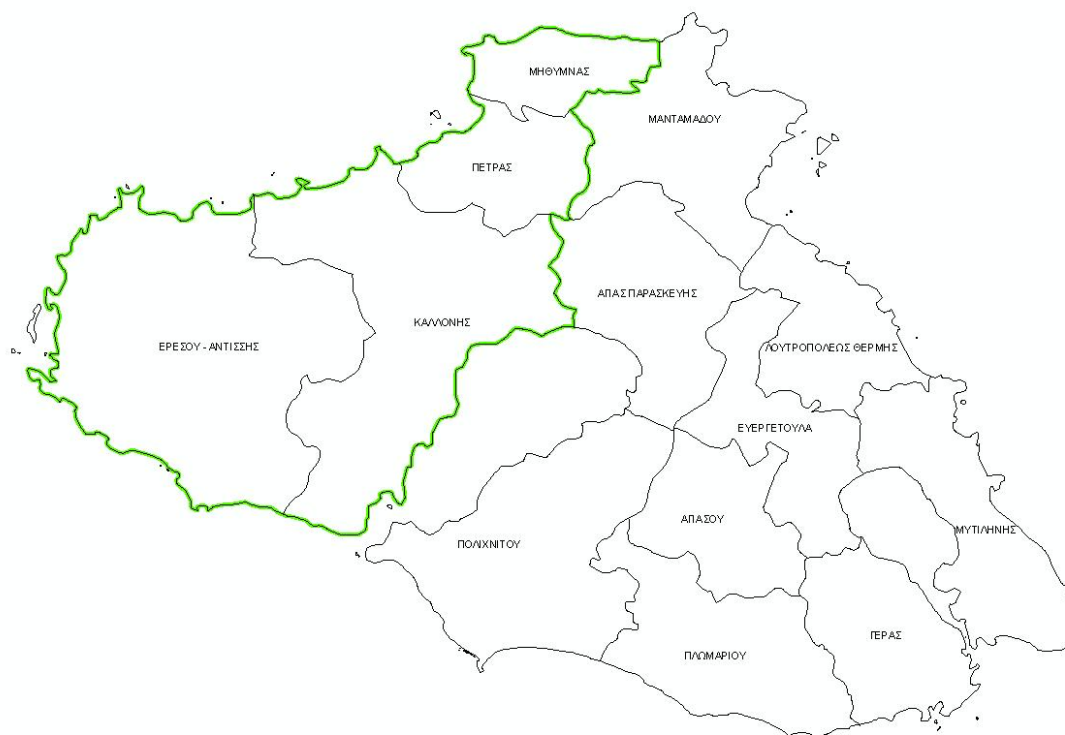




**«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΣΤΗ ΔΥΤΙΚΗ ΛΕΣΒΟ»**

Πτυχιακή εργασία της
ΣΤΕΦΑΝΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ (Α.Μ. 20829)



Αθήνα, Μάρτιος 2013

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

**«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΣΤΗ ΔΥΤΙΚΗ ΛΕΣΒΟ»**

Πτυχιακή εργασία της
ΣΤΕΦΑΝΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ (Α.Μ. 20829)

Επιβλέπων Καθηγητής: Χαλκιάς Χρίστος

Αθήνα, Μάρτιος 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά:

Τον Επίκουρο Καθηγητή του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου Χρίστο Χαλκιά για την καθοδήγηση του, κατά το χρονικό διάστημα της εκπόνησης της πτυχιακής αυτής εργασίας.

Τους γονείς μου για την συνεχή στήριξη τους.

Τον κύριο Σουλακέλλη Νικόλαο, καθηγητή του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου, που δέχθηκε να με βοηθήσει στην παροχή πληροφοριών και κυρίως των ψηφιακών δεδομένων για την Λέσβο.

Τον κύριο Μπάμπουρα Χρυσόστομο από το εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας Λέσβου για την παραχώρηση του χάρτη που απεικονίζει το δίκτυο μέσης τάσεως στο νησί.

Τους κύριο Γουργιώτη Ανέστη και την κυρία Στεφανή Εφή από την διεύθυνση Χωροταξίας του ΥΠΕΚΑ για την βοήθειά και την καθοδήγησή τους στον τομέα της χωροταξίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	σελ.6
Abstract.....	σελ.7
Περιεχόμενα Εικόνων,	σελ.8
Περιεχόμενα Πινάκων.....	σελ.9
Περιεχόμενα Διαγραμμάτων.....	σελ.9
Περιεχόμενα Χαρτών.....	σελ.10
Συντομογραφίες.....	σελ.12
Εισαγωγή.....	σελ. 14
Κεφάλαιο 1: Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	σελ.16
1.1.Από τη βιομηχανική ανάπτυξη στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	σελ.16
1.2. Κατηγορίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	σελ.19
1.2.1. Η αιολική ενέργεια.....	σελ.19
1.2.2. Η υδροηλεκτρική ενέργεια.....	σελ.22
1.2.3. Η βιομάζα.....	σελ.24
1.2.4. Η γεωθερμική ενέργεια.....	σελ.26
1.2.5.Η ενέργεια από τις παλίρροιες, τα κύματα και τους ωκεανούς.....	σελ.28
Κεφάλαιο 2: Η ηλιακή ενέργεια.....	σελ.30
2.1. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης και ψύξης.....	σελ.32
2.2. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα	σελ.34
Κεφάλαιο 3: Τα φωτοβολταϊκά συστήματα.....	σελ.37
3.1. Ιστορική αναδρομή.....	σελ.37
3.2. Οι τύποι των φωτοβολταϊκών συστημάτων	σελ.38
3.3. Ο τρόπος λειτουργίας τους και το κόστος τους.....	σελ.47
3.4. Οι εφαρμογές των φωτοβολταϊκών.....	σελ.51
3.5.Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	σελ.53
3.6. Το θεσμικό πλαίσιο.....	σελ.57
3.7. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ελλάδα.....	σελ.66
3.8. Τα φωτοβολταϊκά πάρκα.....	σελ.72

Κεφάλαιο 4:Επιλεγμένες εργασίες για τη χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.....σελ.76
Κεφάλαιο 5:Η ενεργειακή κατάσταση της νήσου Λέσβου.....σελ.84
Κεφάλαιο 6:Εφαρμογή χωροθέτησης φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων στην περιοχή της Δυτικής Λέσβου.....σελ.94
6.1. Τα δεδομένασελ.97
6.2. Η επεξεργασία των δεδομένων.....σελ.109
6.3. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.....σελ.122
Κεφάλαιο 7: Συζήτηση-Συμπεράσματα.....σελ.131
Βιβλιογραφία.....σελ.135

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ύπαρξη της εκβιομηχανισμένης κοινωνίας σήμερα είναι γνωστό ότι έχει αυξήσει την ανάγκη για χρησιμοποίηση άνθρακα αλλά και των προϊόντων του όπως το πετρέλαιο με άμεσο αποτέλεσμα την κυριάρχηση των χωρών της Μέσης Ανατολής και της Αραβίας στο παγκόσμιο σκηνικό μαζί με την παράλληλη δραματική επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Η κατάσταση αυτή που επικρατεί σήμερα έχει ως αποτέλεσμα τη στρόφη της κοινωνίας ως προς τη βιώσιμη ανάπτυξη και τη χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να αναφερθεί στις κατηγορίες των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας που υφίστανται, κάνοντας ιδιαίτερη μνεία στα φωτοβολταϊκά συστήματα. Το αντικείμενο μελέτης της ως προς αυτά περιλαμβάνει τα είδη των φωτοβολταϊκών που υπάρχουν, τον τρόπο λειτουργίας τους, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους, το πεδίο των εφαρμογών τους στον Ελλαδικό χώρο αλλά και το θεσμικό πλαίσιο που τα διέπει.

Η μελέτη, θα επικεντρωθεί στην ενεργειακή κατάσταση που επικρατεί σήμερα στη Λέσβο (στις διαθέσιμες εγκαταστάσεις συμβατικών πηγών αλλά και των ανανεώσιμων πηγών) και έχει ως στόχο με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) τη δημιουργία χαρτών στο οποίο θα απεικονίζονται οι κατάλληλες περιοχές για χωροθέτηση φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων στη Δυτική Λέσβο ακολουθώντας τα κριτήρια χωροθέτησης που έχουν τεθεί από το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης αλλά και έχοντας, ως προϋποθέσεις περαιτέρω κατάταξης των περιοχών που θα προκύψουν, την ορατότητα των περιοχών από τους οικισμούς και την βασική αντικειμενική τους αξία όπως αυτή προσδιορίζεται το 2011 σε αυτές τις περιοχές.

ABSTRACT

It is a common remark that nowadays , the existence of industrialized society has led to the augmentation of carbon's usage and its products such as petroleum and consequently the domination of Middle East and Arabia's countries all over the world but also the deterioration of the global warming effect. This situation has as a major result the society's turn to the sustainable development and renewable energy sources.

This paper's main purpose is the reference to the renewable energy sources' types which exist today and especially to photovoltaic systems. As it concerns the latter we will focus on the types of photovoltaic systems, their function, their advantages and drawbacks, their applications in Greece but also the laws that were legislated.

Furthermore, another aim of this paper will target in Lesvos' energy situation (the conventional and renewable energy sources that are available on the island) and the goal is the creation of maps, with the use of the Geographic Information System (GIS), that they will depict the most appropriate areas for the establishment of photovoltaic systems in Western Lesvos, by following the placement criteria of the Special Framework for Spatial Planning and Sustainable Development and the classification prerequisites of visibility from the vicinity settlements and the land value of these areas in 2011

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.2.1.1: Τα μέρη μιας ανεμογεννήτριας.....σελ.19	σελ.19
Εικόνα 1.2.1.2.: Το αιολικό δυναμικό στην Ελλάδα.....σελ.20	σελ.20
Εικόνα 1.2.2.1: Το υδροηλεκτρικό φράγμα.....σελ.23	σελ.23
Εικόνα 1.2.3.1: Διαδικασία Παραγωγής ηλεκτρισμού από Βιομάζασελ.25	σελ.25
Εικόνα 1.2.4.1: Περιοχές με γεωθερμική ενέργεια στην Ελλάδα.....σελ.28	σελ.28
Εικόνα 1.2.5.1: Διαδικασία Παραγωγής ηλεκτρισμού από παλίρροια.....σελ.29	σελ.29
Εικόνα 2.1: Ετήσια ηλιακή ακτινοβολία στην Ελλάδα.....σελ. 31	σελ. 31
Εικόνα 2.1.1: Το ηλιακό χωριό στη Πεύκη Αττικής.....σελ. 34	σελ. 34
Εικόνα 2.2.1: Ενεργητικό ηλιακό σύστημα.....σελ.35	σελ.35
Εικόνα 3.2.1: Από τι αποτελείται ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο.....σελ.42	σελ.42
Εικόνα 3.2.2: Επεξεργασία της “πρώτης ύλης”.....σελ.43	σελ.43
Εικόνα 3.2.3: Το αυτόνομο σύστημα που αποθηκεύει ενέργεια.....σελ.44	σελ.44
Εικόνα 3.2.4: Ο τρόπος με τον οποίο το φωτοβολταϊκό σύστημα διαθέτει ενέργεια στο ηλεκτρικό δίκτυοσελ.45	σελ.45
Εικόνα 3.2.5: Το διασυνδεδεμένο σύστημα που ανταλλάσσει ενέργεια με το δίκτυο της ΔΕΗ.....σελ.46	σελ.46
Εικόνα 3.4.1: Αυτόνομο σύστημα που συντελεί στην άρδευσησελ.51	σελ.51
Εικόνα 3.8.1: Παραδείγματα μονοαξονικής και διαξονικής κίνησης φωτοβολταϊκών.....σελ.73	σελ.73
Εικόνα 3.8.2:Το φωτοβολταϊκό πάρκο στην Κύθνο.....σελ.75	σελ.75
Εικόνα 5.1: Η θέση της Λέσβου στον Ελλαδικό χώρο.....σελ.84	σελ.84
Εικόνα 5.2: Χωροθέτηση σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....σελ.85	σελ.85
Εικόνα 5.3: Γραμμές διανομής ηλεκτρικού ρεύματος στη νήσο Λέσβο το 2006.....σελ.86	σελ.86
Εικόνα 6.1: Διοικητική διαίρεση νήσου Λέσβου.....σελ.95	σελ.95
Εικόνα 6.2: Η κάλυψη γης στην περιοχή μελέτης το 2006.....σελ.96	σελ.96
Εικόνα 6.2.1: Το διάγραμμα επεξεργασίας των δεδομένων.....σελ.110	σελ.110

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.3.1: Ενδεικτική απόδοση ανάλογα με τον προσανατολισμό και την κλίση.....σελ.48
Πίνακας 3.6.1: Οι τιμές πώλησης του ηλεκτρικού ρεύματος.....σελ.61
Πίνακας 3.6.2: Οι τιμές πώλησης του ηλεκτρικού ρεύματος από τον Αύγουστο 2012.....σελ.65
Πίνακας 3.8.1: Η παραγόμενη ενέργεια σε σχέση με την επιφάνεια και την εγκατεστημένη ισχύ.....σελ.74
Πίνακας 6.1.1: Πίνακας δεδομένων επεξεργασίαςσελ.97
Πίνακας 6.2.1: Οι ελάχιστες αποστάσεις από τις εξεταζόμενες οντότητες.....σελ.111
Πίνακας 6.3.1.: Το κόστος αγοράς των καταλλήλων περιοχών με βάση την αντικειμενική τους αξία.....σελ.130

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 3.2.1: Μερίδιο αγοράς ημιαγωγών που χρησιμοποιούνται για Φ/Β το 1998.....σελ.41
Διάγραμμα 3.5.1: Η παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού κατά τη διάρκεια του χρόνου.....σελ.54
Διάγραμμα 3.5.2: Η παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας.....σελ.55
Διάγραμμα 3.7.1: Η ελληνική αγορά φωτοβολταϊκών.....σελ.68
Διάγραμμα 3.7.2: Μονάδες παραγωγής Φ/Β που εγγραφήκαν στο μητρώο εγκαταστάσεων από τον Οκτώβριο 2010 - Σεπτέμβριος 2011).....σελ.69
Διάγραμμα 3.7.3: Εγγεγραμμένα φωτοβολταϊκά και η παραγόμενη ισχύς τουςσελ.70
Διάγραμμα 3.7.4: Παραγωγή Φ/Β σταθμών στα μη διασυνδεδεμένα νησιά.....σελ.71
Διάγραμμα 5.1: Κατανάλωση της Ηλεκτρικής ενέργειας το 2011 στη Λέσβο.....σελ.87
Διάγραμμα 5.2: Σύνολο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιά.....σελ.88
Διάγραμμα 5.3: Ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στη Λέσβο.....σελ.89

Διάγραμμα 5.4: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά στη Λέσβο.....	σελ.90
Διάγραμμα 5.5: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικούς σταθμούς στη Λέσβο.....	σελ.91

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 3.6.1: Οριοθέτηση Ζωνών για την τιμολόγηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.....	σελ.62
Χάρτης 4.1: Συνολική ηλιακή ακτινοβολία στο χειμερινό ηλιοστάσιο.....	σελ.77
Χάρτης 4.2: Συνολική ηλιακή ακτινοβολία στον θερινό ηλιοστάσιο.....	σελ.78
Χάρτης 4.3: Οι κατάλληλες περιοχές που προέκυψαν από τη μελέτη που συμπίπτουν με τις αγροτικές περιοχές	σελ.80
Χάρτης 4.4: Περιοχή μελέτης Ανατολικής Αττικής.....	σελ.81
Χάρτης 4.5: Εντοπισμός κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης Φ/Β.....	σελ.83
Χάρτης 5.4: Χωροθέτηση όλων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη Λέσβο.....	σελ.93
Χάρτης 6.1.1: Το Οδικό δίκτυο και το δίκτυο μέσης τάσης της ΔΕΗ στην περιοχή μελέτης.....	σελ.100
Χάρτης 6.1.2: Οι αρχαιολογικοί χώροι και οι οικισμοί στην περιοχή μελέτης.....	σελ.101
Χάρτης 6.1.3: Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους στην περιοχή μελέτης.....	σελ.102
Χάρτης 6.1.4: Οι Περιοχές Natura 2000 στην περιοχή μελέτης.....	σελ.103
Χάρτης 6.1.5: Οι χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης.....	σελ.104
Χάρτης 6.1.6: Ο προσανατολισμός στην περιοχή μελέτης.....	σελ.106
Χάρτης 6.1.7: Οι κλίσεις στην περιοχή μελέτης	σελ.107
Χάρτης 6.1.8: Η ετήσια ηλιακή ακτινοβολία στη περιοχή μελέτης.....	σελ.108
Χάρτης 6.2.2: Επαναταξινόμηση αποστάσεων από την ακτογραμμή	σελ.114
Χάρτης 6.2.3: Επαναταξινόμηση αποστάσεων από τους αρχαιολογικούς χώρους.....	σελ.115
Χάρτης 6.2.4: Επαναταξινόμηση αποστάσεων από τις περιοχές Natura	σελ.116
Χάρτης 6.2.5: Επαναταξινόμηση αποστάσεων από τους οικισμούς	σελ.117
Χάρτης 6.2.6: Επαναταξινόμηση αποστάσεων από το δίκτυο της ΔΕΗ.....	σελ.118
Χάρτης 6.2.7: Επαναταξινόμηση αποστάσεων από το οδικό δίκτυο.....	σελ.119

Χάρτης 6.2.8: Επαναταξινόμηση χρήσεων γης	σελ.120
Χάρτης 6.3.1: Οι κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης (σύμφωνα με το 1 ^ο σενάριο).....	σελ.124
Χάρτης 6.3.2: Οι κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης (σύμφωνα με το 2 ^ο σενάριο).....	σελ.125
Χάρτης 6.3.3: Οι περιοχές με μικρή και μεγάλη ηλιακή ακτινοβολία.....	σελ.126
Χάρτης 6.3.4: Οι περιοχές ορατότητας από τους οικισμούς	σελ.127
Χάρτης 6.3.5: Οι κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης σύμφωνα με το 1 ^ο σενάριο σε σχέση με την οπτική όχληση από τους οικισμούς	σελ.128
Χάρτης 6.3.6: Οι κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης σύμφωνα με το 2 ^ο σενάριο σε σχέση με την οπτική όχληση από τους οικισμούς	σελ.129

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΑΠΕ: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Α/Δ: Αναμεταδότες

ΓΣΠ: Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

ΔΕΔΔΗΕ: Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας

ΔΕΗ: Δημόσια επιχείρηση Ηλεκτρισμού

ΔΕΣΜΗΕ: Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

ΔΤΚ: Δείκτης Τιμών Καταναλωτή

ΕΒΗΕ: Ελληνική Βιομηχανία Ηλιακής Ενέργειας

ΕΓΣΑ: Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς

ΕΠΧΣΣΑ: Εθνικό Πλαίσιο Χωροταξικού σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης

ΕΣΥΕ: Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος

ΖΟΕ: Ζώνη Οικιστικού Ελέγχου

ΗΠΑ: Ηνωμένες πολιτείες Αμερικής

ΚΑΠΕ: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας

ΚΥΑ: Κοινή Υπουργική Απόφαση

ΛΑΓΗΕ: Λειτουργός της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

ΡΑΕ: Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας

ΣΕΦ: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών

ΥΑ: Υπουργική Απόφαση

ΥΑΠΕ: Υπουργική Απόφαση Προστασίας Ενέργειας

ΥΠΕΚΑ: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής

Φ/Β: Φωτοβολταϊκά

ΦΕΚ: Φύλλο Ελληνικής Κυβερνήσεως

ΨΜΕ: Ψηφιακό Μοντέλου Εδάφους

DEM: Digital Elevation Model

IEA: International Energy Agency

HPRCC : High Plans Regional Climate Center

UTM: Universal Transverse Mercator coordinate system

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αποτελεί αδιαμφισβήτητο δεδομένο το γεγονός ότι σήμερα όλες οι χώρες παγκοσμίως σε μεγαλύτερο ή σε μικρότερο βαθμό χρησιμοποιούν ευρέως τα ορυκτά καύσιμα όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Τα καύσιμα αυτά, είναι γνωστό ότι κατά τη διάρκεια της καύσης τους εκπέμπουν στην ατμόσφαιρα ρυπογόνα αέρια με αποτέλεσμα να επιδεινώνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, ενώ παράλληλα η ευρεία χρήση τους έχει οδηγήσει στη βαθμιαία εξάντληση τους. Έτσι οι κοινωνίες προκειμένου να προστατεύσουν το περιβάλλον αλλά και να εξασφαλίσουν την ενεργειακή τους επάρκειά στρέφονται στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Οι ΑΠΕ με την πάροδο των χρόνων έχουν αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό και κάθε χώρα όπως και η Ελλάδα πλέον τις χρησιμοποιεί αλλά και έχει θεσπίσει ειδικούς νόμους για την προώθηση τους. Τα χαρακτηριστικά της χώρας μας που ευνοούν την ανάπτυξη τους είναι το πλούσιο αιολικό και ηλιακό δυναμικό που διαθέτει αλλά και η ανάγκη για τροφοδότηση των νησιών αλλά και ολόκληρης της χώρας με ηλεκτρική ενέργεια κατά τους καλοκαιρινούς μήνες εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών που σημειώνονται και απαιτούν τη χρήση περισσότερου ηλεκτρισμού.

Για αυτό το λόγο η μελέτη θα εστιαστεί στις Ανανεώσιμες Πηγές και ιδιαίτερα τα φωτοβολταϊκά συστήματα και θα μελετηθεί η χωροθέτηση των τελευταίων στο νησί της Λέσβου.

Στο πρώτο κεφάλαιο θα επισημανθεί η πολιτική της ενεργειακής πορείας των κρατών μέχρι την συνειδητοποίηση της έννοιας της βιώσιμης ανάπτυξης και της χρήσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ενώ παράλληλα θα γίνει αναφορά στις κατηγορίες των ΑΠΕ.

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα μελετηθεί εκτενώς η ηλιακή ενέργεια αλλά και τα ενεργητικά και τα παθητικά ηλιακά συστήματα που την χρησιμοποιούν για να παράγουν μεγάλες ποσότητες θέρμανσης.

Στη συνέχεια στο επόμενο κεφαλαίο θα γίνει αναφορά στα φωτοβολταϊκά συστήματα ξεκινώντας με την ιστορική αναδρομή στην τεχνολογία αυτή, στους τύπους που υφίστανται σήμερα, τον τρόπο λειτουργίας τους, το κόστος τους αλλά και το ευρύ πεδίο των εφαρμογών τους, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους καθώς επίσης το θεσμικό πλαίσιο που τα διέπει αλλά και την σημερινή κατάσταση που επικρατεί στην χώρα μας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί τόσο στο εξωτερικό όσο και στη χώρα μας και συνδυάζουν τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με την χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών.

Στο πέμπτο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στην ενεργειακή κατάσταση που επικρατεί στην Λέσβο όσον αναφορά τόσο τις συμβατικές αλλά και τις ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές που χωροθετούνται στο νησί, ενώ στο έκτο κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η ανάπτυξη εφαρμογής χωροθέτησης των φωτοβολταϊκών σε τέσσερις Καποδιστριακούς δήμους της Δυτικής Λέσβου.

Τέλος δίνονται κάποια συμπερασματικά σχόλια, αναφέρονται τα προβλήματα που έπρεπε να ξεπεραστούν κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας αλλά και προσδιορίζεται το τελικό αποτέλεσμα της.

Κεφάλαιο 1: Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

1.1. Από την βιομηχανική επανάσταση στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Η Βιομηχανική επανάσταση που πραγματοποιήθηκε από το 1760 έως το 1860 στην Μεγάλη Βρετανία θεωρείτο ως ένα σύστημα ραγδαίων μεταβολών και ανακατατάξεων όπου η αγροτική κοινωνία που υφίστατο ως εκείνη την εποχή σταδιακά μετασχηματίστηκε σε εκβιομηχανισμένη όπου οι μηχανές αντικατέστησαν την μέχρι πρόσφατα χειρωνακτική εργασία. Βασικός οικονομικός παράγοντας ήταν πλέον οι μεταποιητικές μονάδες αλλά και η παραγωγή του ηλεκτρισμού με αποτέλεσμα την επιτακτική ανάγκη για αξιοποίηση νέων μορφών ενέργειας όπως για παράδειγμα ο άνθρακας. Από τότε μέχρι σήμερα όλες οι αναπτυγμένες αλλά και σε ένα βαθμό οι αναπτυσσόμενες χώρες του πλανήτη χρησιμοποιούν στο μέγιστο βαθμό τα ορυκτά καύσιμα δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο μια νέα γεωπολιτική με κυρίαρχες τις χώρες της Μέσης Ανατολής και της Αραβίας όπου τα αποθέματα του πετρελαίου αλλά και των άλλων ορυκτών καυσίμων είναι αρκετά μεγάλα. Αυτή η κυριαρχία κατέστη ολοφάνερη το 1973 αλλά και το 1979 όπου συνέβησαν οι δυο μεγάλες πετρελαϊκές κρίσεις. Στην πρώτη, τρεις αραβικές χώρες που εξήγαγαν πετρέλαιο σε δυτικές χώρες εφάρμοσαν εμπάργκο στην αποστολή του πετρελαίου απέναντι στις ΗΠΑ και στην Ολλανδία καθώς υποστήριζαν τα συμφέροντα του Ισραήλ όταν εκείνο δέχτηκε επίθεση από γειτονικές του χώρες. Στην δεύτερη περίπτωση η άνοδος στην εξουσία του Ιράν φανατικών μουσουλμάνων είχε ως άμεσο αποτέλεσμα την διακοπή εξαγωγών πετρελαίου από την Περσία. Και στις δύο περιπτώσεις, το εμπάργκο που πραγματοποιήθηκε είχε ως αντίκτυπο την άνοδο των τιμών του πετρελαίου αλλά και γενικότερα όλων των προϊόντων με αποτέλεσμα οι χώρες εισαγωγής να αντιμετωπίσουν όχι μόνο σοβαρό πρόβλημα τροφοδοσίας αλλά και ραγδαία άνοδο του πληθωρισμού.

(http://news.kathimerini.gr/4dcgi/_w_articles_economyagor_2_21/04/2002_22656 31/7/2012).

Έτσι σύντομα η παγκόσμια κοινότητα σε συνδυασμό μάλιστα με τις προβλέψεις των επιστημόνων ότι η θερμοκρασία του πλανήτη θα αυξηθεί τα επόμενα εκατό χρόνια, κατά μέσο όρο δύο με έξι βαθμούς Κελσίου, εξαιτίας του μεγάλου ποσοστού εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα και άλλων ρυπογόνων χημικών ενώσεων στην ατμόσφαιρα που συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, εξαιτίας της καύσης των ορυκτών καυσίμων, συνειδητοποίησε ότι έπρεπε να βρεθούν άλλες εναλλακτικές μορφές ενέργειες προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες τους και να μην χρειαστεί, φυσικά, να αντιμετωπιστούν τα ίδια προβλήματα όπως το παρελθόν. Για αυτό το λόγο για πρώτη φορά τέθηκε ο όρος βιώσιμη ανάπτυξη.

Βιώσιμη καλείται η ανάπτυξη που καλύπτει τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να διακυβεύεται η ικανότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες (Ανδρικοπούλου κ.α.,2007:67) και μπορεί να εξασφαλιστεί με την συνετή χρήση των διαθέσιμων ορυκτών πόρων και την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας .

Ως πηγές ενέργειας μπορεί να ονομαστεί κάθε ύλη, σύστημα ή ακόμα και διάταξη από την οποία μπορεί να αποληφθεί ενέργεια για την παραγωγή θερμότητας, φωτός ή και ισχύος. Σήμερα η ανθρωπότητα διαθέτει δύο βασικές κατηγορίες πηγών ενέργειας: α) τις συμβατικές ή αναλώσιμες και β) τις ανανεώσιμες. Με τον όρο συμβατικές πηγές ενέργειας μπορούν να ονομαστούν οι πηγές που βασίζονται σε υπάρχοντα αποθέματα στο στερεό φλοιό της γης όπως για παράδειγμα το πετρέλαιο, ο άνθρακας, το φυσικό αέριο αλλά και η πυρηνική ενέργεια. (Πέρδιος, 2011: 15).

Ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε.) μπορεί να θεωρηθεί κάθε πηγή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας και έχει τη δυνατότητα ανανέωσης μέσω φυσικών φαινομένων μονίμου κύκλου. Οι ΑΠΕ διαφέρουν από τις συμβατικές πηγές ενέργειας ως προς δύο βασικά χαρακτηριστικά: Αρχικά προκειμένου να κριθούν κατάλληλες για εκμετάλλευση δεν απαιτείται κάποιου είδους παρέμβαση όπως για παράδειγμα εξόρυξη, άντληση ή καύση καθώς η εκμετάλλευση τους στηρίζεται στην ροή ενέργειας. Ενώ δεύτερον κατά την αξιοποίηση τους δεν διοχετεύουν στο περιβάλλον υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή άλλα τοξικά ή ραδιενεργά απόβλητα που μολύνουν το οικοσύστημα (χερσαίο ή υδάτινο) πολλές φορές με μη αναστρέψιμο τρόπο όπως, οι συμβατικές μορφές ενέργειας. Τα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ εντάσσονται κατά κύριο λόγο στο τομέα του περιβάλλοντος αλλά και της οικονομίας καθώς είναι φιλικές προς το περιβάλλον έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα ως προς αυτό και σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο δεν πρόκειται να εξαντληθούν. Ως προς τον τομέα της οικονομίας προσφέρουν την δυνατότητα της ενεργειακής επάρκειας των κρατών ειδικά σε χώρες με υψηλό βαθμό ενεργειακής εξάρτησης όπως η Ελλάδα (88% των ενεργειακών αναγκών καλύπτονται από το πετρέλαιο) (Μανωλάς,2007:55) και αποτελούν τη δικλίδα ασφαλείας για τον ανεφοδιασμό τους, για αυτό το λόγο μάλιστα πολλά κράτη τις επιδοτούν, αφού ανάλογα με το μέγεθος του πληθυσμού μιας χώρας μπορούν να δημιουργηθούν και οι κατάλληλες μονάδες που θα τα τροφοδοτούν με ενέργεια αξιοποιώντας, με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα πλεονεκτήματα της γεωγραφικής θέσης της κάθε χώρας (π.χ. ένταση ανέμου, ποσοστό ηλιοφάνειας, υπόγεια ζεστά ρεύματα κτλ) ενώ ταυτόχρονα, μπορούν

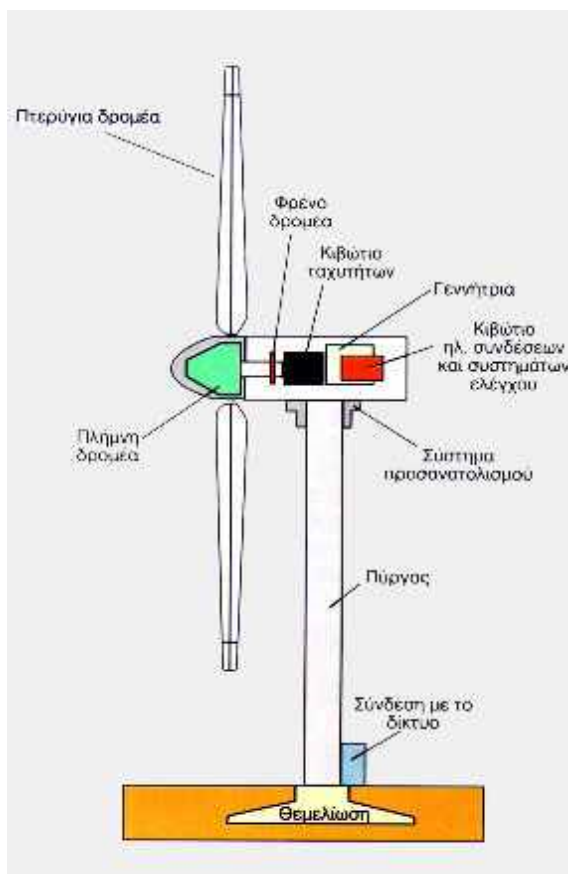
να συμβάλλουν στην τοπική και περιφερειακή ανάπτυξη των περιοχών μέσω αιολικών ή φωτοβολταϊκών πάρκων. Παράλληλα έχουν χαμηλό κόστος λειτουργίας που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της παγκόσμιας οικονομίας και σαφέστατα είναι πολύ μικρότερο από το όφελος που προσφέρουν στο περιβάλλον. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι η συντήρηση τους δεν κοστίζει ακριβά (ανάλογα βέβαια και με το μέγεθος της μονάδας) και έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα τους έγκειται στο γεγονός ότι δεν έχουν ακόμα την δυνατότητα να καλύψουν τις ανάγκες αρκετά μεγάλων αστικών κέντρων καθώς το ποσοστό απόδοσής τους ανάλογα και με το είδος μπορεί να κυμανθεί από 20 έως 40%. Σε αυτό το σημείο είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι το 2006 η συνολική συμμετοχή των υδρογονανθράκων στην παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας αγγίζει το 59% σε παγκόσμιο επίπεδο ενώ οι ανανεώσιμες πηγές μόλις το 20% ένα ποσοστό το οποίο στα επόμενα χρόνια θα αυξηθεί σε σημαντικό βαθμό χωρίς όμως, δυστυχώς να σημειωθεί και αντίστοιχη μείωση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από υδρογονάνθρακες. (Χρυσαγής ,2007:2)

1.2. Κατηγορίες Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Οι κατηγορίες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι η αιολική ενέργεια, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η βιομάζα, η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια από τις παλίρροιες, τα ρεύματα και τους ωκεανούς αλλά και η ηλιακή ενέργεια.

