των διαδικασιών που πραγματοποιούν.

##### *4.1.1. ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ (ΔΕΗ)*

Η ΔΕΗ είναι ο συντριπτικά μεγαλύτερος παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας στην χώρα και ο ρόλος της στο πεδίο ήταν καταλυτικός στα 50 χρόνια της ύπαρξής της. Με τις νομοθετικές ρυθμίσεις των τελευταίων ετών και την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας έγινε ανώνυμος εταιρεία με το ΠΔ333/2000. Οι κύριοι σκοποί της εταιρείας σύμφωνα με το καταστατικό της είναι: (HelioSystems AE)

- Η άσκηση εμπορικής και βιομηχανικής δραστηριότητας στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα και στο εξωτερικό.
- Η μελέτη, η επίβλεψη, η κατασκευή, η εκμετάλλευση, η συντήρηση και η λειτουργία εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπως και δικτύων μεταφοράς και διανομής.
- Η προμήθεια καθώς και η πώληση ηλεκτρικής ενέργειας.

*Κωνσταντόπουλος Διονύσιος*

- Η εξόρυξη, η παραγωγή και η προμήθεια ενεργειακών πρώτων υλών και γενικότερα η δραστηριοποίηση στον ευρύτερο τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας με την μορφή συνεργασιών, επενδύσεων κτλ.

Από την 1.1.2001 λειτουργεί ως ανώνυμη εταιρία ενώ από τις 12.12.2001 έχει εισαχθεί στα Χρηματιστήρια Αξιών Αθηνών και Λονδίνου. Η ΔΕΗ κατέχει περίπου το 96% της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος στην Ελλάδα (12.695 MW) η οποία προέρχεται από λιγνιτικές, υδροηλεκτρικές, πετρελαϊκές μονάδες, μονάδες φυσικού αερίου καθώς και από αιολικά και ηλιακά πάρκα. Επίσης, παράγει από λιγνίτη το 61% περίπου της ηλεκτρικής της παραγωγής (2ος μεγαλύτερος παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση).

Έχει στην ιδιοκτησία της το εθνικό σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας μήκους 11.400 χλμ. καθώς και το δίκτυο διανομής συνολικού μήκους 208.000 χλμ. Είναι η μοναδική εταιρία διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, την οποία παρέχει σε 7,1 εκατομμύρια πελάτες μέσω ενός δικτύου των 277 καταστημάτων. (HelioSystems AE)

#### *4.1.2. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε.)*

Ο Διαχειριστής του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας είναι Ανώνυμη Εταιρεία της οποίας η ύπαρξη υποδείχθηκε επίσης με τον νόμο Ν.2773/22-12-99 και συστήθηκε με το ΠΔ328/2000. Ασκεί δύο βασικές δραστηριότητες. Η πρώτη είναι να φροντίζει ώστε να διατηρείτε σταθερή η ισορροπία παραγωγής - κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας με τρόπο όσο το δυνατόν οικονομικά αποδοτικότερο, αξιόπιστο, ασφαλή και ποιοτικά αποδεκτό. Ο άλλος είναι να λειτουργεί ως ένα είδος χρηματιστηρίου που υπολογίζει κάθε μέρα, σε επίπεδο διμερών συναλλακτικών σχέσεων (παραγωγός/προμηθευτής - πελάτης) ποιος οφείλει σε ποιόν. Ανήκει κατά 51% στο Ελληνικό Δημόσιο και κατά 49% στις Ελληνικές εταιρείες παραγωγής ενέργειας. (HelioSystems AE)

##### 4.1.3. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΡΑΕ)

Η ΡΑΕ είναι η ανεξάρτητη διοικητική αρχή (ελέγχεται μόνο από τον Υπουργό Ανάπτυξης) που έχει ως σκοπό να ελέγχει την λειτουργία της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Η ΡΑΕ γνωμοδοτεί για την χορήγηση αδειών για δραστηριότητες στον χώρο της Ηλεκτρικής Ενέργειας, για τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας, τον τρόπο λειτουργίας της αγοράς και γενικότερα έχει ουσιαστικό ρόλο στην δημιουργία μιας υγιούς και ελεύθερης αγοράς με σκοπό την παροχή των βέλτιστων υπηρεσιών στον τελικό αποδέκτη που είναι ο καταναλωτής.

Η σύσταση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας επιβλήθηκε ουσιαστικά από την ανάγκη εναρμόνισης της Ελληνικής νομοθεσίας με την Κοινοτική Οδηγία 96/92ΕΚ (Σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας) και συστήθηκε με τον νόμο Ν.2773/22-12-99 (Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας - Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις). (HelioSystems ΑΕ)

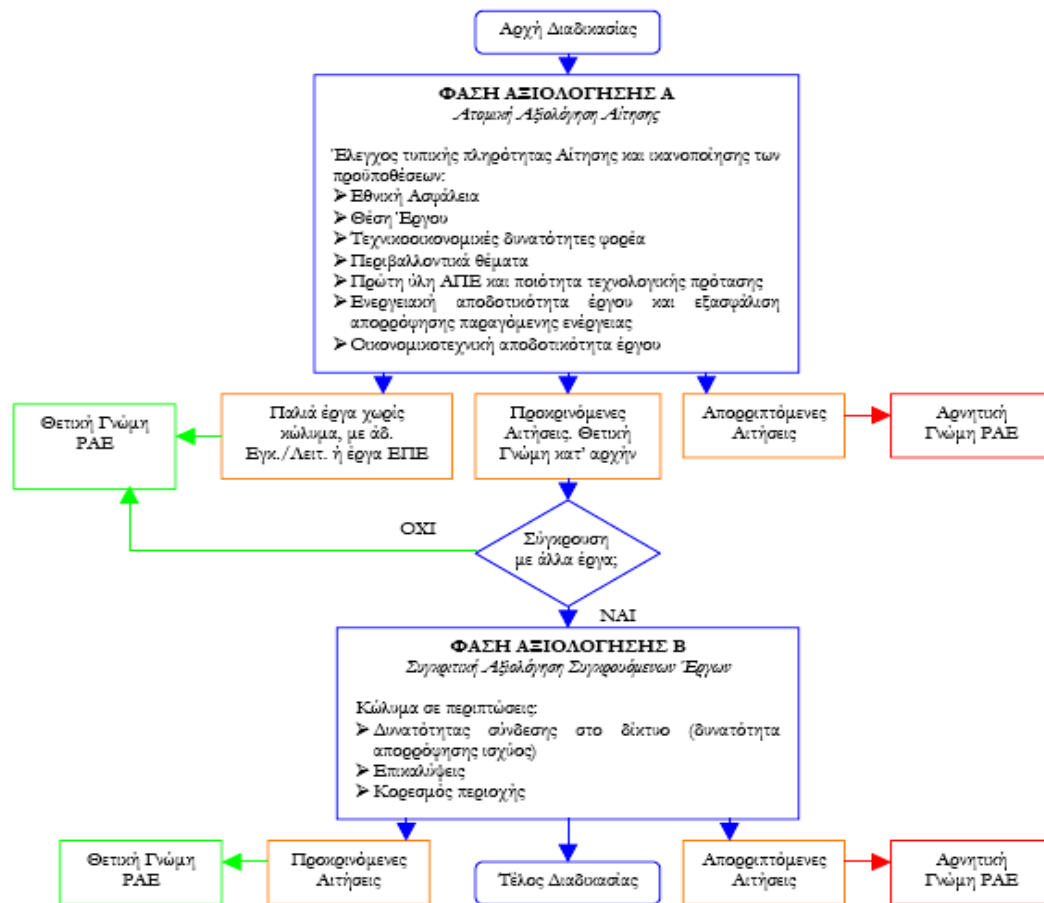
#### 4.2. ΑΔΕΙΟΔΟΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΓΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Η διαδικασία λήψης απόφασης πρέπει να αναλύεται σε όλες τις διαστάσεις και η εφαρμογή αναλυτικών μεθόδων, μοντέλων και εργαλείων ενίσχυσης της παραπάνω διαδικασίας πρέπει να λαμβάνουν υπόψη όχι μόνο την οργανωτική δομή καθαυτή, αλλά και τις διαδικασίες, διεργασίες και τις δυναμικές των αποφασιζόντων που εμπλέκονται (Cavallaro, Ciraolo 2005).

Στην Ελλάδα όμως οι αρμόδιες αρχές που εμπλέκονται στη αδειοδοτική διαδικασία ενεργειακών εφαρμογών και κατ' επέκταση εφαρμογών ΑΠΕ είναι κυρίως δύο. Πρώτα, οι ενδιαφερόμενοι παραγωγοί ηλεκτρισμού καταθέτουν φακέλους και αιτήσεις υποψηφιότητας στο Υπουργείο Ανάπτυξης το οποίο παρέχει την άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αφού όμως ληφθεί υπόψη και η θετική γνωμοδότηση της ΡΑΕ (Σχήμα 4) σύμφωνα με τον Νόμο 2773/99. Κατόπιν, έχοντας την άδεια παραγωγής, οι ενδιαφερόμενοι απευθύνονται στις κατά τόπους Περιφέρειες (Νόμος 2647/98 Τεύχος ΦΕΚ Α' 237) όπου και με βάση την Υπουργική Απόφαση (ΥΑ) 2000/02 Τεύχος ΦΕΚ Β' 158 είναι αρμόδιοι για την χορήγηση αδειών εγκατάστασης,



λειτουργίας, επέκτασης και ανανέωσης αδειών λειτουργίας σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρισμού. (Ελευθεριάδου, 2007)



Σχήμα 3: Διαδικασία αξιολόγησης αιτήσεων έργων ΑΠΕ από τη ΡΑΕ.

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

Οι φάκελοι υποψηφιότητας στην περίπτωση λήψης άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το Υπουργείο Ανάπτυξης περιέχουν πλήθος μελετών (οικονομοτεχνικές, τοπογραφικές, περιβαλλοντικές, ενεργειακές) όπου προσδιορίζεται η βιωσιμότητα ενός έργου καθώς και το σκοπό που εξυπηρετεί. Προκειμένου για τη σχετική αδειοδότηση από τις Περιφέρειες, εκτός από τις διάφορες μελέτες που καταθέτονται, μπορεί να χρειάζονται και οι εγκρίσεις από άλλες υπηρεσίες (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης - Διεύθυνση Δασών, Υπουργείο Πολιτισμού- Αρχαιολογίες, κτλ). Και στις δύο περιπτώσεις, οι διαδικασίες αδειοδότησης, εκτός από τον μεγάλο όγκο φακέλων υποψηφιότητας που προϋποθέτουν, είναι και χρονοβόρες. Η γραφειοκρατία, η μεγάλη χρονική διάρκεια που απαιτείται για την λήψη

αδειών, η απουσία ουσιαστικού διαλόγου-ενημέρωσης με τους κατοίκους της περιοχής που θα υλοποιηθεί το έργο δημιουργώντας έτσι αντιδράσεις και η οικονομική επιβάρυνση από την παραπάνω διαδικασία, δημιουργούν ποικίλα προβλήματα στους επενδυτές και αποτελούν τροχοπέδη για την ανάπτυξη εφαρμογών ΑΠΕ στην Ελλάδα. (Ελευθεριάδου, 2007)

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η ΡΑΕ (και σε συνεργασία με το ΚΑΠΕ) κατά τη διαδικασία ελέγχου των αιτήσεων για τη λήψη άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με σκοπό την έκδοση θετικής ή αρνητικής γνωμοδότησης, χρησιμοποιεί ένα ΓΣΠ με βάση δεδομένων από το ΚΑΠΕ, όπου περιλαμβάνει όλες τις περιοχές που κρίνονται ακατάλληλες για οποιαδήποτε πραγματοποίηση τεχνολογικής εφαρμογής ΑΠΕ και μη. Τέτοιες περιοχές είναι δασικές εκτάσεις, αρχαιολογικοί χώροι, περιοχές υπό καθεστώς νομικής και περιβαλλοντικής προστασίας, καθώς και περιοχές υψίστης εθνικής σημασίας. Θέτονται επίσης και όρια απόστασης των εγκαταστάσεων από τους υφιστάμενους οικισμούς και οδικούς άξονες. Με αυτό τον τρόπο διαπιστώνεται άμεσα και ελέγχεται γρήγορα κατά πόσο το προτεινόμενο έργο παρουσιάζει περιβαλλοντικούς αλλά και χωροταξικούς περιορισμούς. (Ελευθεριάδου, 2007)

#### 4.2.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Ένα Σύστημα Λήψης Απόφασης ορίζεται σαν ένα σύστημα αλληλεπίδρασης (κυρίως με την βοήθεια λογισμικού) ικανό να παράγει δεδομένα και πληροφορίες και σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να ενισχύσει την αλληλοκατανόηση σε μία δεδομένη εφαρμογή με σκοπό να βοηθήσει στην επίλυση περίπλοκων και δύσκολα προσδιορισμένων προβλημάτων (Cavallaro, Ciruolo, 2005). Η διαδικασία λήψης απόφασης αναλύεται σε διάφορα στάδια και η εφαρμογή αναλυτικών μεθόδων, μοντέλων και εργαλείων ενίσχυσης πρέπει να λάβουν υπόψη όχι μόνο την οργανωτική δομή καθαυτή, αλλά και τις διαδικασίες, διεργασίες και τις δυναμικές των αποφασιζόντων που εμπλέκονται.

Σύμφωνα με τον Sauter (1997) τα Συστήματα Λήψης Απόφασης πρέπει εξ ορισμού να βοηθούν και να ενισχύουν την όλη διαδικασία της επιλογής. Η ενσωμάτωση ειδικών συστημάτων τεχνολογίας (πχ μοντέλα, λογισμικά, εργαλεία οπτικοποίησης, ανάλυση κύκλου ζωής κλπ.) ως στοιχείων ενός Συστήματος Λήψης Απόφασης φαίνεται ως ένα μέσο για την επιπρόσθετη παροχή βοήθειας στους λήπτες απόφασης.

Η εφαρμογή των Συστημάτων Λήψης Απόφασης στην περίπτωση π.χ. εφαρμογής για χρήσεις γης, πρέπει να βοηθούν και να ενισχύουν τη διαδικασία επιλογής απόφασης. Ένα σύστημα λήψης απόφασης χρήσεων γης πρέπει να παρέχει πρόσβαση στα δεδομένα, εργαλεία ή μηχανισμούς που μετατρέπουν τα δεδομένα σε χρήσιμες πληροφορίες και το πλαίσιο μέσα στο οποίο εξάγεται κατανόηση. Με την προσθήκη μοντέλων βασισμένων σε ΓΣΠ και άλλων αναλυτικών μοντέλων, οι αποφασίζοντες μπορούν και χειρίζονται δεδομένα σε ένα πραγματικό σχεδιαστικό περιβάλλον. (Ελευθεριάδου, 2007)

Ένα σύστημα λήψης απόφασης, π.χ. γεωχωρικό, ή χρήσεων γης, δύναται να απαρτίζεται από τα παρακάτω τρία στοιχεία:

- ένα μηχανισμό πρόσβασης σε δεδομένα και πληροφορίες,
  - κατάλληλα εργαλεία και τεχνολογίες για την οργάνωση και ανάλυση των δεδομένων,
  - εκπαίδευση και εξωτερική βοήθεια για την ερμηνεία και εφαρμογή των αποτελεσμάτων της ανάλυσης,
- και οι απαιτήσεις σε δεδομένα μπορεί να περιλαμβάνουν:
- Φυσικά δεδομένα (υπάρχουσα και περιβάλλουσα κάλυψη γης, επιφανειακή και υπόγεια γεωλογία και υδρογεωλογία, τύπος εδάφους κλπ.),
  - Χαρακτηριστικά χρήσεων γης (πχ, διαθέσιμη ενεργειακοί πόροι, ύδατα και χαρακτηριστικά απορροής υδάτων, μεταφορά και τηλεπικοινωνίες, ιδιοκτησιακό καθεστώς και κυριότητα),
  - Δημογραφικά χαρακτηριστικά,
  - Κοινωνικοοικονομικά δεδομένα, όπως ΑΕΠ περιοχής, απασχόληση, υπηρεσίες, κλπ.

#### 4.2.2. ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ

Οι άδειες που απαιτούνται, έτσι ώστε να δοθεί θετική εισήγηση από την ελληνική Πολιτεία για εγκατάσταση των όποιων φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων περιγράφονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα:

Είδος	Φ/Β πάρκο ισχύος $\leq 20$ kWp	Φ/Β πάρκο ισχύος $20 < X$ $\leq 150$ kWp	Φ/Β πάρκο ισχύος $> 150$ kWp
Άδεια Παραγωγής			X
Άδεια Εγκατάστασης			X
Άδεια Λειτουργίας			X
Άδεια Δόμησης			**
Εξαίρεση της ΡΑΕ από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής	*	X	
Σύμβαση σύνδεσης με τη ΔΕΗ	X ***	X	
Σύμβαση αγοροπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας με ΔΕΣΜΗΕ (ή ΔΕΗ για τα μη Διασυνδεδεμένα Νησιά)	X	X	X
Έγκριση περιβαλλοντικών όρων		X	X
Θεώρηση πολεοδομίας		X	X

\* Απαιτείται σε σταθμούς που εγκαθίστανται σε μη Διασυνδεδεμένα Νησιά όπου υφίσταται κορεσμός του δικτύου,

\*\* Υποχρέωση έκδοσης οικοδομικής άδειας οι δομικές κατασκευές όπως τα οικήματα στέγασης του εξοπλισμού ελέγχου και των μετασχηματιστών

\*\*\* Απαιτείται έγγραφο καταλληλότητας από την Πολεοδομία

Πίνακας 9: Απαιτούμενες άδειες για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων (Ιδία Επεξεργασία)

Απλούστερα και αναλυτικότερα, τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για την έγκριση χωροθέτησης φωτοβολταϊκού πάρκου από τις αρμόδιες Αρχές και που έχουν δημοσιευθεί από τον Σύνδεσμο Εταιριών Φωτοβολταϊκών, ανάλογα βέβαια με την ισχύ των συστημάτων που θέλουν να εγκαταστήσουν οι επενδύτες είναι τα παρακάτω:

1. Συστήματα < 500 kWp

- a. Αίτηση στην Περιφέρεια για βεβαίωση απαλλαγής από Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων – ΕΠΟ (ή έκδοση ΕΠΟ αν χρειάζεται – συνήθως σε προστατευόμενες περιοχές
- b. Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία
- c. Αίτηση στο τοπικό (< 100 kWp) ή περιφερειακό (> 100 kWp) γραφείο της ΔΕΗ για προσφορά όρων σύνδεσης
- d. Υπογραφή σύμβασης αγοροπωλησίας με ΔΕΣΜΗΕ  
→ Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού

2. Συστήματα 500-1000 kWp

- a. Αίτηση στην Περιφέρεια για Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ)
- b. Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία
- c. Αίτηση στο περιφερειακό γραφείο της ΔΕΗ για προσφορά όρων σύνδεσης
- d. Υπογραφή σύμβασης αγοροπωλησίας με ΔΕΣΜΗΕ  
→ Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού

3. Συστήματα > 1000 kWp

- a. Αίτηση στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) για έκδοση Άδειας Παραγωγής
- b. Αίτηση στην Περιφέρεια για έκδοση Άδειας Εγκατάστασης (περιλαμβάνει και έκδοση ΕΠΟ)
- c. Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία
- d. Αίτηση στον ΔΕΣΜΗΕ για προσφορά όρων σύνδεσης
- e. Υπογραφή σύμβασης αγοροπωλησίας με ΔΕΣΜΗΕ → εγκατάσταση φωτοβολταϊκού
- f. Αίτηση στην Περιφέρεια για έκδοση Άδειας Λειτουργίας

Ύστερα από την χορήγηση, όμως, και την έγκριση των παραπάνω αδειών, πρέπει να πραγματοποιηθούν ορισμένα βήματα και διαδικασίες που θα βοηθήσουν τόσο στην

εγκατάσταση όσο και στην λειτουργία του φωτοβολταϊκού πάρκου. Οι διαδικασίες αυτές είναι οι εξής:

1. Μελέτη: Βελτιστοποίηση συνδυασμού Φ/Β γεννητριών και μετατροπέων δικτύου για τον συγκεκριμένο χώρο επένδυσης,
  - Χωροταξική τοποθέτηση του υλικού για την βελτιστοποίηση της κάλυψης και την ελαχιστοποίηση των απωλειών,
  - Ενεργειακή μελέτη απόδοσης του Φ/Β πάρκου,
  - Σχέδια εγκατάστασης
2. Άδειες και προετοιμασία φακέλων (μελέτες).
3. Διαμόρφωση οικοπέδου (χωματουργικές εργασίες και εργασίες υποδομής)
4. Γείωση (σημαντικός παράγοντας άμεσα συνδεδεμένος με την ποιότητα του εδάφους)
5. Αντικεραυνική προστασία
6. Υλοποίηση κατασκευής βάσεων (συναρμολόγηση)
7. Στήριξη φωτοβολταϊκών γεννητριών επί των βάσεων.
8. Καλωδίωση (υλικό και εργασία τοποθέτησης) μεταξύ των Φ/Β και των μετατροπέων ισχύος και διασύνδεση των μεταλλικών στηρίξεων με την γείωση του πάρκου.
9. Διατάξεις ζεύξης/απόζευξης Φωτοβολταϊκών (υλικό και εργασία τοποθέτησης)
10. Πίνακες συνδέσεων των Φ/Β (υλικό και εργασία τοποθέτησης)
11. Καλωδίωση μεταξύ μετατροπέων ισχύος με κεντρικό πίνακα AC.
12. Κεντρικός πίνακας AC. Σε περίπτωση όπου το Φ/Β πάρκο είναι ισχύος > 100 kWp, η εγκατάσταση συμπεριλαμβάνει και τις διατάξεις ανύψωσης (Μ/Σ μέσης τάσης απόδοσης περίπου 90% με τους ανάλογους διακόπτες Χ.Τ. και Μ.Τ. εγκατεστημένους εντός οικισμού)
13. Φύλαξη και επιτήρηση του χώρου
14. Σύνδεση με ΔΕΗ.

#### 4.3. Η ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΣΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως στόχο της για το 2020 το 20% της κατανάλωσης ενέργειας της Ευρώπης να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ). Στην Ελλάδα το ποσοστό - στόχος για το 2020 έχει τεθεί στο 40% όταν το 2010 ανήλθε μόλις στο 10%. Πιο

*Κωνσταντόπουλος Διονύσιος*

συγκεκριμένα, ο εθνικός στόχος για τα φωτοβολταϊκά είναι η εγκατάσταση 1.500 μεγαβάτ (MWp) ως το 2014 και συνολικά 2.200 MWp ως το 2020. Ο οικιακός τομέας δεν περιλαμβάνεται στα όρια αυτά και μπορεί να αναπτυχθεί χωρίς περιορισμούς. (ITS AE)

Από τον Φεβρουάριο του 2010, δεν υφίστανται επιδοτήσεις για τα φωτοβολταϊκά πάρκα μέσα από τον Αναπτυξιακό Νόμο, παρόλα αυτά οι επενδύσεις σε φωτοβολταϊκά θεωρούνται βιώσιμες και κερδοφόρες.