1.2.1. Η αιολική ενέργεια

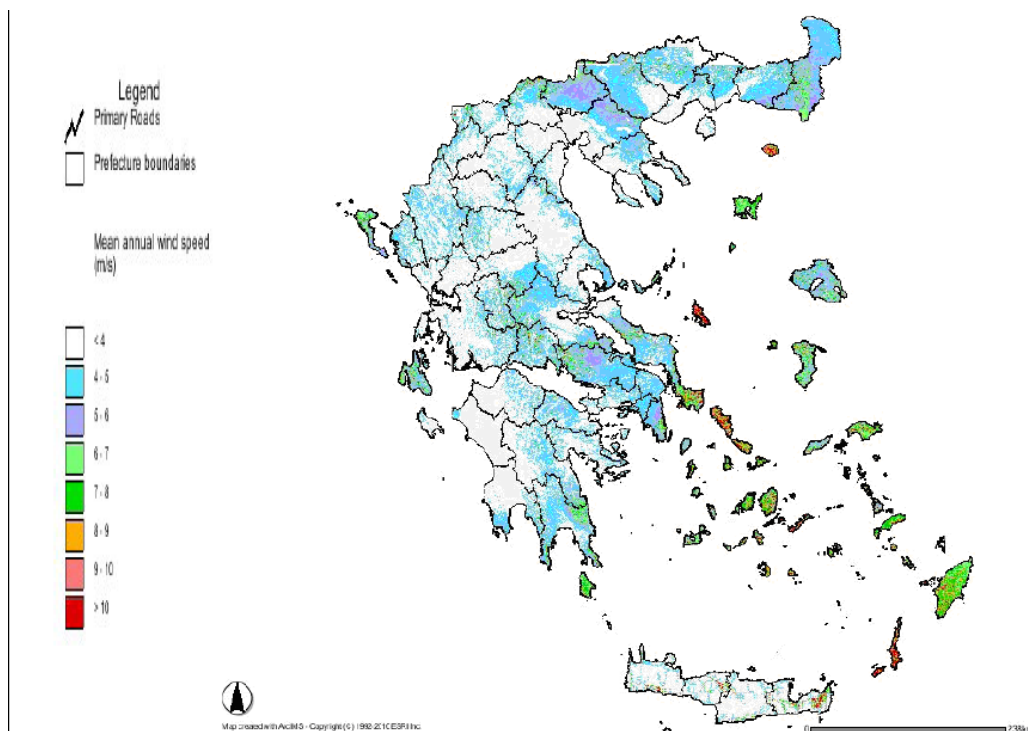
Ως αιολική ενέργεια χαρακτηρίζεται η ενέργεια που παράγεται από τον πνέον άνεμο. Για την εκμετάλλευση της συγκεκριμένης μορφής ενέργειας γίνεται χρήση κατά κύριο λόγο ανεμογεννητριών για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Κάθε ανεμογεννήτρια αποτελείται από τα θεμέλια, τον πύργο, την άτρακτο (που περιλαμβάνει το σύστημα μετατροπής της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε ηλεκτρική) και τον δρομέα ο οποίος αποτελεί το κινητό μέρος της ανεμογεννήτριας όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 1.2.1.1: Τα μέρη μιας ανεμογεννήτριας

(Πηγή: ΚΑΠΕ http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_windmill.htm 31/7/2012)

Η σημαντικότερη οικονομική εφαρμογή των ανεμογεννητριών είναι η σύνδεση τους με το ηλεκτρικό δίκτυο μιας χώρας. Σε αυτή την περίπτωση, υπάρχει διάταξη πολλών ανεμογεννητριών που ονομάζεται αιολικό πάρκο και έχει εγκατασταθεί σε περιοχή με έντονο αιολικό δυναμικό αφού πρώτα έχει ολοκληρωθεί η μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων που εξετάζει τις επιπτώσεις μιας τέτοιας εγκατάστασης στο περιβάλλον (από την περίπτωση της μόλυνσης του εδάφους έως την αισθητική πλευρά) (Κυριτσάκη,2009:20). Παρόλα αυτά, οι ανεμογεννήτριες δεν χρησιμοποιούνται μόνο για την παραγωγή ηλεκτρισμού αλλά και μηχανικής ενέργειας για τους ανεμόμυλους και τα αντλιοστάσια. Υπάρχουν τέσσερα είδη ανεμογεννήτριας: οι μικρές (10-25 KW), οι μεσαίες (50-150 KW), οι μεγάλες (250-1000 KW) και οι πολύ μεγάλες (2000-4000 KW). Στην Ελλάδα το πρώτο αιολικό πάρκο κατασκευάστηκε το 1982 στην Κύθνο και από τότε έχουν εγκατασταθεί αρκετά στην Άνδρο, την Κρήτη, τη Λέσβο, τη Χίο, την Εύβοια και τη Σάμο. Σήμερα, η εγκατεστημένη ισχύ αγγίζει τα 331MW. Το μέλλον για την αιολική ενέργεια στην χώρα μας προβλέπεται αρκετά ευόινο με τους νόμους που έχουν θεσπιστεί, (ο νέος αναπτυξιακός νόμος 3299/04, σε συνδυασμό με το νόμο για της ανανεώσιμες πηγές ενέργειας 3468/06, παρέχει ισχυρότατα κίνητρα ακόμα και για επενδύσεις μικρής κλίμακας) αλλά και του γεγονότος ότι η κατασκευή των ανεμογεννητριών είναι οικονομικά προσιτή για την ελληνική βιομηχανία και φυσικά του έντονου αιολικού δυναμικού που υπάρχει στην χώρα (όπως για παράδειγμα στις Κυκλάδες, τα νησιά Νοτίου Αιγαίου και του Βορείου Αιγαίου όπου οι ανεμογεννήτριες σύμφωνα με τον κύριο Ψωμά παρέχουν το 50% της απαραίτητης ηλεκτρικής ενέργειας). (Ψωμάς, 2006:112) Όσον αναφορά την Ευρώπη, η Δανία ήταν από τις πρώτες χώρες που ανέπτυξαν πολιτική για την αιολική ενέργεια, ακολουθούμενη από τη Γερμανία και την Ισπανία και οι οποίες αποτελούν παράλληλα και τις χώρες που τροφοδοτούν την παγκόσμια αγορά με ανεμογεννήτριες ενώ ο τομέας της αιολικής ενέργειας τα τελευταία χρόνια σημειώνει ανάπτυξη που αγγίζει το 30%-40%. (Ζερβός, 2006:152)



Εικόνα 1.2.1.2.:Το αιολικό δυναμικό στην Ελλάδα

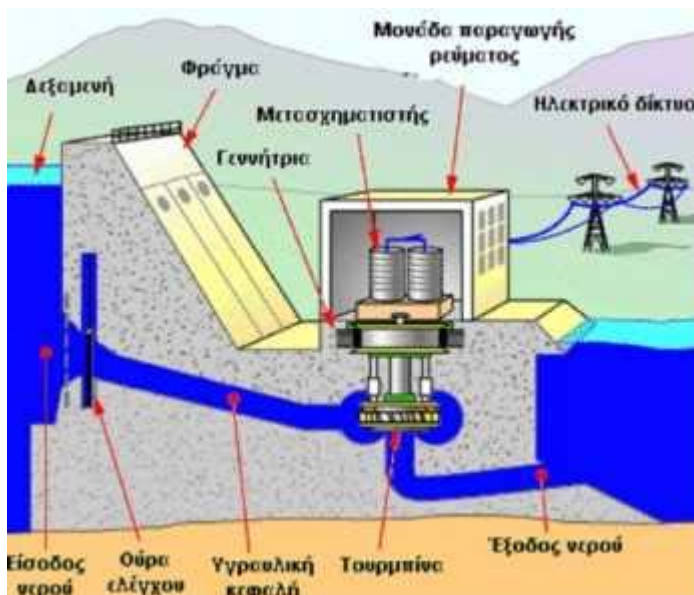
(Πηγή: ΚΑΠΕ <http://aims.cres.gr/grwind150/viewer.htm> 31/7/2012)

Σε αντίθεση με όλα αυτά κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί ότι οι ανεμογεννήτριες μπορεί να προκαλέσουν τραυματισμούς ή θανατώσεις πουλιών, κυρίως αποδημητικών. Γι'αυτό το λόγο κρίνεται σκόπιμο να μην κατασκευάζονται αιολικά πάρκα σε δρόμους μετανάστευσης πουλιών. Πάντως η συχνότητα ατυχημάτων πουλιών σε αιολικά πάρκα είναι πολύ μικρότερη αυτής των ατυχημάτων με αυτοκίνητα. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας και την αυστηρότερη επιλογή του τόπου εγκατάστασης (π.χ. πλωτές πλατφόρμες σε ανοικτή θάλασσα με ιδιαίτερα έντονο αιολικό δυναμικό και δυνατότητες παραγωγής έως και 40% περισσότερο ηλεκτρικό ρεύμα το χρόνο) το παραπάνω πρόβλημα, αλλά και ο θόρυβος από τη λειτουργία των μηχανών, έχουν σχεδόν λυθεί. Επιπλέον, για τη δημιουργία αιολικών πάρκων, όπως προαναφέρθηκε, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η επιβάρυνση που θα προκληθεί στην τοποθεσία, διότι για να χτιστεί η εγκατάσταση θα πρέπει να κοπούν δέντρα ή γενικότερα να καταστραφεί μέρος της γης στην οποία θα γίνει το εγχείρημα.

1.2.2. Η υδροηλεκτρική ενέργεια

Υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η ενέργεια που παράγεται από την κίνηση του γλυκού νερού από τους ποταμούς και τις λίμνες. Η κινητική ενέργεια, στη συνέχεια, μπορεί είτε να χρησιμοποιείται αυτούσια επιτόπου (π.χ. νερόμυλοι), είτε να μετατρέπεται σε ηλεκτρική ή σε άλλες μορφές, που την αποθηκεύουν, ώστε τελικά να μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις. Η εκμετάλλευση της ενέργειας στον κύκλο αυτό γίνεται με τη χρήση υδροηλεκτρικών έργων όπως για παράδειγμα, τα φράγματα. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της περρωτής του στροβίλου, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της περρωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το σύνολο των έργων και εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=484&language=el-GR> 31/7/2012).

Η λειτουργία των υδροηλεκτρικών μονάδων βασίζεται στην κίνηση του νερού λόγω διαφοράς υψομέτρου μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου. Για το σκοπό αυτό κατασκευάζεται ένα φράγμα που συγκρατεί την απαιτούμενη ποσότητα νερού στον λεγόμενο ταμιευτήρα. Κατά τη διέλευσή του από τον αγωγό πτώσεως κινεί έναν στρόβιλο ο οποίος θέτει σε λειτουργία τη γεννήτρια. Η ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας καθορίζεται από τον όγκο του νερού που ρέει, τη διαφορά του υψομέτρου μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας του ταμιευτήρα και του στροβίλου, κ.α.. Συνεπώς, ο παραγόμενος ηλεκτρισμός εξαρτάται από την ποσότητα του νερού που υπάρχει στον ταμιευτήρα. Για το λόγο αυτό, μόνο σε περιοχές με σημαντικές βροχοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευαστούν υδροηλεκτρικά έργα. Συνήθως η ενέργεια που τελικώς παράγεται, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά ως προς άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας. (www.wikipedia.org 25/7/2012)



Εικόνα 1.2.2.1: Το υδροηλεκτρικό φράγμα

(Πηγή: Περιβάλλον και Διαχείριση Ενέργειας <http://www.allaboutenergy.gr/Paragogi324.html> 31/7/2012)

Τα βασικά πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης ΑΠΕ αναφέρονται κυρίως στο γεγονός ότι μπορεί να τεθεί γρήγορα σε λειτουργία και ότι μέσω των ταμιευτήρων που συγκρατούν μεγάλη ποσότητα νερού, δίνεται η δυνατότητα κάλυψης αναγκών ύδρευσης αλλά και άρδευσης. Αντίθετα με τα παραπάνω τα μειονεκτήματα αναφέρονται στην έντονη περιβαλλοντική αλλοίωση στην περιοχή του έργου (συμπεριλαμβανομένων της γεωμορφολογίας, της πανίδας και της χλωρίδας), καθώς και η υποβάθμιση των περιοχών.¹ Επιπλέον, υπάρχει μεγάλο κόστος κατασκευής των φραγμάτων και εγκατάστασης του απαραίτητου εξοπλισμού. Στην Ελλάδα οι υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις έχουν συνολική ισχύ 3052,4 MW. Δυστυχώς όμως, το μεγαλύτερο μέρος του υδροηλεκτρικού δυναμικού παραμένει αναξιοποίητο, κατά κύριο λόγο στην Ηπειρωτική Ελλάδα, καθώς η οροσειρά της Πίνδου έχει σημαντικές βροχοπτώσεις και συγκεκριμένη μορφολογία εδάφους ώστε να ευνοεί τέτοιες εγκαταστάσεις. (Κυριτσάκη ,2009:29)

¹ Ακόμα και το μειονέκτημα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων εξ αιτίας των μεγάλης κλίμακας έργων, τα οποία ένα μεγάλο υδροηλεκτρικό έργο προϋποθέτει, με μια καλοσχεδιασμένη μελέτη, μπορεί να μετατραπεί σε πλεονέκτημα. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της λίμνης Πλαστήρα, στην οποία ο κατακλυσμός της περιοχής από ύδατα μετά τη δημιουργία του φράγματος, δημιούργησε ένα νέο υγροβιότοπο, ο οποίος μετατράπηκε σε πόλο τουριστικής έλξης δίνοντας ταυτόχρονα νέες αρδευτικές δυνατότητες στη γύρω περιοχή.

1.2.3. Η βιομάζα

Ως βιομάζα, θεωρείται εκείνη η πηγή ενέργειας που προέρχεται εξ'ολοκλήρου από οργανική ύλη. Η οργανική, αυτή, ύλη περιλαμβάνει το ξύλο όπως τα υπολείμματα κατεργασίας ξύλου, υπολείμματα καλλιεργειών και άλλα προϊόντα του δάσους², κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων αλλά και γενικότερα ότι περιέχει οργανικό φορτίο. Αρκετοί επιστήμονες θεωρούν ότι η ενέργεια της βιομάζας είναι δευτερογενής ηλιακή ενέργεια, καθώς η ηλιακή ενέργεια μετασχηματίζεται από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης με τις βασικές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται, να είναι το νερό και το διοξείδιο του άνθρακα. Για αυτό το λόγο, μπορεί να θεωρηθεί ως και η μόνη φυσικά ευρισκόμενη πηγή ενέργειας που περιέχει άνθρακα με αρκετά μεγάλα αποθέματα.

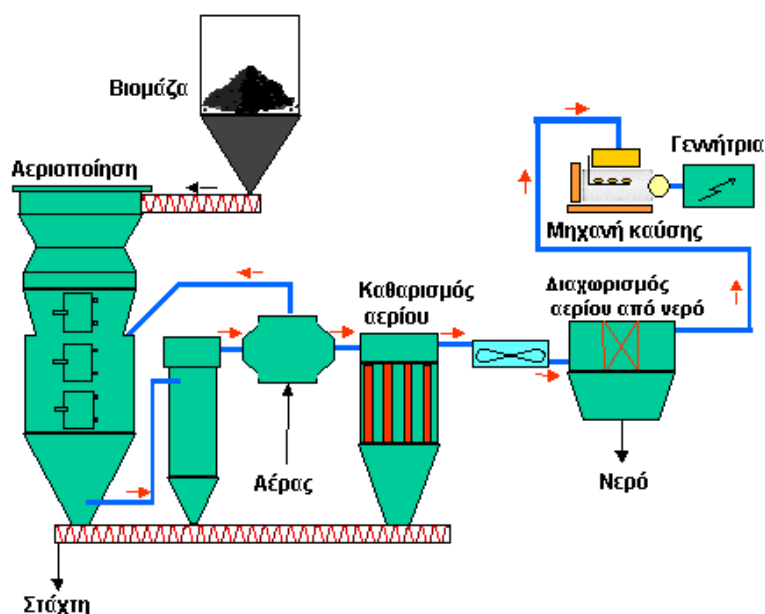
Ειδικότερα η βιομάζα, περιλαμβάνει κάθε τύπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή στερεών, υγρών ή αέριων καυσίμων. Υπάρχουν δύο κατηγορίες βιομάζας: Οι υπολειμματικές μορφές και οι ενεργειακές καλλιέργειες. Ως υπολειμματικές μορφές χαρακτηρίζονται τα φυσικά υπολείμματα όπως τα δασικά υπολείμματα που κατά κύριο λόγο παραμένουν στον αγρό μετά την συγκομιδή του κύριου προϊόντος, τα ζωικά απόβλητα όπως η κοπριά αλλά και τα απορρίμματα στα οποία περιλαμβάνεται μόνο το οργανικό τμήμα βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων αλλά και τα υπολείμματα γεωργικών και δασικών βιομηχανιών όπως τα πριονίδια. Τέλος οι ενεργειακές καλλιέργειες που χωρίζονται σε ετήσιες (πχ. η ελαιοκράμβη) και σε πολυετείς (το καλάμι, και ο ευκάλυπτος) (Γαλατσίδα,2011:92)

Το ξύλο και το άχυρο, με τη διαδικασία της καύσης, (εικόνα 1.3)³ μπορούν να παράγουν μεγάλη ποσότητα θερμότητας ενώ από τα οργανικά απόβλητα και τις ενεργειακές καλλιέργειες χάρις τη διαδικασία της ζύμωσης μπορεί να παραχθεί βιοαέριο που εμπεριέχει μηχανική ενέργεια και έχει τη δυνατότητα να παράγει ηλεκτρισμό (Πέρδιος,2011:16). Τα πλεονεκτήματα της εντοπίζονται κατά κύριο λόγο στο γεγονός ότι η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO₂) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή και του γεγονότος ότι εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η

² Παρόλα αυτά η εκμετάλλευση της βιομάζας από τις δασικές εκτάσεις μπορεί να προκαλέσει αναταραχή του οικοσυστήματος (Τσατήρης,2002:117)

³ Είναι η πιο αναπτυγμένη μέθοδος για αξιοποίηση βιομάζας καθώς καίγεται σε θερμολέβητες με νερό και παράγει ατμό που ενεργοποιεί μια γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρισμού

αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα, και επακολούθως στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού. Τέλος παράγεται σε ολόκληρο το πλανήτη ενώ η αξιοποίηση της μπορεί να επιτευχθεί με διαφορές μεθόδους μετατροπής. Αντίθετα τα μειονεκτήματά της, αφορούν ότι για την παραγωγή της απαιτούνται μεγάλες εκτάσεις γης αλλά και η χαμηλή θερμοαντική αξία της κατά μονάδα βάρους αλλά και κατά μονάδα όγκου σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, επίσης ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίησή της ενώ οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων. Στην Ελλάδα, η βασική εφαρμογή της βιομάζας εντάσσεται κυρίως στο τομέα της θέρμανσης των κατοικιών αλλά και των θερμοκηπίων. (Κυριτσάκη ,2009:32). Ενώ όσον αφορά την Ευρωπαϊκή Ένωση η χρήση της βιομάζας δεν έχει αναπτυχθεί σε σημαντικό ποσοστό όπως αναμενόταν στις αρχές της δεκαετίας του 2000.



Εικόνα 1.2.3.1: Διαδικασία Παραγωγής ηλεκτρισμού από Βιομάζα

(Πηγή: Εκπαιδευτικό πρόγραμμα Ενέργεια και Περιβάλλον Δήμος Καστοριάς <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/biomaza.htm> 1/8/2012)

1.2.4. Η γεωθερμική ενέργεια

Γεωθερμική ενέργεια, ονομάζουμε τη φυσική θερμική ενέργεια της Γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια. Η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

α) Με αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια

β) Με ρεύματα μεταφοράς, που περιορίζονται όμως στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων.

Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας έχει μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο και κυρίως για την κάλυψη αναγκών του, καθώς είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Ανάλογα με τη θερμοκρασία χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες και μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις: Η υψηλής Ενθαλπίας (150-400 °C) χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μέσης Ενθαλπίας (80 έως 150 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων ενώ υπάρχει και η γεωθερμική ενεργεία χαμηλής Ενθαλπίας (25 έως 80 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες και για παραγωγή γλυκού νερού (Πέρδιος, 2011:16)

Οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας ποικίλουν ανάλογα με τη θερμοκρασία και περιλαμβάνουν:

- ηλεκτροπαραγωγή ($\theta > 90$ °C),
- θέρμανση χώρων (με καλοριφέρ για $\theta > 60$ °C, με αερόθερμα για $\theta > 40$ °C)
- ψύξη και κλιματισμό (με αντλίες θερμότητας απορρόφησης για $\theta > 60$ °C, ή με υδροψύκτες αντλίες θερμότητας για $\theta < 30$ °C οι οποίες εκμεταλλεύονται τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ επιφάνειας και υπεδάφους)
- θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών επειδή τα φυτά αναπτύσσονται γρηγορότερα και γίνονται μεγαλύτερα με τη θερμότητα ($\theta > 25$ °C), ή και για αντιπαγετική προστασία
- ιχθυοκαλλιέργειες ($\theta > 15$ °C) καθώς τα ψάρια χρειάζονται ορισμένη θερμοκρασία για την ανάπτυξή τους

- βιομηχανικές εφαρμογές όπως αφαλάτωση θαλασσινού νερού ($\theta > 60\text{ }^{\circ}\text{C}$), αλλά και ξήρανση αγροτικών προϊόντων
- θερμά λουτρά για $\theta = 25\text{-}40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (www.wikipedia.org 25/7/2012)

Στην Ελλάδα, παρά το πλούσιο γεωθερμικό δυναμικό η χρήση της γεωθερμίας πραγματοποιείται κατά κύριο λόγο για θέρμανση και χρήση ζεστού νερού στις υδατοκαλλιέργειες και στα θερμοκήπια αλλά και ως κίνητρο για ανάπτυξη του τουρισμού (λουτρά) και όχι για παραγωγή ηλεκτρισμού. Μερικές περιοχές είναι στη Λέσβο, στη Μήλο στην Κίμωλο στη Σαντορίνη, στη Νίσυρο καθώς και στη Χίο, την Αλεξανδρούπολη και στη Έδεσσα. Παρόλα αυτά, η ζήτηση είναι ακόμη αρκετά περιορισμένη καθώς λίγοι είναι εκείνοι που γνωρίζουν τα σημαντικά οφέλη που προσφέρει. Τα περιβαλλοντικά οφέλη της γεωθερμίας μπορούν να συνοψιστούν ως εξής: Στη συνεχή παροχή ενέργειας, με υψηλό συντελεστή λειτουργίας $>90\%$, το μικρό λειτουργικό κόστος, με μηδενικές ή μικρές εκπομπές αερίων στο περιβάλλον, η μικρή απαίτηση γης αλλά και το γεγονός ότι αποτελεί τοπική μορφή ενέργειας με συνέπεια την οικονομική ανάπτυξη της γεωθερμικής περιοχής από τον τουρισμό ειδικά στην Ελλάδα. Οι τύποι των προβλημάτων που προκύπτουν από τη γεωθερμία, είναι ο σχηματισμός αποθέσεων σε κάθε σχεδόν επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το γεωθερμικό ρευστό, η διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών, καθώς και ορισμένες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις από την διάθεση των ρευστών μετά τη χρήση τους ιδιαίτερα του νερού με υψηλή ενθαλπία εξαιτίας της περιεκτικότητας τους σε διάφορα χημικά συστατικά αλλά και εκπομπές τοξικών αερίων, ιδίως του υδρόθειου.

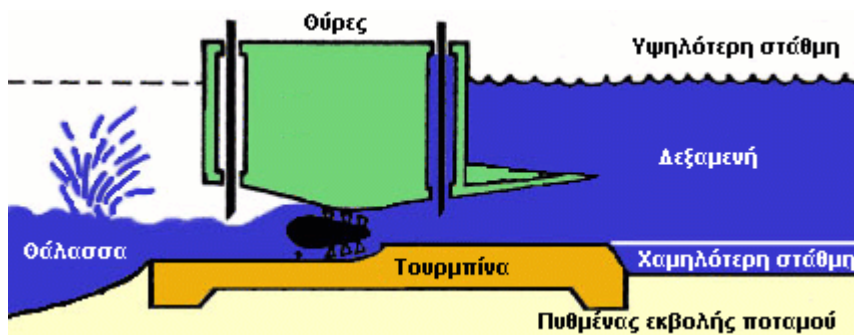


Εικόνα 1.2.4.1: Περιοχές με γεωθερμική ενέργεια στην Ελλάδα

(Πηγή : ΚΑΠΕ <http://www.cres.gr/kape/kidsol/geotherm/33.htm> 1/8/2012)

1.2.5. Η ενέργεια από τις παλίρροιες, τα κύματα και τους ωκεανούς

Η ενέργεια από τις παλίρροιες εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα του Ήλιου και της Σελήνης, που προκαλεί ανύψωση της στάθμης του νερού. Τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας στην ακτή κατά την πλημμυρίδα μπορούν να παγιδευτούν σε φράγματα, οπότε κατά την άμπωτη τα αποθηκευμένα νερά ελευθερώνονται και κινούν υδροστρόβιλο, όπως στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Τα πλέον κατάλληλα μέρη για την κατασκευή σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές ποταμών. Η διαφορά μεταξύ της στάθμης του νερού κατά την άμπωτη και την πλημμυρίδα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 μέτρα.



Εικόνα 1.2.5.1: Διαδικασία Παραγωγής ηλεκτρισμού από παλίρροια

(Πηγή: Εκπαιδευτικό πρόγραμμα Ενέργεια και Περιβάλλον Δήμος Καστοριάς <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/tidalenergy.htm> 1/8/2012)

Η ενέργεια από κύματα εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας, ενώ η ενέργεια από τους ωκεανούς βρίσκεται ακόμα στο στάδιο της έρευνας ενώ εκμεταλλεύεται τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα στρώματα του ωκεανού, κάνοντας χρήση θερμικών μηχανών. Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της ενέργειας των ωκεανών και της θάλασσας γενικότερα, εκτός από "καθαρή" και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα γνωστά ευεργετήματα, είναι το σχετικά μικρό κόστος κατασκευής των απαιτούμενων εγκαταστάσεων, η μεγάλη απόδοση (40-70 KW ανά μέτρο μετώπων κύματος) και η δυνατότητα παραγωγής υδρογόνου με ηλεκτρόλυση από το άφθονο θαλασσινό νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Στα μειονεκτήματα κατά κύριο λόγο αναφέρεται το κόστος μεταφοράς της ενέργειας στη στεριά. (Γούσια,2011:12)

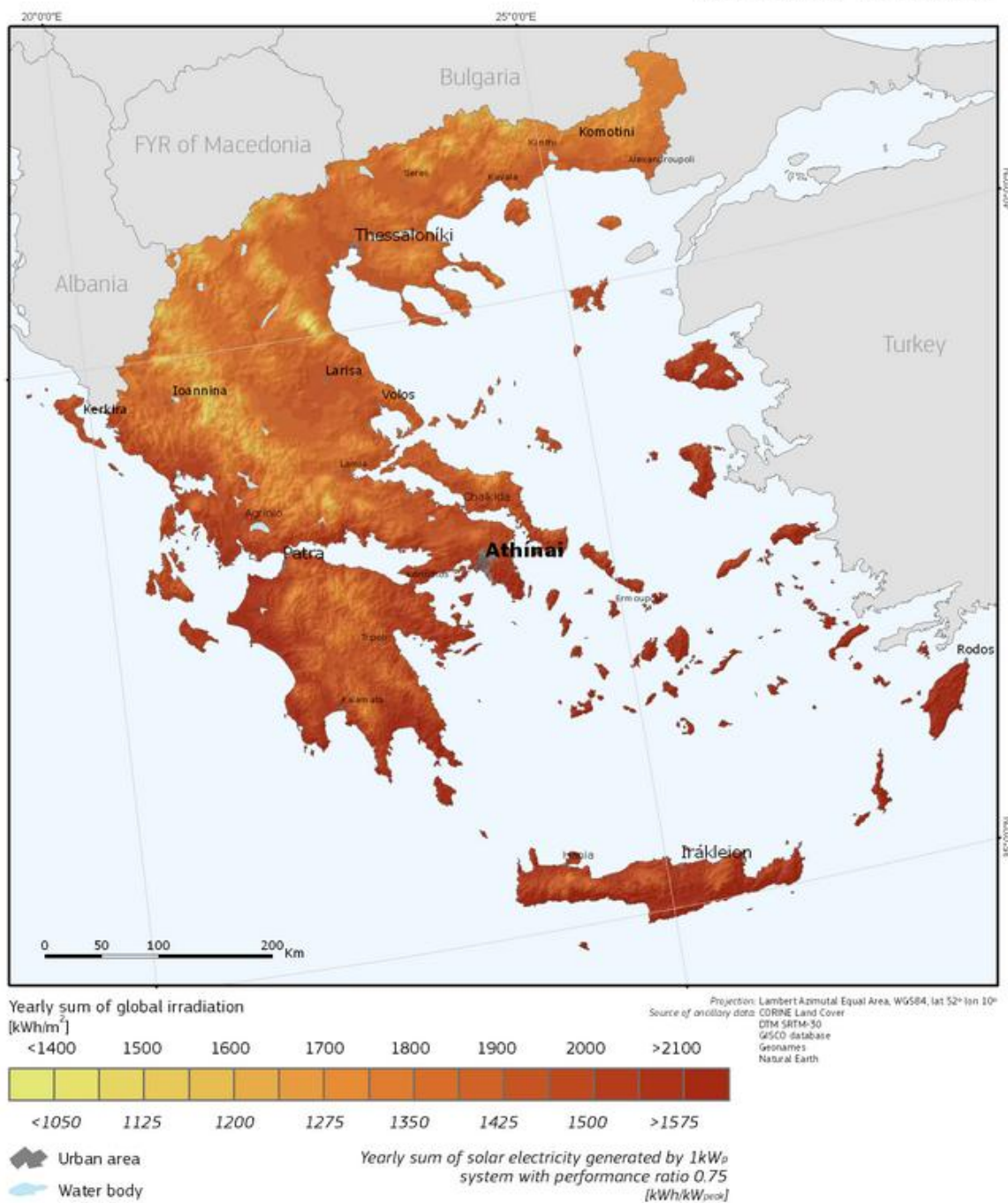
Κεφάλαιο 2: Η Ηλιακή ενέργεια

Ως ηλιακή ενέργεια, μπορεί να χαρακτηριστεί το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο όπως για παράδειγμα, το φως, η θερμότητα αλλά και κάθε μορφή ακτινοβολίας. Πολλοί επιστήμονες που ειδικεύονται στις εναλλακτικές μορφές ενέργειας θεωρούν ότι η ηλιακή ενέργεια είναι η πρωταρχική μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας από την οποία προκύπτουν όλες οι υπόλοιπες. «Θερμαίνοντας και εξατμίζοντας μεγάλες ποσότητες θαλασσινού νερού δημιουργεί τις λίμνες και τα ποτάμια (υδροηλεκτρική ενέργεια), απορροφούμενη από κατάλληλα υλικά παράγει ηλεκτρισμό (φωτοβολταϊκό φαινόμενο) ή θερμαίνει το νερό οικιακής χρήσης (ηλιακή θερμική μετατροπή). Θερμαίνοντας το έδαφος και αυτό με τη σειρά του τον αέρα, δημιουργεί τα ρεύματα αέρα (αιολική ενέργεια) και τα κύματα (ενέργεια κυμάτων). Τέλος, συμβάλλει στην ανάπτυξη της χλωρίδας και η καύση των φυτικών προϊόντων παράγει ενέργεια (βιομάζα)» (Πέρδιος,2011:15). 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.

Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας η οποία είναι πάνω από 1700 KW/m^2 κατά μέσο όρο ετησίως σε ολόκληρη την Ελλάδα όπως μπορεί εύκολα να διακρίνει κανείς στην παρακάτω εικόνα, θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις βασικές κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης και ψύξης, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα.

Global irradiation and solar electricity potential
Optimally-inclined photovoltaic modules

GREECE / ΕΛΛΑΔΑ



Εικόνα 2.1: Ετήσια ηλιακή ακτινοβολία στην Ελλάδα

(Πηγή: Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο για την Ενέργεια και την Μεταφορά
http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eu_cmsaf_opt/G_opt_GR.png 28/9/2012)

2.1. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης και ψύξης

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης στα κτίρια, αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση των χώρων το χειμώνα, καθώς και για παροχή φυσικού φωτισμού, δηλαδή χαρακτηρίζονται από άμεση απολαβή της ηλιακής ακτινοβολίας χωρίς προηγούμενη μετατροπή της. Τα συστήματα αυτά συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο και συνιστούν εξελιγμένες και οικονομικές τεχνολογίες. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και στην ιδιότητα της θερμότητας να μεταφέρεται από το θερμό στο κρύο σώμα και ειδικότερα, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της προκύπτουσας θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου που καλύπτεται από γυαλί, αλλά και στην ιδιότητα της θερμότητας να μεταφέρεται από το θερμό στο κρύο σώμα. Όλα τα παθητικά ηλιακά συστήματα πρέπει να έχουν προσανατολισμό νότιο με νοτιοανατολικό, ώστε να υπάρχει ηλιακή πρόσπτωση κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας το χειμώνα. Το συνηθέστερο παθητικό ηλιακό σύστημα βασίζεται στην αξιοποίηση των παραθύρων κατάλληλου προσανατολισμού, σε συνδυασμό με την κατάλληλη θερμομόνωση (βαριά υλικά, όπως πέτρα, πλάκες, μπετόν στους τοίχους και στα δάπεδα, χωρίς να είναι καλυμμένα, π.χ. από χαλιά), η οποία απορροφά μέρος της θερμότητας και αργότερα την «προσφέρει» στο χώρο και έτσι διατηρείται ο χώρος θερμός για πολλές ώρες. Ένα νότιο οριζόντιο σκίαστρο μπορεί να εμποδίσει τον καλοκαιρινό ήλιο που έρχεται από πιο ψηλά να μπει απ' ευθείας στο χώρο.