Ένας επενδυτής είναι υποχρεωμένος να καλύψει μόνο ένα μικρό μέρος της συνολικής δαπάνης της επένδυσης, συνήθως το 25% (ίδια συμμετοχή) ενώ το υπόλοιπο 75% μπορεί να το καλύψει με χρήση τραπεζικού δανεισμού. Οι περισσότερες Ελληνικές τράπεζες πλέον καλύπτουν έως και το 100% της αξίας του φωτοβολταϊκού σταθμού με ιδιαίτερα ευνοϊκά επιτόκια. (ITS AE)

Οι τιμές πώλησης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας καθορίζονται ως εξής:

Έτος	Συστήματα σε οικιακές & εμπορικές στέγες ≤10 kWp (€/MWh)	Μήνας	Ηπειρωτικό δίκτυο (€/MWh)		Μη διασυνδεδεμένα νησιά (€/MWh)
			>100kWp	≤100kWp	Ανεξαρτήτως ισχύος (με εξαίρεση τα μικρά συστήματα έως 10 kWp σε κτίρια όπου ισχύουν ενιαίες τιμές για όλη τη χώρα)
2009		Φεβρουάριος	400	450	450
		Αύγουστος			
2010	550	Φεβρουάριος	392,04	441,05	441,05
		Αύγουστος			
2011		Φεβρουάριος	372,83	419,43	419,43
		Αύγουστος			
2012	522,5	Φεβρουάριος	351,01	394,88	394,88
		Αύγουστος			
2013	496,38	Φεβρουάριος	333,81	375,53	375,53
		Αύγουστος			
2014	471,56	Φεβρουάριος	314,27	353,56	353,56
		Αύγουστος			
Για κάθε έτος ν από το 2015 και μετά					
μΟΤΣ <sub>v-1</sub> =					
Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος κατά το προηγούμενο έτος v-1	-5% ετησίως		1,3*μΟΤΣ <sub>v-1</sub>	1,4*μΟΤΣ <sub>v-1</sub>	1,4*μΟΤΣ <sub>v-1</sub>
Διάρκεια σύμβασης	25 έτη		20 έτη		
Οι τιμές που καθορίζονται στον ανωτέρω πίνακα αναπροσαρμόζονται κάθε έτος, κατά ποσοστό 25% του δείκτη τιμών καταναλωτή του προηγούμενου έτους					

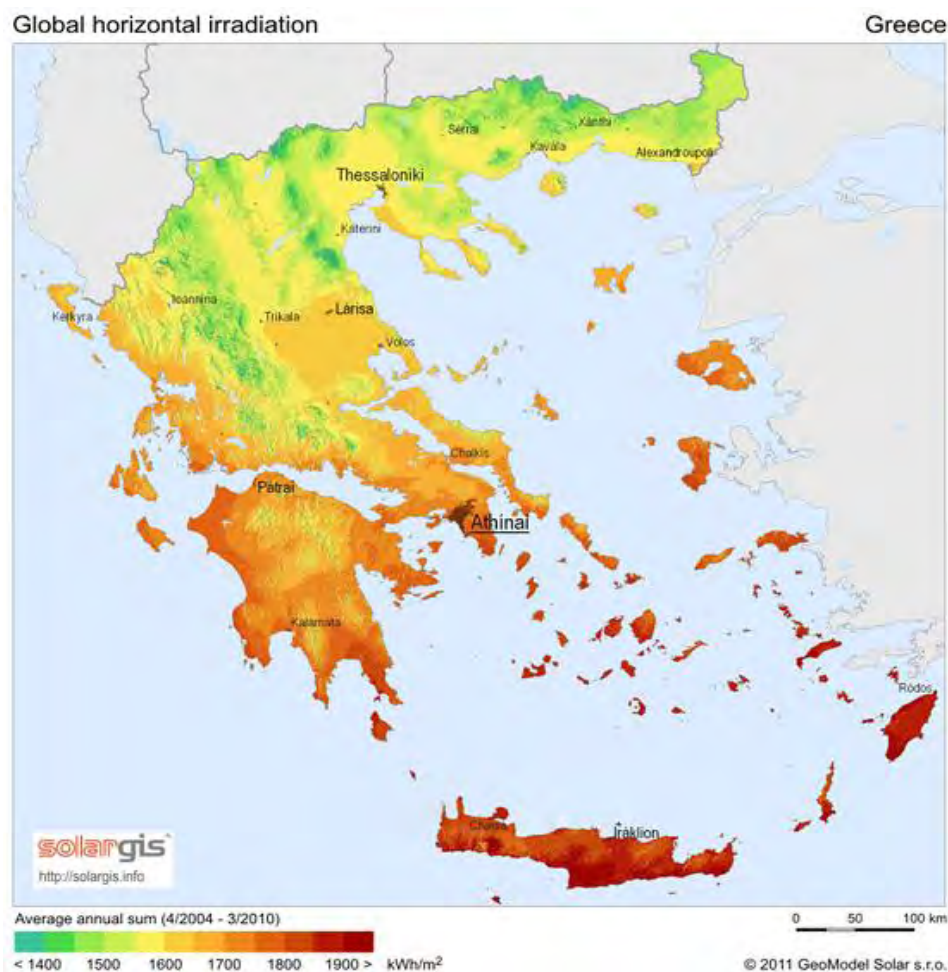
Πίνακας 10: Τιμές Πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης από φωτοβολταϊκά συστήματα (Πηγή και Επεξεργασία: Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών)

Σημειωτέον ότι, από τον Φεβρουάριο του 2010, δεν υπάρχουν πια επιδοτήσεις για τα φωτοβολταϊκά από τον αναπτυξιακό νόμο, όπως ίσχυε παλαιότερα. Δεδομένης όμως της διαχρονικής πτώσης των τιμών που αναμένεται να συνεχιστεί μακροχρόνια, οι επενδύσεις είναι βιώσιμες και κερδοφόρες και μόνο με την ταρίφα που παρέχεται από το νόμο και περιγράφεται στον παραπάνω πίνακα.



Το κόστος προμήθειας των φωτοβολταϊκών πάνελ πέφτει διαχρονικά ενώ η νέα νομοθεσία παρέχει κίνητρα ώστε, ο επενδυτής να πραγματοποιεί απόσβεση του κεφαλαίου του σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα.

Εν τέλει, οι προϋποθέσεις αξιοποίησης των Φ/Β συστημάτων στην Ελλάδα είναι από τις καλύτερες στην Ευρώπη, αφού η συνολική ενέργεια που δέχεται κάθε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας στην διάρκεια ενός έτους κυμαίνεται από 1400-1900 kW.



Εικόνα 17: Αξιοποίηση ηλιακού δυναμικού της Ελλάδας

Όσον αφορά τον αναπτυξιακό Νόμο και την ενασχόλησή του με τις επενδύσεις στα φωτοβολταϊκά συστήματα, όπως αναφέρεται από τον Σύνδεσμο Εταιριών Φωτοβολταϊκών, αξίζει να σημειωθεί ότι αν και δεν προβλέπει κάποια χορήγηση επιδότησης, οι εν λόγω επενδύσεις θεωρούνται εξαιρετικά κερδοφόρες ακόμα και χωρίς επιπλέον επιδότηση μιας και:

*Κωνσταντόπουλος Διονύσιος*

- το κόστος εγκατάστασης έχει πέσει αρκετά (ήδη υπάρχει μια μείωση του κόστους εγκατάστασης της τάξης του 40% σε σχέση με το 2006-όσο περίπου δηλαδή επιδοτούσε το πρόσφατο πρόγραμμα του αναπτυξιακού)
- η τιμή αγοράς της κλοβατόρας είναι εξαιρετικά υψηλή για τα ευρωπαϊκά δεδομένα
- η ηλιοφάνεια στην Ελλάδα είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτήν που είχε προβλεφθεί αρχικά και συγκριτικά πολύ μεγαλύτερη από αυτήν που υπάρχει στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης.

Συνεπώς, τα σημερινά δεδομένα εγγυώνται στους επενδυτές μεγάλες αποδόσεις ακόμα και χωρίς την βοήθεια της επιδότησης του κόστους εγκατάστασης. Παρόλα αυτά όμως υπάρχει σοβαρή πιθανότητα να υπάρξει επιδότηση στον αναμενόμενο νέο αναπτυξιακό νόμο υπό την μορφή φοροαπαλλαγών.

# 5.

## ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΓΣΠ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.**

### **ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΓΣΠ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

Η Ελλάδα βρίσκεται σε μία από τις πλέον ευνοημένες περιοχές του πλανήτη, τόσο όσον αφορά την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία όσο και στην διαθεσιμότητα αυτής, αφού στο μεγαλύτερο μέρος της χώρας η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερο από 2.700 ώρες τον χρόνο. Σύμφωνα με την ΡΑΕ, για την αποδοτικότερη λειτουργία των ηλεκτρικών δικτύων και τον περιορισμό των απωλειών, θα πρέπει η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών σταθμών να γίνει όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην κατανάλωση.

Παρόλο που η χώρα μας διαθέτει και επίσης και εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αξιοποίησή του μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην αιεφόρο ανάπτυξη της, εντούτοις απογοητευτική παραμένει η εικόνα της Ελλάδας ως προς την αιολική ενέργεια.

Όσον αφορά την Περιφέρεια Θεσσαλίας, είναι μία από τις περιφέρειες που δείχνουν να αξιοποιούν το διαθέσιμο ηλιακό δυναμικό της αλλά όχι τόσο πολύ το αιολικό. Συνεπώς, στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, θα μελετηθεί η χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων επί του εδάφους και συγκεκριμένα σε ποιές περιοχές κρίνεται νόμιμη και βιώσιμη η εγκατάστασή τους.

Για τον προσδιορισμό των περιοχών χωροθέτησης φωτοβολταϊκών πάρκων εφαρμόζεται η μέθοδος των πολλαπλών κριτηρίων, που αποσκοπεί σε ένα σταδιακό χαρτογραφικό φιλτράρισμα, βάσει των περιορισμών και δυνατοτήτων, ώστε να βρεθούν οι περιοχές που ικανοποιούν όλα τα επιθυμητά κριτήρια. Η διαδικασία της πολυκριτηριακής ανάλυσης για την χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών πάρκων πραγματοποιείται σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων πληροφοριών (ΓΣΠ) και συγκεκριμένα στο λογισμικό πρόγραμμα ArcGIS 9.3. Όλες οι δυνατότητες συνδέονται άμεσα με το φυσικό κεφάλαιο που διαθέτει η υπό εξέταση περιοχή, που στην προκειμένη περίπτωση είναι η ηλιοφάνεια. Επίσης, ένας σημαντικός παράγοντας, που ενισχύει την χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων σε μία περιοχή, είναι η παρουσία δικτύου ηλεκτροδότησης για την διοχέτευση παραγόμενης ισχύος. Οι περιορισμοί

συνδέονται κατά πρώτο λόγο με τις περιοχές αποκλεισμού, όπως αυτές προσδιορίζονται στο Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και αφορούν τόσο τις περιοχές ασυμβατότητας όσο και συγκεκριμένες αποστάσεις που πρέπει να τηρούνται από ασύμβατες χρήσεις. Κατά δεύτερο λόγο, περιορισμοί στην χωροθέτηση προκύπτουν και από την συγκεκριμένη τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων, που έχει αναφερθεί παραπάνω, και τις προδιαγραφές που πρέπει να τηρούνται κατά την χωροθέτησή τους.

### 5.1. ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (ΠΑ)

Η διαδικασία λήψης απόφασης που αφορά τις εναλλακτικές ενεργειακές επιλογές είναι πολυδιάστατη, και περιλαμβάνει έναν αριθμό διάφορων απόψεων σε διαφορετικά επίπεδα (οικονομικά, τεχνικά, ενεργειακά, περιβαλλοντικά, κοινωνικά). Κάτω από αυτό το πρίσμα η πολυκριτηριακή ανάλυση φαίνεται να είναι ένα κατάλληλο εργαλείο που συγκεντρώνει όλες τις διαφορετικές πλευρές που εμπλέκονται και βοηθάει στην διαδικασία λήψης απόφασης δημιουργώντας ένα σύνολο σχέσεων μεταξύ των διαφόρων εναλλακτικών σεναρίων (Cavallaro Ciruolo, 2005).

Η τελική λύση στη διαδικασία λήψης απόφασης είναι στην πραγματικότητα ένα κατασκεύασμα παρά μια ανακάλυψη. Η πολυκριτηριακή ανάλυση ορίζεται ως ένα βοηθητικό εργαλείο λήψης απόφασης (προκαθορισμένο ή όχι), στην υπηρεσία των ληπτών απόφασης, όπου εκλογικεύει τους σκοπούς και τις αντιλήψεις τους και θέτει υπό ιεράρχηση τις επιλογές τους, παρέχοντας ταυτόχρονα όλες τις απαραίτητες πληροφορίες και τα μέσα για μια τεκμηριωμένη και εκλογικευμένη επιλογή. Η τελική λύση με αυτόν τον τρόπο μπορεί να μην είναι η βέλτιστη αλλά η πιο κοινά αποδεκτή από όλους τους εμπλεκόμενους φορείς στη διαδικασία λήψης απόφασης. (Roy, 1985)

Ο κύριος σκοπός της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης είναι η δημιουργία ενός εργαλείου ενίσχυσης για τους αποφασίζοντες που «συμμορφώνεται» στους στόχους τους και στις προτεραιότητές τους. Η «ιδανική» επίλυση, η εναλλακτική που αποδίδει καλύτερα σε όλα τα κριτήρια που επελέγησαν, είναι δύσκολο να επιτευχθεί. Γι' αυτό είναι προτιμότερο να βρεθεί μια συμβιβαστική λύση ανάμεσα στις διάφορες εναλλακτικές προτάσεις.

Οι διάφορες πολυκριτηριακές μέθοδοι ανάλυσης στοχεύουν στο να βοηθήσουν τα πολυδιάστατα διαχειριστικά προβλήματα και τις διαδικασίες απόφασης τους, προσφέροντας

τους ένα πλαίσιο συλλογής, αποθήκευσης και επεξεργασίας όλων των σχετικών πληροφοριών. Η βάση των πολυκριτηριακών μεθόδων βρίσκεται στο μοντέλο απόφασης που θα χρησιμοποιηθεί όπου θέτονται συγκεκριμένα πλαίσια για το πώς διαφορετικά είδη πληροφοριών συνθέτονται μαζί με σκοπό την επίτευξη κοινά αποδεκτής λύσης (Lahdelma et al 2000).

Τα κύρια στάδια που σχετίζονται με την δόμηση ενός πολυκριτηριακού προβλήματος αναλύονται παρακάτω και απεικονίζονται στο Σχήμα 5 (Georgoroulou et al 1997):

1. Αρχικά κρίνεται απαραίτητος ο ορισμός του προβλήματος καθώς και ο προσδιορισμός των ενδεχόμενων περιορισμών για τον σχηματισμό ρεαλιστικών σεναρίων.
2. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στη συνέχεια, κατά την κατασκευή του μητρώου επεξεργασίας και αξιολόγησης, το οποίο περιλαμβάνει
  - Τον ορισμό των εμπλεκόμενων στη διαδικασία,
  - Το σχηματισμό εναλλακτικών στρατηγικών,
  - Την επιλογή των κριτηρίων αξιολόγησης, και
  - Την αξιολόγηση των εναλλακτικών σε σχέση με τα κριτήρια.
3. Καθορίζονται οι βαθμοί βαρύτητας των κριτηρίων. Σε πραγματικές εφαρμογές, όπου ο αριθμός των εμπλεκόμενων είναι μεγάλος, η τεχνική εκτίμησης των βαθμών βαρύτητας πρέπει να είναι τόσο εύχρηστη όσο και αξιόπιστη.
4. Ακολουθεί ο υπολογισμός των επιδόσεων των εναλλακτικών σεναρίων. Αυτός γίνεται με την επιλογή της κατάλληλης πολυκριτηριακής μεθόδου.
5. Μετά την εφαρμογή της μεθόδου η κατάληξη είναι η κατάταξη όλων των εφικτών εναλλακτικών με φθίνουσα σειρά επίδοσης.
6. Κρίνεται απαραίτητη η συζήτηση επί των αποτελεσμάτων προκειμένου να διευκρινιστεί τι καθιστά μια εναλλακτική προτιμότερη από μια άλλη, ποια είναι τα βασικότερα κριτήρια και ποιες θα ήταν οι πιθανές καλύτερες νέες εναλλακτικές που θα μπορούσαν να καθοριστούν μεταξύ των περισσότερο προτιμητέων. Έτσι απαραίτητη είναι η διεξαγωγή ανάλυσης ευαισθησίας προκειμένου να ερευνηθούν οι διάφοροι παράμετροι που επηρεάζουν την ταξινόμηση των εναλλακτικών σεναρίων.
7. Στο τελικό στάδιο γίνονται προτάσεις / συστάσεις επί των αποτελεσμάτων.

## 5.2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (ΓΣΠ)

Σύμφωνα με τον ορισμό της Παγκόσμιας Ομοσπονδίας Γεωμετρών (F.I.G.-Federation Internationale des Geometres) ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών ή Σύστημα Πληροφοριών Γης είναι ένα εργαλείο για λήψη αποφάσεων νομικής, διοικητικής και οικονομικής υφής και ένα όργανο για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη, το οποίο αποτελείται από μία Βάση Δεδομένων που περιέχει για μία έκταση στοιχεία προσδιορισμένα στο χώρο και τα οποία σχετίζονται με τη γη, και από διαδικασίες και τεχνικές για τη συστηματική συλλογή, ενημέρωση, επεξεργασία και διανομή των στοιχείων. Η βάση ενός ΓΣΠ είναι ένα ενιαίο σύστημα (γεωγραφικής) αναφοράς, το οποίο επίσης διευκολύνει τη σύνδεση των στοιχείων μεταξύ τους καθώς και με άλλα συστήματα που περιέχουν στοιχεία για τη γη. (Ελευθεριάδου, 2007)

Σύμφωνα με έναν άλλον ορισμό (Μανιάτης 1996) ένα ΓΣΠ δεν είναι απλά ένα μέσο με το οποίο παράγονται χάρτες, διαγράμματα ή κατάλογοι ποιοτικών χαρακτηριστικών, αλλά μία νέα, ολοκληρωμένη τεχνολογία απαραίτητη για την ανάλυση και μελέτη του χώρου καθώς και τη λήψη αποφάσεων (Decision Making) που αφορούν τη γη, το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

Βασικές διαδικασίες που συγκροτούν ένα ΓΣΠ και πραγματοποιούνται κατά την λειτουργία του είναι (Μανιάτης 1996):

- Συλλογή δεδομένων
- Κωδικοποίηση και εισαγωγή δεδομένων
- Αποθήκευση και διαχείριση δεδομένων
- Ανάκτηση δεδομένων
- Επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων
- Απεικόνιση δεδομένων

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ) έχουν γίνει ένα χρήσιμο εργαλείο για την χάραξη ενεργειακής και περιβαλλοντικής πολιτικής. Διευκολύνουν τη χωρική ανάλυση χρησιμοποιώντας τις εσωτερικές γεωεπεξεργασίες ή χαρτογραφικά συναρτησιακά μοντέλα, όπως επικάλυψη χάρτη, επιλογή SQL (structured query language) και θεματική ανάλυση (Muselli et al, 1999). Ανάμεσα στις διάφορες γεωδιαδικαστικές συναρτήσεις, η χαρτογραφική

επικάλυψη είναι η πιο χρήσιμη όπου τα διάφορα επίπεδα μπορεί να αναπαραστήσουν μεταξύ άλλων το ανάγλυφο μιας περιοχής, το ηλεκτρικό δίκτυο, τις απομακρυσμένες περιοχές.

### *5.2.1. ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΓΣΠ ΣΤΗΝ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΕ*

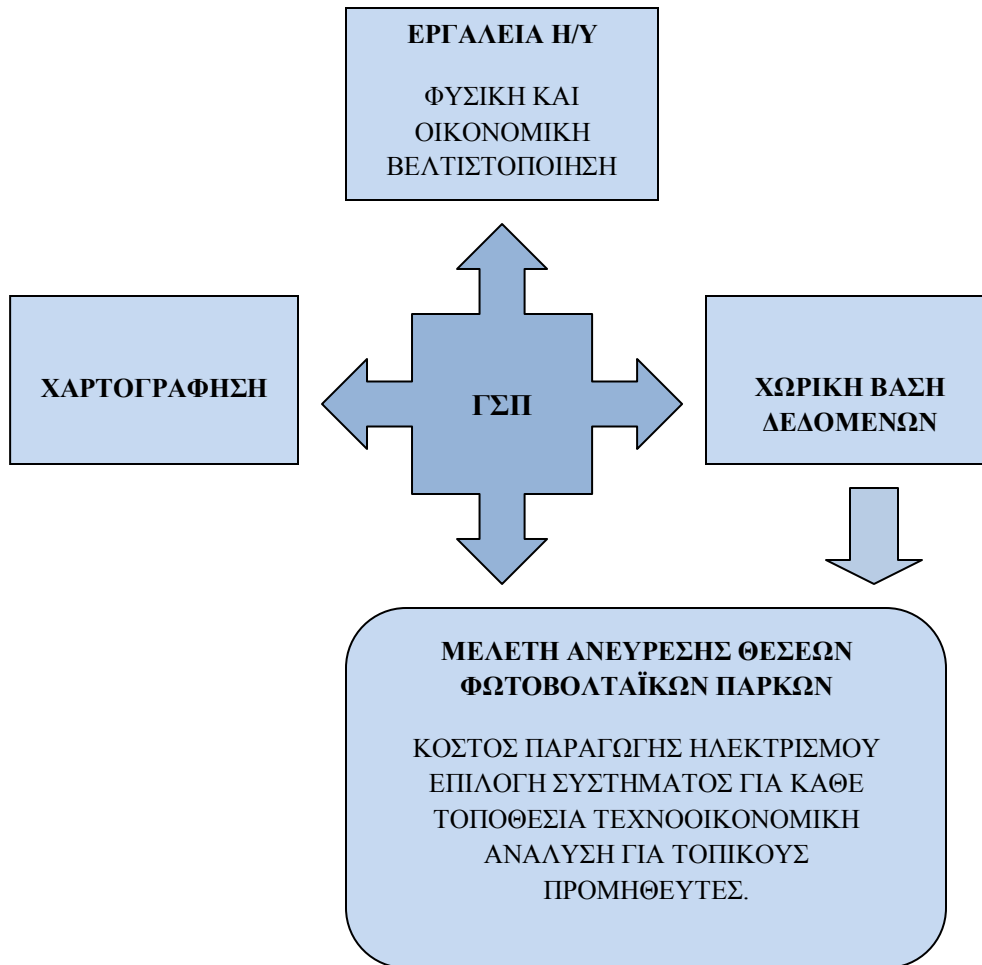
Τα ΓΣΠ έχουν φανεί χρήσιμα σε πολλές περιπτώσεις όπως σε αγροτικό και αστικό σχεδιασμό, εισαγωγή δεδομένων για περιφερειακή ανάπτυξη, και για την επιλογή συγκεκριμένων θέσεων ενεργειακών έργων. Ο Υαρα (1991) ξεκίνησε πρώτος να χρησιμοποιεί τα ΓΣΠ για την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων ενεργειακών συστημάτων με μια έρευνα πάνω στο αιολικό δυναμικό. Πιο πρόσφατα οι Perez και Seals (1995) χαρτογράφησαν το δυναμικό των συνδεδεμένων στο ηλεκτρικό δίκτυο ενεργειακών συστημάτων. Άλλες πρόσφατες έρευνες εφάρμοσαν τα ΓΣΠ στην αφαλάτωση του νερού (Alexoroulou 1995), για την οικοδόμηση κατεστραμμένης περιοχής, για τη διαχείριση γης με τη βοήθεια πολυκριτηριακών μεθόδων (Joerin, Musy 2000) και στις εφαρμογές ΑΠΕ (Clarke et al 1996; Rylatt, Lomas 2001; Krewitt, Nitsch 2003).

Η χωρική κατανομή του δυναμικού των ΑΠΕ, η ενυπόχουσα εξάρτηση των ΑΠΕ από τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της κάθε τοποθεσίας και η ολική εξάρτηση του κόστους από τα χωρικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής καθιστούν τα ΓΣΠ ένα απαραίτητο εργαλείο όσον αφορά τον ενεργειακό σχεδιασμό ΑΠΕ καθώς χωρικά, κοινωνικά και γεωγραφικά χαρακτηριστικά μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα τέτοιο πλαίσιο (Voivontas et al 1998). Τα κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης ΓΣΠ είναι η ευκολία στη διαχείριση διαθέσιμων δεδομένων στα διάφορα επίπεδα της χωρικής ανάλυσης και η ικανότητα τους να δίνεται έμφαση στις χωρικές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα διάφορα σύνολα δεδομένων.

Πιο συγκεκριμένα, τα ΓΣΠ είναι ένα χρήσιμο εργαλείο παρέχοντας τα μέσα για την αναγνώριση και ποσοτικοποίηση των επιδράσεων και του ηλιακού δυναμικού που προέρχονται από τοπικούς περιορισμούς. Ακόμη, παρέχουν την ευχρηστία στο να εμπλουτίζεται η βάση δεδομένων, πάνω στην οποία βασίζονται οι αποφάσεις, με χωρικά δεδομένα που δίνουν επιπρόσθετους περιορισμούς για τις ΑΠΕ, ή μη χωρικά δεδομένα που παρέχουν άλλες τεχνολογικές εναλλακτικές. (Ελευθεριάδου, 2007)

Στο παρακάτω Σχήμα απεικονίζεται η πιθανή μεθοδολογία ενσωμάτωσης ενός ΓΣΠ σε εφαρμογές ΑΠΕ.





Σχήμα 4: Μελέτη ανεύρεσης θέσεων για εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Πάρκων με την βοήθεια ΓΣΠ

(Πηγή: Muselli et al 1999, Ιδία Επεξεργασία)

Επιπλέον, τα ΓΣΠ έχουν την ικανότητα να διαχειρίζονται και να προσομοιώνουν τους και φυσικούς, οικονομικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς περιορισμούς. Συνεπώς, τα ΓΣΠ μπορούν να παίξουν έναν σημαντικό ρόλο σαν εργαλείο Συστήματος Υποστήριξης Απόφασης όσον αφορά τη βέλτιστη χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων (Baban, Pargy 2001).

### 5.3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Πλήθος ερευνητών και επιστημόνων ανά τον κόσμο έχουν ασχοληθεί με την μέθοδο ανάλυσης με την χρήση πολλαπλών κριτηρίων σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων

Πληροφοριών τόσο για την ανεύρεση κατάλληλων θέσεων χωροθέτησης κάποιας συγκεκριμένης δραστηριότητας όσο και αποτίμησης συμβατότητας και βιωσιμότητας της δραστηριότητας αυτής.

Αρκετές μελέτες έχουν αναδείξει τα θετικά αποτελέσματα της χρήσης της πολύ – κριτηριακής ανάλυσης σε περιβάλλον ΓΣΠ και την ανάγκη πραγματοποίησής της για την σωστή αξιολόγηση δραστηριοτήτων χωροθέτησης.

Αρχικά, το πανεπιστήμιο της Chittagong (Bangladesh) σε συνεργασία με το πανεπιστήμιο Heriot – Watt του Edinburgh το 2007, ανέπτυξαν μία μέθοδο αποτίμησης της ανάπτυξης της υδατικής κληρονομιάς του Bangladesh, με την βοήθεια της μεθόδου των πολλαπλών κριτηρίων σε περιβάλλον ΓΣΠ. Αποτέλεσμα της μελέτης ήταν η αξιολόγηση των υδατικών πόρων και τρόποι για την αειφόρα ανάπτυξή τους. Ανάλογη μελέτη έχει πραγματοποιηθεί και από το Institute of Earth and Environmental Sciences της Ιορδανίας, με στόχο την αποτίμηση των υδατικών πόρων που χρησιμοποιούνται για αγροτικούς σκοπούς στην χώρα της Ιορδανίας.

Ένα άλλο είδος μελέτης που χρησιμοποίησε μέθοδο πολλαπλών κριτηρίων σε περιβάλλον ΓΣΠ, αναπτύχθηκε το 2009 από το Department of Civil Engineering της Πορτογαλίας σε συνδυασμό με το Department of Electrical Engineering and Computers με στόχο την αξιολόγηση των βοηθητικών συστημάτων για τον σχεδιασμό αστικών υποδομών. Σκοπός και αποτέλεσμα της μελέτης αυτής ήταν να δώσει στους μηχανικούς την κατάλληλη τεχνογνωσία και το κατάλληλο θεωρητικό υπόβαθρο για την καλύτερη ανάπτυξη των αστικών υποδομών στην χώρα της Πορτογαλίας.

Επίσης, ανάλογες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί και σε διαφορετικούς επιστημονικούς κλάδους, όπως σε αυτόν της ζωϊκής και της φυτικής παραγωγής. Συγκεκριμένα, το 2003 το Department of Biological and Environmental Engineering και το Department of Crop and Soil Sciences της Ithaca ανέπτυξαν μία μελέτη για πιθανή χωροθέτηση αναερόβιων πεπτιτικών συστημάτων στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής.

Επειδή, όμως, η παρούσα διπλωματική εργασία, εξειδικεύεται στην χρήση της μεθόδου των πολλαπλών κριτηρίων σε περιβάλλον ΓΣΠ με σκοπό την ανεύρεση θέσεων για χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων, πρέπει να επισημανθεί ότι η ιδέα αυτή δεν είναι πρωτότυπη αλλά έχουν ασχοληθεί με αυτή ένα μεγάλο ποσοστό επιστημόνων ανά τον κόσμο. Συγκεκριμένα, το 2009, το Department of Civil Engineering, του Middle East Technical University της γειτονικής

Τουρκίας, ανέπτυξε ένα μοντέλο αποτίμησης των αιολικών ενεργειακών συστημάτων που έχουν χωροθετηθεί στην δυτική Τουρκία, χρησιμοποιώντας μέθοδο πολλαπλών κριτηρίων. Ακόμα, το 2011, το Center for Life-Cycle Analysis της Νέας Υόρκης πραγματοποίησε μία πολυκριτηριακή ανάλυση στην χωροθέτηση αιολικών πάρκων στην περιοχή της Νέας Υόρκης όπως και το 2009, το Metropolitan State College of Denver το οποίο δημοσίευσε μία μελέτη χωροθέτησης αιολικών και ηλιακών πάρκων. Όλες οι παραπάνω μελέτες έχουν σκοπό την ανάδειξη των περιοχών που μπορούν να εγκατασταθούν αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα, πληρώνοντας όλα τα κριτήρια που ορίστηκαν. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται τελικώς σε έναν χάρτη και αξιολογούνται οι περιοχές αυτές με βάση την βιωσιμότητά τους.

Όλες οι παραπάνω μελέτες, αν και προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν τα ΓΣΠ για να κάνουν εκτιμήσεις διαφορετικών δραστηριοτήτων, ασχολούνται κυρίως με τα αποτελέσματα των ερευνών που προκύπτουν από τις μεθόδους της πολύ – κριτηριακής ανάλυσης, αξιολογώντας τα. Συνεπώς, η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα προσπαθήσει να διαφοροποιηθεί από τις παραπάνω μελέτες στον τρόπο εφαρμογής της μεθόδου των πολλαπλών κριτηρίων. Ειδικότερα, θα γίνει προσπάθεια παραγωγής ενός μοντέλου, το οποίο θα δημιουργηθεί σε περιβάλλον ΓΣΠ και θα εξάγει τις περιοχές χωροθέτησης φωτοβολταϊκών πάρκων, σύμφωνα με τα κριτήρια που θα έχουν οριστεί αρχικά. Έτσι θα γίνει ευκολότερος ο τρόπος ανεύρεσης περιοχών από ένα μεγάλο αριθμό ανθρώπων που δεν κατέχουν εξειδικευμένες επιστημονικές γνώσεις στο θεωρητικό υπόβαθρο της πολύ – κριτηριακής ανάλυσης.

#### 5.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, η μελέτη στην οποία θα εφαρμοστεί η πολύ - κριτηριακή ανάλυση χωροθέτησης φωτοβολταϊκών πάρκων είναι η Περιφέρεια Θεσσαλίας. Ο λόγος επιλογής της συγκεκριμένης Περιφέρειας είναι διότι βρίσκεται στο κέντρο της Ελλάδας και συγκεντρώνει στοιχεία από όλες τις Περιφέρειες της Ελλάδας. Επίσης, λόγω της θέσης της, το ηλιακό της δυναμικό είναι αρκετά μεγάλο και συνεπώς η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων θεωρείται αρκετά κερδοφόρα. Τέλος, λόγω της πεδιάδας που περιλαμβάνεται στα όρια της Περιφέρειας, η χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών πάρκων κρίνεται πιο ευνοϊκή.

#### 5.4.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η Περιφέρεια Θεσσαλίας καταλαμβάνει το κεντρικό – ανατολικό τμήμα του ηπειρωτικού κορμού της Ελλάδος. Αποτελείται από τους Νομούς Καρδίτσας, Λαρίσης, Μαγνησίας και Τρικάλων και καταλαμβάνει συνολική έκταση 14.037 km<sup>2</sup> (10,6% της συνολικής έκτασης της χώρας). Η Περιφέρεια Θεσσαλίας συνορεύει προς βορρά με τις Περιφέρειες Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας, προς νότο με την Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδος, δυτικά με την Περιφέρεια Ηπείρου, ενώ ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος. (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2009)

Η Θεσσαλία παρουσιάζει απλή γεωμορφολογική εικόνα, με τα ορεινά τμήματα περιμετρικά και τα πεδινά στις κεντρικές περιοχές. Το 37% του εδάφους της Περιφέρειας είναι πεδινό, το 17% ημιορεινό, ενώ το 46% είναι ορεινό. Υπάρχουν πέντε ορεινοί όγκοι, μεταξύ των οποίων ο Όλυμπος, με υψόμετρο 2917 m, το ψηλότερο στην Ελλάδα. Εκτός του Ολύμπου, ο Θεσσαλικός κάμπος (ο οποίος αποτελεί την μεγαλύτερη πεδιάδα της χώρας) περιβάλλεται από το νότιο τμήμα της οροσειράς της Πίνδου, τον Ιταμό, το Πήλιο και την Όθρυς. Ιδιαίτερης σημασίας είναι η τεχνητή λίμνη του Ταυρωπού, η οποία δημιουργήθηκε ύστερα από απόφραξη της κοίτης του Ταυρωπού, παραπόταμου του Αχελώου. (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2009)

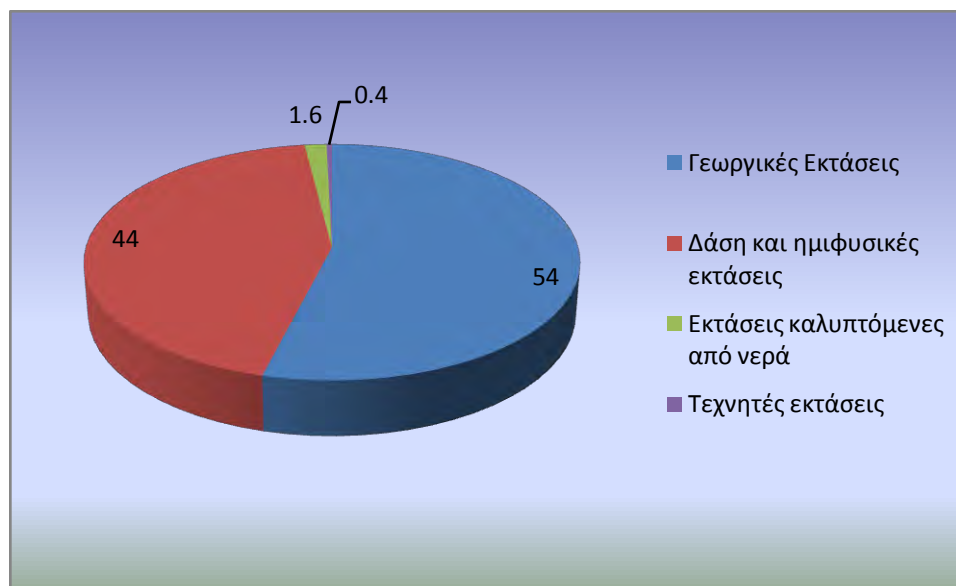
Η κύρια υδρολογική λεκάνη της Περιφέρειας Θεσσαλίας είναι η λεκάνη του Πηνειού, με έκταση περίπου 9500 km<sup>2</sup>. Κυριότεροι παραπόταμοι του Πηνειού είναι προς τα νότια ο Ενιπέας, ο Φαρσαλιώτης, ο Σοφαδίτης και ο Καλέντζης, προς τα δυτικά- νοτιοδυτικά ο Πλιούρης (ή Πάμισος), ο Πορταϊκός και το Μουργκάνι, και στο βόρειο μέρος ο Ληθαίος, ο Νεοχωρίτης και ο Τιταρήσιος. Στην Περιφέρεια βρίσκεται και η κλειστή λεκάνη της Κάρλας, καθώς και άλλα μικρότερα ρέματα. (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2009)

Ο Νομός Λάρισας καταλαμβάνει το βορειότερο τμήμα της Θεσσαλίας, είναι ο δεύτερος σε έκταση Νομός της χώρας (5.380 km<sup>2</sup>) και ο πρώτος σε καλλιεργούμενες εκτάσεις. Οι πεδινές εκτάσεις καταλαμβάνουν το 48% του Νομού και οι ορεινές περιοχές το 30%, ενώ η συντριπτική πλειοψηφία των δημοτικών και κοινοτικών διαμερισμάτων του νομού χαρακτηρίζονται ως αγροτικά (83%). Επίκεντρο της οικονομικής ζωής του Νομού αλλά και της Περιφέρειας αποτελεί η πόλη της Λάρισας. (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2009)

Ο νομός Καρδίτσας αποτελεί το νοτιοδυτικό τμήμα της Περιφέρειας Θεσσαλίας και έχει έκταση 2.636 km<sup>2</sup>. Το νοτιοδυτικό τμήμα του Νομού καταλαμβάνεται από την οροσειρά της Πίνδου και των Αγράφων, ενώ βορειοανατολικά απλώνεται ο θεσσαλικός κάμπος. Το 46% του Νομού καλύπτεται από πεδινές εκτάσεις, το 49% από ορεινούς όγκους και μόλις το 5% από ημιορεινές περιοχές. (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2009)

Ο Νομός Μαγνησίας καταλαμβάνει το ανατολικότερο τμήμα της Περιφέρειας και έχει συνολική έκταση 2.636 km<sup>2</sup>. Ο Νομός Μαγνησίας συνορεύει βόρεια και δυτικά με το νομό Λάρισας, νότια με το νομό Φθιώτιδας, ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο πέλαγος και νοτιοανατολικά από τον Παγασητικό κόλπο. Στο Νομό Μαγνησίας υπάγονται και οι Βόρειες Σποράδες (Σκιάθος, Σκόπελος, Αλόνησος, Κυρά Παναγιά, Γιούρια, Ψαθούρα, Πιπέρι, Περιστέρα και Σκάντζαρι). Οι ορεινές περιοχές καταλαμβάνουν το 45% της συνολικής έκτασης του Νομού, ενώ οι πεδινές περιοχές αποτελούν το 30%. (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2009)

Ο Νομός Τρικάλων καταλαμβάνει το βορειοδυτικό τμήμα της Περιφέρειας, είναι ο δεύτερος σε έκταση (3.383 km<sup>2</sup>) και ο τρίτος σε πληθυσμό Νομός της Θεσσαλίας. Ο Νομός Τρικάλων είναι ο ορεινότερος της Θεσσαλίας, με πεδινές περιοχές οι οποίες αποτελούν μόλις το 17% της συνολικής του έκτασης. Τα βασικά ποτάμια του νομού είναι είτε παραπόταμοι του Πηνειού (Μαλακασιώτικος, Μουργκάνης, Ληθαίος, Παλαιοχωρίτης, Αγιαμονιώτης, Νεοχωρίτικος, Πορταϊκός), είτε παραπόταμοι του Αχελώου ή Ασηροπόταμου (Καμνιαϊτικός, Βαθύρρεμα). Ας σημειωθεί ότι οι δύο μεγάλοι αυτοί ποταμοί πηγάζουν ουσιαστικά από το ίδιο το σημείο, στο ΒΔ άκρο του νομού Τρικάλων (απ' όπου πηγάζουν επίσης ο Αώος και ο Αραχθός). (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2009)



Γράφημα 2: Κατανομή της έκτασης της Περιφέρειας Θεσσαλίας σε βασικές κατηγορίες χρήσης (Πηγή: Προαπογραφικά στοιχεία της Απογραφής Γεωργίας-Κτηνοτροφίας 1999/2000, Ιδία Επεξεργασία).

Όπως προκύπτει από τα ανωτέρω στοιχεία το μεγαλύτερο τμήμα της Περιφέρειας καλύπτεται από γεωργικές και δασικές εκτάσεις. Ειδικότερα, οι γεωργικές εκτάσεις της Περιφέρειας χαρακτηρίζονται στην πλειοψηφία τους ως αρόσιμη γη (57%), ενώ ένα ποσοστό 20% των γεωργικών εκτάσεων είναι βοσκοτόπια. Τα αμιγή δάση αποτελούν το 36% του συνόλου των δασικών εκτάσεων, ενώ το 60% είναι συνδυασμοί θαμνώδους και ποώδους βλάστησης. Η Περιφέρεια Θεσσαλίας διαθέτει υδάτινες επιφάνειες συνολικής έκτασης 81,7 km<sup>2</sup>, εκ των οποίων το 98% είναι χερσαία ύδατα. Τέλος, οι τεχνητές περιοχές αποτελούνται κυρίως από την αστική δόμηση (σε ποσοστό 91%), ενώ οι βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες καλύπτουν το 5% των τεχνητών επιφανειών της Περιφέρειας. (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2009)

Η Περιφέρεια Θεσσαλίας παράγει το 4,7% του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος και είναι μόλις 11η στην κατάταξη των Περιφερειών της χώρας για το κατά κεφαλή προϊόν, υπολειπόμενη σημαντικά του εθνικού μέσου όρου. (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2009)

Στους Πίνακες 8 έως 10 παρουσιάζεται το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ), το κατά κεφαλή ακαθάριστο εγχώριο προϊόν και η ακαθάριστη προστιθέμενη αξία κατά τομέα παραγωγής της Περιφέρειας Θεσσαλίας και του συνόλου της χώρας για το διάστημα 2006-2007.

(εκατ. €)	2006	Συμμετοχή στο σύνολο της χώρας	2007	Συμμετοχή στο σύνολο της χώρας
Περιφέρεια Θεσσαλίας	10197	4.80%	10761	4.70%
Σύνολο Χώρας	213207	100%	228160	100%

Πίνακας 11: Ακαθάριστο εγχώριο προϊόν Περιφέρειας Θεσσαλίας (Πηγή: ΓΓ ΕΣΥΕ, 2009, Ιδία Επεξεργασία)

(εκατ. €)	2006	Μεταβολή	2007	Μεταβολή
Περιφέρεια Θεσσαλίας	13835	3.00%	14609	5.60%
Σύνολο Χώρας	19124	7%	20386	7%

Πίνακας 12: Ακαθάριστο εγχώριο προϊόν κατά κεφαλή Περιφέρειας Θεσσαλίας (Πηγή: ΓΓ ΕΣΥΕ, 2009, Ιδία Επεξεργασία)

(εκατ. €)	Πρωτογενής τομέας		Δευτερογενής τομέας		Τριτογενής τομέας		Σύνολο Προστιθέμενης Αξίας	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
Περιφέρεια Θεσσαλίας	886	851	2763	2874	54.03	5790	9032	9515
Σύνολο Χώρας	7664	7649	39615	41051	141561	153069	188841	201770

Πίνακας 13: Ακαθάριστη προστιθέμενη αξία κατά τομέα παραγωγής (Πηγή: ΓΓ ΕΣΥΕ, 2009, Ιδία Επεξεργασία)

Ο τριτογενής τομέας, δηλαδή το εμπόριο, οι υπηρεσίες και ο τουρισμός παράγει περίπου το 61% της συνολικής προστιθέμενης αξίας της Περιφέρειας και ακολουθούν ο δευτερογενής, με περίπου 30% και ο πρωτογενής με περίπου 9%. (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2009)

Στην Περιφέρεια παράγεται το 11% της συνολικής αγροτικής παραγωγής της χώρας και το 4% των υπηρεσιών. Παρά την σταδιακή αύξηση της ακαθάριστης προστιθέμενης αξίας του δευτερογενή και του τριτογενή τομέα, η διαχρονική αύξηση της συνολικής προστιθέμενης αξίας υπολείπεται του εθνικού μέσου όρου. (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2009)

Ο ενεργός πληθυσμός στην Περιφέρεια Θεσσαλίας ανέρχεται σε 299.000 περίπου (ΕΣΥΕ 2001) εκ των οποίων το 26% απασχολείται στην γεωργία, δασοκομία και αλιεία, το 10% σε δραστηριότητες μεταποίησης, το 8% στις κατασκευές, το 13% στο χονδρικό και λιανικό εμπόριο, το 5% στον τουρισμό, το 6,5% στην εκπαίδευση και το 31,5% σε λοιπές δραστηριότητες (ΕΣΥΕ Β' τρίμηνο 2009). Το ποσοστό ανεργίας στο σύνολο της Περιφέρειας ανέρχεται κατά το Β' τρίμηνο του 2009 στο 8,2% έναντι 8,9% του συνόλου της χώρας. (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2009)

Ως προς την αστική ανάπτυξη των Δήμων της Περιφέρειας (Χάρτης 1.1), επί ενός συνόλου 1.043 πόλεων και οικισμών (απογραφή ΕΣΥΕ 2001):

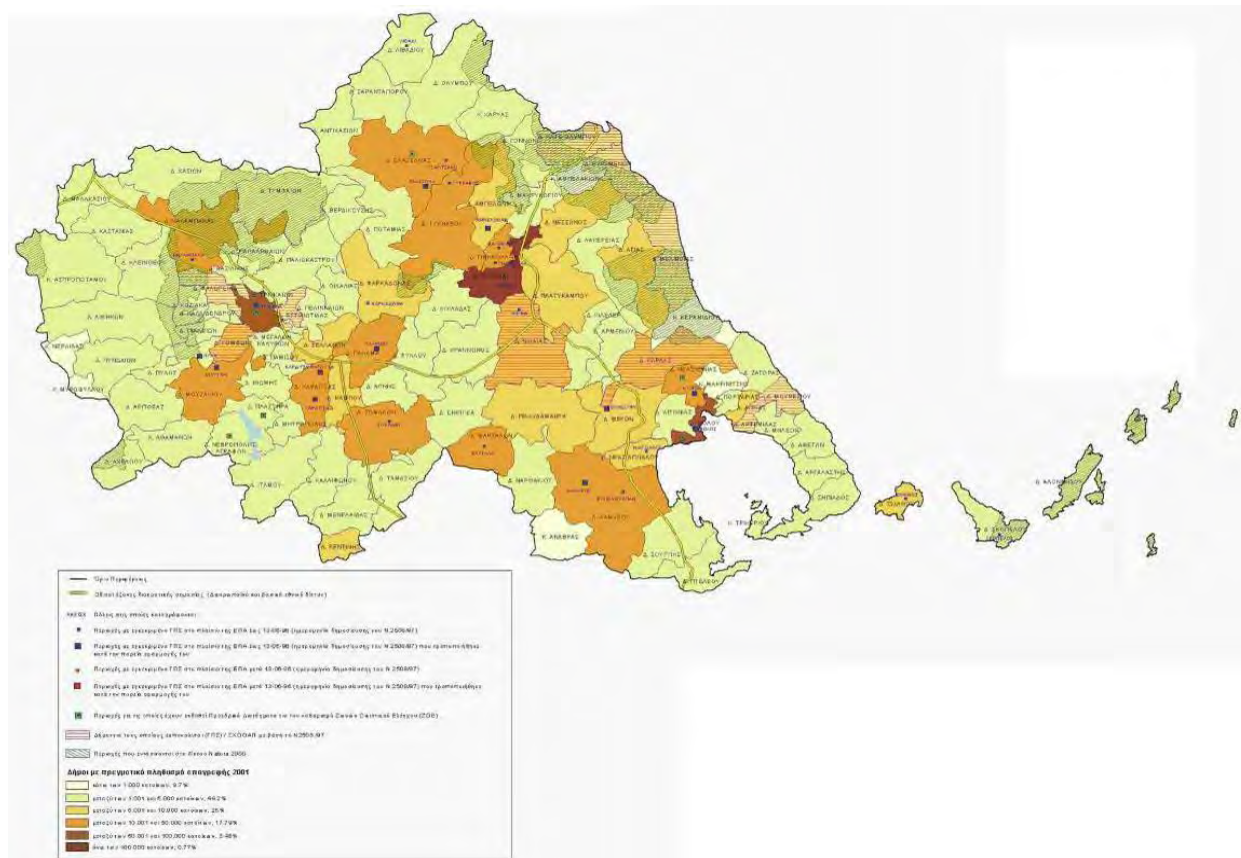
- για τους 1.007 που έχουν μόνιμο πληθυσμό κάτω των 2.000 κατοίκων, στο πλαίσιο της Επιχείρησης Πολεοδομικής Ανασυγκρότησης (ΕΠΑ) έγινε καθορισμός ορίων (αποφάσεις Νομαρχών) με βάση το ΠΔ 24-04/03-05-1985 όπως αυτό τροποποιήθηκε στη συνέχεια.
- για τις 36 πόλεις και οικισμούς με μόνιμο πληθυσμό άνω των 2.000 κατοίκων στο πλαίσιο της ΕΠΑ εγκρίθηκαν 26 Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια (ΓΠΣ) εκ των οποίων 7 τροποποιήθηκαν κατά την πορεία εφαρμογής τους.
- για το σύνολο της Περιφέρειας έχουν εγκριθεί 5 Προεδρικά Διατάγματα για τον καθορισμό Ζωνών Οικιστικού Ελέγχου (ΖΟΕ) στα όρια 6 Δήμων.
- σε 9 πόλεις και οικισμούς υλοποιούνται Ολοκληρωμένες Παρεμβάσεις Αστικής Ανάπτυξης σε τοπικές ζώνες από το ΠΕΠ (6), Ολοκληρωμένα Τοπικά Προγράμματα βιώσιμης ανάπτυξης σε εφαρμογή της Habitat Agenda (5), Ολοκληρωμένα Πολυτομεακά Προγράμματα ανάπτυξης αστικής περιοχής από την Κ.Π. Urban I (1994-99) (1). Σε 2 από αυτές υλοποιούνται ταυτόχρονα, πέραν της μίας κατηγορίας από τις προαναφερόμενες παρεμβάσεις.