Τα υπόλοιπα παθητικά συστήματα είναι έμμεσα συστήματα και ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

Ηλιακοί τοίχοι: Έχουν στην εξωτερική τους πλευρά, σε μικρή απόσταση από την τοιχοποιία τζάμι (υαλοπίνακα) και λειτουργούν ως ηλιακοί συλλέκτες, μεταφέροντας τη θερμότητα είτε μέσω του υλικού του τοίχου (τοίχος θερμικής αποθήκευσης), είτε μέσω θυρίδων (θερμοσιφωνικό πανέλο) στον εσωτερικό χώρο.

Θερμοκήπια (ηλιακοί χώροι): Είναι κλειστοί χώροι που ενσωματώνονται σε νότια τμήματα του κτιριακού κελύφους και περιβάλλονται από υαλοστάσια. Η ηλιακή θερμότητα από το θερμοκήπιο μεταφέρεται στους κυρίως χώρους του κτιρίου μέσω ανοιγμάτων ή και διαπερνά τον τοίχο.

Ηλιακά αίθρια: είναι εσωτερικοί χώροι του κτιρίου οι οποίοι έχουν στην οροφή τους τζάμι και λειτουργούν όπως τα θερμοκήπια

Σε αυτό το σημείο, πρέπει να σημειωθεί ότι τα παθητικά ηλιακά συστήματα θα πρέπει το καλοκαίρι (για να μετατραπούν σε συστήματα ψύξης) να συνδυάζονται με ηλιοπροστασία και συχνά με δυνατότητα αερισμού προκειμένου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η θερμοκρασία στο χώρο να διατηρείται χαμηλή. Τοποθετώντας κινητά σκίαστρα στα νότια παράθυρα εμποδίζουμε το καλοκαίρι την ηλιακή ακτινοβολία να περάσει στο χώρο. Παράλληλα πρέπει να υπάρχουν παράθυρα και φεγγίτες σε κατάλληλα σημεία του σπιτιού έτσι ώστε να δημιουργούνται ρεύματα αέρα.

(http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic_passive.htm 31/7/2012)

Στην Ελλάδα υπάρχουν περίπου 180 βιοκλιματικά κτίρια εκ των οποίων οι 2 είναι οικιστικά σύνολα. Από αυτά 58 βρίσκονται στην Αττική και 41 στην Μακεδονία. Στη Στερεά Ελλάδα και Εύβοια 17, στην Κρήτη επίσης 17, στην Πελοπόννησο 14 και λιγότερα στις άλλες περιοχές. Παράλληλα την τελευταία δεκαετία έχει αρχίσει να εφαρμόζεται και στα κτίρια των δημοσίων υπηρεσιών (όπως κτίρια γραφείων και σχολεία) (ΚΑΠΕ,2002:7). Το κόστος ενός παθητικού ηλιακού συστήματος είναι σαφέστατα μεγαλύτερο από αυτό ενός ενεργητικού συστήματος καθώς δεν αναφερόμαστε σε μια μεμονωμένη συσκευή αλλά για μια ολόκληρη κατασκευή η οποία αν έχει γίνει από την αρχή της μια εξειδικευμένη μελέτη από εξειδικευμένο προσωπικό, το κόστος ισοδυναμεί με αυτό μιας απλής κατοικίας.

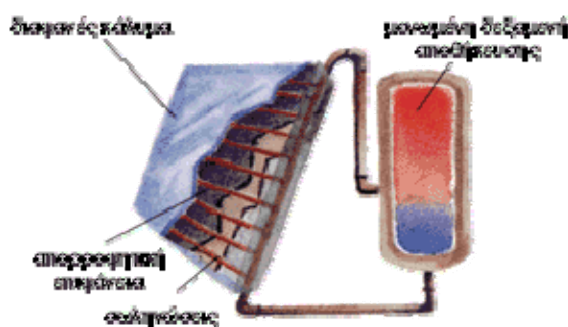
Τα πλεονεκτήματα των παθητικών συστημάτων είναι το χαμηλό κόστος αφού τα υαλοστάσια είναι ένας σχετικά οικονομικός τρόπος δημιουργίας ηλιακού συλλέκτη, η ευκολία κατασκευής, τα συνδυασμένα οφέλη. Τα γυάλινα ανοίγματα συμβάλλουν σε πολλές ταυτόχρονα λειτουργίες, επιτρέποντας την είσοδο του φυσικού φωτός στο κτίριο και την οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. Αντίθετα τα μειονεκτήματα είναι η είσοδος υπερϊώδους ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία μπορεί να αλλοιώσει υφάσματα και αντικείμενα. οι σχετικά μεγάλες διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας που εμφανίζονται εάν δεν υπάρχει επαρκής θερμική μάζα, και η απαίτηση καθαρισμού του υαλοστασίου.



Εικόνα 2.1.1: Το ηλιακό χωριό στη Πεύκη Αττικής. (Πηγή: Καθημερινή http://www.kathimerini.gr/4dcgi/_w_articles_kathcommon_2_04/12/2007_1287101 5/8/2012)

2.2. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι όσα συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, και στη συνέχεια τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε νερό, σε αέρα ή σε κάποιο άλλο ρευστό. Η τεχνολογία που εφαρμόζεται είναι αρκετά απλή και υπάρχουν πολλές δυνατότητες εφαρμογής της σε θερμικές χρήσεις χαμηλών θερμοκρασιών και χρησιμοποιούνται ιδίως σε οικιακές και βιομηχανικές εφαρμογές. Τα συγκεντρωτικά αυτά συστήματα, αποτελούνται συνήθως από τη διάταξη συλλογής και απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας, το κυκλοφοριακό κύκλωμα του ρευστού μεταφοράς θερμότητας, το τμήμα όπου αποθηκεύεται η θερμότητα αλλά και το κύκλωμα μετατροπής και χρήση της θερμότητας όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα. Βασική, όμως, απαίτηση είναι πάντα η ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών γιατί κατά τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμότητα αυξάνεται η θερμοκρασία του απορροφητή, με άμεσο αποτέλεσμα να αυξάνονται οι θερμικές απώλειες και να ελαττώνεται η ενεργειακή τους απόδοση. (Ρηγόπουλος κ.α, 1988:266)



Εικόνα 2.2.1: Ενεργητικό ηλιακό σύστημα

(Πηγή: ΚΑΠΕ http://www.cres.gr/kape/kidsol/sun_heat/27.htm 31/7/2012)

Η πλέον διαδεδομένη εφαρμογή των συστημάτων αυτών είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, οι γνωστοί σε όλους ηλιακοί θερμοσίφωνες. Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες, ένα δοχείο αποθήκευσης της θερμότητας και σωληνώσεις. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το συλλέκτη και η συλλεχθείσα θερμότητα μεταφέρεται στο δοχείο αποθήκευσης. Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται συνήθως στην οροφή του κτιρίου, με νότιο προσανατολισμό και κλίση 30° - 60° ως προς τον ορίζοντα, ώστε να μεγιστοποιηθεί το ποσό της ακτινοβολίας που συλλέγεται ετησίως. Το θερμό νερό που μας δίνει ένα ενεργητικό ηλιακό σύστημα μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε, στη συνέχεια, για τις καθημερινές μας ανάγκες, δηλαδή για τη θέρμανση χώρων κατοικίας ή εργασίας, τη θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών, γεωργικών εγκαταστάσεων κ.λ.π. Μερικά από τα πλεονεκτήματα των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων είναι η απλότητα κατασκευής και εγκατάστασής τους, τα σχετικά φτηνά υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους και η αποδοτική μετατροπή της ενέργειας, που επιτυγχάνεται με αυτά.

Η Ελλάδα είναι χώρα προηγμένη, όσον αφορά την κατασκευή και χρήση του ηλιακού συλλέκτη. Μάλιστα για πολλά χρόνια, ο αριθμός των εγκατεστημένων ηλιακών συστημάτων ήταν ο υψηλότερος στην Ευρώπη. (Στην Ελλάδα η εκτιμώμενη επιφάνεια που καταλαμβάνουν τα ηλιακά θερμοσίφωνα το 2002 είναι ίση με 2645000 τ.μ. συνολικά). Η ευρεία εφαρμογή των ηλιακών συλλεκτών ξεκίνησε πριν από 30 χρόνια. Το κυριότερο προϊόν των ηλιακών θερμικών συστημάτων ήταν και εξακολουθεί να είναι ο οικιακός ηλιακός θερμοσίφοντας. Πολλές εταιρίες έχουν επιδοθεί στην κατασκευή ηλιακών συλλεκτών. Οι διαφημιστικές καμπάνιες λανσάρονται

ήδη από το 1978, οπότε και ιδρύεται η Ελληνική Βιομηχανία Ηλιακής Ενέργειας (ΕΒΗΕ). Το κόστος αγοράς ενός ηλιακού θερμοσίφωνα στη χώρα μας εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την χωρητικότητα της δεξαμενής αποθήκευσής του αλλά σε γενικές γραμμές με τα σημερινά δεδομένα κυμαίνεται από 400 έως 800 €.

Οι κύριοι λόγοι στους οποίους οφείλεται η ευδοκίμηση των ηλιακών συστημάτων είναι :

- Η συμβατική πηγή θέρμανσης του νερού είναι το ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο κοστίζει λιγότερο από πετρέλαιο ή φυσικό αέριο
- Τα περισσότερα ελληνικά σπίτια έχουν ταράτσες, καθιστώντας εύκολη την εγκατάσταση ενός ηλιακού θερμοσιφωνικού συστήματος
- Στη χώρα μας υπάρχουν οι κατάλληλες κλιματικές συνθήκες
- Ενώ παράλληλα υπήρξε η υποστήριξη της πολιτείας όταν πρωτοεμφανίστηκαν οι ηλιακοί συλλέκτες (Βαρβαρέσου και Τσούτσος., 2002: 3)

Οι λόγοι που οι άνθρωποι επενδύουν σε ηλιακά θερμικά συστήματα είναι κατά κύριο λόγο η περιβαλλοντική συνείδηση (με την εξοικονόμηση των εξαντλήσιμων ενεργειακών πόρων), ενεργειακή αυτονομία που προσφέρουν και κατ'επέκταση η ασφάλεια έναντι μελλοντικών αυξήσεων των τιμών στα καύσιμα αλλά και φυσικά χαμηλότεροι λογαριασμοί ρεύματος. Αντιθέτως με τα παραπάνω τα σημαντικότερα προβλήματα που εμποδίζουν την ευρεία χρήση των ηλιακών συστημάτων στα αστικά κτίρια και γενικότερα την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας σε αυτά είναι ο σκιασμός των ηλιακών συλλεκτών από τα γειτονικά κτίρια, ο τρόπος κατασκευής των κτιρίων και η διαθεσιμότητα χώρου για την εγκατάσταση των ηλιακών συστημάτων, αλλά και η ρύπανση του αέρα (ιδιαίτερα στα μεγάλα αστικά κέντρα) που προκαλεί επικαθήσεις στην επιφάνεια των συλλεκτών

Κεφάλαιο 3: Τα φωτοβολταϊκά συστήματα

3.1. Ιστορική αναδρομή

Το 1839, ο Γάλλος φυσικός Edmund Becquerel ανακάλυψε ότι ορισμένα υλικά μπορούσαν να παράγουν σπινθήρες ηλεκτρισμού όταν υποβάλλονταν σε ηλιακή ακτινοβολία. Αυτό το φαινόμενο, γνωστό και ως φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, χρησιμοποιήθηκε σε πρωτόγονα ηλιακά κελιά από σελήνιο στα τέλη του 18ου αιώνα. Οι Αμερικάνοι Adams και Day το 1876 χρησιμοποιώντας έναν κρύσταλλο σεληνίου έκαναν επίδειξη αυτού του φαινομένου. Η απόδοση, όμως, σε αυτή την περίπτωση ήταν μόνο 1%. Το 1905 ο Albert Einstein διατύπωσε την εξήγηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου (υπόθεση του φωτονίου) στην οποία τα φωτόνια είναι πακέτα ενέργειας εντοπισμένα στο χώρο που διαδίδονται με την ταχύτητα του φωτός και συναποτελούν το ηλεκτρομαγνητικό κύμα . Το 1949 οι Αμερικάνοι Shockley, Bardeen και Brattain ανακάλυψαν το τρανζίστορ διευκρινίζοντας τη φυσική των p και n ενώσεων των ημιαγωγών υλικών στα οποία διαπιστώθηκε πως όταν το φως πέσει στη μια πλευρά ενός κρυσταλλικού ζεύγους ημιαγωγών, τότε παρατηρείται ροή ηλεκτρονίων με αποτέλεσμα να είναι τα πλέον κατάλληλα έτσι ώστε να μετατραπεί η ηλιακή ενεργεία σε ηλεκτρισμό. Τη δεκαετία του 1950, επιστήμονες αναπροσάρμοσαν την τεχνολογία και, χρησιμοποιώντας ως βάση το πυρίτιο, κατασκεύασαν ηλιακά κελιά τα οποία μπορούσαν να μετατρέψουν σε ποσοστό περίπου 4% την ηλιακή ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική, ενώ αργότερα κατασκευάστηκε το φωτοβολταϊκό κύτταρο από πυρίτιο, το οποίο λειτούργησε με απόδοση του 10%. Την επόμενη δεκαετία εκτοξεύονται τα πρώτα διαστημόπλοια που φέρουν φωτοβολταϊκά μικρής βέβαια ισχύος. Το 1977, η παγκόσμια παραγωγή των φωτοβολταϊκών άγγιξε τα 500kW ενώ στη συνέχεια άρχισε η εμφάνιση των φωτοβολταϊκών συστημάτων και σε επίγειες εφαρμογές όπως η ηλεκτρική τροφοδότηση μικροσυσκευών, απομονωμένων εγκαταστάσεων, εξοχικών σπιτιών και ολόκληρων οικισμών που δεν εξυπηρετούνται από το υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο. Είναι ευνόητο ότι η αύξηση της παραγωγής και η βελτίωση της τεχνολογίας είχαν σαν αποτέλεσμα τη ραγδαία μείωση του κόστους και τη βελτίωση του βαθμού απόδοσης με αποτέλεσμα 25 χρόνια αργότερα το 2002, η παραγωγή αυτή να αγγίζει τα 560 MW και να συνεχίζει να αυξάνεται με εκθετική πρόοδο καθιστώντας την ηλιακή ενέργεια μια από τις πλέον χρησιμοποιημένες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

3.2. Οι τύποι των φωτοβολταϊκών συστημάτων

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρισμό. Τα συστήματα αυτά, όπως προαναφέρθηκε, χρησιμοποιούνται σε πλήθος ηλεκτρικών εφαρμογών και καλύπτουν μια ευρεία περιοχή ισχύος από πολύ μικρή (φωτιστικά σώματα κήπου) έως αρκετά μεγάλης ισχύος για την τροφοδοσία νησιών. Πριν αναφερθούμε στους τύπους των φωτοβολταϊκών συστημάτων θα ήταν φρόνιμο να αναλυθούν κάποιοι ορισμοί σε σχέση με αυτά.

Φωτοβολταϊκό φαινόμενο ονομάζεται η άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική τάση. Πολλές φορές, για ευκολία, χρησιμοποιείται η σύντμηση Φ/Β για τη λέξη “φωτοβολταϊκό” (*photovoltaic - PV*).

Φωτοβολταϊκό στοιχείο (*PV cell*): Η ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία. Λέγεται ακόμα φωτοβολταϊκό κύτταρο ή φωτοβολταϊκή κυψέλη. Στις μέρες μας, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν τη δυνατότητα να μετατρέψουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρισμό μέσω οργανικών μορίων που αυξάνουν την απόδοση τους πέρα από το 10% (Makvart,2000:26). Ο αριθμός των στοιχείων που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτάται άμεσα από την τάση του πλαισίου που κατασκευάζεται έτσι ώστε να λειτουργεί με 12 V μπαταρίες (η πλέον συνήθης περίπτωση στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά) δηλαδή να απαιτούνται 36 φωτοβολταϊκά στοιχεία για την κατασκευή του.

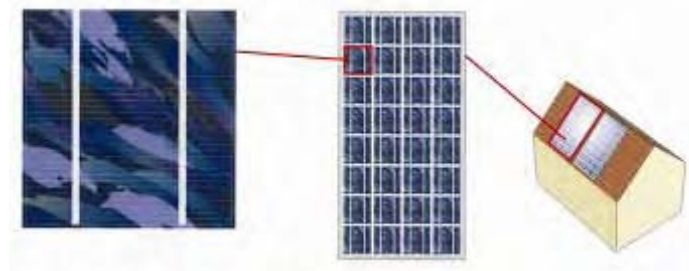


Φωτοβολταϊκό πλαίσιο (*PV module*): Ένα σύνολο φωτοβολταϊκών στοιχείων που είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα. Αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της φωτοβολταϊκής γεννήτριας.



Φωτοβολταϊκό πανέλο (PV panel): Ένα ή περισσότερα φωτοβολταϊκά πλαίσια, που έχουν προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε ενιαία κατασκευή, έτοιμη για να εγκατασταθεί σε φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.

Φωτοβολταϊκή συστοιχία (PV array): Μια ομάδα από φωτοβολταϊκά πλαίσια με ηλεκτρική αλληλοσύνδεση, τοποθετημένα συνήθως σε κοινή κατασκευή στήριξης.



Φωτοβολταϊκή γεννήτρια (PV generator): Το τμήμα μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης που περιέχει φωτοβολταϊκά στοιχεία και παράγει συνεχές ρεύμα.

Αντιστροφέας ή μετατροπέας (inverter): Ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο.

Ρυθμιστής φόρτισης (charge controller): Συσκευή που χρησιμοποιείται σε αυτόνομα συστήματα για να ρυθμίζει τη φόρτιση των συσσωρευτών. (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών, 2011:4)

Το κύριο στοιχείο από το οποίο κατασκευάζονται τα φωτοβολταϊκά και αποτελεί τον ημιαγωγό για την μετατροπή της ενέργειας είναι το πυρίτιο το οποίο είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο στη φύση καθώς αποτελεί το 25% του φλοιού της γης. Με βάση τη δομή του τα φωτοβολταϊκά χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Φ/Β στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου

Αποτελούνται από μεγάλους κρυστάλλους, το πάχος του υλικού είναι περίπου 300μm και έχουν σκούρο μπλε χρώμα. Η απόδοσή τους στο εργαστήριο αγγίζει το 22 με 24% ενώ σε πραγματικές συνθήκες δεν ξεπερνά το 19%.

- Φ/Β στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου.

Το πυρίτιο σε αυτή την περίπτωση κόβεται σε τετραγωνικά στοιχεία και έχουν επιστρώματα πάχους 10-50μm ενώ το χρώμα του είναι γαλάζιο και στην επιφάνεια του διακρίνονται διαφορετικές μονοκρυσταλλικές περιοχές. Η εργαστηριακή τους απόδοση είναι 17% -20% ενώ σε πραγματικές συνθήκες γύρω στο 12 με 19%

- Φ/Β στοιχεία ταινίας ή λεπτού υμενίου

Είναι ταινία πολυκρυσταλλικού πυριτίου που δημιουργείται από τηγμένο υλικό. Έχει απόδοση 13% και είναι ιδιαίτερα δύσκολο εξαιτίας του υψηλού κόστους κατασκευής. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα άμορφα [a-Si], τα μικρομορφικά [μ-Si], τα CIS-CIGS και το CdTe

- Φ/Β στοιχεία άμορφου πυριτίου

Το άμορφο πυρίτιο διαφέρει από πολυκρυσταλλικό καθώς το πρώτο έχει μεγαλύτερη ικανότητα απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα το κόστος κατασκευής του να είναι ιδιαίτερα χαμηλό αφού για την κάλυψη των ίδιων αναγκών. Το μειονέκτημα του, είναι ότι έχει μέτριες ηλεκτρικές ιδιότητες, ένα γεγονός που ακόμα και με την προσθήκη υδρογόνου η απόδοση τέτοιων φωτοβολταϊκών στοιχείων να κυμαίνεται μεταξύ 6 με 8%

- Φ/Β στοιχεία αρσενικού γαλλίου

Το αρσενικό γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο (κενό για ροή ηλεκτρονίων) ίσο με 1,43eV 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.

- Φ/Β στοιχεία δισεληνοειδούς χαλκού

Ο Δισεληνοειδής 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.

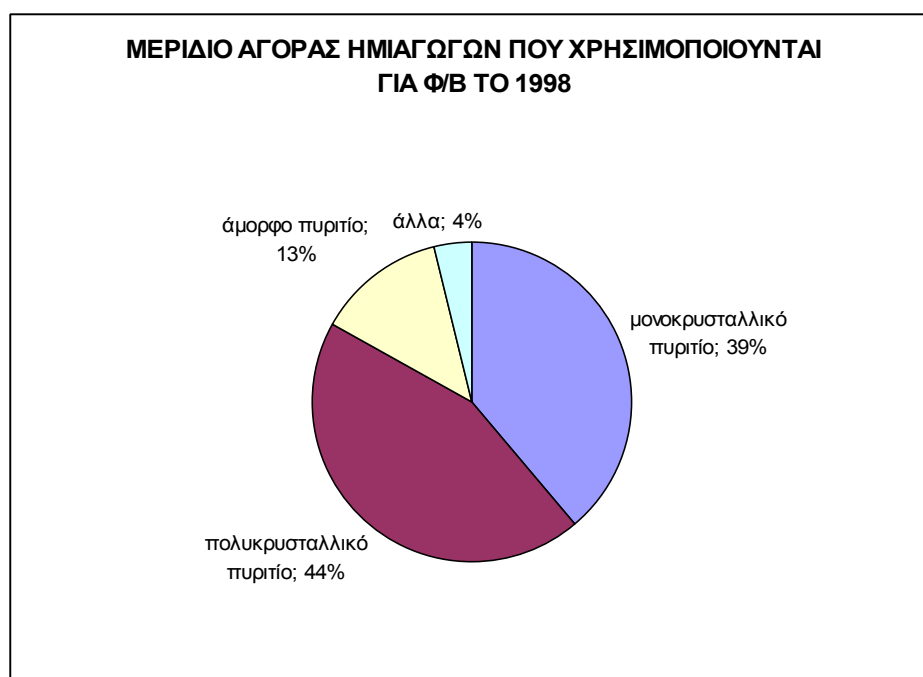
Με την πρόσμιξη γάλλιου η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίνδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση. Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι αρκετά χαμηλότερο.

(http://www.prasina.gr/main/index.php?option=com_content&view=article&id=200&Itemid=201 23/8/2012)

- Φ/Β στοιχεία θειούχου χαλκού-θειούχου καδμίου

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αυτού του τύπου έχουν χαμηλό κόστος κατασκευής αλλά όχι σταθερή απόδοση (περίπου 10%)

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι τρεις τελευταίες κατηγορίες είναι ιδιαίτερα δύσχρηστες εξαιτίας της απόδοσης τους αλλά και του κόστους τους

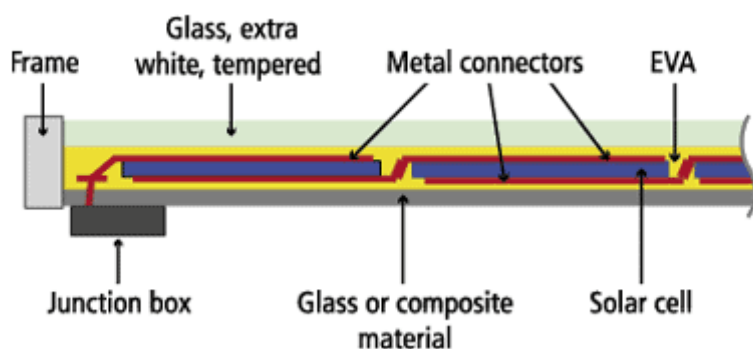


Σημείωση: η κατηγορία «άλλα» περιλαμβάνει το τελουριακό (συνδυασμός θείου και σελήνιου) κάδμιο⁴, το κρυσταλλικό πυρίτιο για συγκεντρωτικά συστήματα και το πυρίτιο σε μορφή ταινιών

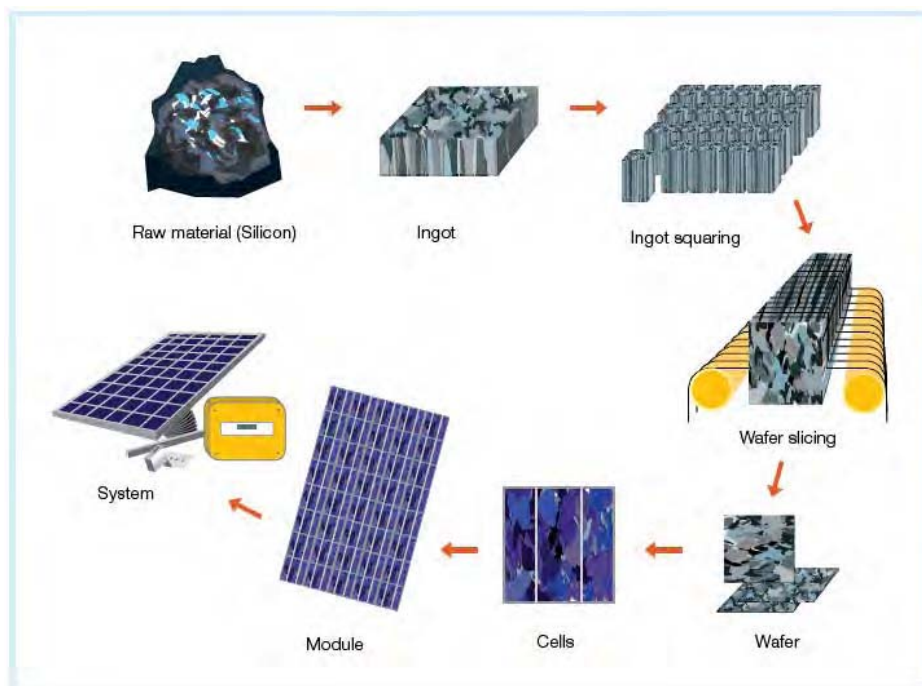
Διάγραμμα 3.2.1: Μερίδιο αγοράς ημιαγωγών που χρησιμοποιούνται για Φ/Β το 1998 (Πηγή: Makvart,2000:25, Ιδία επεξεργασία)

⁴ 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.

Το πυρίτιο, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί στα φ/β στοιχεία πρέπει να υποστεί ειδική επεξεργασία η οποία περιλαμβάνει τον καθαρισμό σε υψηλό βαθμό >99,99999%, τον τεμαχισμό σε ράβδους και στη συνέχεια την κοπή του σε πολύ λεπτές φέτες (ηλιακά στοιχεία ή αλλιώς ηλιακές κυψέλες) που ενώνονται ηλεκτρικά μεταξύ τους για να σχηματίσουν το φωτοβολταϊκό πλαίσιο (Εικόνα 3.2.2). Συνήθως δηλαδή, τα ηλιακά στοιχεία περιβάλλονται από ένα λεπτό φιλμ EVA (πάχους 0,25-0,5 mm, που εξασφαλίζει την ιδανική φωτοδιαπερατότητα των πάνελ), ενώ στην πάνω πλευρά μπαίνει και ένα ενισχυμένο γυαλί (ειδικό γυαλί με αντιανακλαστική στρώση και μεγάλη αντοχή με σκοπό οι ανακλώμενες από την επιφάνεια του κρυστάλλου ακτίνες να αλληλοεξουδετερώνονται με τις ακτίνες που ανακλώνται από την εμπρόσθια επιφάνεια της αντιανακλαστικής στρώσης με έμμεσο αποτέλεσμα να αυξηθεί η απόδοση των στοιχείων). Από κάτω μπαίνει ή μία στρώση tedlar ή κάποιο άλλο υλικό (π.χ. γυαλί ή μέταλλο) που προσφέρει προστασία στο πίσω μέρος του πλαισίου. Οι στρώσεις αυτές των υλικών συνήθως ενθυλακώνονται σε ένα πλαίσιο αλουμινίου. Στο πίσω μέρος μπαίνει ένα junction box από πολυεστέρα για τη σύνδεση των καλωδίων το οποίο προσκολλάται με κόλλα σιλικόνης (Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών,2011:20)

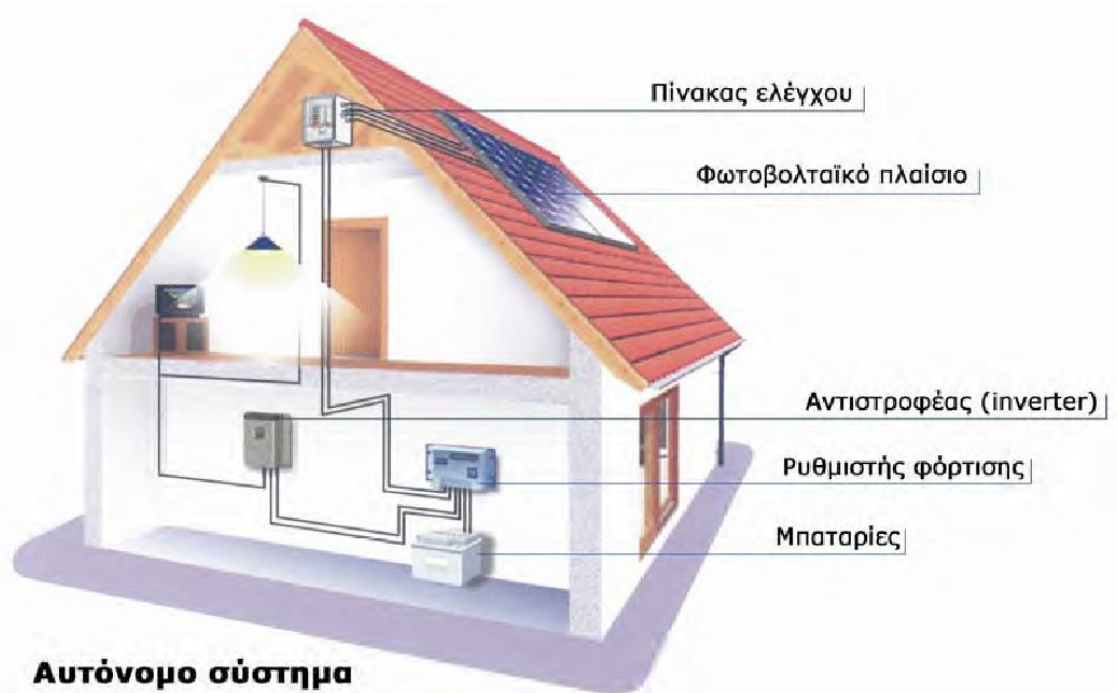


Εικόνα 3.2.1: Από τι αποτελείται ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο (Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών,2011:20)



Εικόνα 3.2.2: Επεξεργασία της “πρώτης ύλης” (“Casting and Wafering”, δηλαδή κρυστάλλωση με θερμική διεργασία του πυριτίου σε κυλινδρικούς μονοκρυστάλλους ή πολυκρυσταλλικούς ή κατευθείαν σε πολυκρυσταλλικά δισκία πυριτίου και κοπή των παραπάνω σε λεπτά δισκία ή φέτες πυριτίου). (Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών, 2011:22)

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα επίσης χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες: Στα απομονωμένα και στα συνδεδεμένα στο δίκτυο. Τα απομονωμένα χωρίζονται σε αυτόνομα και υβριδικά. Στα αυτόνομα η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια καλύπτεται αποκλειστικά από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία και μπορεί να είναι συνεχούς ή εναλλασσόμενης τάσεως, και διακρίνονται σε δύο επί μέρους κατηγορίες: Στα αυτόνομα χωρίς αποθήκευση στα οποία όσο φωτίζεται η φωτοβολταϊκή συστοιχία η ηλεκτρική ενέργεια αποδίδεται κατευθείαν στον καταναλωτή χωρίς να αποθηκεύεται σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές και χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για άρδευση καλλιεργειών, που δεν απαιτούν συστηματικό πότισμα. Ενώ στα αυτόνομα με αποθήκευση η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για την απευθείας τροφοδοσία των ηλεκτρικών συσκευών και η περίσσεια αποθηκεύεται σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια της νύχτας ή σε μη ηλιόλουστες μέρες ενώ υποχρεωτικά πρέπει να υπάρχει ελεγκτής φόρτισης του συσσωρευτή ενώ θα προστεθεί και μετατροπέας αν υπάρχουν συσκευές με εναλλασσόμενο ρεύμα.

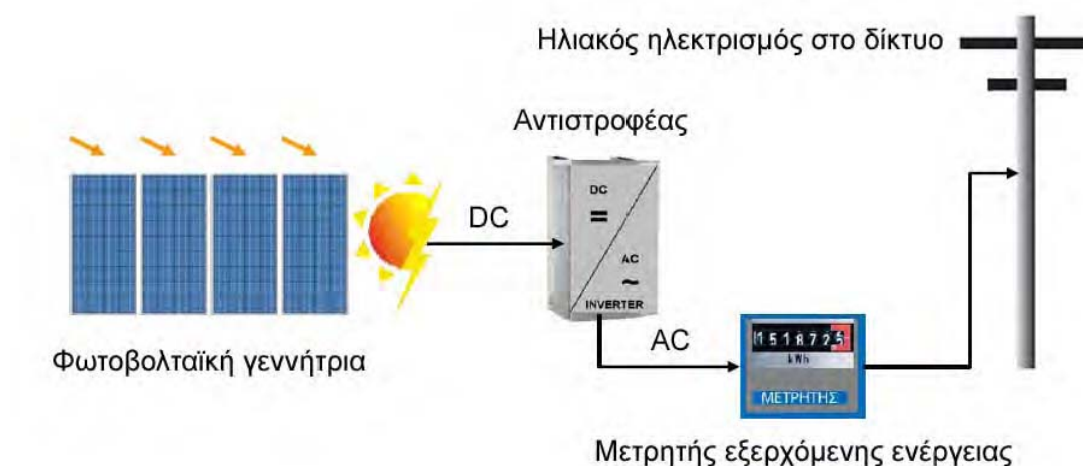


Εικόνα 3.2.3: Το αυτόνομο σύστημα που αποθηκεύει ενέργεια (Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών, 2011:13)

Στα υβριδικά συστήματα η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται από το συνδυασμό της φωτοβολταϊκής συστοιχίας με άλλες βοηθητικές πηγές ηλεκτρικής ενέργειας είτε συμβατικές είτε ανανεώσιμες όπως για παράδειγμα οι ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούνται όλο το χρόνο και κυρίως το χειμώνα όπου η ανεμογεννήτρια παίζει ένα σημαντικό ρόλο ενίσχυσης όλου του φωτοβολταϊκού συστήματος. Ενώ η ηλεκτρογεννήτρια πετρελαίου, συνήθως ενεργοποιείται αυτόματα σε έκτακτες περιπτώσεις για να υποβοηθήσει το φωτοβολταϊκό σύστημα. Το υβριδικό σύστημα αποτελείται μόνο από ηλεκτρογεννήτρια και είναι εγκατεστημένο σε συνδυασμό με το κεντρικό δίκτυο, τότε το κεντρικό δίκτυο χρησιμοποιείται ως εφεδρική πηγή σε περίπτωση ανάγκης. Τα υβριδικά συστήματα κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται για την συνεχή λειτουργία σημαντικών οικιακών ή επαγγελματικών εφαρμογών ή εφαρμογών πρώτης ανάγκης όπως, νοσοκομεία, σε περιοχές όπου το κεντρικό δίκτυο παρουσιάζει προβλήματα (διακοπές ή μεταβολή τάσης).

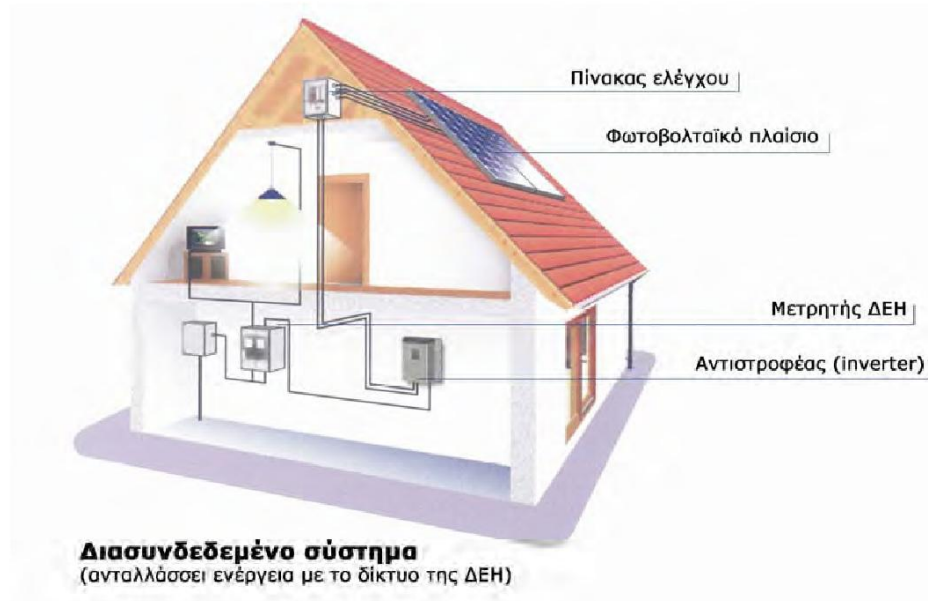
Επίσης υπάρχουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα που είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο και δεν απαιτείται ηλεκτρικός συσσωρευτής ή ελεγκτής φόρτισης αλλά μόνο μετατροπέας τάσης ενώ σε αυτά υπάρχει και μετρητής για την καταμέτρηση εισερχόμενης και εξερχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας καθώς σε αυτή την περίπτωση ο ιδιοκτήτης μπορεί να πουλήσει το

ηλεκτρικό ρεύμα που παράγει στην ΔΕΗ σε μια ορισμένη τιμή που προβλέπεται από το νόμο και παράλληλα να συνεχίζει να αγοράζει ρεύμα από αυτή, με αποτέλεσμα στο τέλος κάθε περιόδου ο ιδιοκτήτης να εισπράττει ή να πληρώνει τη διαφορά της ποσότητας που καταναλώνει και της ποσότητας που πουλάει.



Εικόνα 3.2.4: Ο τρόπος με τον οποίο το φωτοβολταϊκό σύστημα διαθέτει ενέργεια στο ηλεκτρικό δίκτυο (Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών,2011:12)

Πρέπει να επισημανθεί ότι διακρίνονται σε κεντρικού σταθμού (που είναι συστήματα μεγάλης ισχύος και διοχετεύεται το ηλεκτρικό ρεύμα κατευθείαν στο δίκτυο) και καταναλωμένα που λειτουργούν σε συνεχή αλληλεπίδραση με το δίκτυο όταν υπάρχει περίσσεια παραγωγή ρεύματος που διαβιβάζεται σε αυτό ή τροφοδοτούνται από αυτό για να καλύψουν έκτακτες ενεργειακές ανάγκες της εγκατάστασης.



Εικόνα 3.2.5: Το διασυνδεδεμένο σύστημα που ανταλλάσσει ενέργεια με το δίκτυο της ΔΕΗ (Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών, 2011:12)

Τέλος ανάλογα με την ισχύ που παράγουν διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες :

- Μικρά συστήματα (1 mWp-100 Wp) και χρησιμοποιούνται σε καταναλωτικά προϊόντα
- Αυτόνομα συστήματα (0,1-200 kWp⁵) χρησιμοποιούνται για ηλεκτροδότηση κατοικιών, σε συστήματα σηματοδότησης, σε αγροτικές εφαρμογές σε συστήματα φωτισμού δρόμου
- Συνδεδεμένα καταναμημένα συστήματα (1,5-20 kWp) και αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της αγοράς για την ηλεκτροδότηση κατοικιών και κτιρίων
- Συνδεδεμένα κεντρικού σταθμού συστήματα (>50 kWp)

(Περδιος, 2011:190-196)

⁵ kWp (κιλοβάτ peak): μονάδα ονομαστικής ισχύος του φωτοβολταϊκού (ίδιο με το kW)

3.3. Ο τρόπος λειτουργίας και το κόστος τους

Ο τρόπος λειτουργίας των φωτοβολταϊκών στοιχείων στηρίζεται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Το ηλιακό φως από αποτελείται φωτόνια που είναι μικρά πακέτα ενέργειας. Τα φωτόνια περιέχουν διαφορετικά ποσά ενέργειας ανάλογα με το μήκος κύματος του ηλιακού φάσματος. Όταν τα φωτόνια προσκρούσουν σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο (που είναι ουσιαστικά ένας “ημιαγωγός” και έχει την ιδιότητα να αφήσει να περνά το ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από αυτό μονό κατά μία διεύθυνση κατά μήκος του άξονα του), άλλα ανακλώνται, άλλα το διαπερνούν και άλλα απορροφώνται από το φωτοβολταϊκό. Αυτά τα τελευταία φωτόνια είναι που παράγουν το ηλεκτρικό ρεύμα. Τα φωτόνια αυτά αναγκάζουν τα ηλεκτρόνια του φωτοβολταϊκού να μετακινηθούν και με αυτό τον τρόπο παράγεται ηλεκτρισμός. Αναλυτικότερα, οι κρύσταλλοι πυριτίου, που χρησιμοποιούνται ευρέως στα φωτοβολταϊκά, έχουν στο πλέγμα τους άτομα βαρίου (κρύσταλλοί τύπου P) και άτομα αρσενικού (κρύσταλλοί τύπου N). Οι δύο αυτοί τύποι κρυστάλλων ενώνονται και σχηματίζουν ένα ζεύγος φωτοηλεκτρικού στοιχείου. Όταν ένα φωτόνιο με την απαραίτητη ενέργεια εισέλθει στον κρύσταλλο P τότε αποσπάται ένα ηλεκτρόνιο από το άτομο πυριτίου το οποίο δημιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα στο κύκλωμα. Αν η ενέργεια του φωτονίου είναι μικρή, τότε δεν παρατηρείται κανένα φαινόμενου ενώ όταν είναι μεγαλύτερη από την απαιτούμενη τότε δημιουργείται ηλεκτρισμός και το περίσσειμα μετατρέπεται σε θερμότητα. Αυτό σημαίνει ότι ανεξάρτητα από την φωτεινή ένταση η μέγιστη απόδοση θα παραμένει πάντα σταθερή όσο και αν αυξηθεί η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. (Αλεξάκης, 1995:47)

Για να λειτουργήσει, όμως ένα φωτοβολταϊκό σύστημα δεν απαιτείται μόνο η σύνδεση των φωτοβολταϊκών στοιχείων αλλά και η φωτοβολταϊκή γεννήτρια, οι μπαταρίες, τα συστήματα ελέγχου αλλά και τα συστήματα υποστήριξης. Η γεννήτρια αποτελείται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τα οποία διασυνδέονται για να σχηματίσουν την μονάδα παραγωγής ενέργειας. Οι μπαταρίες (οι πλέον γνωστές είναι αυτές του μολυβδου οξέος) χρησιμοποιούνται στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά για την αποθήκευση της ενέργειας, φορτίζονται κατά τη διάρκεια της ημέρας και αποφορτίζονται κατά τη διάρκεια της νύχτας το μέγεθος της αποφόρτισης είναι ελάχιστη αν δεν υπάρχει κάποια πρόσθετη μονάδα.. Στα συστήματα ελέγχου, περιλαμβάνονται ο ρυθμιστής φόρτισης που αποτρέπει την διαδοχική αποφόρτιση ή την υπερφόρτιση των μπαταριών ελέγχοντας την τάση των μπαταριών, ο μετατροπέας που μετατρέπει το συνεχές σε εναλλασσόμενο ρεύμα αλλά και ο μετατροπέας που εξασφαλίζει ότι πάντα η μέγιστη ενέργεια θα μεταφέρεται από την γεννήτρια στην μπαταρία. Τέλος στα συστήματα υποστήριξης υπάρχουν

δείκτες που καταδεικνύουν το επίπεδο φόρτωσης της μπαταρίας αλλά και την τάση του ηλεκτρισμού που παράγεται.

Εφόσον αναφερθήκαμε στη λειτουργία σημαντικό παράγοντας είναι ο βαθμός απόδοσης .Ο βαθμός απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου μπορεί να βρεθεί με τον τύπο

$$\eta = P_m / P_{HA}$$

όπου P_m : η μέγιστη αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύς του φωτοβολταϊκού στοιχείου και P_{HA} η ισχύς της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (Περδιος, 2011:63). Η απόδοση εξαρτάται από το κλίμα της περιοχής αφού όσο λιγότερες είναι οι μέρες όπου υπάρχει ηλιοφάνεια, τόσο μικρότερη είναι η απόδοση, από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής που τοποθετούνται και για αυτό το λόγο προτιμώνται οι νότιες περιοχές όπου η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι σαφέστατα μεγαλύτερη και την κλίση τους σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο (η βέλτιστη απόδοση πραγματοποιείται με νότιο προσανατολισμό και κλίση περίπου 30°), από τη σωστή συντήρηση κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους αλλά και από την ηλικία των πανελ αφού έχει υπολογιστεί ότι η απόδοση τους μειώνεται περίπου 0,5 με 1% / έτος αλλά και από την πτώση τάσης που ενδεχομένως να εμφανίζουν που οφείλεται στη αυξημένη θερμοκρασία της επιφάνειας των φωτοβολταϊκών

ΚΛΙΣΗ ΠΡΟΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	ΝΟΤΙΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ ΔΥΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ
0°	90%	90%	90%
15°	98%	95%	88%
30°	100%	95%	85%
90°	60%	60%	50%

Πίνακας 3.3.1: Ενδεικτική απόδοση ανάλογα με τον προσανατολισμό και την κλίση
(Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών, 2011:18)

Με πλήρη ηλιοφάνεια ο ήλιος εκπέμπει περίπου 1000 Watt σε κάθε τετραγωνικό μέτρο του εδάφους. Όμως, λόγω της αναποτελεσματικότητας, ένα τυπικό φωτοβολταϊκό στοιχείο που έχει επιφάνεια 1 τετραγωνικό μέτρο, κατά πάσα πιθανότητα θα παράγει μόνο 150 Watt ισχύος, επειδή η απόδοση του είναι 15%. Ο τύπος από τον οποίο προκύπτει είναι: 1000 Watt ανά τετραγωνικό μέτρο * 0,15 (15%) = 150 Watt, αλλά επειδή όπως προαναφέρθηκε προηγουμένως

τα φ/β στοιχεία δεν έχουν 100% απόδοση παρά μόνο στην ιδανική περίπτωση που η κλίση είναι 30° και ο προσανατολισμός νότιος τότε για να υπάρξει μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης απαιτείται μεγαλύτερη έκταση για την εγκατάσταση.

Για να υπολογιστεί η μέγιστη ισχύς των φωτοβολταϊκών θα χρησιμοποιηθεί ο τύπος

$P_{pk} = A \cdot eff_{nom}$ όπου eff_{nom} είναι η απόδοση των φωτοβολταϊκών σε συνθήκες εργαστηρίου στις οποίες η θερμοκρασία ισούται με 25 βαθμούς Κελσίου ηλιακή ακτινοβολία ίση με 1000W/τ.μ. και πυκνότητα αέρα ίση με 1,5 AM ενώ A είναι το εμβαδόν των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Η πραγματική ισχύ εξαρτάται από την ακτινοβολία G και την αποδοτικότητα των φωτοβολταϊκών σε πραγματικές συνθήκες και την θερμοκρασία που έχουν τα φ/β στοιχεία συνεπώς ο τύπος διαμορφώνεται

$$**$P = G/1000 * A \cdot eff(G, T_m) = G/1000 * A \cdot eff_{nom} * eff_{rel}(G, T_m)$**$$

(http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/PVcalchelp_en.html#Section_2 20/8/2012)

Το κόστος μιας ολοκληρωμένης εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος υπολογίζεται σε ευρώ ανά εγκατεστημένο KW και εξαρτάται από: την τεχνολογία των πανελ που θα χρησιμοποιηθεί (πχ τα πάνελ άμορφου πυριτίου κοστίζουν φθηνότερα αλλά απαιτούν περίπου την διπλάσια έκταση), την προέλευση των πάνελ καθώς και των λοιπών στοιχείων του εξοπλισμού, το μέγεθος του φωτοβολταϊκού συστήματος αφού όσο μικρότερη είναι η ισχύς, τόσο μεγαλύτερό είναι το κόστος του κάθε εγκατεστημένου KW, την δυσκολία της εγκατάστασης αφού το να εγκατασταθεί σε μια δυσπρόσιτη περιοχή που υπάρχει δυσκολία στην μετακίνηση κοστίζει σαφέστερα περισσότερο αλλά και την απόσταση από το δίκτυο της ΔΕΗ καθώς σε αυτή τη περίπτωση πρέπει να υπολογιστεί και το κόστος επέκτασης του δικτύου που είναι αρκετά μεγάλο. Τέλος το κόστος σχετίζεται άμεσα με το αν το σύστημα είναι αυτόνομο ή συνδεδεμένο στο δίκτυο, καθώς το κόστος μειώνεται όταν τα συστήματα είναι συνδεδεμένα επειδή δεν χρειάζονται ηλεκτρικό συσσωρευτή και ελεγκτή φόρτισης. Οι προσφορές που υφίστανται σήμερα για κάθε εγκατεστημένο KW κυμαίνονται από 4500€ για εγκατάσταση με λεπτό υμεναίου άμορφου πυριτίου σε σκεπή κτιρίου έως 7500€ για εγκατάσταση με πανελ πολυκρυσταλλικού ή μονοκρυσταλλικού πυριτίου αλλά και πλήρη διαμόρφωση του χώρου για φωτοβολταϊκούς σταθμούς. Με λίγα λόγια όπως αναφέρει ο Πέρδιος «το κόστος ενός

συστήματος που η ισχύς του αγγίζει μέχρι μερικά kWp για βιομηχανική ή οικιακή χρήση ανέρχεται σε 4-4,5€/ Wp. Φυσικά όσο το μέγεθος της εγκατάστασης αυξάνεται τόσο μειώνεται το κόστος, ενώ τα ετήσια λειτουργικά κόστη εξαρτώνται από την εκάστοτε εφαρμογή και κυμαίνονται από 0,12 έως 0,15% του αρχικού κόστους επένδυσης» (2011,182). Παράλληλα θεωρείται ότι είναι σκόπιμο να επισημανθεί ότι το κόστος κατασκευής ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου εξαρτάται άμεσα και από άλλους παράγοντες όπως για παράδειγμα από τα υλικά από τα οποία συντίθεται, το κόστος της εργασίας, αλλά και της ενέργειας που καταναλώνεται για την παραγωγή τους. Η τιμή, βεβαίως, αγορά τους είναι σαφέστατα μεγαλύτερη αφού περιλαμβάνει τα κέρδη του κατασκευαστή και του προμηθευτή, τους φόρους αλλά και το μερίδιο του λιανοπωλητή. Επίσης επισημαίνεται ότι το κόστος μειώνεται αρκετά αν αγορασθούν μεγάλες ποσότητες εφόσον η κλίμακα παραγωγής είναι μεγάλη στην οποία περιλαμβάνονται μηχανήματα και όχι ανθρώπινη εργασία για την παραγωγή τους. Οι επιστήμονες επίσης αναφέρουν ότι στο συνολικό κόστος συμπεριλαμβάνονται το κόστος εγκατάστασης, της συντήρησης, και της μεταφοράς. Σαφέστατα όμως με την πάροδο του χρόνου και την ανάπτυξη της τεχνολογίας το κόστος θα μειωθεί περαιτέρω.(Archer και Hill, 2001: 705, 707). Τέλος το κέρδος που έχουν οι κάτοχοι φωτοβολταϊκών συστημάτων από την πώληση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας σήμερα στη ΔΕΗ ανέρχεται σε 0,55€/kWh.

3.4. Οι εφαρμογές των φωτοβολταϊκών

Η σημασία που έχουν τα φωτοβολταϊκά είναι αρκετά μεγάλη και αυτό γίνεται ολοφάνερο από τις εφαρμογές που μπορούν να πραγματοποιηθούν: Αρχικά η παροχή καθαρού νερού είτε ως πόσιμο αλλά και για ιατροφαρμακευτικούς λόγους μέσω άντλησης από το υπέδαφος και η παροχή του σε οικισμούς, η άρδευση αλλά και η άντληση του νερού⁶ μπορούν να βοηθήσουν στην αύξηση της αγροτικής παραγωγής και συνεπώς να αυξηθούν τα έσοδα των αγροτών. Για την άρδευση και την άντληση νερού για καλλιέργειες προτιμώνται τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα καθώς η άντληση νερού και η άρδευση μίας καλλιεργήσιμης έκτασης αφορά τις περισσότερες φορές τους μήνες Μάρτιο – Σεπτέμβρη καθώς τους υπόλοιπους μήνες (λόγο φυσικών βροχοπτώσεων) δεν χρειάζεται να δουλεύει συνέχεια ένα τέτοιο σύστημα. Ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας το πότισμα γίνεται πάντα μία συγκεκριμένη ώρα της ημέρας και η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα μπορεί να το τροφοδοτήσει .



Εικόνα 3.4.1: Αυτόνομο σύστημα που συντελεί στην άρδευση (Πηγή: Hyperion Energy engineering <http://www.hyperionee.gr/stand-alone-pumping-systems/> 20/8/2012)

Παράλληλα μπορούν να βοηθήσουν σε ιχθυοτροφεία για την κυκλοφορία του νερού εντός των δεξαμενών αλλά και στο καθαρισμό του νερού από μικροοργανισμούς, να προσφέρουν ηλεκτρισμό σε απομακρυσμένα κέντρα υγείας για την κάλυψη αναγκών ψύξης για εμβόλια ή αλλά ευπαθή προϊόντα σε περίπτωσης διακοπής ηλεκτροδότησης ή να διατηρούν σταθερή την θερμοκρασία των ψυγείων στα οποία φυλάσσονται αυτά τα προϊόντα. Σε απομονωμένες περιοχές μπορούν να συνεισφέρουν στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος για την κάλυψη των

⁶ Και στις τρεις περιπτώσεις το φωτοβολταϊκό συνδέεται με την ηλεκτρική γεννήτρια που θέτει σε λειτουργία την αντλία

αναγκών των κατοίκων. (Hill,1989:102-103) Επίσης αν και η τηλεφωνία γενικά δεν έχει μεγάλες απαιτήσεις σε ενεργειακή ζήτηση, οπότε οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούνται δεν είναι τόσο μεγάλες σε μέγεθος και ονομαστική ισχύ, τα φωτοβολταϊκά μπορούν να βοηθήσουν στην περαιτέρω ανάπτυξη της. Γενικότερα τα Φ/Β στοιχεία μπορούν να τοποθετηθούν σε:

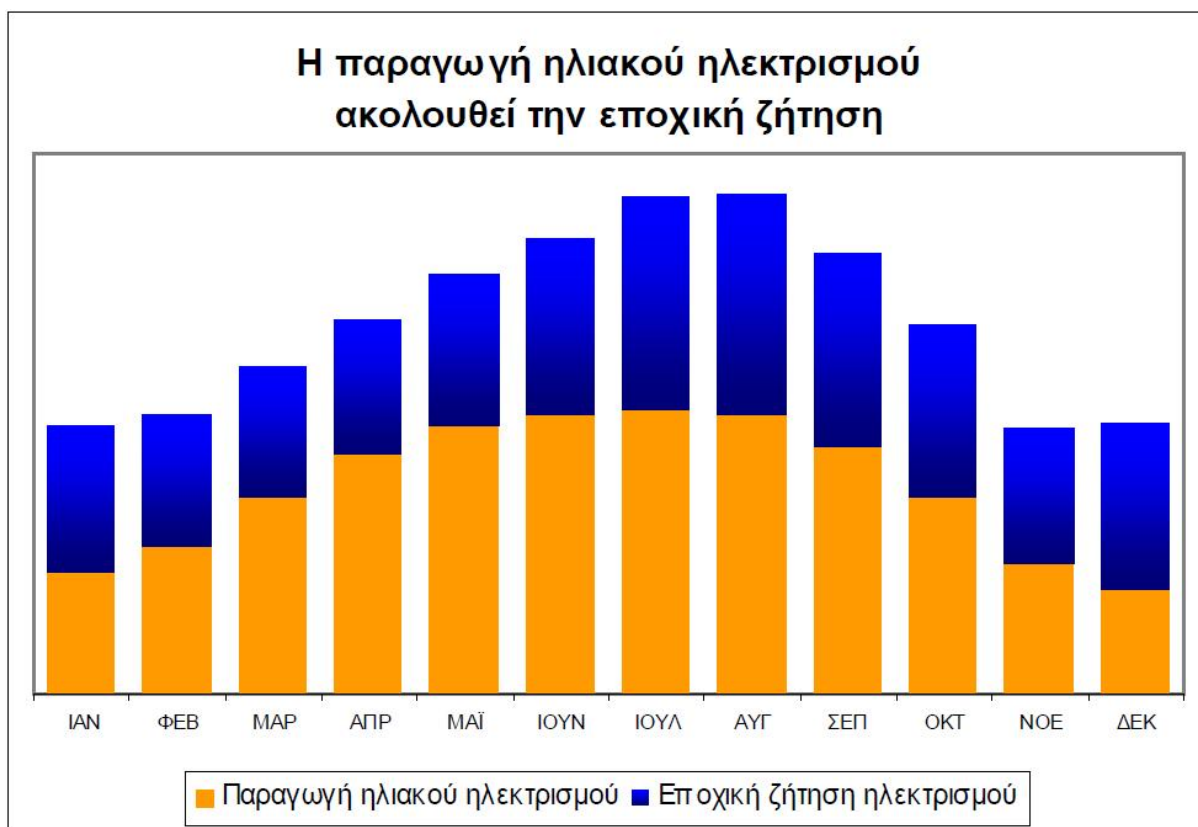
- Αναμεταδότες (Α/Δ) σήματος με ισχύ <50 W
- Σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας με ισχύ από 100-250 W
- Καρτοτηλέφωνα για φωτισμό κατά τη διάρκεια της νύχτας με ισχύ 15 W

Για την κάλυψη των τηλεπικοινωνιακών αναγκών έχουν τοποθετηθεί Α/Δ σε βουνά και νησιωτικές περιοχές κάτω από δύσκολες συνθήκες. Η ηλεκτροδότηση των Α/Δ στα αστικά κέντρα γίνεται με ηλεκτρισμό από τη ΔΕΗ για όλες τις εταιρείες τηλεφωνίας και αυτό γιατί οποιαδήποτε διαφορετική λύση κρίνεται οικονομικά ασύμφορη. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι Α/Δ όλων των εταιρειών βρίσκονται μαζί και σε σημεία όπου υπάρχει ήδη δίκτυο της ΔΕΗ για τις ανάγκες Α/Δ τηλεοπτικών σταθμών και ραδιοφωνίας. Αυτό γίνεται κυρίως σε περιοχές με κάποιο στοιχειώδες υψόμετρο έτσι ώστε οι Α/Δ να έχουν μεγαλύτερη εμβέλεια (π.χ. Υμηττός). Πολλοί από τους Α/Δ, σε βουνά και κορυφογραμμές, τοποθετούνται σε σημεία όπου υπάρχει δίκτυο της ΔΕΗ για την κάλυψη άλλων αναγκών, με συνέπεια να αποτελούν εύκολη και συμβατή λύση. Τέλος ένας τρόπος, χωρίς ευρεία εφαρμογή στην χώρα μας, είναι η τροφοδότηση με ρεύμα από παρακείμενο Φ/Β σταθμό. Η μέθοδος αυτή, μακροπρόθεσμα αποτελεί μια αποδεκτή και συμφέρουσα οικονομικά λύση (Κουφομιχάλης κ.α.,2001:3). Τέλος έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν ηλεκτρικό ρεύμα για την λειτουργία σιντριβανιών, για τη φόρτωση μπαταριών αλλά ακόμα και για την τροφοδοσία δορυφόρων στις περιπτώσεις εκλείψεων κατά την περιστροφή των δορυφόρων αυτών γύρω από τη γη.

3.5. Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών

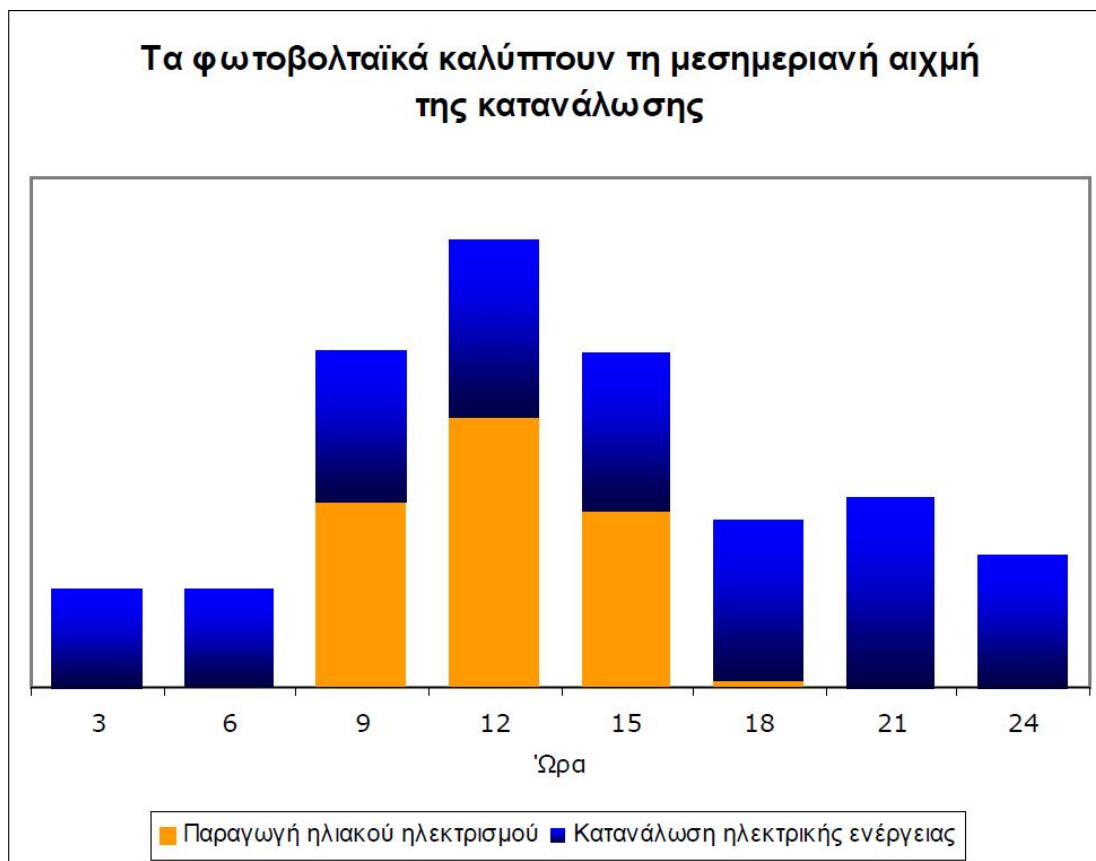
Τα φωτοβολταϊκά συστήματα παρουσιάζουν πολλά και σημαντικά πλεονεκτήματα:

- Μηδενικό κόστος καυσίμου αφού ο ήλιος είναι μια ανανεώσιμη και ελεύθερα διαθέσιμη ενεργειακή πηγή.
- Η μέθοδος κατασκευής τους είναι σχετικά εύκολη αφού οι πρώτες ύλες (το πυρίτιο) από τις οποίες κατασκευάζονται αφθονούν.
- Προσφέρουν υψηλή και εγγυημένη απόδοση γύρω στο 12 με 14% όταν η μέγιστη θεωρητική του τιμή φτάνει το 25% που θεωρείται αρκετά υψηλή για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.
- Χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση και εν γένει ενασχόληση μετά την αρχική εγκατάσταση.
- Λειτουργούν αθόρυβα.
- Έχουν υψηλή αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής που μπορεί να ξεπεράσει τα τριάντα χρόνια
- Δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον κατά τη λειτουργία τους. Με βάση τα σημερινά δεδομένα για την ενεργειακή κατάσταση στην Ελλάδα και τις μέσες απώλειες, κάθε ηλιακή κιλοβατώρα αποτρέπει την έκλυση 1 Kg διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (πρακτικά αυτό σημαίνει ότι ένα φωτοβολταϊκό σύστημα ισχύος 1KW αποτρέπει την έκλυση 13000 Kg διοξειδίου του άνθρακα) όπως και άλλων επικίνδυνων ρύπων όπως για παράδειγμα διοξειδίου του θείου, οξείδια του αζώτου και τα αιωρούμενα μικροσωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 10 εκατομμυριοστά του μέτρου. (Πέρδιος,2011:186)
- Τα φωτοβολταϊκά παρέχουν τον απόλυτο έλεγχο στον καταναλωτή και άμεση πρόσβαση στα στοιχεία που αφορούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια. Τον καθιστούν έτσι πιο προσεκτικό στον τρόπο που καταναλώνει την ενέργεια και συμβάλλουν μ' αυτό τον τρόπο στην ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση της ενέργειας.
- Επιπλέον, ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματά τους είναι ότι μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα και αξιόπιστα χωρίς την παρουσία κάποιου χειριστή.
- Η μέγιστη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού συμπίπτει χρονικά με τις ημερήσιες αιχμές της ζήτησης (ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες), βοηθώντας έτσι στην εξομάλυνση των αιχμών φορτίου, στην αποφυγή black-out και στη μείωση του συνολικού κόστους της ηλεκτροπαραγωγής, δεδομένου ότι η κάλυψη αυτών των αιχμών είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Σημειωτέον ότι, κάθε ώρα black-out κοστίζει στην εθνική οικονομία 25-40 εκατ. ευρώ.



Διάγραμμα 3.5.1: Η παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού κατά τη διάρκεια του χρόνου
(Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών,2011:9)

- Η παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού ακολουθεί και την ημερησία ζήτηση που είναι ιδιαίτερα αυξημένη από τις εννέα το πρωί μέχρι τις τρεις με τέσσερις το μεσημέρι όπου η κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι μεγάλη λόγω των εργασιών του νοικοκυριού όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα ενώ προσφέρουν και δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας σε περιπτώσεις βροχερών ημερών ή τις νυχτερινές ώρες.