Επί ενός συνόλου 93 Δήμων και 11 Κοινοτήτων βρίσκονται σε εξέλιξη:



Κωνσταντόπουλος Διονύσιος

- 13 Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια (ΓΠΣ) - Σχέδια Χωρικής Οικιστικής Οργάνωσης Ανοικτής Πόλης (ΣΧΟΟΑΠ) για ισάριθμους Δήμους.
- 9 Ολοκληρωμένα Προγράμματα Ανάπτυξης Αγροτικού Χώρου (ΟΠΑΑΧ) (7 με χρηματοδότηση από το ΠΕΠ και 2 από το ΕΠ Αγροτική Ανάπτυξη & Ανασυγκρότηση της Υπαίθρου) για 48 Δήμους.



Εικόνα 18: Εγκεκριμένα ΓΠΣ Περιφέρειας Θεσσαλίας

#### 5.4.2. ΚΑΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το κλίμα της Θεσσαλίας αν και κατατάσσεται στο μεσογειακό, έχει χαρακτηριστικά που προσομοιάζουν με εκείνα του ηπειρωτικού κλίματος, εξαιτίας του φυσικού αποκλεισμού της από την θάλασσα. Στον ελληνικό χώρο το ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων υπερβαίνει τα 1200mm στα δυτικά παράλια, ενώ μειώνεται μέχρι 400mm στα ανατολικά τμήματα της χώρας. Ως εκ τούτου, ο χώρος της Θεσσαλίας παρουσιάζει μεγάλο ύψος κατακρημνισμάτων στο δυτικό της τμήμα, το οποίο προοδευτικά μειώνεται προς ανατολάς, όπως προκύπτει από την

μελέτη των κατανομών βροχόπτωσης στους μετεωρολογικούς σταθμούς της Καρδίτσας, Τρικάλων και Λάρισας. Στους παρακάτω πίνακες εμφανίζεται απλουστευμένο το υδατικό ισοζύγιο ενός μέσου εδάφους με αποθηκευτική ικανότητα νερού 150mm σε περιοχές του Νομού Καρδίτσας και Νομού Λάρισας αντίστοιχα. Αποδεικνύεται η μεγάλη έλλειψη νερού και στις δύο περιοχές κατά την θερινή περίοδο. Όμως, η βροχόπτωση στην Καρδίτσα τους χειμερινούς μήνες είναι μεγαλύτερη με αποτέλεσμα την εμφάνιση πλεονάσματος ύψους περίπου 250mm. Κατά τους χειμερινούς μήνες, η βροχόπτωση στην Θεσσαλία ακολουθεί σε γενικές γραμμές ένα ενιαίο κλιματικό σύστημα και εκδηλώνεται με την μορφή ήπιων επεισοδίων, ενώ κατά τους θερινούς μήνες είναι έντονη η δημιουργία μικρό - κλιματικών συνθηκών με εκδήλωση βροχόπτωσης υπό μορφή έντονων έως και βίαιων φαινομένων μικρής διάρκειας και εξαιρετικά μεγάλης έντασης. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του Τύρναβου (ανατολική Θεσσαλία) όπου η μέση μηνιαία κατανομή της βροχόπτωσης έχει διαφοροποιηθεί συγκριτικά με την αντίστοιχη της περιόδου 1972 – 1988. Από την μελέτη των δεδομένων των μετεωρολογικών σταθμών της περιοχής προκύπτει ότι μετά το 1989 η βροχόπτωση εμφανίζεται με μικρότερη χρονική διασπορά και υπό την μορφή έντονων καταιγίδων μεγάλης έντασης και μικρής χρονικής διάρκειας. Ως αποτέλεσμα δημιουργούνται επιφανειακές απορροές που συχνά οδηγούν σε πλημμυρικά φαινόμενα, ενώ περιορίζεται το ποσοστό κατείσδυσης και τροφοδοσίας του υδροφόρου συστήματος της περιοχής. (ΦΕΚ Β' 1422)

Οι χιονοπτώσεις είναι συνηθισμένες ιδιαίτερα στα ορεινά ενώ συχνές χαλαζοπτώσεις παρατηρούνται κυρίως κατά τους μήνες Μάιο και Ιούνιο στα βόρεια και κατά τους μήνες του Φεβρουαρίου έως Απρίλιο στα νοτιοανατολικά. (ΦΕΚ Β' 1422)

Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 15,4 έως 15,8 βαθμούς Κελσίου, με τη μέση μέγιστη να φτάνει τους 33.2 βαθμούς τον Ιούνιο και την μέση ελάχιστη τους -0.4 βαθμούς τον Ιανουάριο. Οι πιο θερμοί μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος, ενώ οι πιο ψυχροί μήνες είναι ο Ιανουάριος, ο Φεβρουάριος και ο Δεκέμβριος. Οι παγετοί είναι συχνοί και εμφανίζονται κατά την περίοδο Νοεμβρίου – Απριλίου. Οι ημέρες παγετού σε μέση ετήσια βάση κυμαίνονται από 9.2 στο Βόλο έως 35.5 στη Λάρισα και 33.8 στα Τρίκαλα. (ΦΕΚ Β' 1422)

Η μέση ετήσια σχετική υγρασία του αέρα κυμαίνεται από 62 έως 68%. Οι μήνες Ιούνιος και Ιούλιος έχουν μικρότερες τιμές, ενώ οι μήνες Δεκέμβριος και Ιανουάριος έχουν τις μεγαλύτερες τιμές. (ΦΕΚ Β' 1422)

Στο Θεσσαλικό χώρο η μέση ένταση των ανέμων δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή και κυμαίνεται από 0 έως 1,0 m/sec. Κυριαρχούν δύο χαρακτηριστικοί τύποι ανέμων, οι ετήσιοι άνεμοι και ο “λίβας”. Οι ετήσιοι άνεμοι οφείλονται στον συνδυασμό της επέκτασης του θερμού θερμικού χαμηλού από την περιοχή της Ασίας και του αντικυκλώνα του Ατλαντικού προς την ΝΑ Ευρώπη. Οι άνεμοι αυτοί αρχίζουν να πνέουν από τα μέσα του Ιουλίου μέχρι τα μέσα Σεπτεμβρίου όπου σημειώνεται η μεγαλύτερη ένταση και συχνότητά τους. Στην ημερήσια πορεία τους το μέγιστο εμφανίζεται το απόγευμα, ενώ το βράδυ η έντασή τους σταδιακά μηδενίζεται λόγω της αυξημένης ευστάθειας του επιφανειακού στρώματος. Ο “λίβας” είναι ξηρός και θερμός τοπικός άνεμος που πνέει τον Μάιο και στις αρχές Ιουνίου. Ο άνεμος αυτός είναι εξαιρετικά καταστρεπτικός για τα σιτηρά. (ΦΕΚ Β’ 1422)

	ΕΛΛΑΔΑ	ΘΕΣΣΑΛΙΑ	
	%	% ΧΩΡΑΣ	% ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ
Συνολική Έκταση		10,6	
Χρησιμοποιούμενη Γεωργική Γη	29,8	12,6	35,3
Μόνιμες Φυτείες	27,2	5,8	12,6
Αμπελώνες	4,0	4,4	1,4
Ελαιώνες	17,6	4,3	6,1
Αρότραιες Καλλιέργειες	59,4	17,6	82,9
Χλωρές Ζωοτροφές	0,1	2,3	0,0

Πίνακας 14: Χρήσεις Γης σε Εθνικό επίπεδο καθώς και στο επίπεδο της Θεσσαλίας (Πηγή: ΦΕΚ Β’ 1422, Ιδία Επεξεργασία)

Χαρακτηρισμός Εκτάσεων	Έκταση (στρέμματα)
Πεδινές	5138100
Ημιορεινές	2509100
Ορεινές	6389400
Σύνολο	14036600

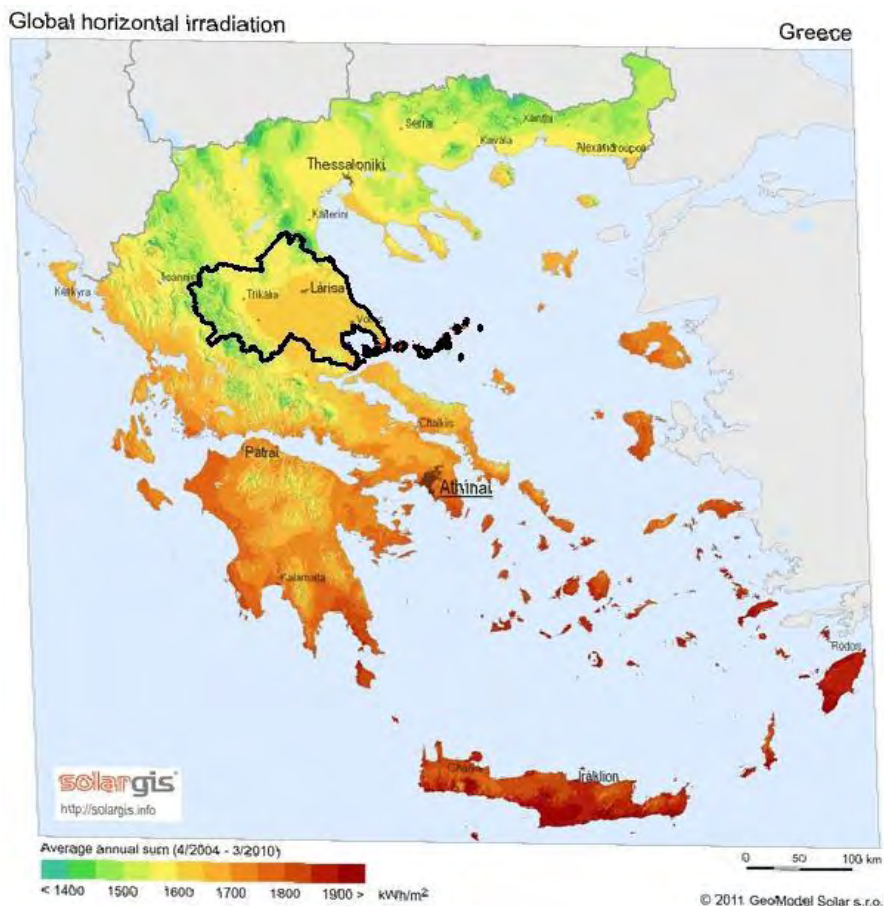
Πίνακας 15: Χαρακτηρισμός εκτάσεων Περιφέρειας Θεσσαλίας (Πηγή: ΦΕΚ Β’ 1422, Ιδία Επεξεργασία)

### 5.4.3. ΗΛΙΑΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

Όπως φαίνεται από τη βιβλιογραφική έρευνα, γενικά το υψηλό ηλιακό δυναμικό είναι διαθέσιμο παντού όπου υπάρχουν περιοχές με μέσο υψόμετρο μικρότερο των 400 μέτρων. Όμως στην πραγματικότητα το αξιοποιήσιμο ηλιακό δυναμικό είναι σε μεγάλο βαθμό εξαρτημένο από μια σειρά παραγόντων μετεωρολογικής, ορογραφικής (υψόμετρο και κλίσεις εδάφους), περιβαλλοντικής, τεχνικής, και οικονομικής φύσης. (Ελευθεριάδου, 2007)

Επιπλέον ο υπολογισμός της παραγόμενης ισχύος συγκεκριμένων φωτοβολταϊκών πάρκων και τεχνοοικονομικών εκτιμήσεων απαιτούν δεδομένα που αφορούν την ένταση και την συχνότητα της ηλιοφάνειας στις πιθανές περιοχές εγκατάστασης πάρκων, με καθορισμένη στατιστική σπουδαιότητα, με τη χρήση καταγραφών συστημάτων σε χρονική περίοδο ενός έτους και παραπάνω. Γενικά, η θεωρητική ενέργεια που παράγεται από ένα εγκατεστημένο φωτοβολταϊκό πάρκο σε μια συγκεκριμένη περιοχή, υπολογίζεται βάση των ηλιακών χαρακτηριστικών της περιοχής και την ικανότητα απόδοσης του ηλιακού εξοπλισμού που χρησιμοποιείται. (Ελευθεριάδου, 2007)

Για την αποτίμηση του ηλιακού δυναμικού στην Περιφέρεια της Θεσσαλίας, χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω χάρτης, που απεικονίζει με ανάλογη απόχρωση την πιθανή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς. Ο χάρτης αυτός δημιουργήθηκε λογίζόμενοι την ένταση και την συχνότητα της ηλιοφάνειας σε κάθε περιοχή της Περιφέρειας. Από ότι φαίνεται το μεγαλύτερο μέρος της Περιφέρειας έχει την δυνατότητα παραγωγής 1550 – 1650 KWh / m<sup>2</sup>. Συνεπώς κρίνεται επικερδής η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων στο μεγαλύτερο μέρος της Περιφέρειας Θεσσαλίας. (Ελευθεριάδου, 2007)



Εικόνα 19: Ηλιακό Δυναμικό Περιφέρειας Θεσσαλίας

#### 5.4.4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΥΠΟΔΟΜΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στις περισσότερες ηπειρωτικές περιφέρειες της Ελλάδος υπάρχουν αυτόνομοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ιδιοκτησίας της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ). Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στον παρακάτω χάρτη, στην Περιφέρεια Θεσσαλίας υπάρχουν Κέντρα υψηλής τάσεως, Υποσταθμοί της ΔΕΗ, Θερμοηλεκτρικοί και Υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα, υπάρχουν δύο Κέντρα Υψηλής Τάσης της ΔΕΗ (Λάρισα και Τρίκαλα), 30 Υποσταθμοί της ΔΕΗ Τάσης 150 kV/MT και 66 kV/MT, δύο Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί (Λίμνη Πλαστήρα και Πευκόφυτο) και ένας Θερμοηλεκτρικός Σταθμός στον Βόλο.

Γενικά, η Περιφέρεια Θεσσαλίας έχει την δυνατότητα να ανταπεξέλθει στην ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από τους καταναλωτές αλλά σίγουρα κρίνεται περιβαλλοντικά καλύτερη η

*Κωνσταντόπουλος Διονύσιος*

στροφή των επενδυτών σε εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων, τα οποία θα βοηθήσουν την ΔΕΗ στην παραγωγή ενέργειας και θα μειώσουν τους εκλυόμενους ρύπους, που προκύπτουν από τον συνηθισμένο τρόπο παραγωγής ηλεκτρισμού (λιγνίτης).



*5.4.5. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ*

Στη περιφέρεια Θεσσαλίας έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια πολλές προσπάθειες για την εκμετάλλευση του μεγάλου δυναμικού που διαθέτει η περιοχή σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (υψηλή ένταση ανέμων, πλούσιο γεωθερμικό πεδίο, μεγάλη ποσότητα βιομάζας και υψηλή ηλιοφάνεια). Σε αρκετές περιοχές έχουν εγκατασταθεί πολλά αιολικά πάρκα ιδιοκτησίας της ΔΕΗ αλλά και άλλων επενδυτών (ΟΤΑ, ιδιωτών). Επίσης, αρκετά είναι και τα ήδη εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά πάρκα, εκμεταλλεύοντας με τον καλύτερο τρόπο οι επενδυτές τα υψηλά επίπεδα ηλιοφάνειας. Υπάρχει επίσης πλήθος ηλιακών θερμοσιφώνων για την θέρμανση νερού για οικιακή χρήση. Επιπλέον, στην Θεσσαλία αναπτύχθηκαν εφαρμογές θέρμανσης θερμοκηπίων με τη βοήθεια της γεωθερμίας, εγκαταστάθηκαν φωτοβολταϊκά συστήματα και συστήματα θέρμανσης νερού για τουριστική χρήση, έγινε προσπάθεια εκμετάλλευσης βιομάζας κυρίως από τα υπολείμματα των ελαιοκαλλιιεργειών. (Ελευθεριάδου, 2007)

Το πλούσιο ηλιακό δυναμικό της περιοχής της Θεσσαλίας, οι ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις για ενέργεια, η ικανοποιητική, από τεχνολογικής σκοπιάς, εφαρμογή των φωτοβολταϊκών, και τα οικονομικά κίνητρα που δόθηκαν σε ιδιώτες αποτέλεσαν βασικούς παράγοντες για την επιπλέον παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη δημιουργία φωτοβολταϊκών πάρκων σε πάρα πολλές περιοχές. (Ελευθεριάδου, 2007)

5.5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας, όπως έχει προαναφερθεί, δεν είναι μόνο η ανεύρεση των πιθανών περιοχών χωροθέτησης φωτοβολταϊκών πάρκων στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, αλλά και ο τρόπος με τον οποίο θα γίνει αυτή η αναζήτηση. Συνεπώς, θεωρήθηκε ότι θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα μοντέλο στο λογισμικό πρόγραμμα ArcGIS (9.3 version) της εταιρίας ESRI, το οποίο αφού θα λαμβάνει υπόψη όλα τα κριτήρια τα οποία ορίζονται εξ' αρχής, εν συνεχεία θα εξάγει όλες τις περιοχές, οι οποίες κρίνονται κατάλληλες για χωροθέτηση Φ/Β πάρκων. Έτσι, θα μπορέσει να γίνει ευκολότερη και ταχύτερη η διαδικασία ανεύρεσης θέσεων για εγκατάσταση πάρκων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας, από τους υποψήφιους επενδυτές, οι οποίοι δεν έχουν την τεχνογνωσία για την αναζήτησή τους.



Για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας, λοιπόν, συγκροτήθηκε μία βάση δεδομένων (γεωβάση) στο λογισμικό πρόγραμμα ArcGIS για την Περιφέρεια Θεσσαλίας που περιέχει:

1. Χρήσεις γης (πηγή: CORINE)
2. Οδικό δίκτυο (κύριο και δευτερεύον) (πηγή: Εργαστήριο Χωρικής Ανάλυσης GIS και Θεματικής Χαρτογραφίας ΤΜΧΠΠΑ)
3. Δίκτυο μέσης και υψηλής τάσης ΔΕΗ (πηγή: Ιδία ψηφιοποίηση από χάρτη ΚΑΠΕ για την Περιφέρεια Θεσσαλίας)
4. Κλίσεις εδάφους (πηγή: Εργαστήριο Χωρικής Ανάλυσης GIS και Θεματικής Χαρτογραφίας ΤΜΧΠΠΑ)
5. Δίκτυο Natura 2000 (πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής)
6. Αισθητικά Δάση και Εθνικοί Δρυμοί (πηγή: <http://www.geodata.gov>)
7. ΖΟΕ (πηγή: Περιφέρεια Θεσσαλίας)
8. Οριοθετημένοι οικισμοί (πηγή: Ιδία ψηφιοποίηση από χάρτες Κτηματολογίου)
9. Παραδοσιακοί οικισμοί (πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού)
10. Αρχαιολογικοί χώροι, αρχαιολογικά μνημεία, μνημεία UNESCO και παγκόσμιας κληρονομιάς (πηγή: Ιδία ψηφιοποίηση από χάρτες Υπουργείο Πολιτισμού για την Περιφέρεια Θεσσαλίας)
11. Υδρογραφικό δίκτυο (ποτάμια, λίμνες) (πηγή: Περιφέρεια Θεσσαλίας).

Θα πρέπει να επισημανθεί, στο σημείο αυτό ότι τα ψηφιακά αρχεία του Δικτύου Μέσης και υψηλής Τάσης αλλά και των αρχαιολογικών χώρων, ψηφιοποιήθηκαν από τον εισηγητή της συγκεκριμένης εργασίας, με στόχο το αντιπροσωπευτικότερο αποτέλεσμα των πιθανών θέσεων χωροθέτησης των φωτοβολταϊκών πάρκων. Συνεπώς, ενδέχεται να παρεκκλίνουν μερικά μέτρα από τα πραγματικά δεδομένα.

Ομοίως με παραπάνω, τα όρια των οριοθετημένων οικισμών, ψηφιοποιήθηκαν από τον εισηγητή της εργασίας, με την βοήθεια του υποβάθρου του Κτηματολογίου. Η ψηφιοποίηση έγινε με στόχο το αντιπροσωπευτικότερο αποτέλεσμα των περιοχών που θα προκύψουν από το μοντέλο που δημιουργήθηκε. Συνεπώς, τα όρια αυτά ενδέχεται να παρεκκλίνουν σημαντικά από τα θεσμοθετημένα όρια των οικισμών και χρησιμοποιούνται μόνο για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας. Στους οικισμούς, όμως, που τα όρια δεν ήταν ιδιαίτερα ευδιάκριτα, τότε

οποιαδήποτε απόσταση από αυτούς, μετρήθηκε από το κέντρο τους. Έτσι, αυτοί οι οικισμοί στην παρούσα εργασία αναφέρονται ως μη οριοθετημένοι οικισμοί.

Έχοντας, λοιπόν, προσδιορίσει το πρόβλημα και την απαιτούμενη βάση δεδομένων, έχουν ουσιαστικά καθοριστεί τα κριτήρια που πρέπει να ικανοποιεί η λύση του προβλήματος και τη μορφή που πρέπει να έχουν τα διάφορα επιθέματα για την εφαρμογή των αναλυτικών διαδικασιών.

Οι περιορισμοί συνδέονται με τις περιοχές αποκλεισμού, όπως αυτές προσδιορίζονται στο ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ και αφορούν τόσο περιοχές ασυμβατότητας όσο και συγκεκριμένες αποστάσεις που πρέπει να τηρούνται από ασύμβατες χρήσεις, και με περιορισμούς στη χωροθέτηση που προκύπτουν από τη συγκεκριμένη τεχνολογία ΑΠΕ και προδιαγραφές που πρέπει να τηρούνται κατά τη χωροθέτησή τους.

#### *5.5.1. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ- ΖΩΝΕΣ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ*

Σύμφωνα με την υφιστάμενη νομοθεσία (ΕΠΧΣΑΑ-ΑΠΕ), υπάρχουν κάποιες περιοχές εντός των οποίων οι οικοδομικές δραστηριότητες ή οποιοδήποτε άλλου είδους δραστηριότητες που πιθανόν να προκαλέσουν αλλοίωση του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος, απαγορεύονται αυστηρά. Ως ζώνες αποκλεισμού για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας, δηλαδή ζώνες στις οποίες πρέπει να αποκλείεται η εγκατάστασή τους, ορίζονται οι εξής κατηγορίες περιοχών:

1. Τα κηρυγμένα διατηρητέα μνημεία της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς και τα άλλα μνημεία μείζονος σημασίας της παρ. 5 ββ) του άρθρου 50 του ν. 3028/2002, καθώς και οι οριοθετημένες αρχαιολογικές ζώνες προστασίας Α που έχουν καθορισθεί κατά τις διατάξεις του άρθρου 91 του ν. 1892/1991 ή καθορίζονται κατά τις διατάξεις του ν. 3028/2002.
2. Οι περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης και του τοπίου που καθορίζονται κατά τις διατάξεις των άρθρων 19 παρ. 1 και 2 και 21 του ν. 1650/1986.
3. Οι πυρήνες των Εθνικών Δρυμών, τα κηρυγμένα μνημεία της φύσης και τα αισθητικά δάση που δεν περιλαμβάνονται στις περιοχές της προηγούμενης περιπτώσεως 2.

4. Οι οικότοποι προτεραιότητας περιοχών της Επικράτειας που έχουν ενταχθεί στον κατάλογο των τόπων κοινοτικής σημασίας του δικτύου ΦΥΣΗ 2000 σύμφωνα με την απόφαση 2006/613/EK της Επιτροπής (ΕΕ L 259 της 21.9.2006, σ. 1).
5. Οι πολυσύχναστοι χώροι, στους οποίους η αντανάκλαση του φωτός από τις εγκαταστάσεις μπορεί να αποτελεί σημαντική όχληση, όπως αυτοί θα αναγνωρίζονται στο πλαίσιο της Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του έργου.
6. Οι γεωργικές γαίες υψηλής παραγωγικότητας.

Οι αποστάσεις εγκατάστασης των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας από τις ζώνες αποκλεισμού της παραγράφου 2 και οι ειδικότεροι όροι χωροθέτησης των συνοδευτικών τους έργων πρέπει να καθορίζονται, κατά περίπτωση, στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, σύμφωνα με τα γενικά κριτήρια της νομοθεσίας και τους τυχόν ειδικούς κανονισμούς και πρότυπα που έχουν θεσμοθετηθεί για ορισμένες κατηγορίες συνοδευτικών έργων (πχ. γραμμές μεταφοράς ΥΤ).

Έτσι λοιπόν ορίστηκαν οι παρακάτω περιορισμοί:

1. **Περιοχές Natura 2000:** Οι προτεινόμενες εκτάσεις θα πρέπει να βρίσκονται τουλάχιστον 200 m μακριά από τις προστατευόμενες περιοχές Natura 2000. Επομένως δημιουργήθηκε μια ζώνη 200 m γύρω από τα όρια των περιοχών Natura 2000 συμπεριλαμβάνοντας και την ίδια την περιοχή, όπως αυτή ορίζεται το ΥΠΕΧΩΔΕ, ώστε να μην επιτραπεί η χρήση των συγκεκριμένων ζωνών για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.
2. **Χώροι Παγκόσμιας Κληρονομιάς:** Να βρίσκονται τουλάχιστον 3.000 m μακριά από αυτούς, σύμφωνα με την υφιστάμενη Νομοθεσία. Δημιουργήθηκε μια ζώνη 3.000 m από τα όρια των περιοχών Παγκόσμιας Κληρονομιάς (μνημεία UNESCO) συμπεριλαμβάνοντας και την ίδια την περιοχή. Είναι μια μεγάλη σε έκταση ζώνης προστασίας που το επιβάλλει ωστόσο η υφιστάμενη νομοθεσία και οι διεθνείς κανονισμοί, έτσι ώστε να μην υπάρχει αλλοίωση του οπτικού πεδίου των αρχαιολογικών χώρων.
3. **Λοιποί Αρχαιολογικοί Χώροι και αρχαιολογικά μνημεία:** Να βρίσκονται τουλάχιστον 500 μέτρα μακριά από τους αρχαιολογικούς χώρους και μνημεία. Τέθηκε με βάση την νομοθεσία, μια ζώνη προστασίας 500 m από τα όρια, που περιλαμβάνει και τις ίδιες τις περιοχές. Δημιουργήθηκε, λοιπόν, μια ζώνη 500 m από τα όρια των αρχαιολογικών χώρων και μνημείων συμπεριλαμβάνοντας και την ίδια την περιοχή.

4. **Προστασία Οικισμών:** Για την ανάγκη της εργασίας έγινε κατηγοριοποίηση των οικισμών ανάλογα με τον πληθυσμό τους, γιατί σύμφωνα με το υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο, για οικισμούς όπου ο πληθυσμός τους υπερβαίνει τα 2000 άτομα η χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών οριοθετείται σε απόσταση πέρα των 500 m. Για οικισμούς με πληθυσμό μικρότερο των 2000 ατόμων, η κατάλληλη απόσταση είναι πέρα των 250 m από τα όρια. Οι αποστάσεις αυτές, αποσκοπούν στην αποφυγή οχλήσεων από αντανάκλασεις του πάρκου στους οικισμούς. Επομένως δημιουργήθηκε μια ζώνη 500 m γύρω από τα όρια των οικισμών με πληθυσμό μεγαλύτερο των 2000 κατοίκων και μία ζώνη 250 m γύρω από τα όρια των οικισμών με πληθυσμό μικρότερο των 2000 κατοίκων συμπεριλαμβάνοντας και την ίδια την περιοχή,
5. **Προστασία Παραδοσιακών Οικισμών:** Δημιουργήθηκε μια ζώνη 1.000 m γύρω από τους παραδοσιακούς οικισμούς, συμπεριλαμβάνοντας και τους ίδιους τους οικισμούς. Η απόσταση αυτή, αποσκοπεί στην αποφυγή οχλήσεων από αντανάκλασεις του πάρκου στους οικισμούς και στην προστασία του τοπίου των παραδοσιακών οικισμών.
6. **Προστασία Υδρογραφικού Δικτύου (ποτάμια- λίμνες):** Οι προτεινόμενες εκτάσεις πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 300 m από ποτάμια και λίμνες.
7. **Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου:** Οι ΖΟΕ προστίθενται στις ζώνες αποκλεισμού, χωρίς να υπάρχει κάποια απόσταση γύρω από αυτές που αποκλείεται.
8. **Εθνικοί Δρυμοί και Αισθητικά Δάση:** Οι Εθνικοί Δρυμοί και τα Αισθητικά Δάση προστίθενται επίσης στις ζώνες αποκλεισμού, χωρίς να υπάρχει επίσης κάποια απόσταση γύρω από αυτές που θα έπρεπε να αποκλειστεί.

#### 5.5.2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ- ΖΩΝΕΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ

Ως περιοχές προτεραιότητας, σύμφωνα με το ΕΠΧΣΑΑ για ΑΠΕ, για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας (Φωτοβολταϊκά πεδία) μπορεί ενδεικτικά να θεωρηθούν οι γυμνές και άγονες περιοχές σε χαμηλό υψόμετρο της ηπειρωτικής και της νησιωτικής χώρας, κατά προτίμηση αθέατες από πολυσύχναστους χώρους, και με δυνατότητες διασύνδεσης με το Δίκτυο ή το Σύστημα. Αναλυτικότερα:

1. **Χρήσεις Γης:** Κατάλληλες περιοχές είναι αυτές που χαρακτηρίζονται με χορτολίβαδα, θάμνους και γυμνό έδαφος. Από την κατηγοριοποίηση που έχει γίνει στις χρήσεις γης του

Cogine έχουν συμπεριληφθεί η μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη, οι ελαιώνες, τα λιβάδια, οι φυσικοί βοσκότοποι, οι θάμνοι και χερσότοποι, οι μεταβατικές δασώδεις θαμνώδεις εκτάσεις, οι εκτάσεις με αραιή βλάστηση και οι αποτεφρωμένες εκτάσεις.

2. **Καταλληλότητα Κύριου Οδικού Δικτύου:** Να βρίσκεται 300 m από αυτό, ώστε να αποφεύγονται οι αντανάκλασεις από την εγκατάσταση και όχι πέραν των 3.000 m ώστε να υπάρχει ευκολία πρόσβασης. Δημιουργήθηκε μια ζώνη μεταξύ 300 m και 3.000 m γύρω από το κύριο οδικό δίκτυο. Το υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο παρουσιάζει κενά κι έτσι η συγκεκριμένη ζώνη τέθηκε αυθαίρετα αλλά σύμφωνα με αυτά που ισχύουν για τους οικισμούς, ώστε να αποφεύγονται πιθανόν αντανάκλασεις από την εγκατάσταση προς το οδικό δίκτυο. Ουσιαστικά, το κριτήριο αυτό αποτελεί κριτήριο βιωσιμότητας του ΦΒ πάρκου.
3. **Καταλληλότητα λοιπού Οδικού Δικτύου:** Το λοιπό οδικό δίκτυο, περιλαμβάνει τους δευτερεύοντες δρόμους του. Έτσι δημιουργήθηκε μια ζώνη καταλληλότητας από τα όρια των δρόμων αυτών, έως και σε απόσταση 3.000 m, όπως και στο κύριο οδικό δίκτυο. Η απόσταση αυτή θεωρήθηκε ως ιδανική, ώστε να μην επιβαρύνει το όλο έργο με περαιτέρω οικονομικό κόστος (δημιουργία δρόμων κ.τ.λ.) αλλά και να υπάρχει σχετικά εύκολη προσβασιμότητα στο πάρκο. Ουσιαστικά, όπως και παραπάνω, το κριτήριο αυτό αποτελεί κριτήριο βιωσιμότητας του ΦΒ πάρκου.
4. **Καταλληλότητα Δικτύου Υψηλής και Μέσης Τάσης:** Επίσης ένας σημαντικός παράγοντας χωροθέτησης είναι η παρουσία δικτύου ηλεκτροδότησης για τη διοχέτευση της παραγόμενης ισχύος. Για να δημιουργηθεί μια ζώνη καταλληλότητας γύρω από το δίκτυο ηλεκτροδότησης, τέθηκε μια μέγιστη απόσταση από τα όρια του δικτύου στα 2.500m για το δίκτυο υψηλής τάσης και 1.500 m για το δίκτυο μέσης αντίστοιχα. Δηλαδή, αυτό που εξυπηρετεί στην εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών, βρίσκεται εντός των 2.500 και 1.500 m. Η απόσταση αυτή ορίστηκε θεωρώντας ότι οποιαδήποτε δραστηριότητα πέρα από αυτό το όριο θεωρείται οικονομικά ασύμφορη γιατί θα χρειαστεί κατασκευή δρόμων και τοποθέτηση στύλων της ΔΕΗ, και δεν αναφέρεται σε κανένα νομοθετικό πλαίσιο. Συνεπώς, αποτελεί κριτήριο βιωσιμότητας του πάρκου.
5. **Κατάλληλες Κλίσεις Εδάφους:** Ένα άλλο σημαντικό επίθεμα, αποτελούν οι κατάλληλες κλίσεις εδάφους. Θεωρήθηκε ότι οι κατάλληλες κλίσεις, αυτές δηλαδή που μας προσδίδουν την μέγιστη επιθυμητή ακτινοβολία, την ευκολότερη εγκατάστασή των

φωτοβολταϊκών συστημάτων και κατά συνέπεια μέγιστη απόδοση των φωτοβολταϊκών, είναι οι επίπεδες κλίσεις. Όπως, γίνεται αντιληπτό, και αυτό το κριτήριο έχει ληφθεί με στόχο την βιωσιμότητα του πάρκου και δεν αποτελεί στοιχείο που περιλαμβάνεται στην ελληνική Νομοθεσία.

6. **Κατάλληλο Ηλιακό Δυναμικό:** Το φυσικό κεφάλαιο και συγκεκριμένα η ηλιοφάνεια είναι ένας σημαντικός παράγοντας που ενισχύει τη χωροθέτηση ΑΠΕ σε μια περιοχή. Επιλέγονται, λοιπόν, περιοχές με υψηλά επίπεδα ηλιοφάνειας, διότι σε αυτές τις περιοχές, η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος είναι μεγαλύτερη. Η Περιφέρεια Θεσσαλίας είναι πλούσια σε ηλιακό δυναμικό και όπως φαίνεται και στον χάρτη, ο οποίος έχει επισυναφτεί παραπάνω, παρουσιάζει παρεμφερείς αλλά ακόμα και ίδιες τιμές στο μεγαλύτερο μέρος της έκτασής της.
7. **Κατάλληλο μέγεθος οικοπέδων:** Τα τελικά οικόπεδα που θα προκύψουν πρέπει να έχουν ελάχιστο εμβαδό 1 στρέμμα για λόγους βιωσιμότητας του πάρκου, εάν υπολογιστεί ότι ένα πάρκο 1 στρέμματος ισούται με 50 KWp.

#### 5.6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΠΟΛΥ – ΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ArcGIS 9.3

Η εφαρμογή των κριτηρίων για την χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, με στόχο την γρηγορότερη και ευκολότερη ανεύρεσή τους, πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό πρόγραμμα της ESRI, ArcGIS 9.3. Μέσω της δημιουργίας ενός μοντέλου στην εργαλειοθήκη του προγράμματος, στο οποίο μπόρεσε να εισαχθεί όλη η υπάρχουσα Νομοθεσία για την εγκατάσταση Φ/Β πάρκων αλλά και τα κριτήρια βιωσιμότητας και καταλληλότητας που ορίστηκαν παραπάνω, έγινε εφικτή η αναζήτηση και η ανεύρεση όλων των κατάλληλων περιοχών σε υπερβολικά μικρό χρονικό διάστημα σε σχέση με την εφαρμογή οποιασδήποτε άλλης μεθόδου.

Η λογική που εφαρμόστηκε στην μέθοδο ανεύρεσης των περιοχών εγκατάστασης ήταν η αναζήτηση, αρχικά, όλων εκείνων των περιοχών που κρίνονται κατάλληλες, είτε απομονώνοντας τις περιοχές οι οποίες σύμφωνα με την Νομοθεσία έπρεπε να αποκλειστούν, είτε αναδεικνύοντας εκείνες που στο εσωτερικό τους και μόνο μπορούσε να γίνει η οποιαδήποτε χωροθέτηση. Εν συνεχεία, βρέθηκε η τομή όλων αυτών των περιοχών με αποτέλεσμα την ανάδειξη των κατάλληλων περιοχών στις οποίες εφαρμόζονταν όλα τα κριτήρια. Σε αυτήν, λοιπόν, την

ενότητα θα αναλυθεί ο τρόπος χρησιμοποίησης του λογισμικού προγράμματος ArcGIS με στόχο την εφαρμογή της πολύ - κριτηριακής ανάλυσης.

Στο μοντέλο που δημιουργήθηκε, εν συντομία, εισήχθησαν όλα τα παρακάτω κριτήρια, που καθένα από αυτά επεξεργάστηκε ξεχωριστά:

1. Περιοχή μελέτης
2. Περιοχές που υπάγονται στο πρόγραμμα Natura 2000
3. Αρχαιολογικοί χώροι παγκόσμιας κληρονομιάς (UNESCO)
4. Λοιποί Αρχαιολογικοί Χώροι
5. Αρχαιολογικά Μνημεία
6. Κύριο Οδικό Δίκτυο
7. Λοιπό Οδικό Δίκτυο
8. Οριοθετημένοι οικισμοί με πληθυσμό άνω των 2000 κατοίκων
9. Οριοθετημένοι οικισμοί με πληθυσμό κάτω των 2000 κατοίκων
10. Παραδοσιακοί οικισμοί
11. Λίμνες
12. Ποτάμια
13. Δίκτυο Υψηλής Τάσης Δ.Ε.Η.
14. Δίκτυο Μέσης Τάσης Δ.Ε.Η.
15. Περιοχές που βρίσκονται εντός Ζωνών Οικιστικού Ελέγχου
16. Κλίσεις εδάφους
17. Χρήσεις γης
18. Περιοχές που κρίνονται ως εθνικοί δρυμοί
19. Δάση που κρίνονται ως αισθητικά

Για την ευκολότερη κατανόηση του τρόπου που λειτουργεί το μοντέλο παρακάτω θα αναφερθούν όλα οι εντολές, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του αλλά και ποιά λειτουργία αυτά πραγματοποιούν:

1. **Buffer:** Δημιουργεί ζώνες γύρω από πολυγωνικά, σημειακά αλλά και γραμμικά αρχεία.
2. **Select by an Attribute:** Επιλέγει εγγραφές σε ένα αρχείο ανάλογα με κάποια ιδιότητά του.
3. **Erase:** Κόβει μία περιοχή, η οποία πρέπει να διαγραφεί, μέσα από μία άλλη.

4. **Union:** Ενώνει δύο ή περισσότερες περιοχές μεταξύ τους με σκοπό την επεξεργασία τους ως ενιαία.
5. **Intersect:** Βρίσκει την τομή όλων των περιοχών που δίνονται, με στόχο την ανεύρεση μόνο των κοινών περιοχών.
6. **Dissolve:** Αφαιρεί γραμμές είτε που βρίσκονται εντός μίας ενιαίας περιοχής είτε που βρίσκονται μεταξύ γειτονικών περιοχών.
7. **Multipart to Singlepart:** Διαχωρίζει περιοχές που αναγνωρίζονται σαν μία, ενώ είναι διαφορετικές και απομονωμένες, σε ξεχωριστές.
8. **Feature Class to Feature Class:** Κάνει εξαγωγή ένα τελικό αρχείο μέσα σε μία γεωβάση και έχει την δυνατότητα επιλογής εγγραφών ανάλογα με μία συγκεκριμένη ιδιότητά τους.

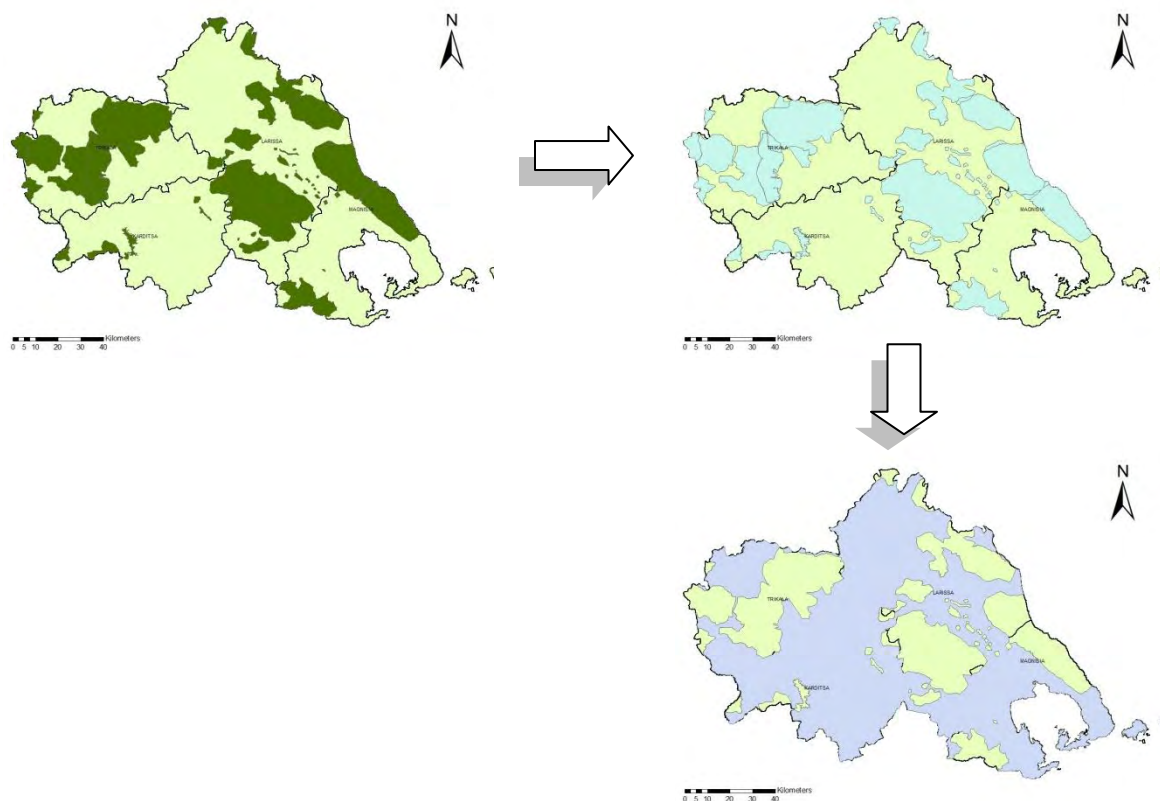
#### 5.6.1. ΤΡΟΠΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Για να μπορέσει να γίνει περισσότερο κατανοητή η διαδικασία κάτω από την οποία λειτουργεί το πρόγραμμα ανεύρεσης των κατάλληλων περιοχών εγκατάστασης Φωτοβολταϊκών Πάρκων κρίθηκε σκόπιμο να αναφερθεί περιληπτικά ο τρόπος επεξεργασίας κάθε κριτηρίου, που αναφέρονται παραπάνω, ξεχωριστά και σε περιβάλλον ArcGIS.

##### 5.6.1.1. ΠΕΡΙΟΧΕΣ NATURA 2000

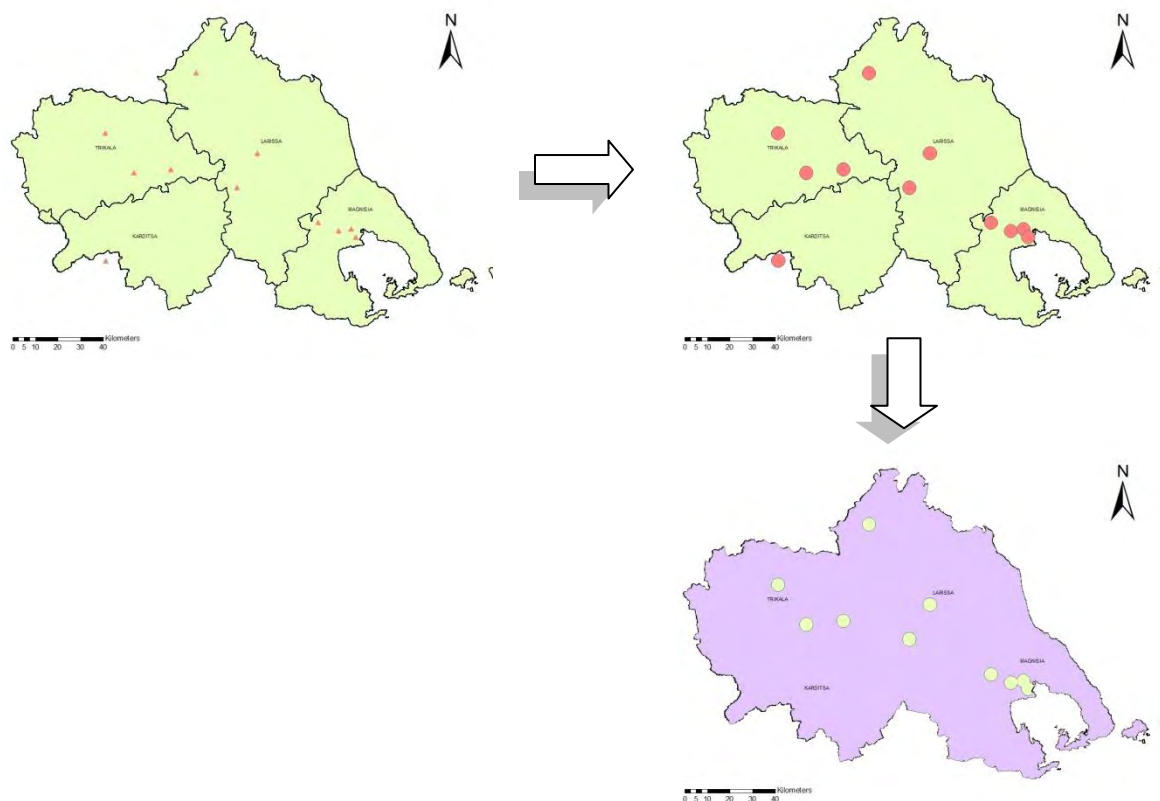
Δημιουργήθηκε μία ζώνη 200 μέτρων γύρω από τις περιοχές, με την βοήθεια της εντολής Buffer, στην οποία περιλαμβάνονται και οι ίδιες οι περιοχές του δικτύου Natura 2000. Εν συνεχεία, οι περιοχές αυτές αφαιρέθηκαν από το layer της περιοχής μελέτης (Θεσσαλία), με την βοήθεια της εντολής erase. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η ανάδειξη των περιοχών εκείνων που πληρούν το κριτήριο της κατάλληλης απόστασης από τις περιοχές Natura 2000.





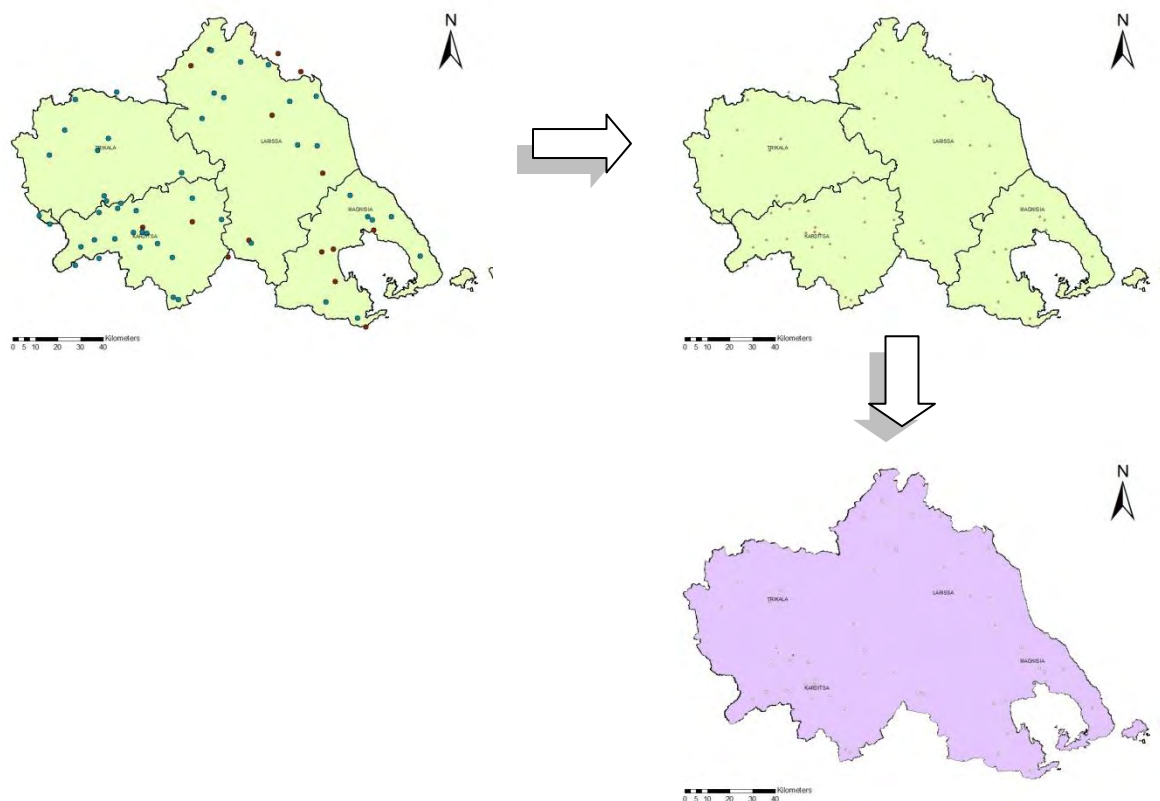
#### 5.6.1.2. ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ (UNESCO)

Δημιουργήθηκε μία ζώνη 3000 μέτρων γύρω από τους αρχαιολογικούς χώρους παγκόσμιας κληρονομιάς, με την βοήθεια της εντολής Buffer. Εν συνέχεια, οι περιοχές αυτές αφαιρέθηκαν από το layer της περιοχής μελέτης (Θεσσαλία), με την βοήθεια της εντολής erase. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η ανάδειξη των περιοχών εκείνων που πληρούν το κριτήριο της κατάλληλης απόστασης από αρχαιολογικούς χώρους παγκόσμιας σημασίας.