Διάγραμμα 3.5.2: Η παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας (Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών,2011:9)

- Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δομικά υλικά παρέχοντας τη δυνατότητα για καινοτόμους αρχιτεκτονικούς σχεδιασμούς, καθώς διατίθενται σε ποικιλία χρωμάτων, μεγεθών, σχημάτων και μπορούν να παρέχουν ευελιξία και πλαστικότητα στη φόρμα, ενώ δίνουν και δυνατότητα διαφορικής διαπερατότητας του φωτός ανάλογα με τις ανάγκες του σχεδιασμού. Αντικαθιστώντας άλλα δομικά υλικά (π.χ. κεραμοσκεπές ή υαλοστάσια σε προσόψεις) συμβάλλουν στη μείωση του συνολικού κόστους μιας κατασκευής (ιδιαίτερα σημαντικό στην περίπτωση των ηλιακών προσόψεων σε εμπορικά κτίρια). (Πέρδιος,2011:186)

- Τα φωτοβολταϊκά, προσφέρουν ενεργειακή αυτονομία από τα ορυκτά καύσιμα κυρίως στις απομακρυσμένες περιοχές όπως για παράδειγμα τα ακριτικά νησιά αλλά και στο ηπειρωτικό τμήμα της χώρας όταν πραγματοποιούνται απεργίες των μεταφορέων καυσίμων .

- Τέλος εξαιτίας του γεγονότος ότι έχουν την δυνατότητα επέκτασης, αν κριθεί σκόπιμο για την κάλυψη των ενδεχομένως αυξημένων ενεργειακών αναγκών, δεν υπάρχει η άμεση ανάγκη για κατασκευή νέας γραμμής μεταφοράς που το κόστος της είναι ιδιαίτερα υψηλό ενώ παράλληλα η τοπική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν δοκιμάζεται από δαπανηρές

ενεργειακές απώλειες που αντιμετωπίζει το ηλεκτρικό δίκτυο (οι οποίες στην Ελλάδα ανέρχονται σε 10% κατά μέσο όρο).

Σε αντίθεση με όλα τα παραπάνω πρέπει να επισημανθούν και τα αρνητικά των συγκεκριμένων συστημάτων:

- Αρχικά σύμφωνα με τον Πέρδιο, ένα βασικό μειονέκτημα των φωτοβολταϊκών είναι ότι «οι σημερινές μέθοδοι κατασκευής των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι ενεργοβόρες. Για την παραγωγή στοιχείων από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο απαιτούνται 600 kWh/m² και από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο 420 kWh/m². Αυτό σημαίνει ότι ο χρόνος ανταπόδοσης της ενέργειας, που καταναλώθηκε για την κατασκευή τους είναι τουλάχιστον πέντε χρόνια. Δηλαδή, ένα φωτοβολταϊκό σύστημα πρέπει να λειτουργεί συνέχεια επί μια πενταετία για να παραχθεί η ενέργεια που απαιτήθηκε για την κατασκευή του. Είναι προφανές ότι ο χρόνος αποπληρωμής του ενεργειακού χρέους του συστήματος είναι ακόμη μεγάλος, για να δικαιολογηθεί η γενική χρήση της φωτοβολταϊκής μετατροπής σε όλες τις ενεργειακές μετατροπές»(2011,187)

- Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα χρειάζεται περιοδικό καθαρισμό της επιφάνειας στην οποία προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία έτσι ώστε να μην μειωθεί η απόδοση τους εξαιτίας της ρύπανσης που δέχονται (σκόνη, υπολείμματα θαλασσινού αλατιού όταν χωροθετούνται σε παράκτιες περιοχές και οι ακαθαρσίες πουλιών)

- Ορισμένοι ειδικοί υποστηρίζουν ότι το σύστημα αποθήκευσης που απαιτείται για την λειτουργία των συστημάτων και τις νυχτερινές ώρες αλλά και εξαιτίας της μεγάλης διακύμανσης της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας αυξάνει το ήδη υψηλό αρχικό κόστος εγκατάστασης

- Επίσης, υπάρχει το ενδεχόμενο της οπτικής ρύπανσης η οποία, όμως, εξαρτάται από τον τύπο, το σχήμα και από το περιβάλλον ενός Φ/Β συστήματος. Προφανώς, εάν εγκατασταθεί ένα σύστημα σε μια περιοχή φυσικού κάλους, θα επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό αρνητικά την περιοχή

- Τα φωτοβολταϊκά περιέχουν τοξικές ουσίες όπως για παράδειγμα το πυρίτιο τα οποία καθιστούν τις εγκαταστάσεις ιδιαίτερα επικίνδυνες για να τοποθετηθούν σε προστατευόμενες περιοχές καθώς σε περίπτωση ατυχήματος οι βλαβερές ουσίες θα εισέλθουν στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα

- Τέλος πρέπει να αναφερθούμε στο γεγονός ότι κατά τη διάρκεια κατασκευής το συνεχές ρεύμα από τα φωτοβολταϊκά είναι περισσότερο επικίνδυνο από το ισοδύναμο

εναλλασσόμενο και για το λόγο αυτό απαιτείται κάποια επιπλέον προστασία στους εργαζόμενους.

3.6. Το θεσμικό πλαίσιο

Το θεσμικό πλαίσιο που διέπει την λειτουργία αλλά και τη χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων πρέπει να χωριστεί στις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και στους νόμους που έχουν θεσπιστεί από τη χώρα. Από την Ευρωπαϊκή Ένωση, τρεις Οδηγίες είναι αυτές που σε συνδυασμό με το Πρωτόκολλο του Κιότο (αποτελεί έναν «οδικό χάρτη», στον οποίο περιλαμβάνονται τα απαραίτητα βήματα για τη μακροπρόθεσμη αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος που προκαλείται λόγω της αύξησης των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με αυτό, τα 163 κράτη που το έχουν συνυπογράψει δεσμεύονται να ελαττώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου την πρώτη περίοδο ανάληψης υποχρεώσεων (2008-2012) κατά ένα συγκεκριμένο στόχο όπως για παράδειγμα η ευρωπαϊκή ένωση δεσμεύτηκε να μειώσει τις εκπομπές της κατά 8%.) «ανοίγουν τον δρόμο» για την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την αύξηση της συμμετοχής τους στην παραγωγή ενέργειας των κρατών-μελών. Οι οδηγίες αυτές είναι οι 2001/77/EK που σκοπός της είναι, η προαγωγή της αύξησης της συμβολής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και η δημιουργία βάσης για ένα μελλοντικό κοινοτικό πλαίσιο στον εν λόγω τομέα ενώ παράλληλα δεσμεύει τα κράτη μέλη να υποβάλλουν ανά διετία, έκθεση που περιέχει αναλυτική εξέταση της επίτευξης των εθνικών ενδεικτικών στόχων, λαμβάνοντας υπόψη, μεταξύ άλλων, τους κλιματικούς παράγοντες που ενδέχεται να επηρεάσουν την υλοποίηση αυτών των στόχων και διευκρινίζουν σε ποιο βαθμό τα μέτρα που ελήφθησαν συνάδουν με τις εθνικές δεσμεύσεις για τις κλιματικές μεταβολές (στόχος της Ελλάδας ήταν το 2010 το 20,1% της ηλεκτρικής ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές)

(<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2001L0077:20100401:EL:PDF> 18/8/2012). Η οδηγία 2003/30/EK με την οποία επιδιώκεται να προαχθεί η χρήση βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων προς αντικατάσταση του πετρελαίου ντίζελ ή της βενζίνης στις μεταφορές σε κάθε κράτος μέλος, προκειμένου να συμβάλει στην επίτευξη στόχων όπως η τήρηση των δεσμεύσεων σχετικά με τις κλιματικές μεταβολές, η φιλική προς το περιβάλλον ασφάλεια του εφοδιασμού και η προώθηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

(<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:123:0042:0042:EL:PDF> 18/8/2012) και η 2009/28/EK που έχει ως στόχο τη θέσπιση κοινού πλαισίου για την προώθηση

της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενώ θέτει υποχρεωτικούς εθνικούς στόχους για το συνολικό μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας και το μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στις μεταφορές και καθορίζει κανόνες για την πρόσβαση στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας για ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές. Με λίγα λόγια, η συγκεκριμένη οδηγία τροποποιεί και καταργεί τις δύο προηγούμενες εισάγοντας νέα δεδομένα για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:EL:PDF> 18/8/2012).

Όσον αναφορά τους νόμους που έχουν θεσπιστεί την Ελλάδα ο νόμος 2941/2001 θεσμοθετεί ότι τα έργα που συνδέουν σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ΑΠΕ με το διασυνδεδεμένο σύστημα της ηπειρωτικής χώρας και τα δίκτυα αυτόνομων νησιωτικών περιοχών μπορεί να κατασκευάζονται από οποιανδήποτε επενδυτή σύμφωνα με τις προδιαγραφές παρεχόμενες από τον Διαχειριστή συστήματος και των Δικτύων. Η ΚΥΑ 19500/2004 αναφέρει ότι τα φωτοβολταϊκά που παράγουν ισχύ μικρότερη ή ίση με 0,5 MWe η εγκατάσταση τους επιτρέπεται σε παραδοσιακούς οικισμούς, περιοχές ιστορικών τμημάτων πόλεων και διατηρητέα κτίρια μετά από την έγκριση της αρμόδιας υπηρεσίας ως προς την ένταξη τους στο χώρο. (Εκοτεχνικά,2007:167). Ο νόμος 3468/2006 (ΦΕΚ 129 Α /27-6-2006) θεσπίζει κανόνες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (έως το 2010 το ποσοστό παραγωγής ηλεκτρισμού από ΑΠΕ θα πρέπει να ανέλθει σε 20,1% και ως το 2020 σε 29%) αλλά και το πλαίσιο για την διαδικασία αδειοδότησης (όπως οι απαραίτητες περιβαλλοντικές εγκρίσεις που θεσμοθετήθηκαν με τις ΚΥΑ 104247 και 104248 στις 25-5-2006 που καθόρισαν τη διαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης και έγκρισης περιβαλλοντικών όρων για τις ΑΠΕ αλλά και το περιεχόμενο, τα δικαιολογητικά και αλλά στοιχεία που είναι απαραίτητα για τις Προμελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Ενέργειας αντίστοιχα). Ενώ στο άρθρο 14 του ίδιου νόμου, αναφέρεται η ανάπτυξη φωτοβολταϊκών σταθμών με πρώτη φάση υλοποίησης έως το 2020 που εκπονήθηκε από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ)⁷ και εγκρίθηκε από το υπουργείο Ανάπτυξης. Με την ΥΑ Δ6/Φ1/οικ 5707/2007 του Υπουργείου Ανάπτυξης (ΦΕΚ 448 Β/3.4.2007) προβλέφθηκε Κανονισμός Αδειών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας με χρήση ΑΠΕ και μέσω Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης, για τη χορήγηση, τροποποίηση, μεταβίβαση

⁷ Η ΡΑΕ αποτελεί ανεξάρτητη διοικητική αρχή στην οποία έχει ανατεθεί η παρακολούθηση της αγοράς ενέργειας στην Ελληνική Αγορά αλλά και σε σχέση με τις ξένες αγορές ενέργειας και κυρίως με αυτές με τις οποίες διασυνδέεται και έχει αρμοδιότητα για τη χορήγηση αδειών από ανανεώσιμες πηγές. (http://www.rae.gr/site/categories_new/about_rae/intro.csp 18/8/2012)

αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και την έκδοση αποφάσεων εξαιρέσεως από υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής με χρήση ΑΠΕ. Παράλληλα με την εγκύκλιο 107100/29-8-2006/ΥΠΕΧΩΔΕ για εγκαταστάσεις που παράγουν ισχύ μικρότερη από 20kW δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση εφόσον αυτοί βρίσκονται εκτός περιοχών NATURA, εθνικών δρυμών, παραδοσιακών οικισμών και περιοχών αρχαιολογικού ενδιαφέροντος (Εκοτεχνικά,2007:166)

Στις 3-12-2008 στο ΦΕΚ 2464 Β γίνεται αναφορά στο Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτών, το οποίο καθιερώνει σαφή , ενιαίους και αναλυτικούς κανόνες και κριτήρια για την χωροθέτηση των ΑΠΕ όπως στο άρθρο 17 που αναφέρονται : «1.Ως περιοχές προτεραιότητας 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. 2. 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:

α. Τα κηρυγμένα διατηρητέα μνημεία της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς και τα άλλα μνημεία μείζονος σημασίας της παρ. 5 β β) 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.

β. 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.

γ Οι πυρήνες των Εθνικών Δρυμών, τα κηρυγμένα μνημεία της φύσης και τα αισθητικά δάση που δεν περιλαμβάνονται στις περιοχές της προηγούμενης περιπτώσεως β'.

δ. 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/ΕΚ της Επιτροπής.

ε. 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.

στ. Οι γεωργικές γαίες υψηλής παραγωγικότητας. Σε αυτές τις περιοχές σύμφωνα με το νόμο 2945/2001 και πιο συγκεκριμένα στο άρθρο 56 του ιδίου νόμου απαγορεύεται η άσκηση οποιασδήποτε άλλης εκμετάλλευσης έκτος από τις γεωργική.

3. 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». Τέλος, το ειδικό χωροταξικό στοχεύει και στη μείωση της γραφειοκρατίας και συνεπώς στην επιτάχυνση των σχετικών διοικητικών διαδικασιών (ΦΕΚ 2464 Β/3-12-2008 :17)

Στη συνέχεια θεσμοθετήθηκε ο νόμος 3734/2009 που αποτελεί κατά κύριο λόγο τροποποίηση του νόμου 3468/2006 και προέβλεπε νέες τιμές πώλησης για την παραγόμενη από φωτοβολταϊκούς σταθμούς ηλεκτρική ενέργεια. «Επίσης, όρισε ότι η σύμβαση αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκούς σταθμούς θα έχει διάρκεια 20 ετών και θα συνομολογείται με την τιμή αναφοράς του παρακάτω πίνακα που αντιστοιχεί στο μήνα και έτος υπογραφής της σύμβασης, υπό τον όρο της έναρξης δοκιμαστικής λειτουργίας ή αν αυτή δεν προβλέπεται, ενεργοποίησης της σύνδεσης του σταθμού εντός συγκεκριμένης προθεσμίας, άλλως θα ισχύει η τιμή του μήνα έναρξης δοκιμαστικής λειτουργίας ή ενεργοποίησης της σύνδεσης, σύμφωνα με την τότε ισχύ του σταθμού. Ορίστηκε επιπλέον, ότι η άδεια παραγωγής ενέργειας ή η απόφαση εξαίρεσης για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς απαγορεύεται να μεταβιβασθεί προ της έναρξης λειτουργίας αυτών. Από την απαγόρευση αυτή μεταγενέστερα (Ν 3769/2009, άρθρο 19 παρ.7, ΦΕΚ 105 Α/1.7.2009) εξαιρέθηκε η περίπτωση κατά την οποία στη μεταβιβάζουσα εταιρεία ανήκει εξ'ολοκλήρου το εταιρικό κεφάλαιο της αποκτώσας εταιρείας» (Συνήγορος, τεύχος 77:40). Παράλληλα ο νόμος 3734/2009 (άρθρο 27Α παρ. 8) που προέβλεπε την κατάρτιση Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε στέγες και προσόψεις (αναλύεται εκτενέστερα στην συνέχεια).

Ύστερα ο νόμος 3851/2010 που δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 85 Α στις 4-6-2010 έχει ως στόχο την επιτάχυνση της ανάπτυξης των ΑΠΕ για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής με την μείωση και γενικότερα την απλούστευση των διαδικασιών που απαιτούνται για την αδειοδότηση των ΑΠΕ. Όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά θέτει το θεσμικό πλαίσιο που ισχύει για αυτά αλλά και τιμολογεί την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται και φαίνεται στον παρακάτω

πίνακα⁸. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι οι τιμές κάθε χρόνο αναπροσαρμόζονται κατά 25% του δείκτη τιμών καταναλωτή⁹ όπως ορίζεται από την τράπεζα της Ελλάδος. Αν η τιμή αυτή είναι μικρότερη από την μέση οριακή τιμή του συστήματος (του προηγούμενου έτους) τότε αυξάνεται κατά 30%, 40% και 40% στην Α, Β και Γ περίπτωση του πίνακα αντίστοιχα. Όπως φαίνεται και στον χάρτη 3.6.1 η Λέσβος ανήκει στα μη διασυνδεδεμένα νησιά.

Έτος Μήνας	Διασυνδεδεμένο		Μη Διασυνδεδεμένο
	A	B	Γ (ανεξαρτήτως ισχύος)
	>100kW	<=100kW	
2009 Φεβρουάριος	400,00	450,00	450,00
2009 Αύγουστος	400,00	450,00	450,00
2010 Φεβρουάριος	400,00	450,00	450,00
2010 Αύγουστος	392,04	441,05	441,05
2011 Φεβρουάριος	372,83	419,43	419,43
2011 Αύγουστος	351,01	394,89	394,89
2012 Φεβρουάριος	333,81	375,54	375,54
2012 Αύγουστος	314,27	353,55	353,55
2013 Φεβρουάριος	298,87	336,23	336,23
2013 Αύγουστος	281,38	316,55	316,55
2014 Φεβρουάριος	268,94	302,56	302,56
2014 Αύγουστος	260,97	293,59	293,59
Για κάθε έτος ν από το 2015 και μετά	1,3xμΟΤΣ _{ν-1}	1,4xμΟΤΣ _{ν-1}	1,4xμΟΤΣ _{ν-1}

μΟΤΣ_{ν-1}: Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος κατά το προηγούμενο έτος ν-1»

Πίνακας 3.6.1: Οι τιμές πώλησης του ηλεκτρικού ρεύματος

Σημείωση: Οι τιμές πώλησης που αναγράφονται αναφέρονται σε Ευρώ/ MWh

(Πηγή: νόμος 3851/2010 ΦΕΚ 85 Α /4-6-2010)

Παράλληλα ο νόμος αναφέρει ότι, δεν απαιτείται πλέον άδεια παραγωγής ή άλλη διαπιστωτική απόφαση (γνωστή και ως “εξαίρεση”) για φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος έως 1 MWp. Για φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος μεγαλύτερης του 1 MWp απαιτείται η έκδοση άδειας

⁸ Σε αυτή τη τιμολόγηση δεν περιλαμβάνονται τα φωτοβολταϊκά έως 10 KW στον οικιακό τομέα και σε μικρές επιχειρήσεις.

⁹ Ο Δείκτης Τιμών Καταναλωτή (ΔΤΚ) καταρτίζεται από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) και χρησιμοποιείται για τη μέτρηση των μεταβολών του γενικού επιπέδου των τιμών των αγαθών και υπηρεσιών που συνθέτουν το "καλάθι της νοικοκυράς". Η τελευταία αναθεώρηση του ΔΤΚ βασίστηκε στην Έρευνα Οικογενειακών Προϋπολογισμών του έτους 2009. Ο ΔΤΚ είναι δείκτης σταθερής βάσης και διατίθεται σε μηνιαία βάση από το 1959 με κοινό έτος 2009=100. (<http://www.bankofgreece.gr/Pages/el/Statistics/prices.aspx> 19/8/2012)

παραγωγής η οποία εκδίδεται από τη ΡΑΕ (και όχι από τον υπουργό Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής όπως ίσχυε παλαιότερα). Για τα συστήματα που απαιτείται άδεια παραγωγής, απαιτείται επίσης η έκδοση άδειας εγκατάστασης και άδειας λειτουργίας (οι οποίες εκδίδονται από την αρμόδια Περιφέρεια) όπως και στο παρελθόν. Επίσης, δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση για συστήματα που εγκαθίστανται σε κτίρια και οργανωμένους υποδοχείς βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Για συστήματα που εγκαθίστανται σε γήπεδα (οικόπεδα και αγροτεμάχια), δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση για συστήματα έως 500 kWp εφόσον πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις. Για τα συστήματα αυτά, απαιτείται ειδική περιβαλλοντική εξαίρεση (“βεβαίωση απαλλαγής από ΕΠΟ”) από την αρμόδια Περιφέρεια, η οποία, σύμφωνα με το νόμο, δίνεται σε 20 μέρες από την υποβολή της σχετικής αίτησης.



Χάρτης 3.6.1: Οριοθέτηση Ζωνών για την τιμολόγηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών <http://www.pvtech.gr/files/SEFgen2.pdf> 19/8/2012)

Στο ΦΕΚ 70 Α/30-3-2012 ο νόμος 4062/2012 που αφορά στο «Πρόγραμμα ΗΛΙΟΣ - Προώθηση της χρήσης ενέργειας από ΑΠΕ - Τροπολογίες ΑΠΕ». Το πρόγραμμα «Ήλιος» είναι ένα ενεργειακό επενδυτικό πρόγραμμα που προβλέπει την εξαγωγή καθαρής ενέργειας από την Ελλάδα προς τις χώρες της Κεντρικής Ευρώπης. Στηρίζεται στην ευρωπαϊκή οδηγία 2009/28 για

την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και συγκεκριμένα στους προβλεπόμενους μηχανισμούς συνεργασίας μεταξύ των κρατών μελών.

(<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=786&language=el-GR> 19/8/2012).

Όσον αναφορά την άδεια εγκατάστασης πρέπει να επισημανθεί ότι χορηγείται από την γενική γραμματεία της περιφέρειας όπου γίνεται η εγκατάσταση και ισχύει για δύο χρόνια και μπορεί να παραταθεί για ίσο χρονικό διάστημα μετά από αίτηση του κατόχου της όταν έχει λήξη η διετία και έχει εκτελεσθεί το 50% της επένδυσης, υφίσταται αναστολή της άδειας για την ολοκλήρωση του έργου ή έχουν συναφθεί συμβάσεις για προμήθεια εξοπλισμού. Για την άδεια λειτουργίας επισημαίνεται ότι χορηγείται με απόφαση της γενικής γραμματείας της περιφέρειας μετά από έλεγχο της τήρησης των τεχνικών όρων της εγκατάστασης και ισχύει για 20 χρόνια και έχει τη δυνατότητα ανανέωσης για ίσο χρονικό διάστημα. Από τα παραπάνω εξαιρούνται οι ΦΒ σταθμοί ισχύος $\leq 1\text{MW}$ ή όταν δεν είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο και έχουν ισχύ $\leq 5\text{ MW}$.

Τέλος κρίνεται σκόπιμο να γνωστοποιηθεί η ισχύουσα νομοθεσία για τα φωτοβολταϊκά που προορίζονται για εγκατάσταση τους στις στέγες. Όπως το Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης φωτοβολταϊκών συστημάτων μέχρι 10 kWp, σε δώματα ή στέγες, συμπεριλαμβανόμενων των στεγαστρών βεραντών, κτιρίων κατοικίας ή στέγας πολύ μικρών επιχειρήσεων, διάρκειας έως στις 31.12.2019, για παραγωγή ενέργειας που εγχέεται στο δίκτυο, εξαιρουμένων των μη Διασυνδεδεμένων με το ηπειρωτικό Σύστημα της χώρας νήσων. Πλέον τα φωτοβολταϊκά συστήματα αντιμετωπίζονται ως συμπληρωματικές εγκαταστάσεις του κτιρίου και η τοποθέτησή τους, σε αντιστοιχία με τους ηλιακούς θερμοσίφωνες, θεωρείται εργασία μικρής κλίμακας για την οποία αντί της έκδοσης οικοδομικής άδειας απαιτείται απλώς έγκριση εργασιών σύμφωνα με τα άρθρα 7 & 8 του Ν. 3212/2003 (ΦΕΚ 308 Α/2003). Πάντως βάσει της ανωτέρω πρώτης απόφασης πρακτικά τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποκλείονται από παραδοσιακούς οικισμούς και διατηρητέα κτίρια με το ενδεχόμενο τυχόν διαφορετικής ρύθμισης στα διατάγματα προστασίας των οικισμών ή τους ειδικούς όρους δόμησης του διατηρητέου κτιρίου. Προϋποθέσεις ένταξης στο πρόγραμμα είναι: η ύπαρξη ενεργής σύνδεσης κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στο ιδιοκτήτη του φωτοβολταϊκού στο κτίριο όπου το σύστημα εγκαθίσταται, μέρος των θερμικών αναγκών σε ζεστό νερό της ιδιοκτησίας, όταν αυτή χρησιμοποιείται για κατοικία, πρέπει να καλύπτεται με τη χρήση ΑΠΕ, ενώ δεν πρέπει να υπάρχει η ύπαρξη δημόσιας ενίσχυσης στο πλαίσιο του Αναπτυξιακού - Επενδυτικού νόμου, (που άλλωστε η απαγόρευση αυτή έχει ισχύσει από το Φεβρουάριο του 2010) των

συγχρηματοδοτούμενων από την ΕΕ δράσεων χρηματοδότησης ή οποιουδήποτε άλλου προγράμματος χρηματοδότησης. Παράλληλα υπάρχει η σύμβαση Συμψηφισμού για φωτοβολταϊκό σύστημα που συνάπτεται μεταξύ του ιδιοκτήτη φωτοβολταϊκού και της ΔΕΗ ή άλλου προμηθευτή που ηλεκτροδοτεί το κτίριο στο οποίο εγκαθίσταται, για 25 έτη, με έναρξη ισχύος την ημερομηνία ενεργοποίησης της σύνδεσης του συστήματος. Η εν λόγω Σύμβαση με την οποία συνάπτεται συμφωνία με σταθερή τιμή αναφοράς και αντιστοιχεί στο έτος που αυτή συνάπτεται υπό την προϋπόθεση ενεργοποίησης της σύνδεσης του συστήματος εντός έξι μηνών από τη σύναψη της σύμβασης, αλλιώς ως τιμή αναφοράς λαμβάνεται η τιμή που αντιστοιχεί στο έτος ενεργοποίησης της σύνδεσης. Ενώ σε περίπτωση αλλαγής προμηθευτή για την ηλεκτροδότηση, η νομοθεσία προβλέπει τη λήξη της Σύμβασης και συνάπτεται νέα για το υπολειπόμενο εκ των 25 ετών διάστημα μεταξύ του ιδιοκτήτη του φωτοβολταϊκού και του νέου προμηθευτή. Σε περίπτωση μεταβίβασης της ιδιοκτησίας ο νέος ιδιοκτήτης αποκτά τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις του προκατόχου του που προβλέπονται από τη Σύμβαση. Η τιμή της παραγόμενης από το φωτοβολταϊκό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας που προορίζεται για το δίκτυο ορίζεται σε 0,55 Ευρώ/kWh για τις Συμβάσεις που συνάπτονται έως το 2011. Η τιμή, όμως αυτή, μειώνεται κατά 5% ετησίως για τις Συμβάσεις που θα συνάπτονται από 1.1.2012 έως και 31.12.2019. Σε συνέχεια της άνω πρόβλεψης, το άρθρο 36 Ν 3775/2009 (ΦΕΚ 122 Α/2009), ορίζει ότι τα κέρδη των φυσικών προσώπων και πολύ μικρών επιχειρήσεων από τη διάθεση παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας προς τη ΔΕΗ ή άλλο προμηθευτή θα εξαιρούνται της φορολόγησης σε αντίθεση με την εγκύκλιο του Υπουργείου Οικονομίας και Οικονομικών ΠΟΛ 1007/15.1.2008 που ανέφερε ότι οι οικιακοί καταναλωτές που εγκαθιστούν φωτοβολταϊκή μονάδα ακόμη και ασήμαντου μεγέθους για την περίσσεια ενέργειας που διοχετεύουν στο δίκτυο θα πρέπει να αποδίδουν Φ.Π.Α. και να φορολογούνται για το εισόδημα που τους αποφέρει η πώληση της φωτοβολταϊκής ενέργειας. Τέλος με νέα απόφαση τον Αύγουστο του 2012 (ΥΑΠΕ/Φ1/2301/16933 & 22302/16934, ΦΕΚ 2317 Β/10-08-2012), οι τιμές πώλησης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας καθορίζονται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

		ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΣΤΕΓΕΣ >10kW		ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΕ ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΣΤΕΓΕΣ <=10kW
		>100kW	<=100kW	
ΕΤΟΣ	ΜΗΝΑΣ			
2011	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0,372	0,419	0,55
	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,351	0,394	0,55
2012	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0,292	0,328	0,495
	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,18	0,225	0,25
2013	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0,172	0,215	0,239
	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,164	0,205	0,228
2014	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0,157	0,196	0,218
	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,15	0,187	0,208
Για κάθε έτος ν από το 2015		1,3*μΟΤΣν-1	1,4*μΟΤΣν-1	-4,5% ανά εξάμηνο
μΟΤΣν-1= Μέση Οριακή Τιμή				
Συστήματος κατά το Προηγούμενο έτος ν-1				
Διάρκεια σύμβασης		20 έτη	20 έτη	25 έτη

Πίνακας 3.6.2: Οι τιμές πώλησης του ηλεκτρικού ρεύματος από τον Αύγουστο 2012

(Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών, 2012:4, Ιδία επεξεργασία)

3.7. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ελλάδα

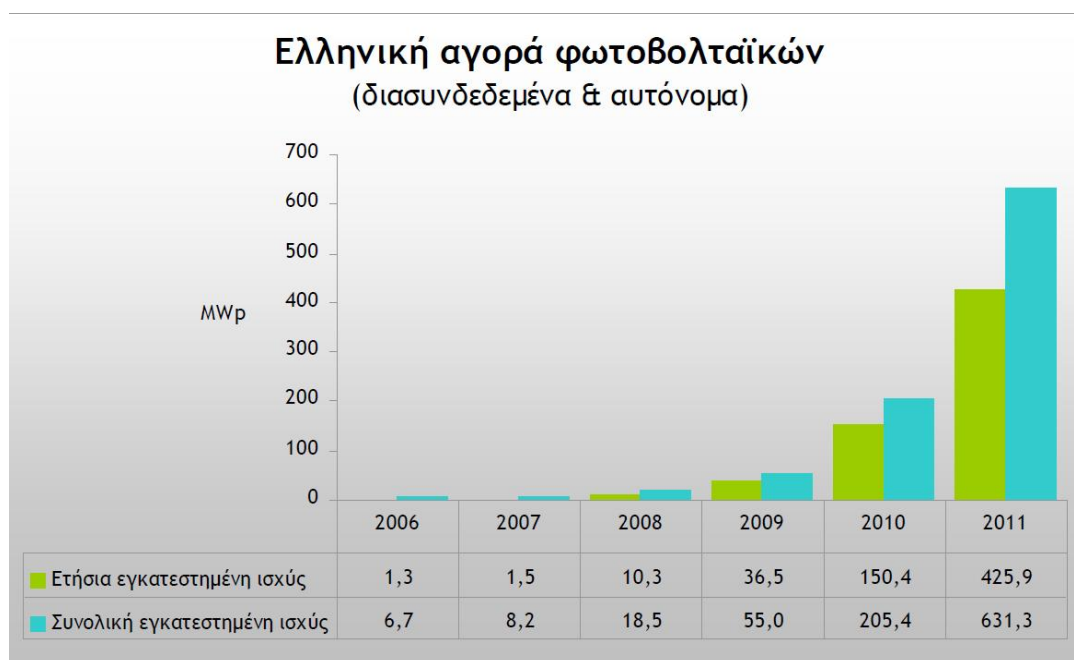
Η πορεία των φωτοβολταϊκών εφαρμογών στην Ελλάδα αν και ξεκίνησε με τους καλύτερες προοπτικές, στη συνέχεια εξελίχθηκε απογοητευτικά. Αν και τη δεκαετία του '80 δημιουργήθηκαν φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις όπως εκείνη των 100kW στην Κύθνο, στην Γαύδο, στα Αντικύθηρα αλλά και αλλού στη συνέχεια αυτές οι επενδύσεις σταμάτησαν με αποτέλεσμα την δεκαετία του 2000 η συνολική ισχύς που παραγόταν από τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά δεν ξεπερνούσε το 1MW. (Καλδέλλης κ.α.,2002:155) Εκείνη την περίοδο, όποια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση πραγματοποιούνταν γινόταν κάτω από την ευθύνη της ΔΕΗ από τα κονδύλια της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά κύριο λόγο για την κάλυψη των στοιχειωδών ηλεκτρικών αναγκών σε μικρά νησιά του Αιγαίου ενώ οι μεγαλύτερες εγκαταστάσεις δεν έτυχαν της ιδιαίτερης προσοχής με αποτέλεσμα σήμερα να έχουν αποξηλωθεί, ενώ από τις εγκαταστάσεις εκείνης της περιόδου συνεχίζουν να λειτουργούν εκείνοι που τροφοδοτούν φάρους αναμεταδότες, αλλά και πομπούς για τις τηλεπικοινωνίες. Η κατάσταση μεταβάλλεται ολοκληρωτικά μετά το 2006 και την θέσπιση του νόμου 3468/2006 που όπως προαναφέρθηκε αφορά τις ευρωπαϊκές διατάξεις για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και πως ενσωματώνονται στο ελληνικό δίκαιο όπου πλέον διαπιστώνεται η σημασία που έχουν οι ΑΠΕ για την προστασία του περιβάλλοντος αλλά και για την ενεργειακή αυτάρκεια της χώρας. Από εκείνη την περίοδο αρχίζει και η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην χώρα μας όχι μόνο από τη ΔΕΗ αλλά και από απλούς ιδιώτες οι οποίοι στράφηκαν σε αυτές εξαιτίας της συνεχής ανόδου των τιμών των ορυκτών καυσίμων, των επιδοτήσεων που δέχονταν για αυτές τις εγκαταστάσεις αλλά και του γεγονότος ότι είχαν την δυνατότητα να πουλήσουν το παραγόμενο ρεύμα στην ΔΕΗ. Σήμερα, σε ανακοίνωσή του ο ΛΑΓΗΕ¹⁰ αναφέρει την επιτυχή εγκατάσταση 53 MW φωτοβολταϊκών, μέσα στο Μάιο του 2012, τα περισσότερα από κάθε άλλο μήνα του τρέχοντος έτους. Συγκριτικά, τον Ιανουάριο είχαν προστεθεί 43 MW, το Φλεβάρη 22 MW, το Μάρτιο 31 MW και τον Απρίλιο 39 MW. Κατά τη διάρκεια του 2011, στη χώρα μας σημειώθηκε αύξηση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων κατά 276 MW, από τα 163 MW στην αρχή του έτους, στα 439 MW τον Δεκέμβριο του 2011. Συνολικά διαφαίνεται το 2012 να είναι