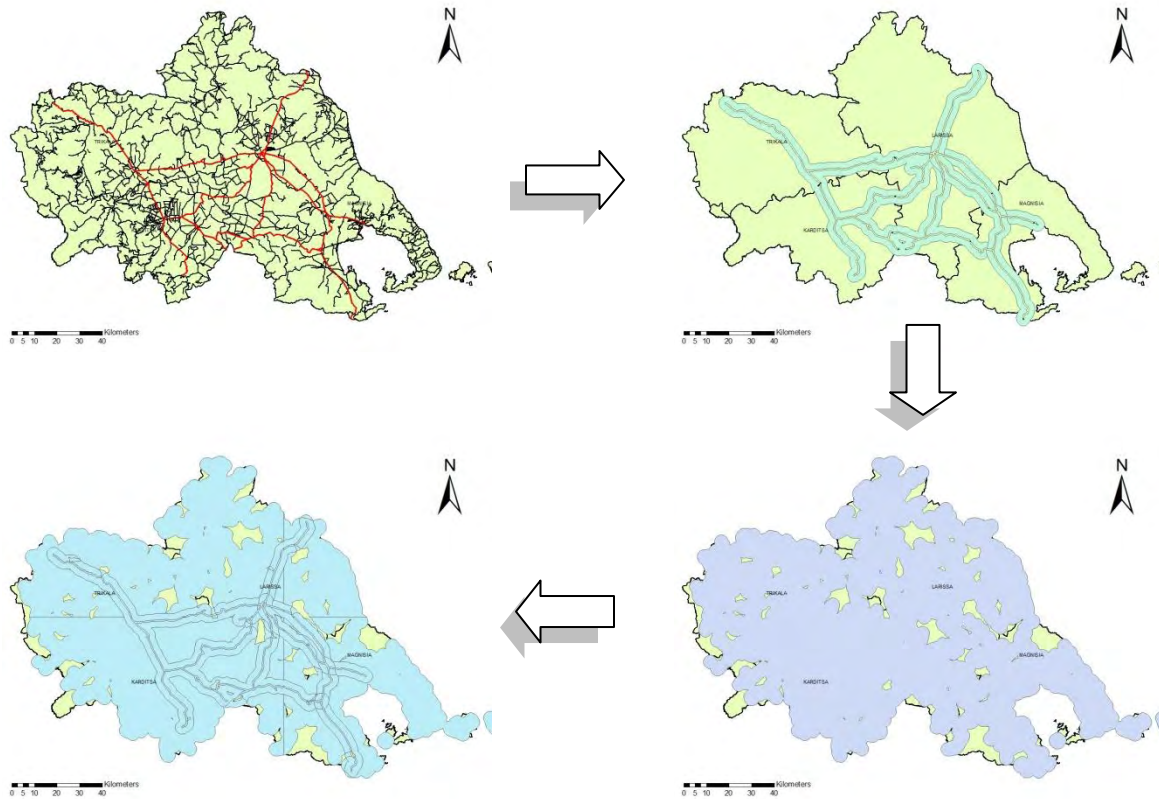
### 5.6.1.3. ΛΟΙΠΟΙ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ ΚΑΙ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΑ ΜΝΗΜΕΙΑ

Δημιουργήθηκε μία ζώνη 500 μέτρων γύρω από τους υπόλοιπους αρχαιολογικούς χώρους, με την βοήθεια της εντολής Buffer. Εν συνεχεία, οι περιοχές αυτές αφαιρέθηκαν από το layer της περιοχής μελέτης (Θεσσαλία), με την βοήθεια της εντολής erase. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η ανάδειξη των περιοχών εκείνων που πληρούν το κριτήριο της κατάλληλης απόστασης από αρχαιολογικούς χώρους.



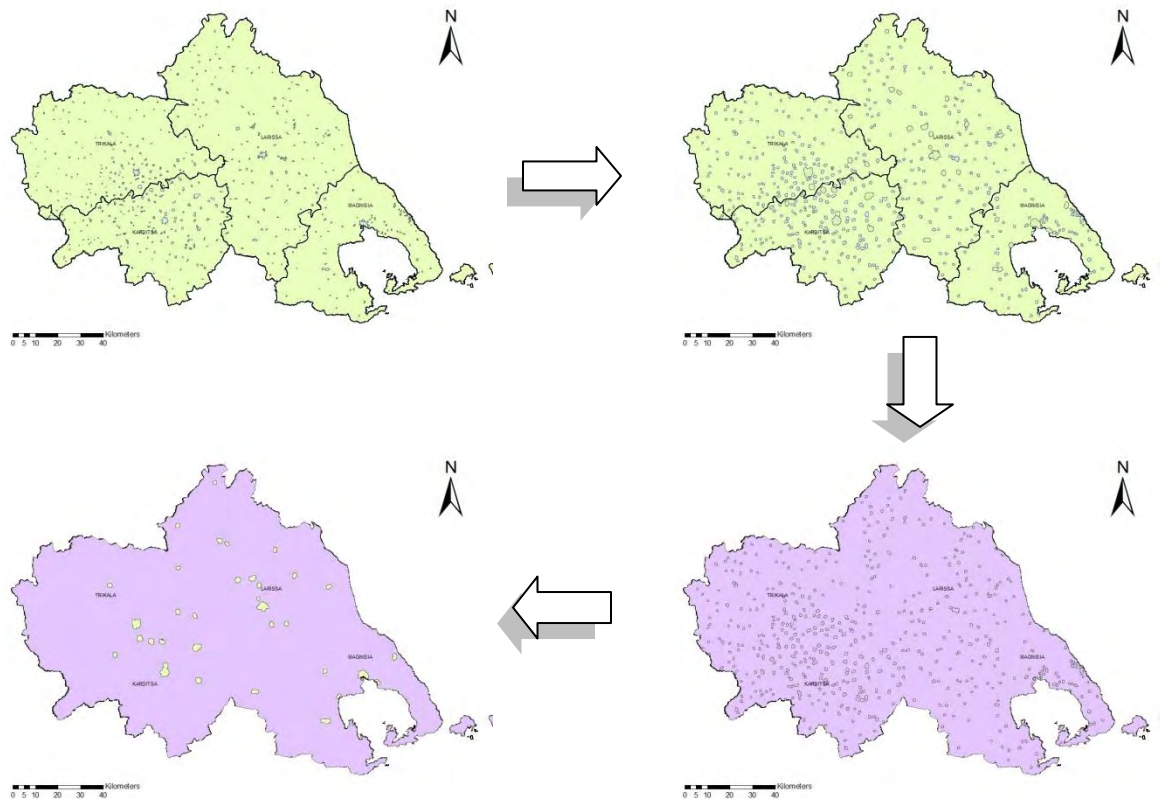
#### 5.6.1.4. ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Σε πρώτη φάση, από το layer οδικού δικτύου επιλέγεται το κύριο οδικό δίκτυο, με την βοήθεια της εντολής *Select by an Attribute*. Ύστερα, δημιουργείται μία ζώνη 500 μέτρων και μία ζώνη 3000 μέτρων γύρω από αυτό, με την βοήθεια της εντολής *buffer*. Σε δεύτερη φάση, επιλέγεται το λοιπό οδικό δίκτυο, με την βοήθεια της εντολής *Select by an Attribute*. Ύστερα, δημιουργείται όπως και παραπάνω μία ζώνη 3000 μέτρων γύρω από αυτό. Για να μπορέσουμε να χειριζόμαστε αυτές τις ζώνες σαν ενιαίες, τις ενώνουμε, με την βοήθεια της εντολής *union*. Εν τέλει, αφαιρείται η ζώνη 300 μέτρων γύρω από το κύριο οδικό δίκτυο, η οποία κρίνεται ως ακατάλληλη, με την βοήθεια της εντολής *erase*. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η ανάδειξη των περιοχών εκείνων που πληρούν το κριτήριο της κατάλληλης απόστασης από το οδικό δίκτυο.



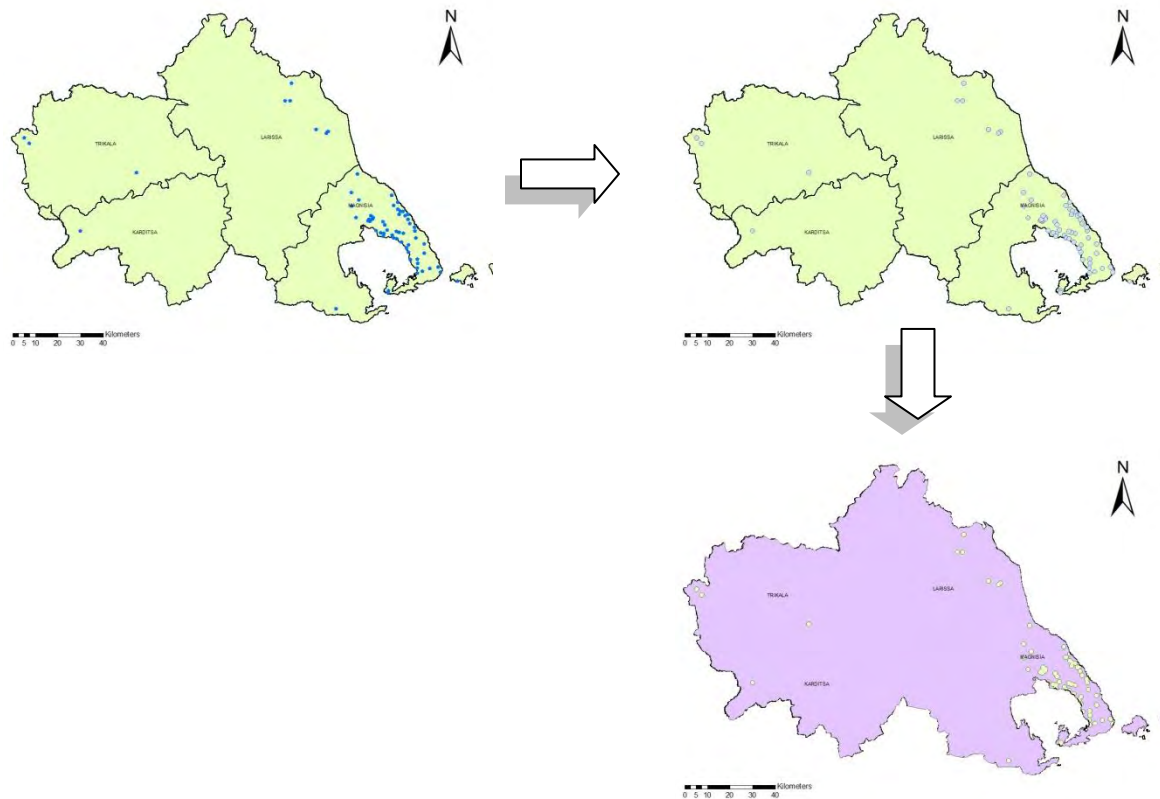
#### 5.6.1.5. ΟΡΙΟΘΕΤΗΜΕΝΟΙ ΚΑΙ ΜΗ ΟΡΙΟΘΕΤΗΜΕΝΟΙ ΟΙΚΙΣΜΟΙ

Αρχικά, από το layer των οριοθετημένων οικισμών επιλέγονται οι οικισμοί, οι οποίοι έχουν πληθυσμό άνω των 2000 κατοίκων, με την βοήθεια της εντολής *Select by an Attribute*, και δημιουργείται μία ζώνη 500 μέτρων περιμετρικά από τα όρια τους, με την βοήθεια της εντολής *buffer*. Εν συνέχεια, επιλέγονται οι οικισμοί, οι οποίοι έχουν πληθυσμό κάτω των 2000 κατοίκων, με την βοήθεια της εντολής *Select by an Attribute*, και δημιουργείται μία ζώνη 250 μέτρων περιμετρικά από τα όρια τους, με την βοήθεια της εντολής *buffer*. Εν τέλει, αφαιρούνται οι περιοχές αυτές από το layer της περιοχής μελέτης (Θεσσαλία), με την βοήθεια της εντολής *erase*. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για την ανεύρεση των κατάλληλων περιοχών γύρω από τους μη οριοθετημένους οικισμούς. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η ανάδειξη των περιοχών εκείνων που πληρούν το κριτήριο της κατάλληλης απόστασης από τους οριοθετημένους και τους μη οριοθετημένους οικισμούς. Στις εικόνες που ακολουθούν, φαίνεται η διαδικασία που ακολουθείται μόνο για τους οριοθετημένους οικισμούς.



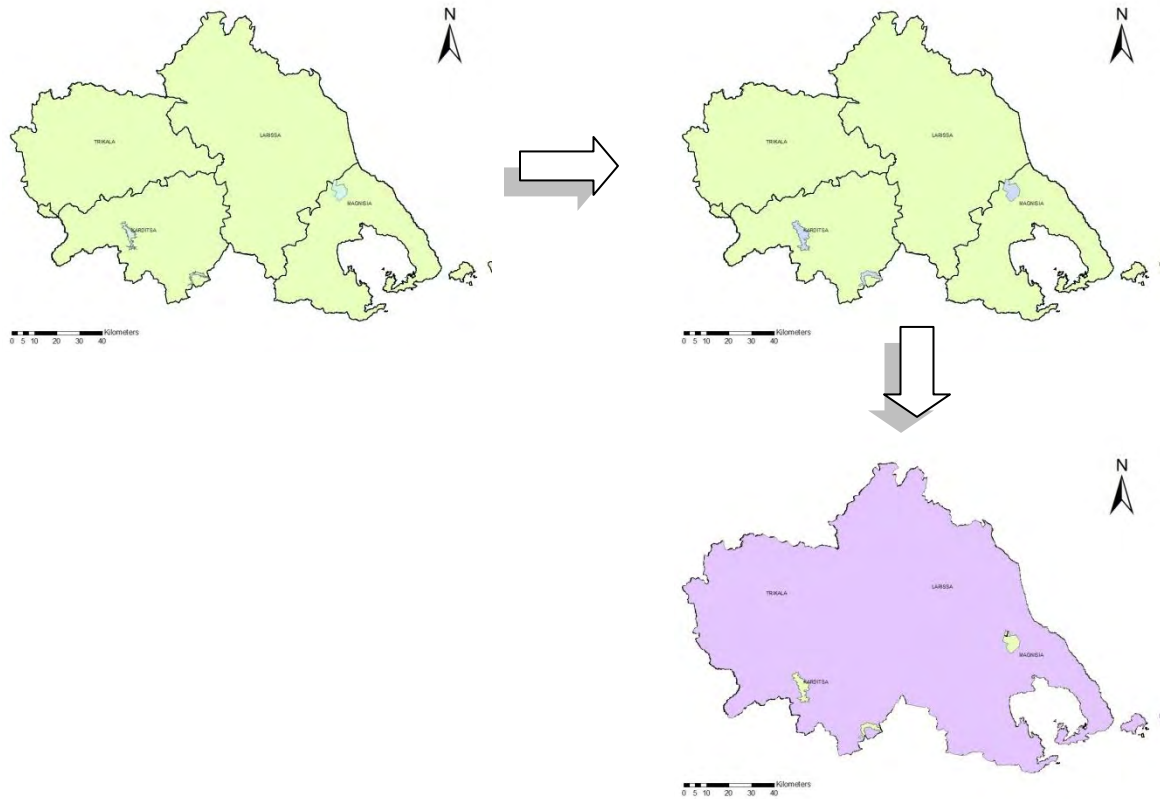
#### 5.6.1.6. ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΙ ΟΙΚΙΣΜΟΙ

Δημιουργήθηκε μία ζώνη 1000 μέτρων γύρω από τους παραδοσιακούς οικισμούς, με την βοήθεια της εντολής Buffer. Εν συνεχεία, οι περιοχές αυτές αφαιρέθηκαν από το layer της περιοχής μελέτης (Θεσσαλία), με την βοήθεια της εντολής erase. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η ανάδειξη των περιοχών εκείνων που πληρούν το κριτήριο της κατάλληλης απόστασης από τους παραδοσιακούς οικισμούς.



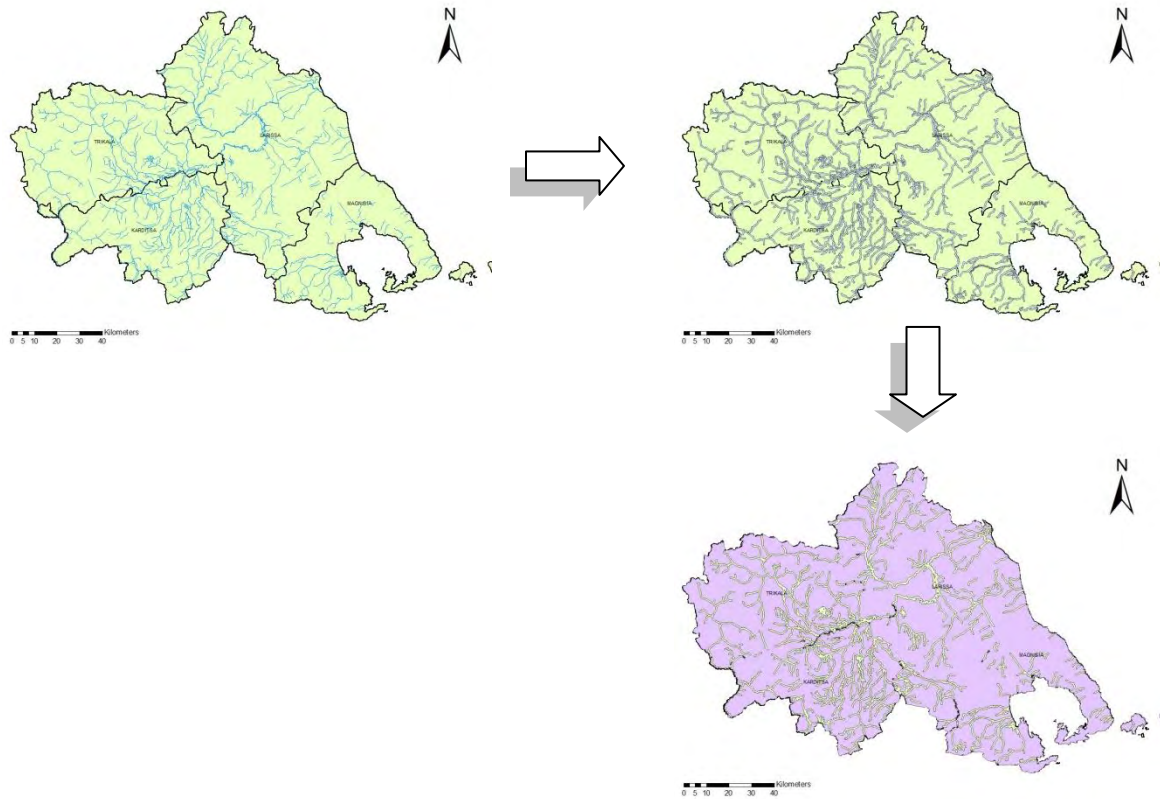
#### 5.6.1.7. ΛΙΜΝΕΣ

Δημιουργήθηκε μία ζώνη 250 μέτρων γύρω από τις λίμνες, με την βοήθεια της εντολής Buffer, στην οποία περιλαμβάνονται και οι ίδιες οι εκτάσεις των λιμνών. Εν συνεχεία, οι ζώνες αυτές αφαιρέθηκαν από το layer της περιοχής μελέτης (Θεσσαλία), με την βοήθεια της εντολής erase. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η ανάδειξη των περιοχών εκείνων που πληρούν το κριτήριο της κατάλληλης απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο.



#### 5.6.1.8. ΠΟΤΑΜΙΑ

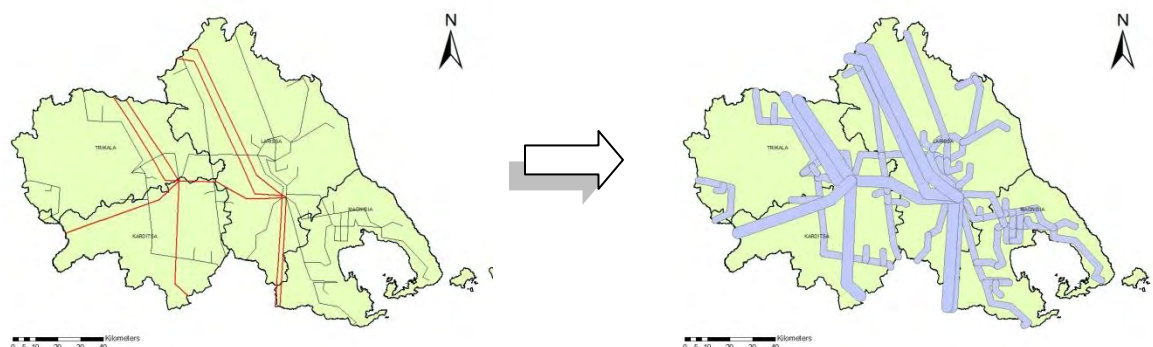
Δημιουργήθηκε μία ζώνη 250 μέτρων γύρω από τα ποτάμια, με την βοήθεια της εντολής Buffer. Εν συνεχεία, οι ζώνες αυτές αφαιρέθηκαν από το layer της περιοχής μελέτης (Θεσσαλία), με την βοήθεια της εντολής erase. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η ανάδειξη των περιοχών εκείνων που πληρούν το κριτήριο της κατάλληλης απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο.



#### 5.6.1.9. ΔΙΚΤΥΟ ΥΨΗΛΗΣ ΚΑΙ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΤΗΣ Δ.Ε.Η.

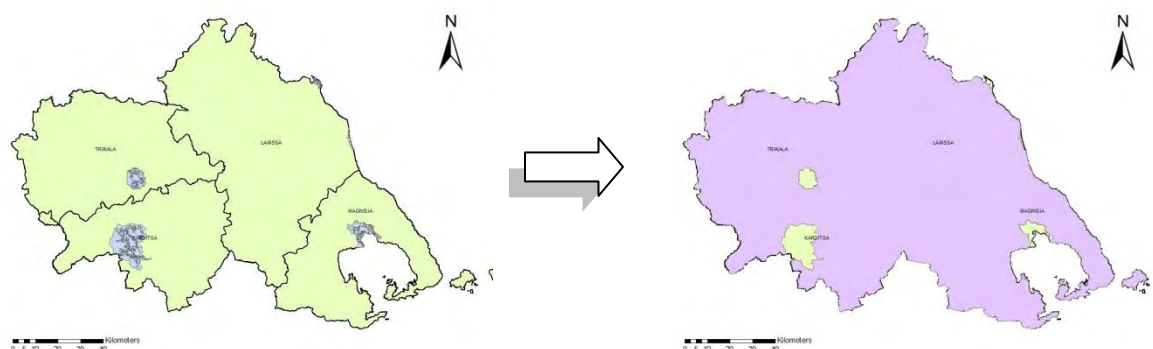
Δημιουργήθηκε μία ζώνη 2500 μέτρων γύρω από το δίκτυο Υψηλής τάσης και μία ζώνη 1500 μέτρων γύρω από το δίκτυο Μέσης τάσης, με την βοήθεια της εντολής Buffer. Για να μπορέσουμε να χειριζόμαστε αυτές τις ζώνες σαν ενιαία, τις ενώνουμε, με την βοήθεια της εντολής union. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η ανάδειξη των περιοχών εκείνων που πληρούν το κριτήριο της κατάλληλης απόστασης από το δίκτυο Υψηλής και Μέσης τάσης της Δ.Ε.Η..





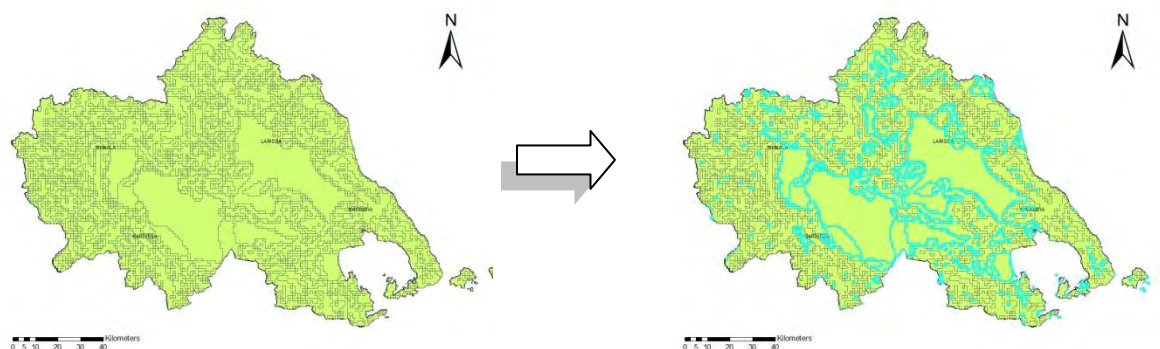
#### 5.6.1.10. ΖΩΝΕΣ ΟΙΚΙΣΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ (ZOE)

Οι Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου αφαιρούνται από το layer της περιοχής μελέτης (Θεσσαλία), με την βοήθεια της εντολής erase. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η ανάδειξη των περιοχών εκείνων που πληρούν το κριτήριο της εξαίρεσης των περιοχών που βρίσκονται εντός των Ζωνών Οικιστικού Ελέγχου.