¹⁰ Ο 'Λειτουργός της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ΑΕ' (ΛΑΓΗΕ ΑΕ) ιδρύθηκε με βάση το ν 4001/2011 για τη 'Λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις' και ασκεί τις δραστηριότητες που ασκούσαν από τη 'Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ΑΕ' (ΔΕΣΜΗΕ ΑΕ), πλην εκείνων που μεταφέρονται στην 'Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ΑΕ' (ΑΔΜΗΕ ΑΕ).(<http://www.lagie.gr> 23/8/2012)

χρονιά ορόσημο για τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις στην Ελλάδα. αφού όπως δήλωσε ο κ. Αλέξανδρος Ζαχαρίου, πρόεδρος του Συνδέσμου Εταιρειών Φωτοβολταϊκών¹¹, αναμένεται να προστεθούν έργα συνολικής απόδοσης 600 με 700 MW μέχρι το τέλος της χρονιάς. Παρόλο το θετικό κλίμα, η IEA (International Energy Agency) στην τελευταία της έκθεση «Market trends and projections to 2017» αναφέρει ότι «υπάρχει ισχυρή δυναμική στην Ελλάδα, όμως τα φωτοβολταϊκά είχαν “αργή εκκίνηση”, κυρίως λόγω της δύσκολης περιβαλλοντικής πολιτικής η οποία δεν επιτρέπει την ομαλή αδειοδότηση». Με λίγα λόγια αναφέρει ότι ένα σημαντικό εμπόδιο που υπάρχει στην ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι η γραφειοκρατία, που αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα. Τελικά, όμως, πιστεύει ότι σημαντική ανάπτυξη στον τομέα των φωτοβολταϊκών θα δώσει το Πρόγραμμα «ΗΛΙΟΣ», εάν τελικά οι τεχνικές λεπτομέρειες και η οικονομική βιωσιμότητα του έργου μπορέσουν να αποδειχθούν υγιείς για την ελληνική κοινωνία. (http://www.4green.gr/data/fotovoltaiika/news/preview_news/91995.asp 23/8/2012). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που καταδεικνύει την παραπάνω κατάσταση που επικρατεί στην χώρα μας και δημοσιεύει η εφημερίδα Real Planet στις 24/6/2012 αφορά το μεγαλεπήβολο σχέδιο για την δημιουργία φωτοβολταϊκού πάρκου στην Κοζάνη εγκατεστημένος ισχύος 220MW το οποίο θα αποτελείται από ένα εκατομμύριο ηλιακά πάνελ και θα τροφοδοτεί 55000 νοικοκυριά ενώ κατά τη διάρκεια λειτουργίας του υπολογίζεται, σύμφωνα με το άρθρο, θα αποφευχθεί η εκπομπή 300.000 τόνων διοξειδίου του άνθρακα το οποίο καθυστερεί στην έναρξη της κατασκευής του εξαιτίας της γραφειοκρατίας αλλά και της πολιτικής συγκυρίας της χώρας. (Real planet, τεύχος 188:8)

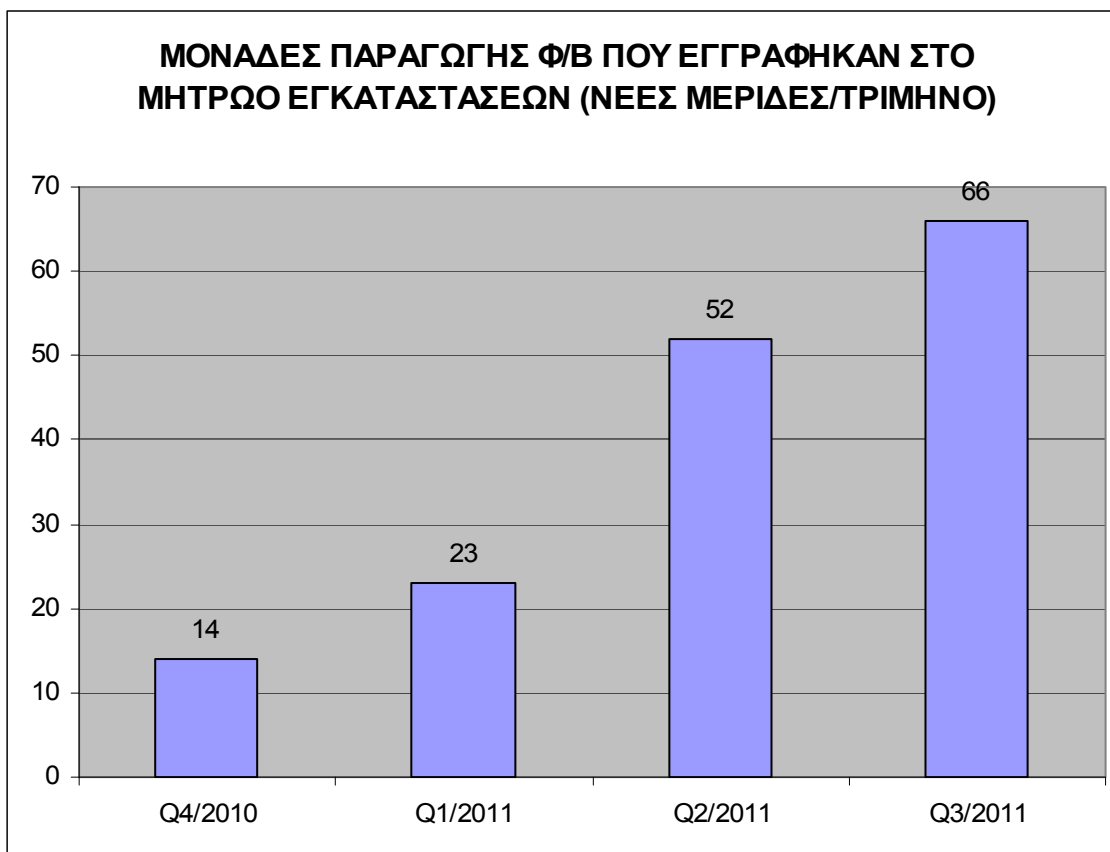
Στον παρακάτω πίνακα γνωστοποιείται η ελληνική αγορά των φωτοβολταϊκών ως σύνολο των διασυνδεδεμένων και αυτόνομων συστημάτων που όπως προαναφέρθηκε παρουσιάζει ανοδική τάση φτάνοντας το 2011 τα 631,3 MW αυξάνοντας δηλαδή την παραγόμενη ισχύ μέσα σε μια πενταετία κατά 624,6 MW .

¹¹ Ο ΣΕΦ είναι αστική μη κερδοσκοπική εταιρία που ιδρύθηκε το 2002 από τις σημαντικότερες εταιρίες που δραστηριοποιούνται στην παραγωγή εξοπλισμού, την εμπορία, εγκατάσταση και συντήρηση φωτοβολταϊκών συστημάτων (<http://www.helapco.gr/> 23/8/2012)



Διάγραμμα 3.7.1: Η ελληνική αγορά φωτοβολταϊκών (Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών φωτοβολταϊκών http://www.helapco.gr/ims/file/market_statistics/pv-stats_greece_2011.pdf 23/8/2012)

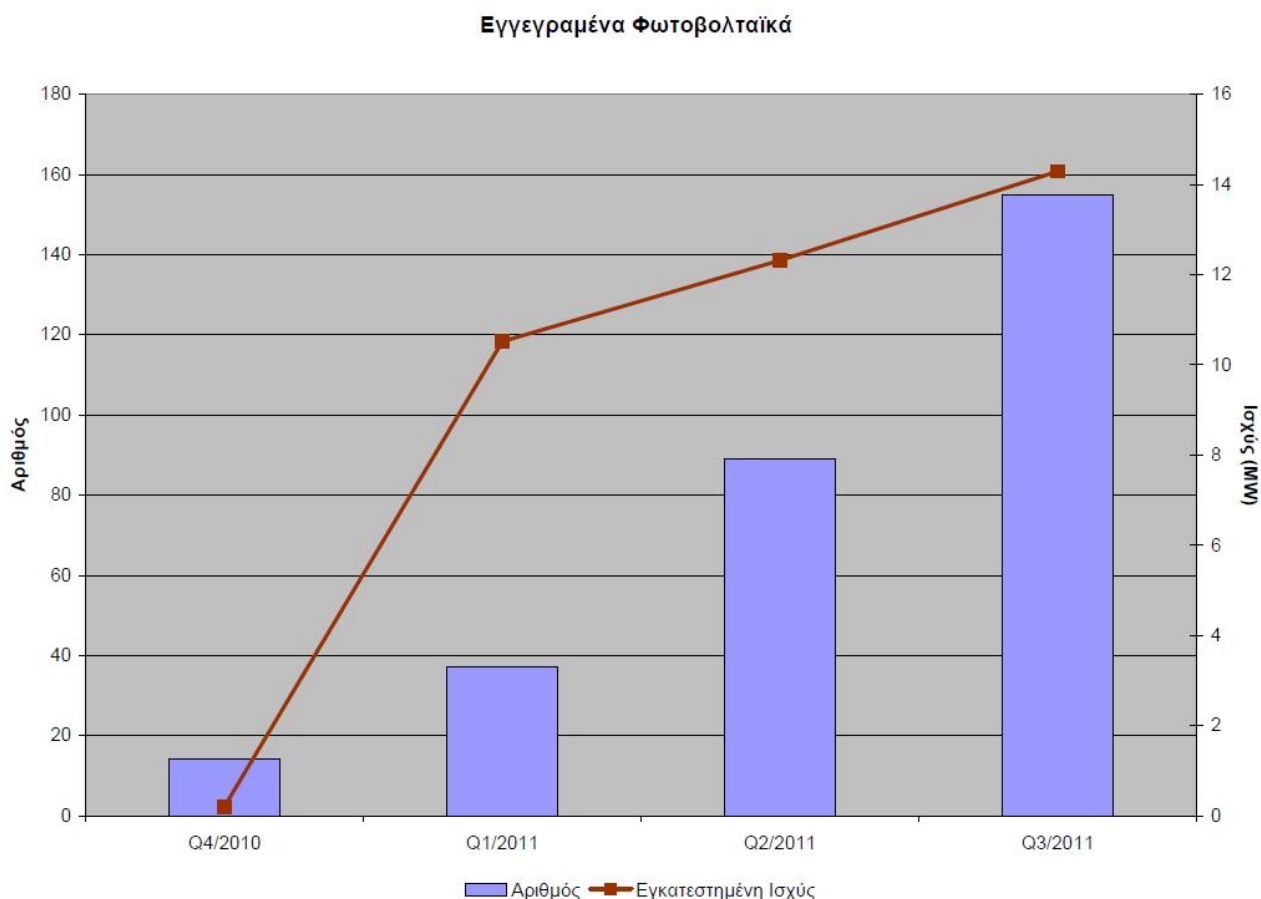
Πρέπει να σημειωθεί αυτή η άνοδος εκτός από τους παράγοντες που προαναφέρθηκαν οφείλεται και στο γεγονός ότι στην Ελλάδα δραστηριοποιούνται πέντε εταιρείες που παράγουν φωτοβολταϊκά πλαίσια η Exel Group, που βρίσκεται στο Κιλκίς και έχει ετήσια δυναμικότητα 50 MW, η Heliosphera, που είναι στην Τρίπολη με δυναμικότητα 60 MW, η Silcio/Piritium στην Πάτρα με δυναμικότητα 30/20 MW, η Solar Cells Hellas που είναι στην Πάτρα και στην Θήβα και περιλαμβάνει τις Solar Cells, Soltech και Admotec με ετήσια δυναμικότητα 80/80/60 MW αντίστοιχα και η Stel Solar που παράγει πλαίσια στο Κιλκίς και έχει δυναμικότητα 10 MW.



Διάγραμμα 3.7.2: Μονάδες παραγωγής Φ/Β που εγγραφήκαν στο μητρώο εγκαταστάσεων από τον Οκτώβριο 2010 - Σεπτέμβριος 2011)

(Πηγή: ΛΑΓΗΕ. http://www.lagie.gr/fileadmin/groups/EDSHE/EggyisisProeleysis/Etisia_Stattistika_Stoicheia_Okt2011.pdf 23/8/2012, Ιδία επεξεργασία).

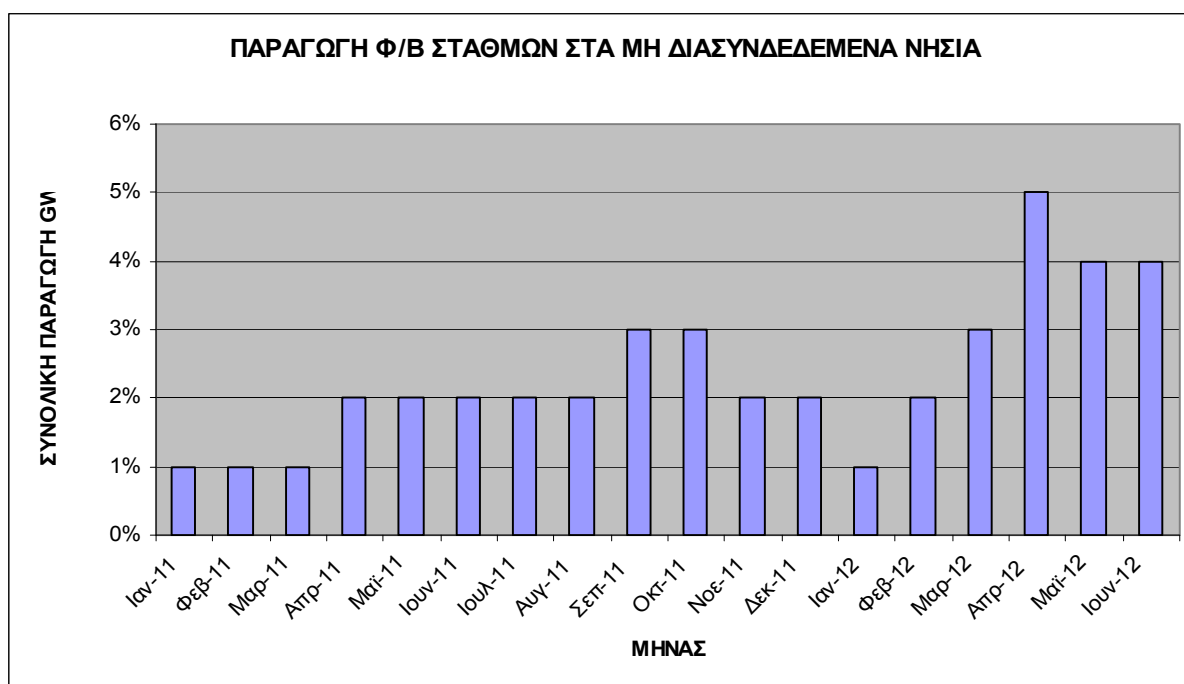
Από τον παραπάνω πίνακα γίνονται γνωστές πόσες νέες μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από φωτοβολταϊκά εγγράφηκαν στο μητρώο εγκαταστάσεων όπου εγγράφονται όλες οι νέες εγκαταστάσεις ΑΠΕ. Όπως παρατηρούμε οι περισσότερες μονάδες για το χρονικό διάστημα που μελετάμε εγκαταστάθηκαν στο τρίτο τρίμηνο του 2011 όπου εκείνη την περίοδο η ηλιοφάνεια είναι αρκετά υψηλή στη χώρα μας. Συνολικά από τον Οκτώβριο 2010 έως τον Σεπτέμβριο 2011, όπως εύκολα διαπιστώνει κανείς, εγκαταστάθηκαν 155 εγκαταστάσεις



Διάγραμμα 3.7.3: Εγγεγραμμένα φωτοβολταϊκά και η παραγόμενη ισχύς τους (πηγή:ΛΑΓΗΕ.http://www.lagie.gr/fileadmin/groups/EDSHE/EggyisisProeleysis/Etisia_Stattistika_Stoicheia_Okt2011.pdf 23/8/2012)

Στον παραπάνω πίνακα φαίνεται ο αριθμός των ήδη εγγεγραμμένων φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων στον Ελλαδικό χώρο αλλά και η ισχύς που παράγουν. Εύκολα, λοιπόν διαπιστώνει κανείς ότι από τον Οκτώβριο του 2010 έως τον Σεπτέμβριο του 2011 σημειώθηκε άνοδος στην παραγόμενη ισχύ αφού δημιουργήθηκαν νέες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις . Πρέπει να σημειωθεί ότι η μηδενική ισχύς που φαίνεται στο διάγραμμα δεν είναι η πραγματική καθώς εκείνη την περίοδο άρχισε να λειτουργεί η ΛΑΓΗΕ Α.Ε. και τα δεδομένα που θέτουν στην δημοσιότητα όπως απαιτείται ξεκινάνε από μηδενικές τιμές. Έτσι η χώρα μας βρίσκεται στην πέμπτη θέση παγκοσμίως όσον αφορά την νέα εγκατεστημένη ισχύ ανά κάτοικο για το 2011(περίπου 39,5 W/κάτοικο) ενώ την δέκατη για τη νέα εγκατεστημένη ισχύ για το ίδιο έτος η οποία κυμαίνεται στα 426 MW. (Σύνδεσμος εταιρειών Φωτοβολταϊκών ,2012:2,3)

Όσον αναφορά τα μη διασυνδεδεμένα νησιά της χώρας μας στα οποία συμπεριλαμβάνονται σύμφωνα με την ΔΕΔΔΗΕ¹² η Κρήτη, η Ρόδος, η Κως, η Λέρος, η Σάμος, η Χίος, η Νάξος, η Μύκονος, η Σκύρος, η Σύμη, η Πάτμος, η Ικαρία, η Κύθνος, η Σίφνος, τα Ψαρά, η Ίος, η Σχοινούσα και η Λέσβος την οποία μελετάμε με την παρούσα εργασία. Από τον παρακάτω πίνακα γνωστοποιείται η παραγωγή του συνόλου των φωτοβολταϊκών που είναι εγκατεστημένα στα διασυνδεδεμένα νησιά που προαναφέρθηκαν ως ποσοστό της συνολικής παραγωγής σε GWh από τα φωτοβολταϊκά, τα αιολικά πάρκα, και τα θερμικά ηλιακά συστήματα σε αυτά. Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό παρατηρείται τον Απρίλιο του 2012 ενώ το χαμηλότερο τους χειμερινούς μήνες. Πρέπει να σημειωθεί ότι τον Σεπτέμβριο και τον Οκτώβριο του 2011 υπάρχει αυξημένη παραγωγή ως αποτέλεσμα της αύξησης των εγκαταστάσεων των φωτοβολταϊκών στα νησιά ενώ η μείωση της παραγωγής τον Μάιο και τον Ιούνιο του 2012 μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι ενδεχομένως να έπαψαν να λειτουργούν κάποιες εγκαταστάσεις λόγω παλαιότητας ή λανθασμένης συντήρησης κυρίως στα ακριτικά νησιά.

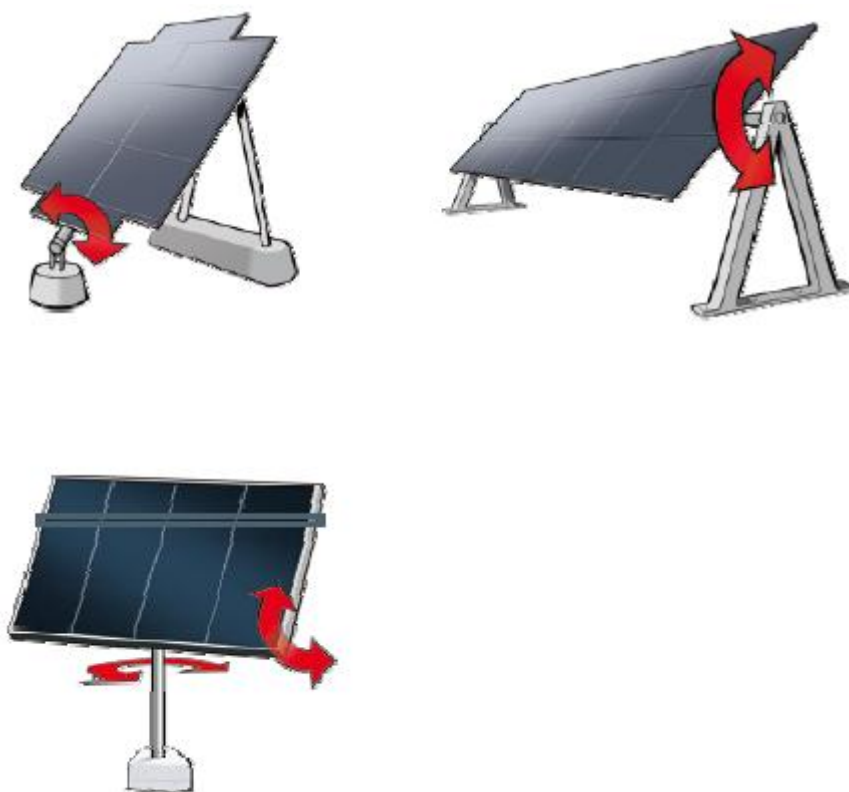


Διάγραμμα 3.7.4: Παραγωγή Φ/Β σταθμών στα μη διασυνδεδεμένα νησιά (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε., Ιδία επεξεργασία)

¹² Η ΔΕΔΔΗΕ είναι υπεύθυνη για τη διαχείριση του δικτύου του ηλεκτρικού ρεύματος στον Ελλαδικό χώρο (www.deddie.gr 25/8/2012)

3.8. Τα φωτοβολταϊκά πάρκα

Ως φωτοβολταϊκά πάρκα μπορούν να θεωρηθούν μεγάλες υπαίθριες εκτάσεις ή σε στέγες στις οποίες έχουν εγκατασταθεί φωτοβολταϊκά συστήματα και τα οποία είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο της ΔΕΗ, έχουν αμφίδρομη σχέση και έχουν τη δυνατότητα να τροφοδοτούν με ηλεκτρική ενέργεια το ένα στο άλλο. Τα φωτοβολταϊκά πάρκα εξαιτίας της δομής τους μπορούν να θεωρηθούν και ως ενεργειακά πάρκα. Ως ενεργειακό πάρκο θεωρείται «ένα σύμπλεγμα δραστηριοτήτων, σε μια συγκεκριμένη εδαφική έκταση που δέχεται πρωτογενείς μορφές ενέργειας και τις μετατρέπει σε άλλες μορφές ενέργειας οι οποίες διατίθενται σε καταναλωτές που βρίσκονται είτε μέσα στα όρια του ενεργειακού πάρκου είτε σε κοντινή απόσταση από αυτό» (Αλιβιζάτος κ.α.:1991,66) Ως κριτήριο των φωτοβολταϊκών πάρκων θεωρούνται τα συστήματα στήριξης τους που χωρίζονται στις εξής κατηγορίες: 1) η στήριξη με ένα σταθερό σύστημα στο έδαφος, 2) με σταθερό σύστημα σε επίπεδη οροφή κτιρίου, ή σε επικλινή στέγη και 3) με σύστημα ηλιοστατών στο έδαφος. Τα πλεονεκτήματα του σταθερού συστήματος είναι ότι έχει χαμηλό κόστος, είναι απλό στην κατασκευή του, αρκετά εύκολο στην εγκατάστασή του, ενώ όσον αφορά την συντήρηση και την απόδοση του έχει χαμηλό κόστος συντήρησης και είναι πολύ αξιόπιστο. Από την άλλη μεριά έχουμε τα κινητά συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά στα φωτοβολταϊκά έτσι ώστε να ακολουθούν την τροχιά του ήλιου και χωρίζονται σε τρία είδη, την παρακολούθηση της τροχιάς στον κάθετο άξονα, της τροχιάς στον οριζόντιο άξονα και της τροχιάς των δύο αξόνων όπως φαίνεται και στις παρακάτω τρεις εικόνες



Εικόνα 3.8.1: Παραδείγματα μονοαξονικής και διαξονικής κίνησης φωτοβολταϊκών
(Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών, 2011:27)

Τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος (κινητού) είναι ότι επειδή ακολουθούν την τροχιά του ήλιου παράγουν μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας και αποφέρουν σαφέστατα περισσότερα κέρδη. Σε αυτήν την περίπτωση όμως έχουμε και κάποια μειονεκτήματα, η κατασκευή του είναι πολύ πιο πολύπλοκη με μεγαλύτερο κόστος όπως και η συντήρησή του, είναι πιο επιρρεπές σε άσχημα καιρικά φαινόμενα (καταιγίδες και οι ισχυροί άνεμοι) και για την κίνησή του καταναλώνει ένα ποσοστό ενέργειας. Στον παρακάτω πίνακα καταγράφεται το ποσό της μέσης ετήσιας παραγόμενης ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με την επιφάνεια του οικοπέδου που γίνεται η εγκατάσταση αλλά και την εγκατεστημένη ισχύ

Απαιτούμενη επιφάνεια	Εγκατεστημένη Ισχύς	Μέση Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια
1.000τ.μ.	25kW	30.000kWh
3.500-4.000τ.μ.	100kW	120.000kWh
18.000-20.000τ.μ.	500kW	600.000kWh
35.000-38.000τ.μ.	1MW	1.200.000kWh
65.000-70.000τ.μ.	2MW	2.400.000kWh

Πίνακας 3.8.1: Η παραγόμενη ενέργεια σε σχέση με την επιφάνεια και την εγκατεστημένη ισχύ (Πηγή: Solar Cell Hellas <http://www.schellas.gr/categories.asp?catid=89> 1/11/2012)

Με λίγα λόγια όσο πιο μεγάλη είναι η έκταση και η εγκατεστημένη ισχύ είναι λογικό τόσο μεγάλη να είναι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

Ένας βασικός παράγοντας για τα φωτοβολταϊκά πάρκα είναι η βιωσιμότητα της επένδυσης, η νομοθεσία, η σωστή επιλογή εξοπλισμού και προμηθευτή καθώς και η ασφάλιση για αυτήν την επένδυση. Παρόλα αυτά κρίνεται σημαντικό να σημειωθεί ότι σύμφωνα με τον κ. Γουργιώτη της διεύθυνσης Χωροταξίας του ΥΠΕΚΑ για τα φωτοβολταϊκά πάρκα αλλά και γενικότερα τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις υπάρχει χάσμα μεταξύ του υπουργείου και της ΡΑΕ καθώς η δεύτερη τα θεωρεί ως επενδύσεις και δέχεται οποιαδήποτε πρόταση χωροθέτησης ενώ αντίθετα το υπουργείο θεωρεί τα φωτοβολταϊκά ως επενδύσεις που πρέπει να εναρμονίζονται με το χωροταξικό πλαίσιο των περιοχών και για αυτό το λόγο και είναι πιο αυστηρό με την υπάρχουσα νομοθεσία και την εφαρμογή της.

Στην ελληνική επικράτεια έχουν εγκατασταθεί φωτοβολταϊκά πάρκα όπως εκείνο στην Χώρα της Κύθνου, με συνολική ισχύ 0,1 MW που βρίσκεται ακριβώς δίπλα από τον Τοπικό Σταθμό Παραγωγής της ΔΕΗ και εγκαταστάθηκε το 1983 με αποτέλεσμα να είναι ο πρώτος διασυνδεδεμένος φωτοβολταϊκός σταθμός που λειτούργησε στην Ευρώπη. Η μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας ανέρχεται σε 130 MWh, ενώ από το πρώτο έτος λειτουργίας του έως σήμερα υπολογίζεται ότι έχουν παραχθεί 3.380 MWh, που αντιστοιχούν σε μείωση 3.400 τόνων CO₂, 35.4 τόνων SO₂ και 6,8 τόνων NO_x.



Εικόνα 3.8.2:Το φωτοβολταϊκό πάρκο στην Κύθνο.

(Πηγή: ΔΕΗ Ανανεώσιμες <http://www.ppcr.gr/Energy.aspx?C=27> 11/11/2012)

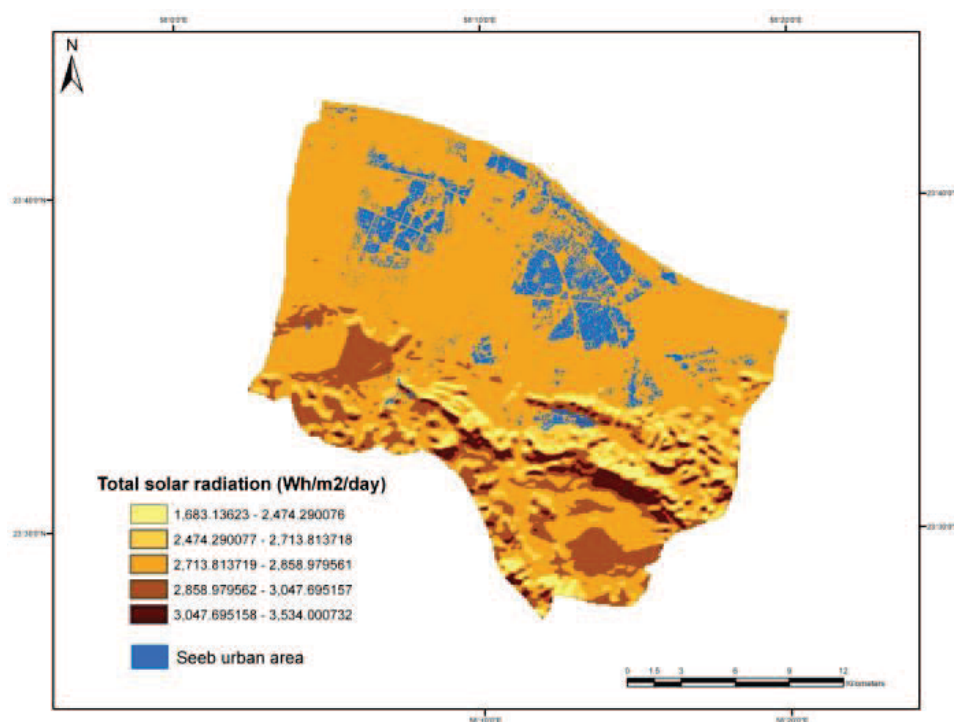
Ένα ακόμη φωτοβολταϊκό πάρκο βρίσκεται στη Σίφνο και εγκαταστάθηκε στην περιοχή το 1998. Ο Σταθμός είναι ισχύος 60kWp και λειτουργεί με πλήρη απόδοση μέχρι και σήμερα. Από το πρώτο έτος λειτουργίας του έως σήμερα υπολογίζεται ότι έχουν παραχθεί 1.200 MWh, που αντιστοιχούν σε μείωση 1.200 τόνων CO₂. Επίσης υπάρχει το πάρκο στον Αθρινόλακκο Κρήτης με ισχύ ίση με 0,48 MW το οποίο είναι σε λειτουργία. Τέλος υπάρχουν και πάρκα πολύ μικρότερης ισχύος, όπως ο φωτοβολταϊκός σταθμός ΕΘΕΛ, ο σταθμός ΗΣΑΠ στην Ειρήνη και ο σταθμός ΗΛΠΑΠ που άρχισαν την λειτουργία του το 2009 και έχουν ισχύ 19,95kWp (<http://www.ppcr.gr/Energy.aspx?C=27> 11/11/2012).

Κεφάλαιο 4: Επιλεγμένες εργασίες για τη χωροθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών

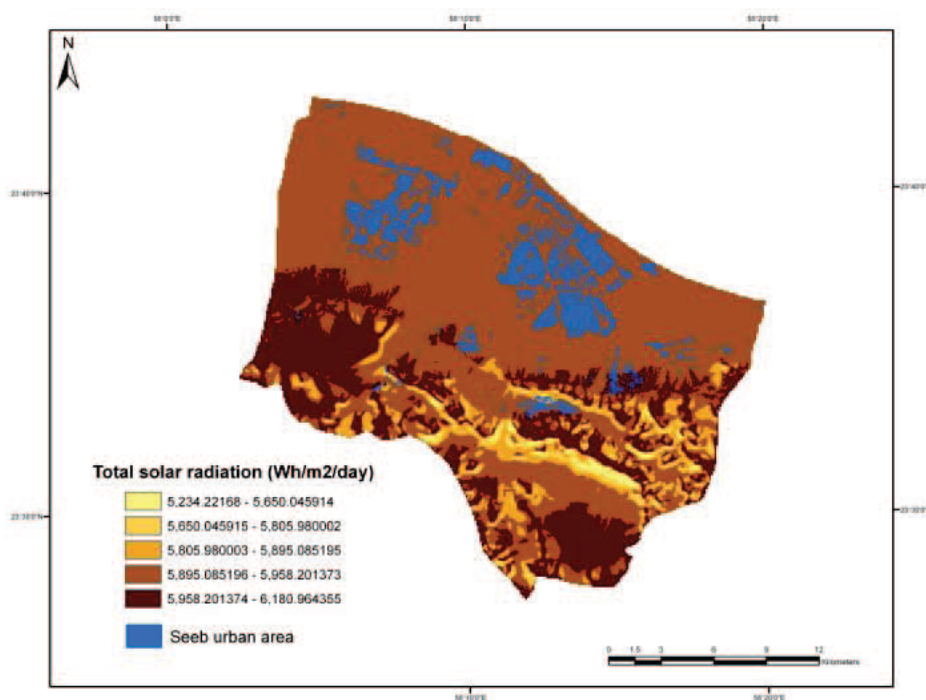
Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν εργασίες οι οποίες επικεντρώνονται στα φωτοβολταϊκά συστήματα και τον τρόπο με τον οποίο τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών συντελούν τόσο στον εντοπισμό των κατάλληλων περιοχών για τη χωροθέτησή τους αλλά και τη χρήση των ΓΣΠ για τη δημιουργία δευτερογενών δεδομένων που συντελούν στην παραγωγή του τελικού αποτελέσματος. Θα παρουσιαστούν συνολικά τρεις εργασίες που έχουν υλοποιηθεί στο Ομάν, στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής αλλά και στην Ελλάδα.