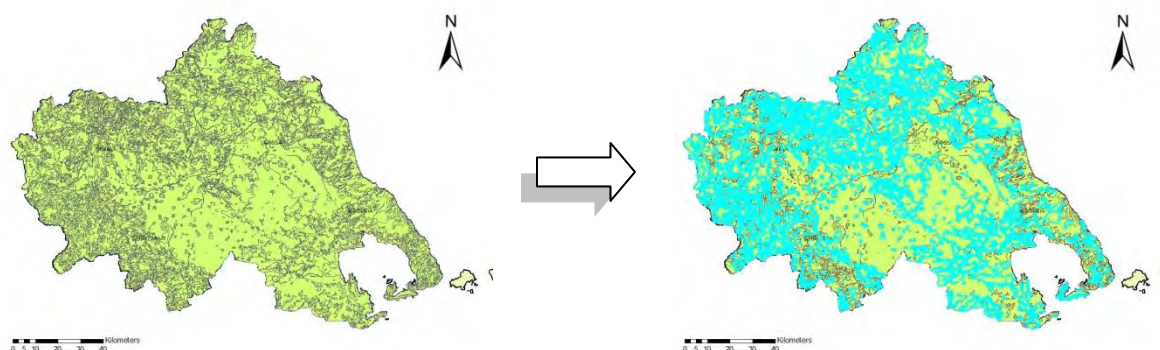
#### 5.6.1.11. ΚΛΙΣΕΙΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Επιλέγονται όλες οι επίπεδες κλίσεις, με την βοήθεια της εντολής Select by an Attribute. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η ανάδειξη των περιοχών εκείνων που πληρούν το κριτήριο των κατάλληλων κλίσεων εδάφους.



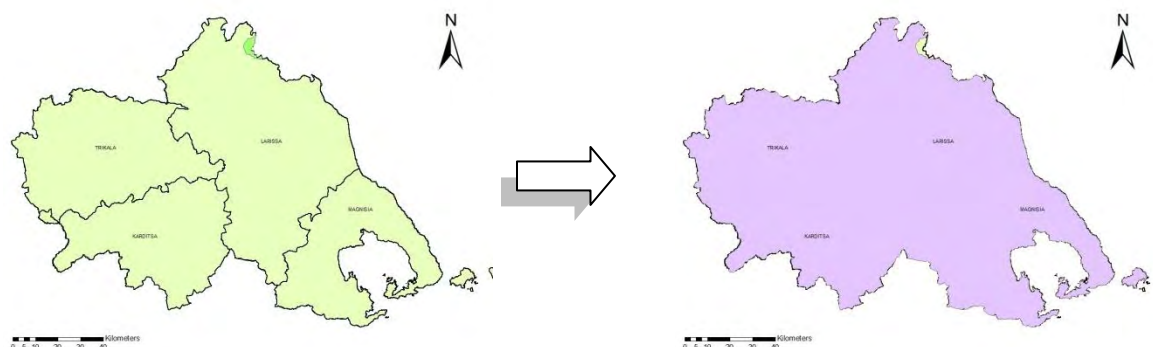
## 5.6.1.12. ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

Επιλέγονται όλες οι κατάλληλες χρήσεις γης, με την βοήθεια της εντολής Select by an Attribute. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η ανάδειξη των περιοχών εκείνων που πληρούν το κριτήριο των κατάλληλων χρήσεων γης.



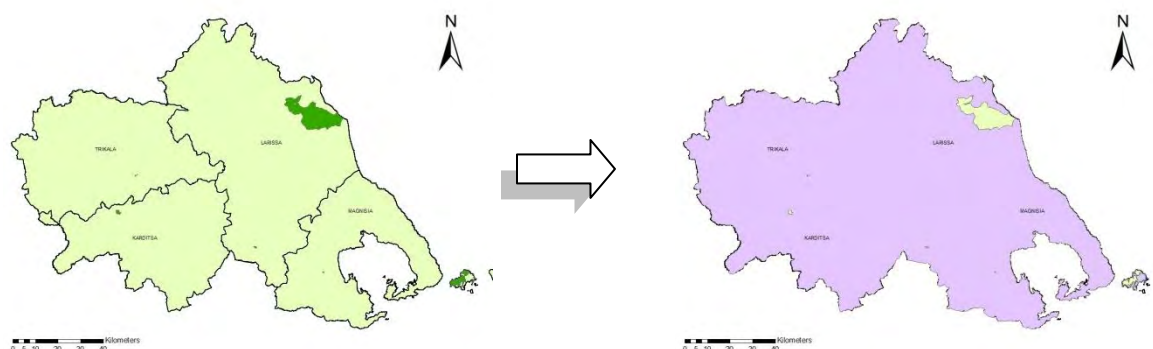
## 5.6.1.13. ΕΘΝΙΚΟΙ ΔΡΥΜΟΙ

Οι Εθνικοί Δρυμοί αφαιρούνται από το layer της περιοχής μελέτης (Θεσσαλία), με την βοήθεια της εντολής erase. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η ανάδειξη των περιοχών εκείνων που πληρούν το κριτήριο της εξαίρεσης των περιοχών που βρίσκονται εντός των Εθνικών Δρυμών.



#### 5.6.1.14. ΑΙΣΘΗΤΙΚΑ ΔΑΣΗ

Τα αισθητικά δάση αφαιρούνται από το layer της περιοχής μελέτης (Θεσσαλία), με την βοήθεια της εντολής erase. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η ανάδειξη των περιοχών εκείνων που πληρούν το κριτήριο της εξαίρεσης των περιοχών που βρίσκονται εντός των Αισθητικών Δασών.

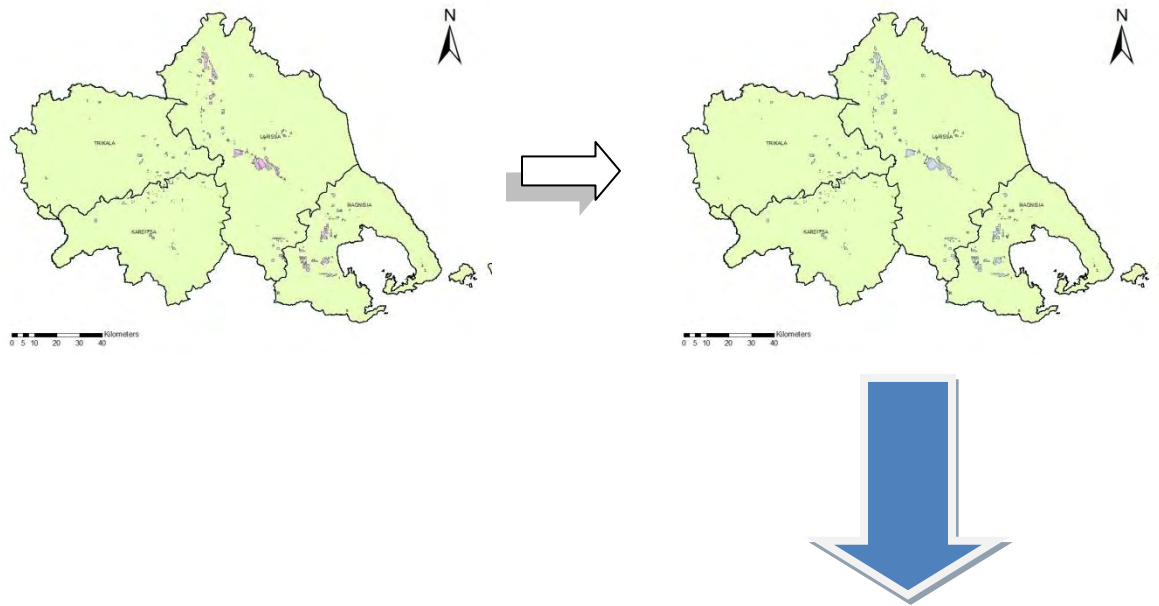


#### 5.6.1.15. ΑΝΕΥΡΕΣΗ ΤΩΝ ΤΕΛΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΠΡΟΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ Φ/Β ΠΑΡΚΩΝ

Για την ανεύρεση των τελικών περιοχών, που πληρούν όλα τα κριτήρια, που δόθηκαν, πραγματοποιείται η διαδικασία της τομής όλων των περιοχών, οι οποίες βρέθηκαν παραπάνω. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με την βοήθεια της εντολής Intersect. Επειδή, όμως, στις περιοχές που προέκυψαν από την τομή, παρεμβάλλονται γραμμές, ως αποτέλεσμα της τομής πολλών περιοχών, πραγματοποιείται η διαγραφή αυτών, με την βοήθεια της εντολής Dissolve (Unsplit Lines). Εν συνεχεία, χρησιμοποιείται το εργαλείο Multipart to Singlepart για να

*Κωνσταντόπουλος Διονύσιος*

διαχωριστούν οι περιοχές της τομής, επειδή λόγω της εντολής Dissolve, εμφανίζονται σαν μία εγγραφή. Εν τέλει, για να εξαχθεί το αποτέλεσμα σε μία γεωβάση σαν τελικό αρχείο, αλλά και για να επιλεγθούν οι περιοχές εκείνες που έχουν έκταση άνω των 1000 τ.μ., χρησιμοποιείται η εντολή Feature Class to Feature Class.





Χάρτης 1: Τελικές περιοχές προς χωροθέτηση Φωτοβολταϊκών Πάρκων

### 5.7. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Σκοπός της δημιουργίας του μοντέλου ανεύρεσης κατάλληλων περιοχών για εγκατάσταση Φ/Β πάρκων δεν είναι μόνο η αναζήτησή τους από την ομάδα μελέτης αλλά και η χρησιμοποίησή του από οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο, ο οποίος στοχεύει στην εύρεση περιοχών για οποιαδήποτε περιοχή μελέτης επιθυμεί. Για τον λόγο αυτό, στο μοντέλο δόθηκαν κάποιες παράμετροι, οι οποίες μπορούν να αλλάζουν ανάλογα με τις συνθήκες της εκάστοτε έρευνας σε οποιαδήποτε περιοχή.

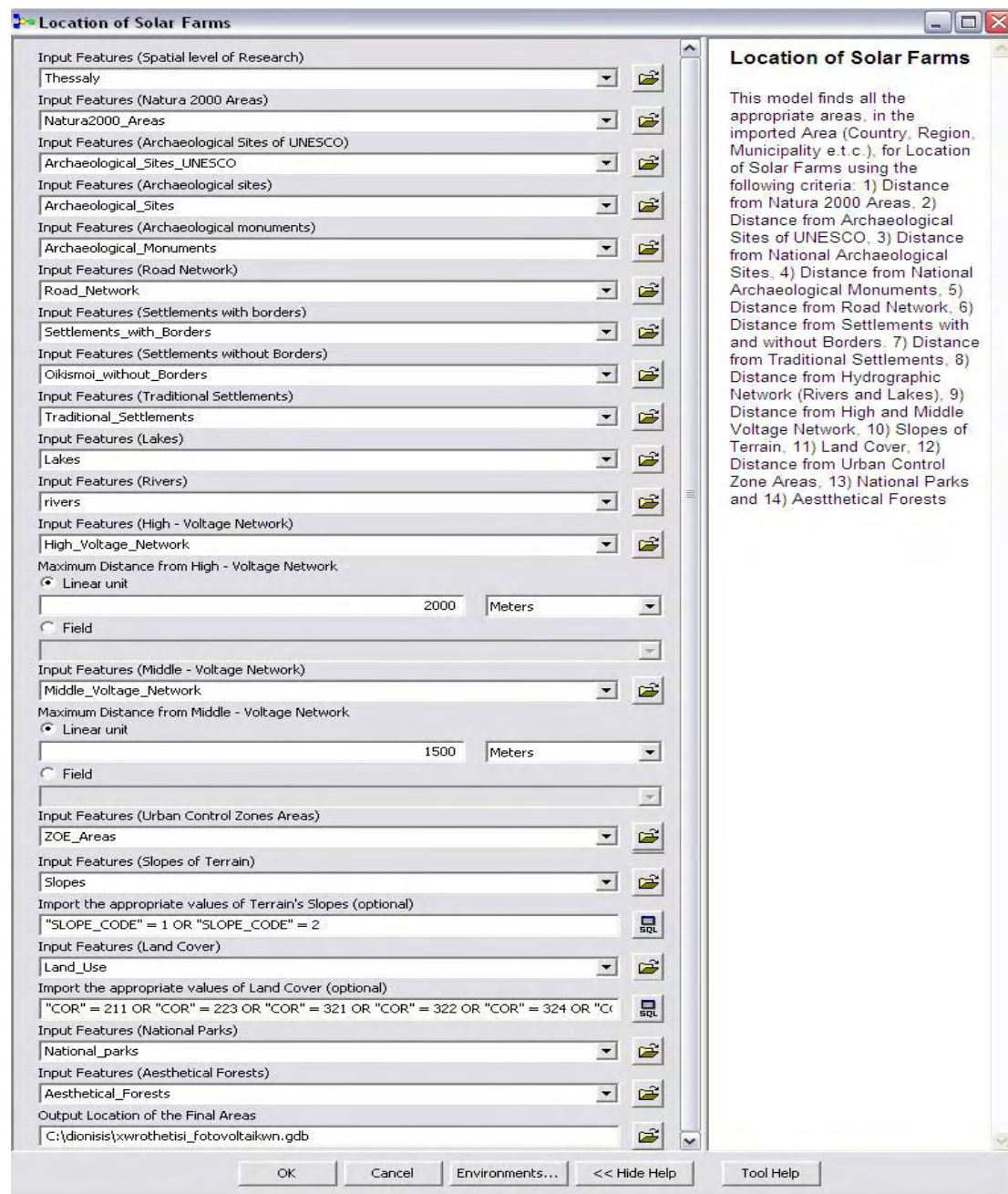
Οι παράμετροι που δόθηκαν, αφορούν μόνο σε αρχεία και κριτήρια που είναι ανεξάρτητα της Νομοθεσίας και έχουν μόνο σχέση είτε με αρχεία υποβάθρου είτε σε κριτήρια βιωσιμότητας, τα οποία εξαρτώνται ουσιαστικά από το ύψος του κεφαλαίου που διατίθεται.

Συνεπώς, οι παράμετροι που δόθηκαν αναφέρονται αναλυτικά παρακάτω και φαίνονται και αναλυτικότερα στην εικόνα :

1. Επιλογή αρχείου περιοχής μελέτης
2. Επιλογή αρχείου περιοχών Natura 2000
3. Επιλογή αρχείου Αρχαιολογικών Χώρων Παγκόσμιας Σημασίας
4. Επιλογή αρχείου λοιπών Αρχαιολογικών Χώρων
5. Επιλογή αρχείου Αρχαιολογικών Μνημείων
6. Επιλογή αρχείου Οδικού Δικτύου
7. Επιλογή αρχείου Οριοθετημένων Οικισμών
8. Επιλογή αρχείου Παραδοσιακών Οικισμών
9. Επιλογή αρχείου Λιμνών
10. Επιλογή αρχείου Ποταμών
11. Επιλογή αρχείου Δικτύου Τάσης Δ.Ε.Η.
12. Επιλογή μέγιστης απόστασης από δίκτυο Υψηλής Τάσης
13. Επιλογή μέγιστης απόστασης από δίκτυο Μέσης Τάσης
14. Επιλογή αρχείου Ζωνών Οικιστικού Ελέγχου
15. Επιλογή αρχείου Κλίσεων Εδάφους
16. Επιλογή είδους κλίσεων εδάφους
17. Επιλογή αρχείου Χρήσεων Γης
18. Επιλογή είδους χρήσεων Γης

Κωνσταντόπουλος Διονύσιος

19. Επιλογή αρχείου Εθνικών Δρυμών
20. Επιλογή αρχείου Αισθητικών Δασών
21. Επιλογή αποθήκευσης τελικού αρχείου



Εικόνα 21: Παράθυρο επιλογής παραμέτρων του Μοντέλου

### 5.8. ΚΕΙΜΕΝΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Εν τέλει, πραγματοποιήθηκε και η κατάλληλη τεκμηρίωση του μοντέλου με στόχο την καλύτερη κατανόησή του από οποιονδήποτε θελήσει να το χρησιμοποιήσει. Η εν λόγω τεκμηρίωση γράφτηκε στην αγγλική γλώσσα για ευνόητους λόγους και περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

1. Μία σύντομη περίληψη των ενεργειών που πραγματοποιεί το μοντέλο
2. Λέξεις κλειδιά
3. Τους ερευνητές που το δημιούργησαν
4. Μία εκτενής περίληψη της λογικής του και των κριτηρίων που λαμβάνει υπόψη
5. Υποδείξεις για ευκολότερη και ορθότερη χρήση του
6. Επεξήγηση κάθε παραμέτρου

### 5.9. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το μοντέλο που δημιουργήθηκε παραπάνω, μας δίνει την δυνατότητα της εύκολης και ταχύτερης ανεύρεσης των περιοχών που κρίνονται τόσο κατάλληλες όσο και βιωσιμότερες για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων. Οι περιοχές που εξάγονται συγκεντρώνουν όλες τις προϋποθέσεις της Νομοθεσίας του ελληνικού Κράτους αλλά και όλες τις παραμέτρους που δόθηκαν στην εργασία αυτή, έτσι ώστε το πάρκο να θεωρείται οικονομικά αποδοτικότερο.

Όπως φαίνεται στον χάρτη των τελικών περιοχών (χάρτης 1), υπάρχουν κατάλληλες περιοχές για εγκατάσταση Φ/Β Πάρκων σε όλους τους Νομούς της Περιφέρειας Θεσσαλίας, πράγμα που δίνει την δυνατότητα σε όλους τους κατοίκους της, να εκμεταλλευτούν την ηλιακή ενέργεια με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή αυτή, λοιπόν, ενδέχεται να αυξήσει και αρκετά το μέσο ετήσιο εισόδημά τους.

Η τελική, λοιπόν, συνολική έκταση που προέκυψε μέσω της πολύ - κριτηριακής ανάλυσης για την χωροθέτηση Φ/Β πάρκων είναι 150.226,529 στρέμματα και δεδομένου ότι ένα πάρκο 2 στρεμμάτων ισούται με 100 KWp υπολογίζεται και το Ενεργειακό Δυναμικό της Περιφέρειας Θεσσαλίας ανέρχεται στα 7.511.326,45 KWp.



	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	% ΕΠΙ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΕΚΤΑΣΕΩΣ	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ (KWp)
<b>ΛΑΡΙΣΑ</b>	89484,283	59,566%	4474214,15
<b>ΒΟΛΟΣ</b>	41547,933	27,657%	2077396,65
<b>ΚΑΡΔΙΤΣΑ</b>	8649,903	5,758%	432495,15
<b>ΤΡΙΚΑΛΑ</b>	10544,41	7,019%	527220,5
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	150226,529	100%	7511326,45

Πίνακας 16: Περιοχές προς χωροθέτηση Φ/Β Πάρκων που προκύπτουν από το μοντέλο επεξεργασίας

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 15 το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει ο Νομός Λάρισας, ακολουθεί ο Νομός Μαγνησίας, ο Νομός Τρικάλων και ο Νομός Καρδίτσας με ποσοστό μόλις 5,8%. Το αποτέλεσμα φαίνεται λογικό, εφόσον ο Νομός Λάρισας κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό πεδινής έκτασης αλλά και την μεγαλύτερη έκταση δικτύου Υψηλής και Μέσης τάσης της Δ.Ε.Η..

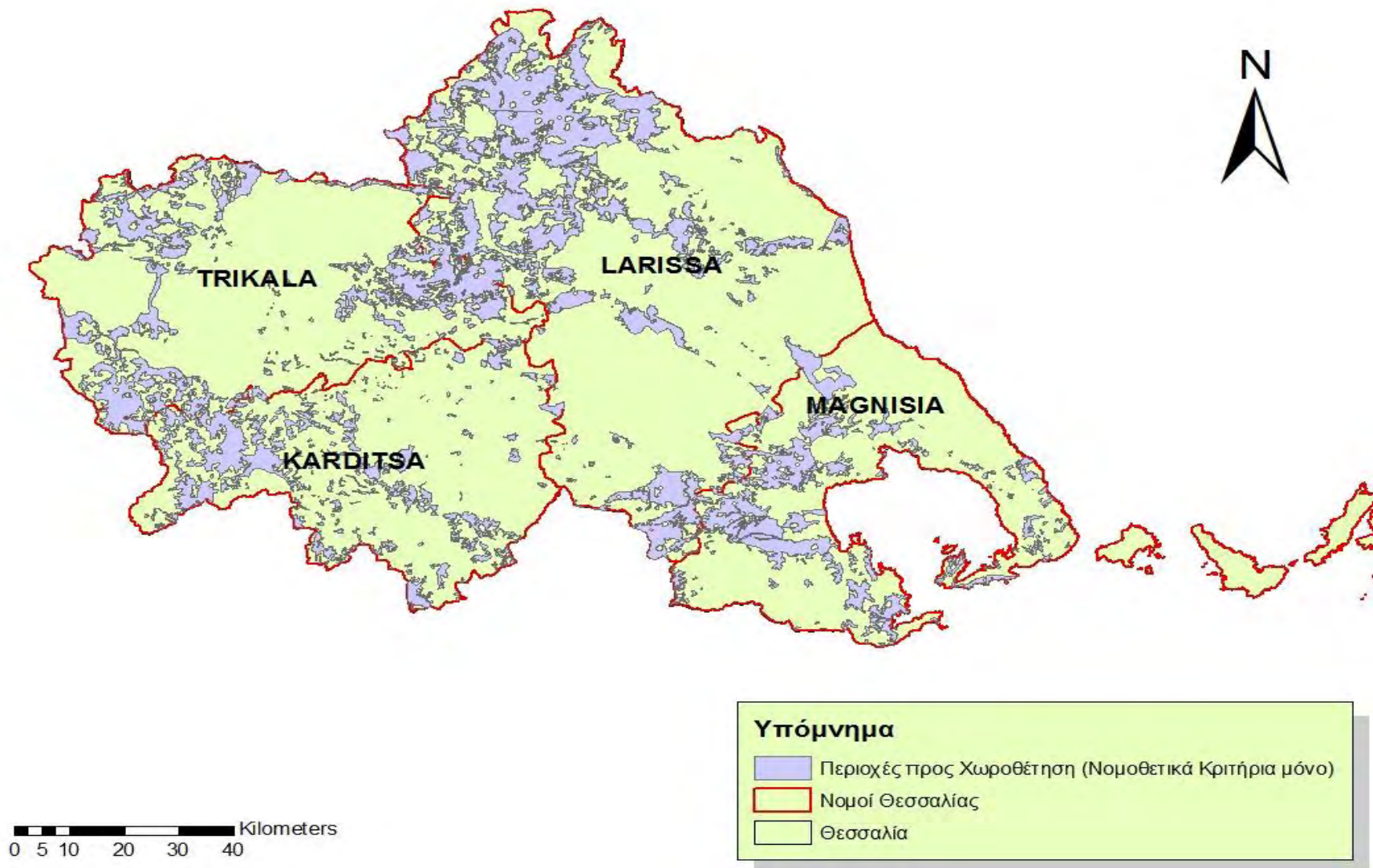
Πληροφοριακά, τέλος, καλό θα ήταν να αναφερθεί ότι ένα φωτοβολταϊκό πάρκο δυναμικότητας 1 KWp έχει κόστος κατασκευής 8000 ευρώ. Οπότε αξιοποιώντας τα στοιχεία εκτάσεων και του μεγέθους δυναμικότητας των πάρκων που μπορούν να κατασκευαστούν, μπορεί να εξαχθεί το ολικό ποσό που μπορεί να αντληθεί από την χωροθέτηση Φωτοβολταϊκών Πάρκων.

Επειδή, όμως, το μοντέλο το οποίο επεξεργάστηκε στην παρούσα εργασία δεν λαμβάνει μόνο υπόψη την υπάρχουσα Νομοθεσία της Ελλάδας, αλλά και διάφορα κριτήρια τα οποία αυτομάτως μετατρέπουν την εγκατάσταση του Φ/Β Πάρκου σε πιο βιώσιμη, θα ήταν πολύ σωστό να φανεί κατά πόσο υπάρχει απόκλιση από τις περιοχές που κρίνονται νομοθετικά ορθές με τις περιοχές που εξήχθησαν από το μοντέλο επεξεργασίας. Τα κριτήρια τα οποία επιλέγονται μόνο από την Νομοθεσία είναι τα παρακάτω:

- Απόσταση από περιοχές Natura 2000
- Απόκλεισμός Αισθητικών Δασών
- Αποκλεισμός Εθνικών Δρυμών
- Απόσταση από οικισμούς (οριοθετημένους και μη)
- Απόσταση από παραδοσιακούς οικισμούς
- Κατάλληλες χρήσεις γης

*Κωνσταντόπουλος Διονύσιος*

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 16) αλλά και στον παρακάτω χάρτη (χάρτης 2) φαίνονται οι περιοχές που κρίνονται νομοθετικά και μόνο κατάλληλες για την εγκατάσταση Φ/Β Πάρκων στην Περιφέρεια Θεσσαλίας.



Χάρτης 2: Περιοχές προς χωροθέτηση Φωτοβολταϊκών Πάρκων που προκύπτουν μόνο από Νομοθετικά Κριτήρια

	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΠΟΥ ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ ΒΙΩΣΙΜΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ	% ΕΠΙ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΕΚΤΑΣΕΩΣ	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ (KWp)
<b>ΛΑΡΙΣΑ</b>	1302519,214	1455,58%	45,510%	65125960,7
<b>ΒΟΛΟΣ</b>	480785,78	1157,18%	16,799%	24039289
<b>ΚΑΡΔΙΤΣΑ</b>	445892,766	5154,89%	15,580%	22294638,3
<b>ΤΡΙΚΑΛΑ</b>	632824,704	6001,52%	22,111%	31641235,2
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	2862022,464	1905,14%	100%	143101123,2

Πίνακας 17: Περιοχές προς χωροθέτηση Φ/Β Πάρκων που περιλαμβάνουν Νομοθετικά κριτήρια

Όπως γίνεται πολύ εύκολα αντιληπτό, οι παραπάνω περιοχές είναι σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό περισσότερες από αυτές που προέκυψαν από το μοντέλο επεξεργασίας. Συγκεκριμένα, οι περιοχές αυτές είναι 20 φορές περισσότερες από τις περιοχές του μοντέλου. Τούτο είναι λογικό, διότι εντός των Νομοθετικών κριτηρίων, δεν περιλαμβάνονται κριτήρια όπως η απόσταση από δίκτυο τάσης της Δ.Ε.Η. αλλά και κλίσεις εδάφους. Συνεπώς, περιοχές δυσπρόσιτες κρίνονται κατάλληλες προς χωροθέτηση αλλά μη αποδεκτές όσον αφορά διάφορους οικονομικούς παράγοντες για τον εκάστοτε επενδυτή.

Εν τέλει, αυτό που προκύπτει από την παραπάνω ανάλυση των αποτελεσμάτων είναι ότι περιοχές για την εγκατάσταση Φ/Β Πάρκων υπάρχουν σε όλους τους Νομούς της Περιφέρειας και συνεπώς η δυνατότητα για επένδυση στην ηλιακή ενέργεια είναι προσιτή σε πολλούς κατοίκους της περιοχής. Ειδικότερα, υπάρχουν αρκετές περιοχές, που εξαρτάται από τον εκάστοτε επενδυτή, ποιό θα ήθελε να είναι το περιθώριο κέρδους του, χρησιμοποιώντας για την ανεύρεσή τους είτε το βιώσιμο μοντέλο επεξεργασίας που προτάθηκε στην παρούσα εργασία είτε τον χάρτη περιοχών που προκύπτουν μόνο από τα Νομοθετικά Κριτήρια.

# 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Το ελληνικό ενεργειακό σύστημα ηλεκτρισμού στην Ελλάδα εξαρτάται άμεσα από τη Δ.Ε.Η. Α.Ε (πρώην κρατική Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού), όπου και μέχρι πρόσφατα είχε τον απόλυτο έλεγχο για την παραγωγή, μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη τη χώρα. Όπως φαίνεται και από τη βιβλιογραφική έρευνα, το νομοθετικό πλαίσιο ευνοεί την παραγωγή ηλεκτρισμού (από συμβατικούς σταθμούς και από ΑΠΕ) και από τους ιδιώτες, θέτει όλους τους κανόνες για την ανάπτυξη υγιούς ανταγωνισμού, εναρμονίζεται με τις κοινοτικές οδηγίες που αφορούν στο τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, διασφαλίζοντας τόσο το φυσικό περιβάλλον όσο και το σεβασμό προς την ανθρώπινη υπόσταση και την βιώσιμη ανάπτυξη.

Ωστόσο οι διαδικασίες αδειοδότησης για την παραγωγή ενέργειας από εναλλακτικές μορφές ενέργειας και την λειτουργία σταθμών παραγωγής είναι χρονοβόρες και απαιτούν μια σειρά δικαιολογητικών και εγκρίσεων από διαφορετικές κρατικές υπηρεσίες. Επιπλέον, παρόλο που η τεχνολογία των περισσότερων ΑΠΕ είναι σήμερα ώριμη (ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά, ηλιακοί συλλέκτες θέρμανσης νερού, παραγωγή βιοντίζελ, γεωθερμία, μικρά υδροηλεκτρικά, κλπ.), η διείσδυση τους κρίνεται μικρή για το αντίστοιχο ελληνικό δυναμικό. Σε όλα αυτά, έρχεται να προστεθεί πολλές φορές και η έντονη αντίδραση των τοπικών κοινωνιών έναντι στη δημιουργία μεγάλων εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρισμού στην περιοχή τους και την όχληση που δημιουργείται με αυτόν τον τρόπο στον περιβάλλον χώρο τους.

Φαίνεται λοιπόν ότι οι διαδικασίες αποτίμησης και ο ενεργειακός σχεδιασμός είναι μια περίπλοκη διαδικασία, λόγω του αριθμού και της ποικιλίας των αντικειμένων που αποτιμώνται, την αβεβαιότητα των δεδομένων, του πλήθους των εμπλεκόμενων φορέων που υπάρχουν στον ενεργειακό τομέα, της διαμάχης μεταξύ των ενδιαφερομένων πλευρών και της απουσίας κτηματολογίου για τη χρήση γης για ενεργειακές εφαρμογές. Η παρούσα μεταπτυχιακή

διπλωματική εργασία αναπτύσσει ένα νέο, τεκμηριωμένο και επιστημονικό πλαίσιο για τον ενεργειακό σχεδιασμό των ΑΠΕ και την εγκατάστασή τους, το οποίο προσπαθεί να αμβλύνει τα εμπόδια και δυσκολίες που προκύπτουν κατά την εφαρμογή έργων ΑΠΕ. Επιπλέον, θέτει τις βάσεις για εμπλοκή στο ενεργειακό τοπίο εκτός των επενδυτών και της πολιτικής ηγεσίας, και όλων των άλλων άμεσα ενδιαφερόμενων φορέων (ΟΤΑ, τοπική κοινωνία, ΜΚΟ, ΜΜΕ). Όλα αυτά, επιλύθηκαν με την βοήθεια της πολύ – κριτηριακής ανάλυσης σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Πιο συγκεκριμένα, η Πολυκριτηριακή Ανάλυση (ΠΑ) παρέχει ένα τεχνικό-επιστημονικό εργαλείο ικανό να εκλογικεύσει τις επιλογές με διαφανή τρόπο και με συνέπεια, κυρίως στον τομέα των ΑΠΕ. Η πολυκριτηριακή προσέγγιση είναι ένα χρήσιμο και λειτουργικό μέσο στην αντιμετώπιση πολυδιάστατων ενεργειακών θεμάτων, όπου τμήματα των δεδομένων που εισάγονται (ποιοτικά) είναι δύσκολα να οριστούν και εκτιμηθούν. Επιπρόσθετες βελτιώσεις και αναθεωρήσεις μπορούν να προκαλέσουν ιδέες για ενεργειακές εφαρμογές και σε άλλες κατευθύνσεις, τόσο σε τοπική όσο και σε εθνική κλίμακα.

Επιπλέον, η εισαγωγή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ) στο ζήτημα της εγκατάστασης πάρκων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας προκύπτει ως η κατάλληλη επιλογή για την χωροθέτηση ηλιακών πάρκων για τους εξής παρακάτω λόγους:

- Έχουν δυνατότητες να διαχειρίζονται και να αναλύουν τον όγκο των διαφορετικών και πολυδιάστατων δεδομένων που απαιτούνται.
- Έχουν την ικανότητα να παρουσιάζουν «τι-θα-γίνει-εάν» (what-if) σενάρια, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για να αποτιμηθούν οι επιπτώσεις των διαφόρων πολιτικών είτε και για να αναδειχτεί η βέλτιστη τοποθεσία αιολικών πάρκων ανάμεσα σε έναν αριθμό πιθανών τοποθεσιών.
- Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ως μοντέλα αποτίμησης των επιπτώσεων στις προτεινόμενες διαφορετικές θέσεις.

Άρα, τα ΓΣΠ γίνεται κατανοητό ότι μπορούν να βοηθήσουν και σε άλλους τομείς χωροθέτησης ΑΠΕ και όχι μόνο στην ανεύρεση πιθανών περιοχών.

Ειδικότερα, όμως, όσον αφορά το μοντέλο της παρούσας εργασίας, βοηθά στην εύκολη και ταυτόχρονα ορθότερη ανεύρεση των περιοχών εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πάρκων, τα οποία έκτος από τα κριτήρια νομιμότητας, καλύπτουν και διάφορα κριτήρια βιωσιμότητας, έτσι ώστε να μπορεί να μεγιστοποιηθεί το ποσοστό κέρδους των εκάστοτε επενδυτών. Επίσης, αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο, μιας και η υφιστάμενη νομοθεσία στο κομμάτι της χωροθέτησης Φ/Β πάρκων παρουσιάζει πολλά κενά. Βέβαια, η χρήση πολλών παραμέτρων έχει συνήθως αναπάντεχα αποτελέσματα, με πιο συνηθισμένο αυτό της μη εύρεσης κατάλληλης περιοχής. Στις περιπτώσεις αυτές εφαρμόζονται πιο εξελιγμένες μορφές χωρικής ανάλυσης που έχουν την δυνατότητα ανάδειξης της καλύτερης δυνατής λύσης μέσω στατιστικής ανάλυσης (συνήθως με την χρήση βαρών στα κριτήρια).

Επιπρόσθετα, υπάρχουν και οι δυνατότητες περαιτέρω επέκτασης του μοντέλου με στόχο την παραγωγή ορθότερων και ακριβέστερων αποτελεσμάτων. Όσον αφορά την συγκεκριμένη περίπτωση, υπάρχουν πολλά περιθώρια βελτίωσης με τον εμπλουτισμό επιπρόσθετων κριτηρίων, έτσι ώστε η λήψη της απόφασης χωροθέτησης να περιλαμβάνει και άλλες παραμέτρους. Αυτό θα προσδώσει στην τελική έκβαση της μελέτης περισσότερη αξιοπιστία και εγκυρότητα, αφού περισσότερες παράμετροι θα μπορούσαν να συνδυαστούν μεταξύ τους για να μας δώσουν τον τελικό προτεινόμενο χάρτη. Έτσι θα μπορούσε:

- i. Για να μεγαλώσει η έκταση και ίσως το πλήθος των προτεινόμενων περιοχών, να γινόταν αποδεκτή ως κατάλληλη η περιοχή του απολιθωμένου δάσους. Αυτό γιατί, η όλη έκταση που καταλαμβάνει είναι άγονη και ανεκμετάλλευτη. Έτσι, ένα πιθανό τέτοιο ενδεχόμενο θα αυξήσει την συνολική έκταση και παράλληλα την ενεργειακή απόδοση της εγκατάστασης.
- ii. Ακόμη, όσον αφορά τις κλίσεις του εδάφους, θα μπορούσε να μην μπει κανένας περιορισμός, αφού με την χρήση της κατάλληλης τεχνολογίας, όπως περιστρεφόμενες βάσεις με αισθητήρες και όχι σταθερές, δεν θα αποτελεί εμπόδιο.
- iii. Ένα άλλο κριτήριο, που θα μπορούσε να εφαρμοστεί, είναι η αντανάκλαση από την προτεινόμενη εγκατάσταση. Με την δημιουργία λοιπόν ενός εργαλείου που υπολογίζει την αντανάκλαση, θα βοηθούσε στην δημιουργία κριτηρίων περιορισμού για κύριες οδικές αρτηρίες, οικισμούς, τουριστικά καταλύματα κ.ά., επιλέγοντας έτσι κάθε φορά



*Κωνσταντόπουλος Διονύσιος*

την βέλτιστη απόσταση. Ένα εργαλείο σημαντικό, μιας και η υφιστάμενη νομοθεσία σε αυτό το κομμάτι παρουσιάζει πολλά κενά.

Βέβαια, η χρήση πολλών παραμέτρων έχει συνήθως αναπάντεχα αποτελέσματα, με πιο συνηθισμένο αυτό της μη εύρεσης κατάλληλης περιοχής. Στις περιπτώσεις αυτές εφαρμόζονται πιο εξελιγμένες μορφές χωρικής ανάλυσης που έχουν την δυνατότητα ανάδειξης της καλύτερης δυνατής λύσης μέσω στατιστικής ανάλυσης (συνήθως με την χρήση βαρών στα κριτήρια).

Εν τέλει, τέτοιες έρευνες, όπως η συγκεκριμένη στην παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, έχουν ως στόχο την επέκταση των ήδη υπάρχουσών μελετών και την παροχή βοήθειας και τεχνογνωσίας σε αρμόδιες υπηρεσίες ή ακόμα και σε διάφορα μελετητικά γραφεία, τα οποία ασχολούνται με το συγκεκριμένο ζήτημα ή με άλλα παρεμφερή.

Συνολικά, η προτεινόμενη μεθοδολογία δημιουργεί ένα νέο πλαίσιο συστηματοποιημένης λήψης απόφασης και σχεδιασμού στον ενεργειακό τομέα, βασισμένο σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ) και Πολύ - κριτηριακής Ανάλυσης (ΠΑ) υποβοηθούμενο από κατάλληλα λογισμικά, ανάλογα με την κάθε περίπτωση μελέτης. Με αυτόν τον τρόπο δύναται να δημιουργηθεί μία χωρική βάση αποτύπωσης και καταγραφής όχι μόνο του υπάρχοντος ενεργειακού συστήματος αλλά και της πιθανής του εξέλιξης στο χρόνο υπό το πρίσμα της απελευθερωμένης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Μέσα από αυτό το πλαίσιο δύναται να δοθούν κατευθυντήριες γραμμές και να αναδειχθούν χρήσιμα εργαλεία για την δημιουργία βιώσιμων σεναρίων ενεργειακής ανάπτυξης.

Ενδιαφέρον, συμπερασματικά αποτελεί και η ενοποίηση των χωρικών συστημάτων ανάλυσης και των πολύ - κριτηριακών μεθόδων. Μια ολοκληρωμένη ενσωμάτωση των ΓΣΠ θα επιτρέψει την ολοκλήρωση επιτυχών επαναλαμβανόμενων εντολών και την ανάλυση του χώρου σε ευρύτερο επίπεδο. Χωρικά αναφερόμενα προβλήματα λήψης απόφασης γίνονται ολοένα και πιο πολύ αντικείμενο μελέτης από όλες τις διαφορετικές πλευρές και εκφάνσεις, παρουσιάζουν δηλαδή όλα τα χαρακτηριστικά ενός πολύ - κριτηριακού προβλήματος και οριζόμενα ως τέτοια, επιβάλλεται η πολυκριτηριακή ανάλυση και επίλυση τους ως η πλέον κατάλληλη προσέγγιση για να διαχειριστεί αποφάσεις που αφορούν το χώρο.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία**

- Βάκκα Ε., Νικολάου Κ., Διερεύνηση δυνατοτήτων αξιοποίησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Περιφέρεια Ηπείρου, [online, 15.04.2011], <[www.ekke.gr/estia/Cooper/Synedrio\\_PSM/bakka.pdf](http://www.ekke.gr/estia/Cooper/Synedrio_PSM/bakka.pdf)>: 2008
- Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, ΦΕΚ 2464Β/3.12.08
- Ελευθεριάδου Ε. (2007), *Χωροταξικός Ενεργειακός Σχεδιασμός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας*, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
- Θεοδωράτος Ν. Γ., Καρακασίδης Π. Χ., (1997), ‘Υγιεινή–Ασφάλεια Εργασίας και Προστασία Περιβάλλοντος’, Εκδόσεις Ίων
- Καβουρίδης Κ. & Νικολαΐδης Ι. (1997), *Παραγωγή εξευγενισμένων προϊόντων λιγνίτη για ηλεκτρικές και εξωηλεκτρικές χρήσεις*, Λιγνίτης και λοιπά Στερεά Καύσιμα της Χώρας μας: Παρούσα Κατάσταση και Προοπτικές, Διήμερο (β΄ Μέρος), ΤΕΕ, Αθήνα, σελ. 8-20.
- ΚΑΠΕ, (2009), *“Πληροφορίες για Φ/Β Συστήματα*, Τμήμα Φωτοβολταϊκών Συστημάτων και Διεσπαρμένης Παραγωγής, Υπουργείο Ανάπτυξης, Αθήνα
- Μανιάτης, Ι., (1996), *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Γης - Κτηματολογίου*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Μετικάνης Δ. (1997), *Λιγνιτικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής και περιβαλλοντική νομοθεσία (ελληνική και κοινοτική) – η εμπειρία από την ελληνική πραγματικότητα έγκρισης και εφαρμογής περιβαλλοντικών όρων λειτουργίας σε λιγνιτικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής*, Λιγνίτης και λοιπά Στερεά Καύσιμα της Χώρας μας: Παρούσα Κατάσταση και Προοπτικές, Διήμερο (β΄ Μέρος), ΤΕΕ, Αθήνα, σελ. 111-121.
- Τσακαλάκης Κ. (2003), *Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η επίδραση της καύσης των ορυκτών καυσίμων και των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στην εξέλιξή του*, Μεταλλειολογικά-Μεταλλουργικά Χρονικά, Τόμος 13, Τεύχος 1/2, σελ. 23-49, Αθήνα.
- Τσακαλάκης Κ. (2005), *Παραγωγή ενέργειας από συμβατικά ορυκτά καύσιμα και εναλλακτικές πηγές ενέργειας*, Μεταλλειολογικά-Μεταλλουργικά Χρονικά, Τεύχος 1 / 2, σελ. 15 – 44, Αθήνα.

- Τσούτσος Θ., (2001), ‘Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις από τα Ενεργειακά Έργα’, Σημειώσεις Ανάλυσης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά
- Υ.Π.Ε.Κ.Α., (2009), “Ολοκλήρωση του σχεδιασμού των υπολειπόμενων έργων Δ.Α και ΕΕΛ οικισμών γ’ προτεραιότητας με πληθυσμό αιχμής > 2.000 Μ.Ι.Π, ωρίμανση έργων Δ.Α και ΕΕΛ οικισμών γ’ προτεραιότητας με χαμηλή η καμιά ωριμότητα και πρόγραμμα αποκατάστασης λειτουργικότητας ΕΕΛ σε αδράνεια: Περιφέρεια Θεσσαλίας”, Τμήμα Διαχείρισης Υ.Π.Ε.Κ.Α, Αθήνα

### **Ξενόγλωση Βιβλιογραφία**

- Agoris, D., Tigas, K., Giannakidis, G., Siakkis, F., Vassos, S., Vassilakos, N., Kiliyas, V., Damassiotis M., (2004), An analysis of the Greek energy system in view of the Kyoto commitments, *Energy Policy*, 32, 2019-2033
- Alexopoulou, S., (1995), A decision support system for the integration of renewableenergy sources into water desalination systems (REDES), *Renewable Energy Development European Conference and APASRENA Contractors Meeting*, 247-254.
- Aydin N., Kentel E., Duzgun S., GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning: A case study from Western Turkey, *Renewable Energy* 2010:14: 364-373
- Baban, S., M., J., Parry, T., (2001), Developing an applying a GIS-assisted approach to locating wind farms in the UK, *Renewable Energy*, 24, 59-71.
- Boyle, B., (1996), *Renewable Energy, Power for a Sustainable Future*, The Open University, Oxford.
- Carrion J., Estrella A., Dols F., Zamorano M., Rodriguez M., Ridao, A., Environmental decision-support systems for evaluating the carrying capacity of land areas: Optimal site selection for grid-connected photovoltaic power plants, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2008:12: 2358–2380
- Cavallaro, F., Ciruolo, L., (2005), A multicriteria approach to evaluate wind energy plants on an Italian island, *Energy Policy*, 33, 235-244.
- Clarke, J., A., Evans, M., Grant, A., D., Lindsay. M., Morgan, J., (1996), Final Report for Project RENA-CT94-0064: Integration of Renewable Energies in European Regions.

- EC, Evaluation of the PREP Component: ‘PV Systems for Rural Electrification in Kiribati & Tuvalu’, Final Report–Issue 1 (7 ACP RPR 175), European Commission, March 1999.
- Fernandez-Baco et al, (1998), ‘Diurnal and seasonal variations in chlorophyll a fluorescence in two Mediterranean-grassland species under field conditions’, *PHOTOSYNTHETICA* Vol.35 (4), pp.535-544
- Fthenakis V. M., (2000), ‘End-of-life management and recycling of PV modules’, *Energy Policy*, Vol. 28, pp. 1051-1058
- Georgopoulou, E., Lalas, D., Papagannakis, L., (1997), A Multicriteria Decision Aid approach for energy planning problems: The case of renewable energy option, *European Journal of Operational Research*, 103, 38-54.
- Janke J., Multicriteria GIS modeling of wind and solar farms in Colorado, *Renewable Energy* 2010: 35: 2228-2234
- Joerin, F., Musy, A., (2000), Land management with GIS and multicriteria analysis, *Intl. Trans. in Op. Res.*, 7, 67-78.
- Krewitt., W., Nitsch., J., (2003), The potential of electricity generation from on-shore wind energy under the constraints of nature conservation: a case study for two regions in Germany, *Renewable Energy*, 28, 1645-1655.
- Lahdelma, R., Salminen, P., Hokkanen, J., (2000), Using Multicriteria Methods in Environmental Planning and Management, *Environmental Management*, 26, 595-605.
- Lake, R., W., (1993), Rethinking NIMBY, *Journal of the American Planning Association*, 59, 87-93.
- Muselli, M., Notton, G., Poggi, P., Louche, A., (1999), Computer-aided analysis of the intergration of renewable-energy systems in remote areas using a geographical information system, *Applied Energy*, 63, 141-160.
- OECD/IEA., (1998), ‘Benign Energy? The Environmental Implications of Renewables’, International Energy Agency, Paris
- Perez, R., Seals, R., (1995), Mapping of photovoltaic's effective capacity in the United States. In: *Proceedings of the 13th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, 2258-2261.

- Rossa B., Dieter J. von Willert., (1999), 'Physiological characteristics of geophytes in semi-arid Namaqualand, South Africa', *Plant Ecology*, Academic Publishers, Kluwer, Vol.142, pp. 121–132
- Roy, B., (1985), *Méthodologie multicritere d' aide à la decision*, Economica, Paris.
- Rylatt, M., Lomas, G., K., (2001), GIS-based decision support for solar energy planning in urban environments., *Computers, Environment and Urban Systems*, 25, 579-603.
- Sauter, V.I., (1997), *Decision Support Systems*, Wiley, New York
- Tellegen, E., Wolsink, M., (1998), *Society and its environment: an introduction*, Gordon and Breach, Amsterdam.
- Tsoutsos T., Frantzeskaki N., Gekas V., (2002), 'Environmental Impacts from the Solar Energy Technologies, Examples of the technologies and techniques to alleviate them in asustainable perspective', *Environmental Management*, Under review,
- Tsoutsos T., Edge M., Papastefanakis D., (1997), 'RES and environment', CRES, ALTENER Programme
- Various, (1996), 'Environmental Impacts from the Use of Solar Energy Technologies', THERMIE-B STR/1000/96/HE project
- Voivontas, D., Assimacopoulos, D., Mourelatos, A., (1998), Evaluation of Renewable Energy Potential Using a GIS Decision Support System, *Renewable Energy*, 13, 333-344.
- Wolsink M, (1994), Entanglement of interest and motives: assumptions behind the NIMBY-theory on facility siting. *Urban Studies* 31, 851-866.
- Wolsink, M., (2000), Wind power and the NIMBY-myth: institutional capacity and the limited significance of public support, *Renewable Energy*, 21, 49-64
- Yapa, L., S., (1991), Is GIS appropriate technology? *International Journal of Geographical Information Systems*, 5, 41-58.

# ΠΑΡΑΘΕΜΑ