Η πρώτη μελέτη που θα μας απασχολήσει πραγματοποιήθηκε από τους Yassine Charabi, Mohamed Ben Haj Rhouma και τον Adel Gastli του πανεπιστημίου Sultan Qaboos στο Ομάν, το 2010(δημοσιεύτηκε στο International Energy Conference) και η εργασία μελέτης είχε σαν τίτλο «*GIS-Based Estimation of Roof-PV Capacity and Energy Production for the Seeb region in Oman*». Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι κατά κύριο λόγο ο υπολογισμός της ηλιακής ενέργειας που μπορεί να συσσωρευθεί από τα φωτοβολταϊκά συστήματα και συνεπώς της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να παραχθεί, όταν είναι εγκατεστημένα σε στέγες στην συνοικία Reeb της πρωτεύουσας Muscat του Ομάν. Επίσης ως στόχος της εργασίας θεωρείται και η ενημέρωση για την νέα αρχιτεκτονική των κτιρίων στον ενεργειακό τομέα και στον αστικό σχεδιασμό. Στο Muscat, σύμφωνα με την απογραφή του 2008 κατοικούν 282.396 κάτοικοι και καλύπτει έκταση 490,62 τ. χλμ. Οι επιστήμονες προκειμένου να εκτιμήσουν την ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται η περιοχή βρήκαν την τοπογραφία της περιοχής (ψηφιακό μοντέλο εδάφους) (DEM) και για την αποτύπωση των κτιρίων χρησιμοποίησαν την τεχνολογία ενεργητικής τηλεπισκόπησης Lidar που έχει τη δυνατότητα να εξάγει με ακρίβεια την τρισδιάστατη απεικόνιση των κτιρίων μέσω της χρήσης δεσμών laser που αποστέλλονται στη γη και αντίστοιχα με τον χρόνο επιστροφής του σήματος τους να μπορεί να προσδιορίσει με αυτό τον τρόπο το ύψος, η περίμετρος, το εμβαδόν αλλά και το είδος της στέγης των κτιρίων. Επειδή, όμως η εφαρμογή του Google Earth δεν έχει επαρκή χωρική ανάλυση έγινε χρήση δορυφορικών εικόνων IKONOS για την περιοχή μελέτης. Η περιοχή αποτελείται από 31182 στέγες διασκορπισμένες σε έκταση 8808 τ. χλμ. οι οποίες ταξινομήθηκαν με βάση τα τετραγωνικά μετρά που καταλαμβάνουν το 34% έχουν έκταση από 100-200 τ.μ. ενώ το 30% από 200-300 τ.μ. Στη συνέχεια υπολογίστηκε η ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται η περιοχή σε δύο περιπτώσεις: πρώτη τον Ιανουάριο και δεύτερη τον Ιούνιο, γιατί σε αυτούς τους δύο μήνες η περιοχή δέχεται την μεγαλύτερη και την μικρότερη συνολική ακτινοβολία (το άθροισμα της απευθείας και

διάχυτης ακτινοβολίας), με την βοήθεια του solar radiation analyst tools. Τον Ιούνιο η ακτινοβολία κυμαινόταν από 5895-5958 Wh/τ.μ./ ημέρα ενώ τον Ιανουάριο από 2500-3000 Wh/τ.μ./ ημέρα. Στη συνέχεια με τη βοήθεια του προγράμματος MATLAB (πρόγραμμα για αριθμητικούς υπολογισμούς και κατασκευή γραφημάτων - αλγόριθμός που έχει τη δυνατότητα υπολογισμού της συνολικής ηλιακής έντασης που προσπίπτει στην επιφάνεια των φωτοβολταϊκών) και γνωρίζοντας τη μέση ηλιακή ακτινοβολία σε συνδυασμό με την αποδοτικότητα των φωτοβολταϊκών, τη μέση θερμοκρασία της περιοχής 25° C , την απόσταση μεταξύ των φωτοβολταϊκών από την άκρη της στέγης να ισούται με 1,2 μέτρα και πυκνότητα αέρα 1,5kg/m³ αλλά και μέση ηλιακή ακτινοβολία /τμ που ισούται με 1000W μπορεί να υπολογιστεί η καθημερινή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που είναι ίση με ισχύ 300MW.



Χάρτης 4.1: Συνολική ηλιακή ακτινοβολία στο χειμερινό ηλιοστάσιο (Πηγή: Charabi κ.α.,2010:3)



Χάρτης 4.2: Συνολική ηλιακή ακτινοβολία στον θερινό ηλιοστάσιο (Πηγή: Charabi κ.α.,2010:3)

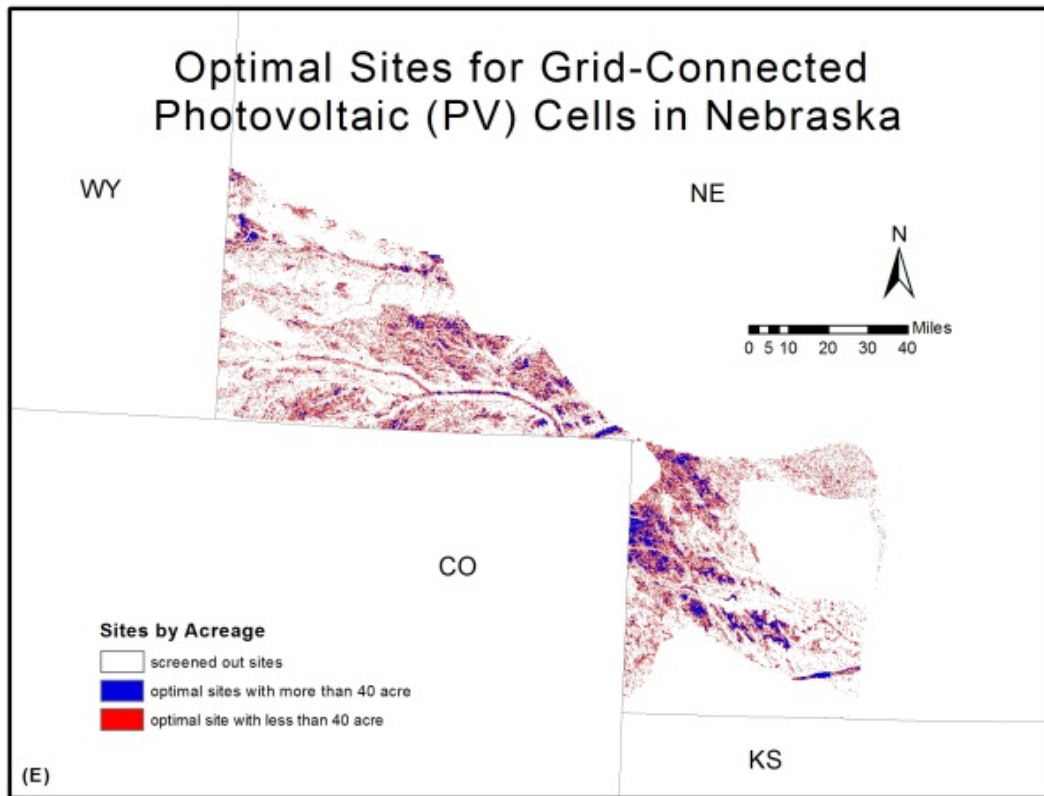
Η δεύτερη μελέτη χωροθέτησης φωτοβολταϊκών την οποία παρουσιάζουμε πραγματοποιήθηκε το 2011 και δημοσιεύτηκε στο Environmental Studies Undergraduate Student Honors Theses Paper 62 από τον Funabashi, Tomotoshi, του πανεπιστημίου της Nebraska Lincoln και έχει ως τίτλο "*A GIS Approach for Estimating Optimal Sites for Grid-Connected Photovoltaic (PV) Cells in Nebraska*". Στόχος της εργασίας αυτής ήταν ο προσδιορισμός των κατάλληλων θέσεων για κατασκευή φωτοβολταϊκών που να είναι συνδεδεμένα με το ηλεκτρικό δίκτυο της Πολιτείας. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί αυτό με τη βοήθεια των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών επεξεργάστηκαν πέντε παράγοντες: η ακτινοβολία που δέχεται η περιοχή μελέτης, η γειτονία με το οδικό δίκτυο, η προσβασιμότητα με το ηλεκτρικό δίκτυο, η τοπογραφία αλλά και η έκταση της περιοχής. Η ακτινοβολία που καθορίζει και την ποσότητα της ενέργειας που θα μετατραπεί σε ηλεκτρισμό προέρχεται από εικοσάχρονη βάση δεδομένων από 28 μετεωρολογικούς σταθμούς της HPRCC (High Plains Regional Climate Center) ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία από την Environmental Protection Agency. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι η έκταση στην οποία θα εγκατασταθούν το φωτοβολταϊκά θα πρέπει να είναι σε κοντινή απόσταση από το οδικό δίκτυο, και σε επίπεδη τοποθεσία καθώς σε αυτή την περιοχή θα είναι πιο εύκολη η εγκατάσταση και η απώλεια ενέργειας θα είναι λιγότερη όταν είναι πλησίον του ηλεκτρικού δικτύου. Παράλληλα, η μεγάλη έκταση προσφέρει και οικονομικά πλεονεκτήματα

καθώς τόσα περισσότερα φωτοβολταϊκά θα εγκατασταθούν με άμεσο αποτέλεσμα την παραγωγή περισσότερης ηλεκτρικής ισχύος.

Αναλυτικότερα, για την ηλιακή ακτινοβολία, με την χρήση των μέσων τιμών των μετρήσεων από τους 28 μετεωρολογικούς σταθμούς από 1/1/1990 έως 31/12/2009 αλλά και οι μετεωρολογικοί σταθμοί με τη βοήθεια του γεωγραφικού μήκους και πλάτους που έχει η τοποθεσία όπου βρίσκεται ο σταθμός τοποθετήθηκαν σε χάρτη της Πολιτείας οι θερμοκρασίες της επιφάνειας σε όλη την έκταση της παράλληλα με τη βοήθεια της παρεμβολής kriging¹³ που είναι κατάλληλη για μετεωρολογικά φαινόμενα με την σημαντική προϋπόθεση ότι η τάση των θερμοκρασιών που παρατηρούνται δεν πρόκειται να μεταβληθεί. Στη συνέχεια μελετήθηκαν οι άλλοι παράγοντες (απόσταση από δρόμο ≤ 25 μιλίων, απόσταση από ηλεκτρικό δίκτυο ≤ 10 μιλίων, κλίση εδάφους¹⁴ 0 μοίρες και έκταση ≥ 40 εκταρίων) και δημιουργήθηκε ένας χάρτης σε ψηφιδωτή μορφή για κάθε έναν από αυτούς με τη βοήθεια buffer zones και προβολικό σύστημα UTM ενώ έπειτα ακολούθησε η διαδικασία της επαναταξινόμησης (reclassify) προκειμένου τα δεδομένα από κάθε παράγοντα να αποκτήσουν μια κοινή κλίμακα και στη συνέχεια με την υπέρθεση raster δεδομένων αθροίζονται οι παραπάνω παράγοντες και συνθέτουν τον τελικό χάρτη που καταδεικνύει τις κατάλληλες περιοχές. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι για να χρησιμοποιηθεί ο παράγοντας της έκτασης θα πρέπει να εφαρμοστεί η παρεμβολή kernel με ακτίνα κύκλου ίση με εννέα ψηφίδες δηλαδή ίση με 40 εκτάρια αν υπολογιστεί και το μέγεθος της ψηφίδας για τις περιοχές που έχουν σαν ιδιότητες τα υπόλοιπα κριτήρια που απαιτούνται. Από τους χάρτες προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα: αρχικά περισσότερη ηλιοφάνεια δέχεται η νοτιοδυτική Πολιτεία, κάθε σημείο απέχει απόσταση λιγότερο από 25 μίλια από το οδικό δίκτυο ενώ το πυκνότερο δίκτυο ηλεκτρισμού βρίσκεται στην νοτιοδυτική Πολιτεία εκεί ακριβώς που υπάρχουν και οι περιοχές με τη ελάχιστη κλίση. Τέλος πρέπει να επισημανθεί ότι οι περιοχές που θεωρήθηκαν κατάλληλες με τη βοήθεια του Google Earth ταυτίστηκαν με αγροτικές εκτάσεις.

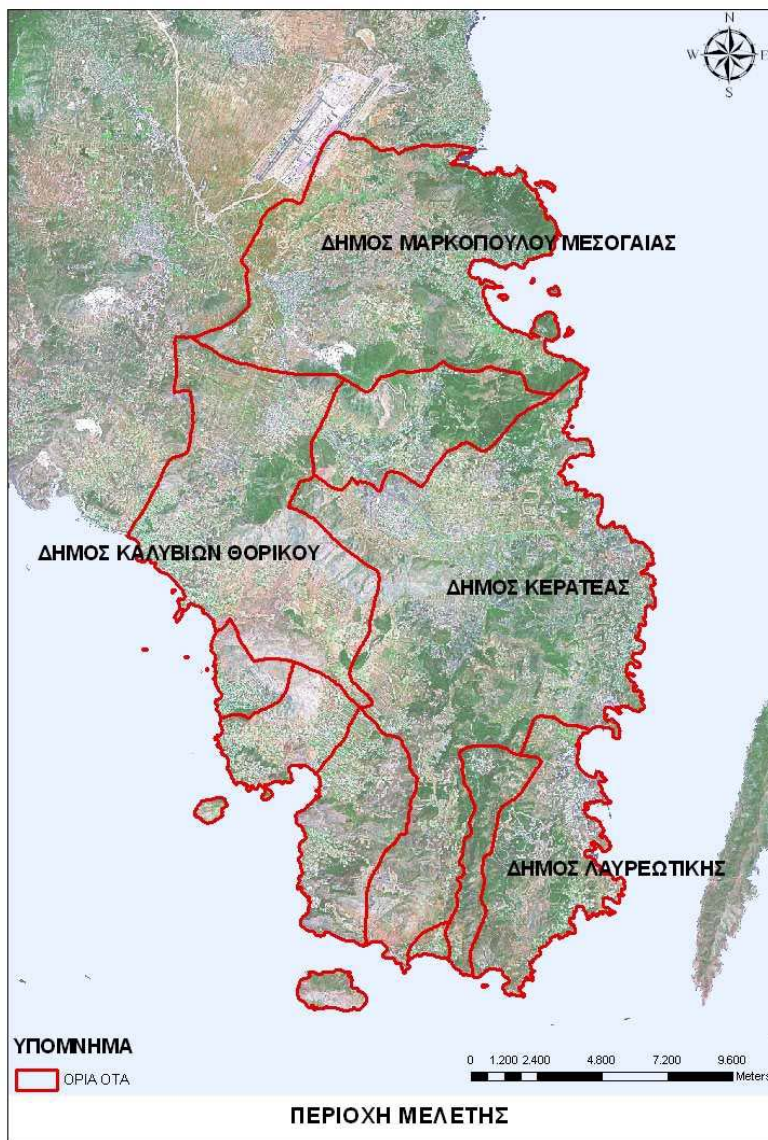
¹³ Ο αλγόριθμος kriging βασίζεται στην υπόθεση ότι η απόσταση ή η κατεύθυνση μεταξύ των γνωστών μετρημένων σημείων αντανakλά τη χωρική συσχέτιση, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ερμηνευθούν οι μεταβολές της επιφάνειας (Ζήσου, 2010:224)

¹⁴ Προήλθε από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους



Χάρτης 4.3: Οι κατάλληλες περιοχές που προέκυψαν από τη μελέτη που συμπίπτουν με τις αγροτικές περιοχές (Πηγή:Funabashi,2011:16)

Η τρίτη μελέτη αφορά τη χωροθέτηση φωτοβολταϊκών στην Ανατολική Αττική (δήμοι Μαρκοπούλου, Μεσόγαιας, Καλυβίων Θορικού, Κερατέας και Λαυρεωτικής) ως μέρος της διπλωματικής εργασίας της Ορφανού – Νικολάου Σοφία – Σωτηρία με τίτλο «*Αναπτυξιακοί στόχοι και χωροθέτηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ελληνική ύπαιθρο: Μελέτη περίπτωσης με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.*» που συγγράφηκε στην Αθήνα τον Οκτώβριο του 2010 στο Χαροκόπειο πανεπιστήμιο. Η συγγραφέας διάλεξε τη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης καθώς σύμφωνα με το ΕΠΧΣΑΑ (Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης) θα μπορούσαν να γίνουν έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ενώ παράλληλα η περιοχή δέχεται υψηλό ηλιακό δυναμικό.

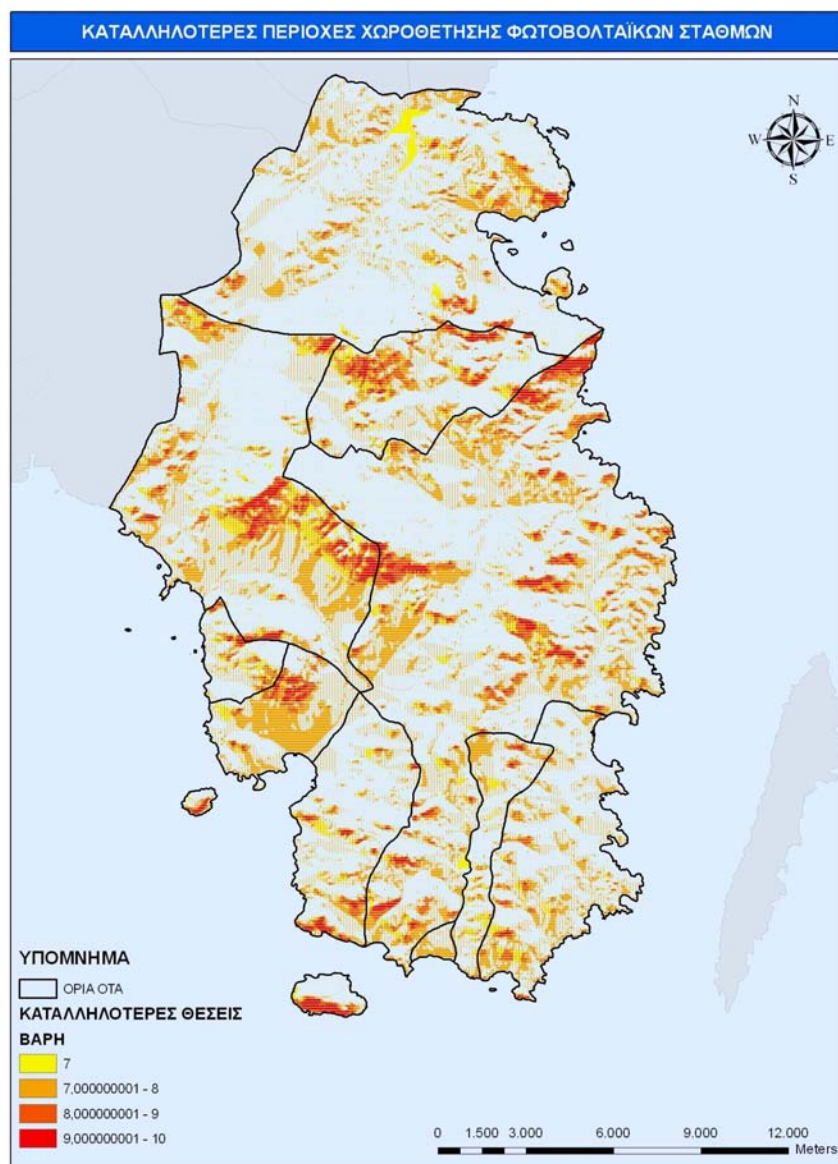


Χάρτης 4.4: Περιοχή μελέτης Ανατολικής Αττικής (Πηγή: Ορφανού-Νικολάου,2010:116)

Για την συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκε το προβολικό ΕΓΣΑ'87 ως το σύστημα γεωαναφοράς των δεδομένων.

Τα κριτήρια χωροθέτησης φωτοβολταϊκών πάρκων αφορούν τη λειτουργικότητα και απόδοση των εγκαταστάσεων, με τη διασφάλιση της απόστασης από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος, πολιτιστικής κληρονομιάς και οικιστικές δραστηριότητες, από δίκτυα τεχνικής υποδομής και ειδικών χρήσεων, αποστάσεις από ζώνες ή εγκαταστάσεις παραγωγικών δραστηριοτήτων. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη ήταν σε διανυσματική μορφή αλλά και σε ψηφιδωτή μορφή όπως το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM). Όσον αφορά στα δεδομένα που υπήρχαν σε ψηφιδωτή μορφή έγινε αρχικά γεωαναφορά και έπειτα

ψηφιοποίηση των υποβάθρων. Οι ΖΟΕ Λαυρεωτικής και Μεσογείων ψηφιοποιήθηκαν από ψηφιακές εικόνες που γεωαναφέρθηκαν. Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) αποτελεί αποτύπωση του αναγλύφου. Το οδικό δίκτυο περιλαμβάνει όλους τους τύπους οδών όμως για το κριτήριο που θέτει ως ελάχιστη απόσταση από τα όρια απαλλοτρίωσης της οδού ίση με $1,5d = 128\mu$, εφαρμόστηκε ζώνη αποκλεισμού (buffer). Το δίκτυο της ΔΕΗ προέκυψε από ψηφιοποίηση του χάρτη του ΚΑΠΕ αλλά και από τον χάρτη που βρίσκεται στην ιστοσελίδα του ΔΕΣΜΗΕ. Τα δεδομένα για αρχαιολογικούς χώρους βρέθηκαν στην ιστοσελίδα του υπουργείου Πολιτισμού. Επίσης η γεωργική υψηλής παραγωγικότητας η οποία δεν είναι τελείως απαγορευτική για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών εντοπίστηκε μέσω των χρήσεων γης της περιοχής (Corine Land Cover 2000), όπως και τα είδη των δασών. Για να αποκλειστούν οι ακτές κολύμβησης εφαρμόστηκε η εντολή buffer προκειμένου να δημιουργηθεί ζώνη αποκλεισμού 1.500μ από την ακτή. Στην περιοχή μελέτης υπάρχουν περιοχές Natura και καταφύγια άγριας ζωής. Από τα παραπάνω, λοιπόν, και σε συνδυασμό με τις ζώνες αποκλεισμού από το ειδικό χωροταξικό πλαίσιο δημιουργήθηκε ένας τελικός χάρτης που απεικονίζει όλες τις περιοχές αποκλεισμού στην περιοχή μελέτης. Στη συνέχεια από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους δημιουργήθηκαν οι κλίσεις της περιοχής και ο προσανατολισμός και έπειτα εφαρμόστηκε η διαδικασία της επαναταξινόμησης για να έχουν όλα τα δεδομένα, που θα χρησιμοποιηθούν, την ίδια κλίμακα από 0 έως 10 και τοποθετήθηκαν στο raster calculator με βάρος 0,5 έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η σύνθεση των δεδομένων και να βρεθούν οι καταλληλότερες περιοχές όπως φαίνεται και στον παρακάτω χάρτη

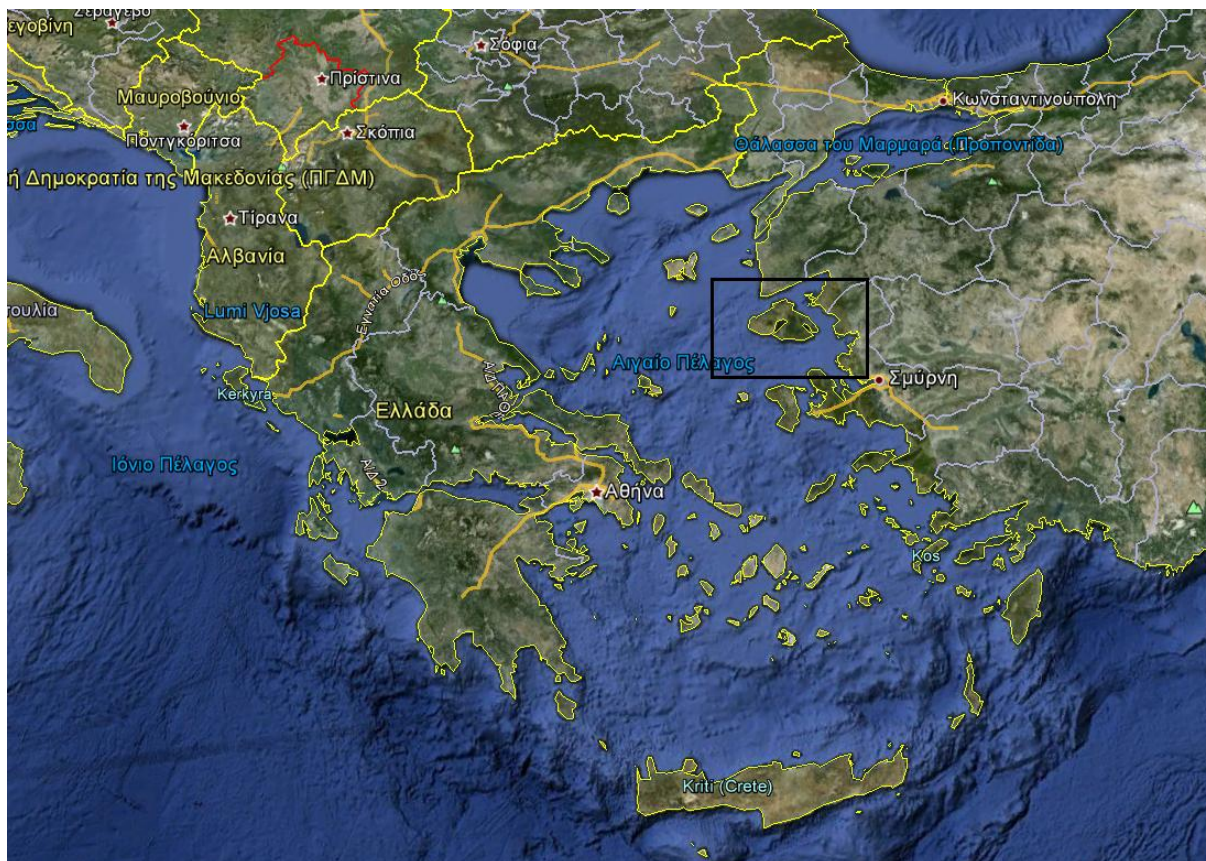


Χάρτης 4.5: Εντοπισμός κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης Φ/Β (Πηγή: Ορφανού-Νικολάου,2010:134).

Με αυτό τον τρόπο εύκολα διαπιστώνει κανείς ότι οι καταλληλότερες περιοχές χωροθετούνται στα ανατολικά τμήματα της περιοχής μελέτης καθώς και στα όρια του δήμου Καλυβίων-Θορικού με τον δήμο Κερατέας.

Κεφάλαιο 5: Η ενεργειακή κατάσταση της νήσου Λέσβου

Η Λέσβος βρίσκεται στο Βορειοανατολικό Αιγαίο έχει έκταση 1633 Km² και σύμφωνα με την απογραφή του 2011 της ΕΣΥΕ ο αριθμός των δημοτών στο νησί ανέρχεται σε 85.410 κατοίκους και είναι ένα από τα πέντε νησιά της περιφέρειας Βορείου Αιγαίου.



Εικόνα 5.1: Η θέση της Λέσβου στον Ελλαδικό χώρο

(Πηγή: www.google-earth.com 25/8/2012)

Η Λέσβος όσον αναφορά την ενεργειακή της κατάσταση στηρίζεται σε αυτόνομο σύστημα για την παραγωγή ηλεκτρισμού κάτω από την δικαιοδοσία της ΔΕΗ ΑΕ ενώ το αποκλειστικό δικαίωμα για την μεταφορά και την διανομή (η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από το σύστημα μεταφοράς στο τελικό καταναλωτή (Μανωλάς,2007:80)) της ηλεκτρικής ενέργειας έχει η ΛΑΓΗΕ ΑΕ ενώ την συντήρηση του δικτύου έχει αναλάβει η ΔΕΔΔΗΕ. Τα αρνητικά χαρακτηριστικά ενός τέτοιου συστήματος φανερώνουν το πρόβλημα της υπάρχουσας ενεργειακής κατάστασης του νησιού και επιβάλλουν τη δημιουργία εγκαταστάσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το αυτόνομο ενεργειακό σύστημα δεν έχει τη δυνατότητα να προσφέρει ή να δεχτεί εξωτερική βοήθεια (δυνατότητα κατανομής του φορτίου) σε περιπτώσεις ανάγκης, και

συνεπώς θα πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίζει τις όποιες δυσκολίες κάλυψης των αναγκών ενώ παράλληλα έχουν συγκεντρωτικό χαρακτήρα εφόσον στηρίζουν την ενεργειακή τους κάλυψη σε ένα σταθμό που όταν παρουσιαστούν προβλήματα μεταφέρονται στο δίκτυο διανομής



Εικόνα 5.2: Χωροθέτηση σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Πηγή: www.google-earth.com 25/8/2012)

Για τη Λέσβο, η ηλεκτρική ενέργεια (η οποία έχει συμβάλλει θετικά στην λειτουργία των παραγωγικών διαδικασιών και των παραγωγικών μονάδων) του νησιού παράγεται κατά κύριο λόγο στον σταθμό ηλεκτρικής ενέργειας που βρίσκεται στα περίχωρα της πόλης της Μυτιλήνης όπως φαίνεται και στον παραπάνω χάρτη (και ο οποίος περιλαμβάνει 11 θερμικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής diesel και μαζουτ συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 77 MW) ενώ το δίκτυο με το οποίο διανέμεται αποτελείται από δεκατρείς γραμμές μεταφοράς ρεύματος, εκ των οποίων η μία είναι μία υψηλής τάσης (66kV) ενώ οι υπόλοιπες είναι μέσης τάσης (20kV). Σύμφωνα με τον διευθυντή της ΔΕΗ Λέσβου κ. Ζήση Νικόλαο οι γραμμές μέσης τάσης αποτελούνται από πέντε γραμμές για την διανομή ενέργειας από το εργοστάσιο στην πόλη της Μυτιλήνης, όπου και παρουσιάζονται τα υψηλότερα φορτία, δύο γραμμές από τον σταθμό σε ορισμένα χωριά του

νησιού και πέντε γραμμές από τον υποσταθμό της Καλλονής σε χωριά του νησιού. Η γραμμή μεταφοράς υψηλής τάσης συνδέει τον σταθμό με τον υποσταθμό της Καλλονής. Οι γραμμές μεταφοράς ρεύματος είναι διασυνδεδεμένες μεταξύ τους, έτσι ώστε να είναι ευκολότερη η συντήρηση του δικτύου και επιπλέον, σε περίπτωση βλάβης σε ένα τμήμα του δικτύου να υπάρχει η δυνατότητα παράκαμψης και συνέχισης της παροχής ρεύματος.

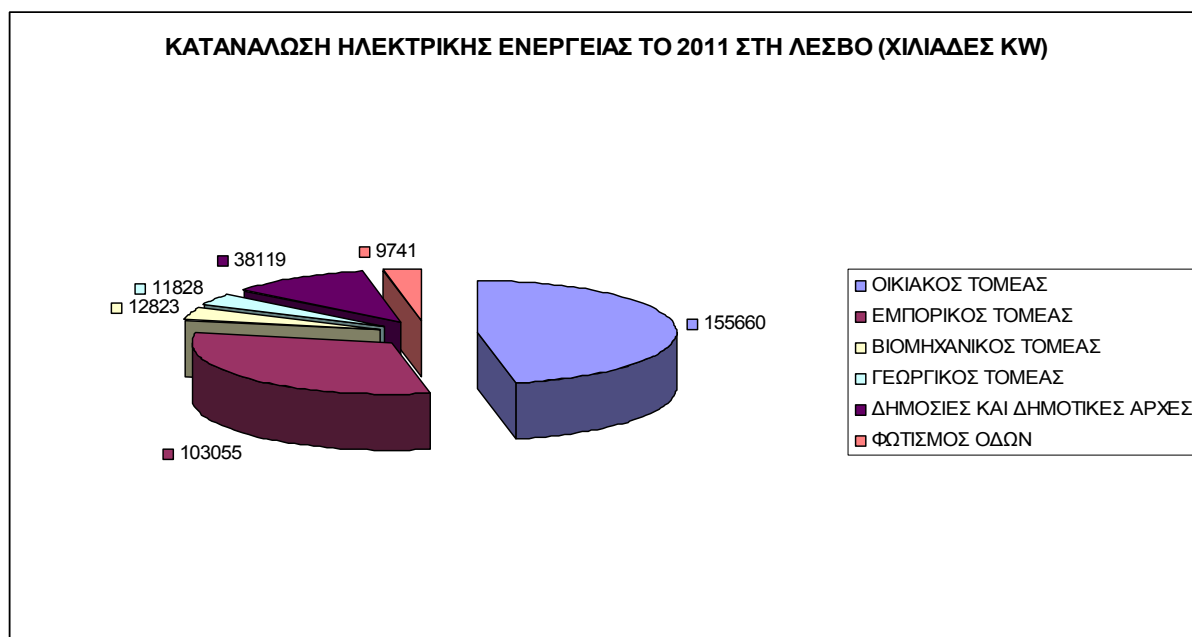


Εικόνα 5.3: Γραμμές διανομής ηλεκτρικού ρεύματος στη νήσο Λέσβο το 2006 (Πηγή: ΔΕΗ ΛΕΣΒΟΥ)

Εξαιτίας, λοιπόν, της συγκεκριμένης δομής του αυτόνομου δικτύου η περιοδική αύξηση των φορτίων εξαιτίας μεγάλων μονάδων παραγωγής προϊόντων αλλά και του πλήθους τουριστών που δέχεται το νησί κατά τους καλοκαιρινούς μήνες οδηγεί στην υπερφόρτωση του δικτύου, με άμεσο αποτέλεσμα προκειμένου να εξοικονομηθεί ενέργεια να σημειώνονται συχνά διακοπές ρεύματος μικρής βέβαια διάρκειας (δεκαπέντε με τριάντα λεπτών). Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών, ζητείται από τους μεγάλους καταναλωτές να εγκαταστήσουν ιδιόκτητους μετασχηματιστές. Ενώ για την υπερφόρτωση δικτύου, αυτή αντιμετωπίζεται με την ενίσχυση του δικτύου με γραμμές μεταφοράς με μεγαλύτερη διατομή και με αντικατάσταση των μετασχηματιστών στους τοπικούς υποσταθμούς με μετασχηματιστές μεγαλύτερου φορτίου όπως

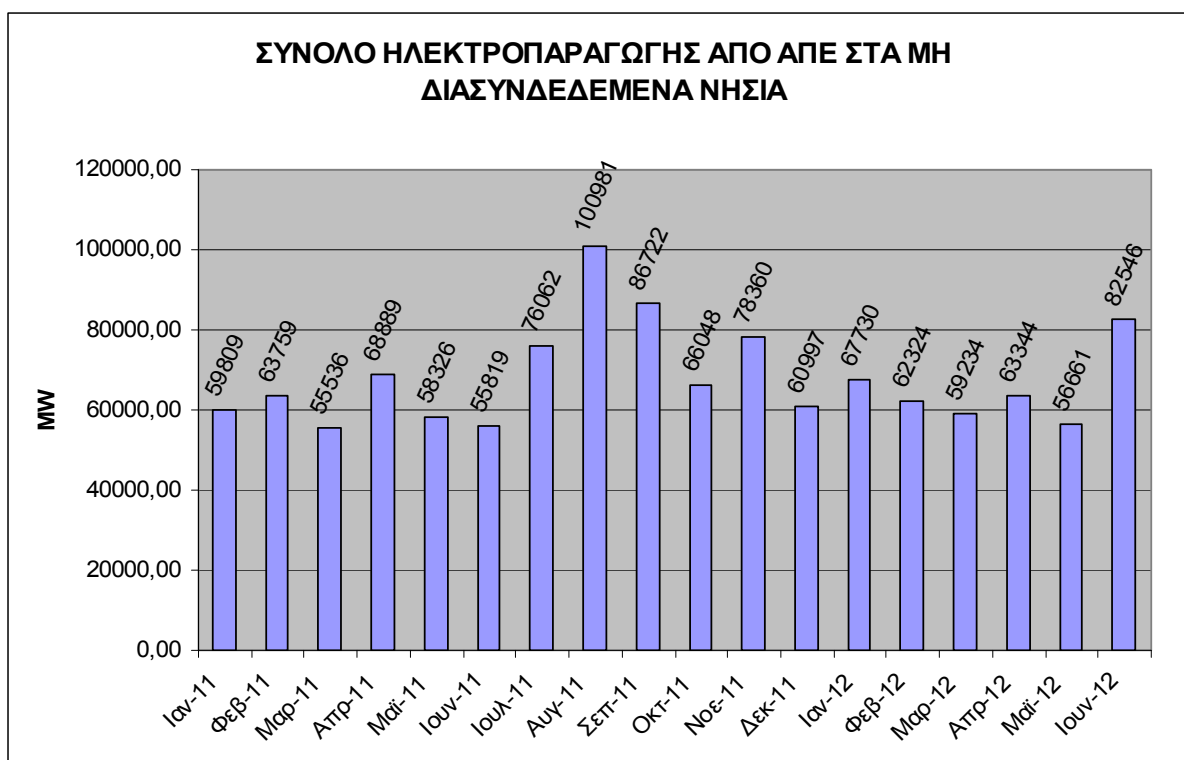
συνέβη στον υποσταθμό της Καλλονής. Παράλληλα, λόγω του γεωγραφικού της πλάτους και της οικιστικής ανάπτυξης, εμφανίζει μεγάλο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα, που κυρίως συνίσταται σε παρεμβάσεις σε κατοικίες με την εντατική χρήση των ενεργητικών ηλιακών θερμικών συστημάτων (ηλιακοί θερμοσίφωνες).

Όσον αναφορά την ζήτηση στο νησί, συμφωνά με την ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. η μέγιστη ετήσια αιχμή ζήτησης για το 2010 ήταν 71,79MW ενώ για το 2011 μειώθηκε κατά 11,49 MW και έφτασε τα 60,3 MW ενώ κατά τη διάρκεια του έτους οι διακυμάνσεις της είναι ελάχιστες ένα γεγονός που οφείλεται κατά κύριο λόγο στο ότι η Λέσβος είναι ένα νησί με αρκετούς μόνιμους κατοίκους όλο το χρόνο όποτε η ζήτηση αυξάνεται ελάχιστα το καλοκαίρι ειδικά όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται σε κανονικά επίπεδα (περίπου στους 33°C).



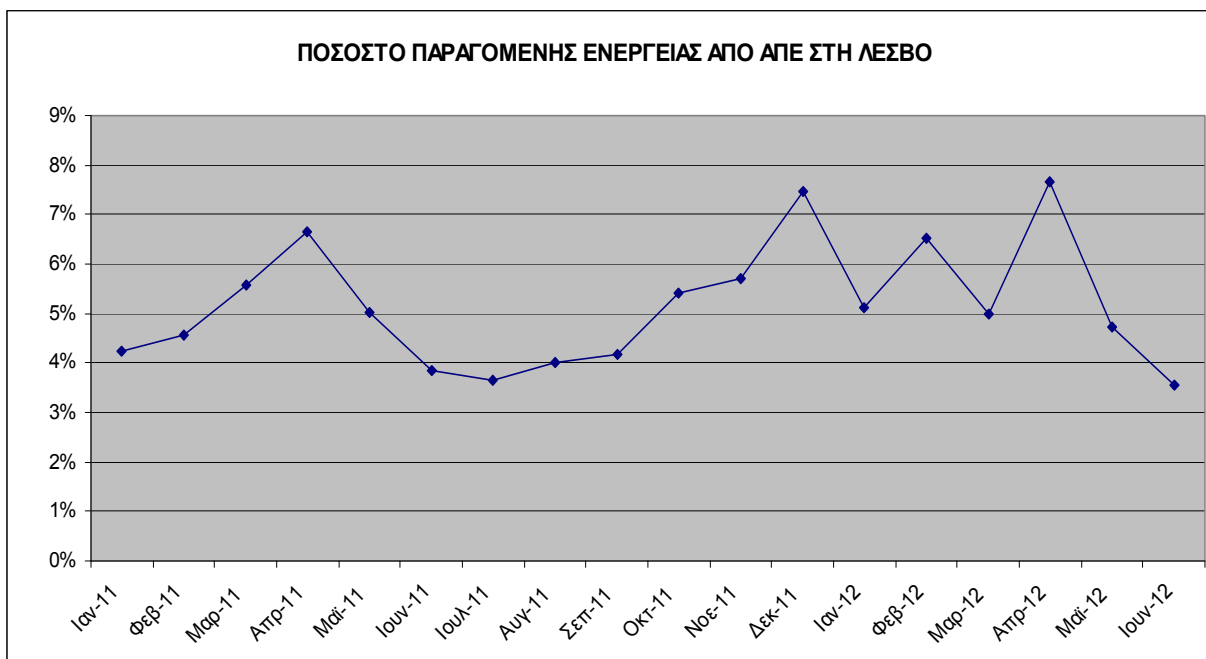
Διάγραμμα 5.1: Κατανάλωση της Ηλεκτρικής ενέργειας το 2011 στη Λέσβο (Πηγή: ΕΣΥΕ, Ιδία επεξεργασία).

Στον παραπάνω πίνακα καταγράφεται η συνολική κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας στη Λέσβο το 2011. Η συνολική κατανάλωση αγγίζει τις 331226 χιλιάδες KW, ενώ την μερίδα του λέοντος έχουν τα νοικοκυριά με 155660 χιλιάδες KW ενώ την μικρότερη κατανάλωση όπως είναι απολύτως λογικό έχει ο φωτισμός οδών με 9741 χιλιάδες KW. Παράλληλα αν και κάποιος εύκολα μπορεί να θεωρήσει ότι η βιομηχανική χρήση θα κατείχε ένα μεγάλο ποσοστό της κατανάλωσης παρόλα αυτά καταλαμβάνει την τέταρτη θέση με 12823 χιλιάδες KW



Διάγραμμα 5.2: Σύνολο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στα μη διασυνδεδεμένα νησιά (Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε, Ιδία επεξεργασία)

Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί ότι ένα μέρος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στα νησιά και συνεπώς και στη Λέσβο προέρχεται από εγκαταστάσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έτσι στο παραπάνω διάγραμμα καταγράφεται το σύνολο της ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (αιολικά πάρκα, φωτοβολταϊκά, βιομάζα, υδροηλεκτρικά φράγματα κτλ.) στα μη διασυνδεδεμένα νησιά (η Κρήτη, η Ρόδος, η Κώς, η Λέρος, η Σάμος, η Χίος, η Νάξος, η Μύκονος, η Σκύρος, η Σύμη, η Πάτμος, η Ικαρία, η Κύθνος, η Σίφνος, τα Ψαρά, η Ίος, η Σχοινούσα, η Λέσβος, ενώ από τον Ιανουάριο του 2012 στη μελέτη της ΔΕΔΔΗΕ προστίθενται η Πάρος, η Ικαρία, η Κάσος, η Αμοργός, η Θήρα και η Αστυπάλαια). Εύκολα, λοιπόν αντιλαμβάνεται κανείς ότι η μέγιστη παραγωγή ενέργειας έχει πραγματοποιηθεί τον Αύγουστο του 2011 και αγγίζει τα 100981 MW ενώ μέσα σε ένα έτος (από τον Ιούνιο του 2011 έως τον Ιούνιο του 2012) η παραγωγή αυξήθηκε κατά 26726,42 MW



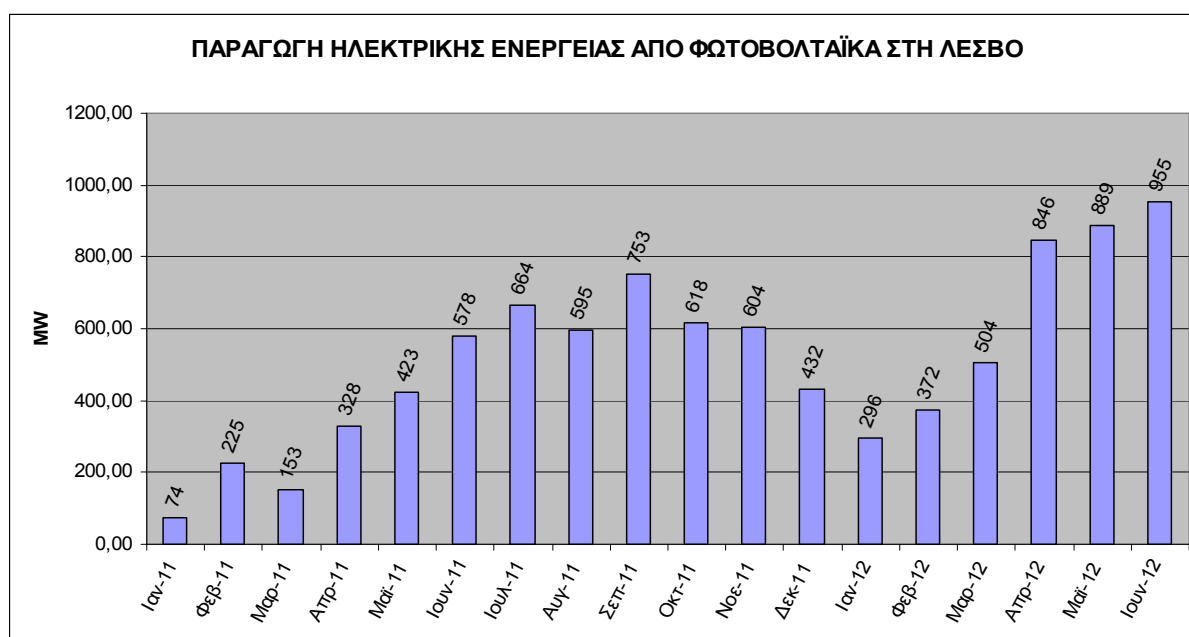
Διάγραμμα 5.3: Ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στη Λέσβο

(Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε, Ιδία επεξεργασία).

Στο παραπάνω διάγραμμα γνωστοποιείται το ποσοστό της παραγομένης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στη Λέσβο ως προς τη συνολική παραγωγή όλων των μη διασυνδεδεμένων νησιών. Το ποσοστό αυτό στη διάρκεια του τελευταίου έτους δεν ξεπερνά το 8% ενώ τις υψηλότερες τιμές της έχει τον Απρίλιο και τον Δεκέμβρη ενώ τις χαμηλότερες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Αυτή η κατάσταση μπορεί να δικαιολογηθεί από το γεγονός ότι αν και τους καλοκαιρινούς μήνες η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι σαφέστατα μεγαλύτερη από τους χειμερινούς η θερμοκρασία του περιβάλλοντος το περισσότερο χρονικό διάστημα είναι ιδιαίτερα υψηλή (γύρω στους 40°C, σε περιόδους καύσωνα) με αποτέλεσμα η απόδοση των φωτοβολταϊκών να είναι μειωμένη (Γαγλία Α. κ.α., 2006:8) ενώ οι άνεμοι δεν είναι τόσο ισχυροί με αποτέλεσμα και οι ανεμογεννήτριες να έχουν χαμηλή απόδοση σε συνδυασμό, βεβαίως, με το γεγονός ότι άλλα νησιά όπως για παράδειγμα η Κρήτη έχουν περισσότερες εγκαταστάσεις ΑΠΕ στην επικράτεια τους σε σχέση με τη Λέσβο με αποτέλεσμα το ποσοστό αυτό να μειώνεται.

Αναλυτικότερα για τις ΑΠΕ στην Λέσβο σύμφωνα με την ΡΑΕ υπάρχουν δύο μεγάλα αιολικά πάρκα, ένα στον δήμο Ερεσού –Αντίσσης (Πρόγραμμα Καποδίστριας) ένα στην περιοχή της Αντισσας που αποτελείται από 18 ανεμογεννήτριες 600kW τύπου Enercon, (συνολική ισχύς 10800 kW) και ένα στην περιοχή του Σιγρίου που αποτελείται από 9 ανεμογεννήτριες 225 kW τύπου Vestas (συνολική ισχύς 2025 kW) και συνολικής έκτασης 293337,90 στρεμμάτων με

αποτέλεσμα η παραγωγή ενέργειας από τα αιολικά πάρκα τον Ιούνιο του 2012 να φθάνει 1986,80 MW και συνολική εγκατεστημένη ισχύ 14,55 MW. Όσον αναφορά τα φωτοβολταϊκά συστήματα τον Ιανουάριο του 2011 από το σύνολο των 563 φωτοβολταϊκών σταθμών σε όλα τα νησιά στη Λέσβο η εγκατεστημένη ισχύς ισούται με 1,44 MW ενώ η παραγόμενη ενέργεια ισούται με 73,99 MW καταλαμβάνοντας έτσι το 3% από το σύνολο των σταθμών. Δεκαοχτώ μήνες αργότερα τον Ιούνιο του 2012 ο συνολικός αριθμός των φωτοβολταϊκών σταθμών ανέρχεται στους 1261 και η Λέσβος καταλαμβάνει το 5% και στην εγκατεστημένη ισχύ (5,00 MW) και στην παραγωγή ενέργειας (954,94 MW) (ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.)



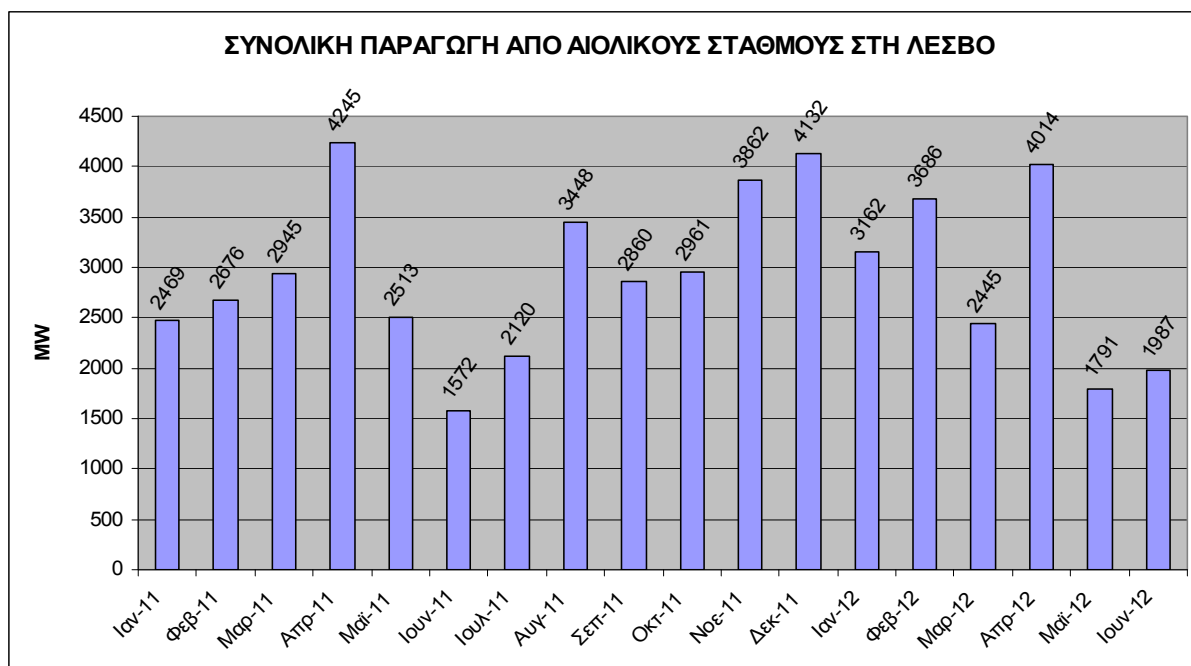
Διάγραμμα 5.4: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά στη Λέσβο

(Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε, Ιδία επεξεργασία)

Στο παραπάνω διάγραμμα καταγράφεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά στη Λέσβο. Η υψηλότερη παραγωγή πραγματοποιήθηκε τον Ιούνιο του 2012 και υποδηλώνει την αύξηση της παραγωγής κατά 376,77 MW από το προηγούμενο έτος (την ίδια χρονική περίοδο) ενώ όπως αναμενόταν η χαμηλότερη παραγωγή πραγματοποιείται κατά τους χειμερινούς μήνες.

Αναλυτικότερα για τα φωτοβολταϊκά, σύμφωνα με την ΔΕΔΔΗΕ το περιθώριο ισχύος για τους Φ/Β σταθμούς στο νησί από τη ΡΑΕ είναι ίσο με 10482 KW, ενώ η συνολική ισχύς των φωτοβολταϊκών που είναι σε λειτουργία σε στέγες τον Ιούνιο του 2012 είναι ίσο με 81,88 KW. Τέλος η αιτούμενη ισχύς για φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις ισούται με 238,52 MW όταν στην

αρχή του έτους ήταν 78,74 MW χωρίς να υπάρχει άλλο διαθέσιμο περιθώριο. Δεδομένου ότι το πλαφόν αυτό έχει καλυφθεί από μεγάλα φωτοβολταϊκά σε οικόπεδα, (ο μεγαλύτερος αριθμός των επενδύσεων σε φωτοβολταϊκά πάρκα, εντοπίζεται στην περιοχή του Σκαλοχωρίου, αλλά και στην Αγία Παρασκευή) τηρείται στάση αναμονής από τη ΔΕΗ μέχρι να δοθεί το πράσινο φως για νέες επενδύσεις. Ενώ, εκκρεμούν τουλάχιστον 150 άδειες. Ο υπεύθυνος διανομής της επιχείρησης στη Λέσβο, Χ. Μπάμπουρας, αναφέρει ότι αυτή τη στιγμή η ΔΕΗ περιμένει να ολοκληρωθούν όλες οι παλιές άδειες φωτοβολταϊκών, ώστε να δοθεί πάλι το πράσινο φως για νέες επενδύσεις.

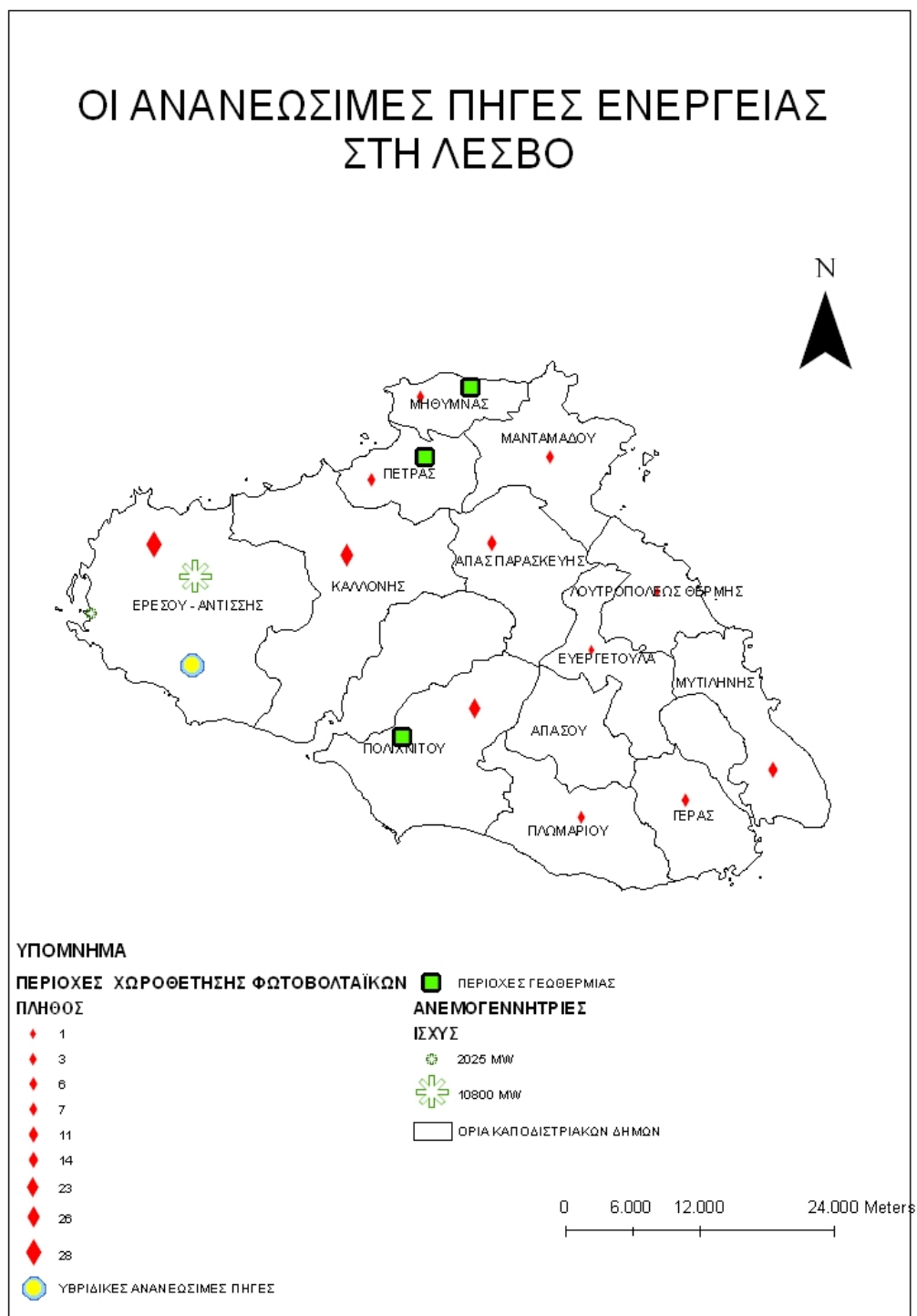


Διάγραμμα 5.5: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικούς σταθμούς στη Λέσβο
(Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε, Ιδία επεξεργασία)

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικούς σταθμούς στη Λέσβο. Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΔΕΔΔΗΕ η εγκατεστημένη ισχύς σε MW από τον Ιανουάριο του 2011 μέχρι τον Σεπτέμβριο του ίδιου έτους άγγιζε τα 11,85 MW ενώ από τον Οκτώβριο μέχρι και τον Ιούνιο του 2012 που υπάρχουν τα τελευταία στοιχεία η ισχύς έφθασε τα 14,55 MW. Αν και η ισχύς που είναι εγκατεστημένη έχει αυξηθεί παρόλα αυτά από το διάγραμμα διαπιστώνονται διακυμάνσεις στην ηλεκτρική παραγωγή καθώς τους δύο πρώτους μήνες του 2012 σημειώνεται μικρή αύξηση ενώ τους τρεις επομένους μήνες πτώση της συνολικής παραγωγής. Αυτό το γεγονός μπορεί να δικαιολογηθεί ενδεχομένως από το μειωμένο αιολικό δυναμικό εκείνης της περιόδου ή ακόμα και από την βλάβη κάποιων ανεμογεννητριών.

Σε αυτό το σημείο είναι σκόπιμο να αναφερθεί και η γεωθερμία ως ανανεώσιμη πηγή που δυστυχώς, αυτή της στιγμή παραμένει αναξιοποίητη στη Λέσβο. Σύμφωνα με τον Κ. Κάραλη στην ημερίδα «για την αειφορία στο Αιγαίο, την ευρωπαϊκή συνεργασία, τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την ανακύκλωση» στο νησί υπάρχουν τρεις περιοχές γεωθερμικού ενδιαφέροντος: στον Αργένο με χαμηλή ενθαλπία, έκτασης 3km² μέγιστο βάθος 150 μέτρων, θερμοκρασίας 90°C και τροφοδοσίας 300m³/h, η δεύτερη είναι στον Πολυχνίτο με χαμηλή ενθαλπία, έκτασης 10km² μέγιστο βάθος 200 μέτρων, θερμοκρασίας 65-95°C ενώ η τρίτη είναι στη Στύψη με χαμηλή ενθαλπία, έκτασης 20km² μέγιστο βάθος 220 μέτρων, θερμοκρασίας 90°C. (<http://www.aegean-energy.gr/gr/pdf/lesvos-karalis.pdf> 12/3/2012). Σε αντίθεση με τη γεωθερμία, στη Λέσβο και ειδικότερα στην Ερεσό σχεδιάζεται να δημιουργηθεί ένα μεγάλο έργο που θα στηρίζεται στις ανανεώσιμες πηγές και θα τις συνδυάζει (υβριδικό σύστημα με αντλησιοταμίευση). Πιο αναλυτικά, ένα τέτοιο σύστημα θα χρησιμοποιεί το φράγμα της Ερεσού που έχει χωρητικότητα 2,5 εκατομμυρίων κυβικά μέτρα, αλλά και μία δεξαμενή χωρητικότητας ενός εκατομμυρίου κυβικών, σε συνδυασμό με ανεμογεννήτριες που θα τοποθετηθούν στην περιοχή. Ένα μέρος απ' την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια των ανεμογεννητριών όταν φυσάει θα χρησιμοποιείται για να «ανέβει» το νερό απ' το φράγμα στη δεξαμενή που θα κατασκευαστεί. Στη δεξαμενή αυτή η ενέργεια θα αποθηκεύεται ως μηχανική και θα αποδίδεται ξανά ως ηλεκτρική όταν το νερό «πέφτει» στο φράγμα, ενώ η υπόλοιπη ενέργεια θα «παρέχεται» στο σύστημα ηλεκτροδότησης της Λέσβου. (<http://www.emprosnet.gr/emprosnet-archive/b13bd9cc-189b-4558-826e-dfce152318b5> 28/8/2012).

Συνοψίζοντας στον χάρτη 5.4 απεικονίζονται όλες οι υποδομές ΑΠΕ (οι υφιστάμενες και αυτές που πρόκειται να πραγματοποιηθούν στο μέλλον) στο νησί σύμφωνα με τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας αλλά και τη ΔΕΔΔΗΕ. Όσον αφορά των αριθμό των φωτοβολταϊκών που απεικονίζονται στο χάρτη γίνεται αναφορά στον αριθμό των οικοπέδων σε κάθε δήμο για φ/β εγκαταστάσεις που έχουν εξαιρεθεί από την υποχρέωση λήψη άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κατά το νόμο 3468/2006.



Χάρτης 5.4: Χωροθέτηση όλων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη Λέσβο
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Κεφάλαιο 6: Εφαρμογή χωροθέτησης φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων στη Δυτική Λέσβο

Μέχρι στιγμής στην παρούσα εργασία έχουν μελετηθεί οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην ηλιακή ενέργεια και στα φωτοβολταϊκά συστήματα (στα είδη τους, στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους, την κατάσταση που επικρατεί στην Ελλάδα σήμερα αλλά και στο υπάρχον θεσμικό πλαίσιο). Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, θα αναπτυχθεί εφαρμογή με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και του λογισμικού ArcGIS 9.3. με την οποία θα εντοπιστούν οι πλέον κατάλληλες περιοχές προκειμένου να χωροθετηθούν φωτοβολταϊκά συστήματα στην Λέσβο.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία «Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούν εργαλείο συλλογής, επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων...αλλά και συστήματα με τα οποία μπορούν να διαχειριστούν βάσεις δεδομένων καθώς και να βοηθήσουν στην επίλυση χωρικών προβλημάτων, συμμετέχοντας με αυτό το τρόπο ενεργά στο χωρικό σχεδιασμό» (Κουτσόπουλος,2005:18). Στα γεωγραφικά συστήματα υπάρχει δυνατότητα εισαγωγής των γεωγραφικών δεδομένων, η διαχείριση τους αλλά και η ανάλυση τους προκειμένου να εξαχθούν τα κατάλληλα συμπεράσματα, όπως και η δυνατότητα ανάκτησης τους κάθε στιγμή.

Η εφαρμογή αυτή πραγματοποιήθηκε σε τέσσερεις δήμους (σύμφωνα με το πρόγραμμα Καποδιστριάς) στη δυτική πλευρά του νησιού. Στο Δήμο Ερεσού-Αντίσσης, στο Δήμο Καλλονής, στο Δήμο Πέτρας και στο Δήμο Μήθυνας¹⁵

¹⁵ Στον χάρτη συμβολίζονται με τους αριθμούς 6, 8, 15, 11 αντίστοιχα.



Εικόνα 6.1: Διοικητική διαίρεση νήσου Λέσβου (Πηγή: Βικιπαιδεία http://el.wikipedia.org/wiki/Αρχείο:Lesbos_municipalities_numbered.png 22/10/2012)

Η συγκεκριμένη περιοχή επιλέχθηκε καθώς σύμφωνα με μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία συγκεντρώνει το μεγαλύτερο ποσοστό ηλιακού δυναμικού σε ετήσια βάση από ολόκληρο το νησί.

Με βάση την απογραφή της ΕΣΥΕ το έτος 2011 απαριθμεί τον παρακάτω νόμιμο πληθυσμό :

ΔΗΜΟΣ	ΜΟΝΙΜΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 2011
Δήμος Ερεσού-Αντίσσης	5341 κάτοικοι
Δήμος Καλλονής	8334 κάτοικοι
Δήμος Πέτρας	3700 κάτοικοι
Δήμος Μήθυμνας	2358 κάτοικοι

Πίνακας 6.1: Ο Μόνιμος πληθυσμός στους επί μελέτη δήμους το 2011

(Πηγή: ΕΣΥΕ <http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/PAGE-census2011> 25/8/2012)



Εικόνα 6.2: Η κάλυψη γης στην περιοχή μελέτης το 2006

(Πηγή: Earth Science Data Interface (ESDI) <http://glcfapp.glc.f.umd.edu:8080/esdi/>
22/10/2012)

Από την παραπάνω εικόνα η οποία έχει προέλθει από δορυφόρο Landsat το 2006 εύκολα μπορεί να διαπιστώσει κανείς ότι στην περιοχή μελέτης υπάρχουν πολλές καλλιεργήσιμες εκτάσεις αλλά και έντονο σχετικά ανάγλυφο τα οποία θεωρούνται ανασταλτικοί παράγοντες για τη χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Στην εφαρμογή αυτή, όπως προαναφέρθηκε, θα εντοπιστούν οι πλέον κατάλληλες περιοχές για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στην περιοχή μελέτης με βάση τα κριτήρια του «Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ» τα οποία έχουν διευκρινιστεί στο κεφάλαιο 3.6 της παρούσας εργασίας.

6.1. Τα δεδομένα

Τα δεδομένα που χρησιμοποιηθήκαν για να εντοπιστούν οι κατάλληλες περιοχές είναι τα παρακάτω:

ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ LAYER	ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ	ΠΗΓΗ
Χάρτες ΓΥΣ 1:50000			ΓΥΣ
Περιοχές NATURA 2000	natura	πολύγωνο	Πανεπιστημίο Αιγαίου/ Τμ.Γεωγραφίας ¹⁶
Χρήσεις Γης	Xriseis_ghs	πολύγωνο	Πανεπιστημίο Αιγαίου/ Τμ.Γεωγραφίας
Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους ¹⁷	dem	Ψηφιδωτά δεδομένα	Πανεπιστημίο Αιγαίου/ Τμ.Γεωγραφίας
Αρχαιολογικοί χώροι	arxaia	πολύγωνο	Ιδία επεξεργασία
Οικισμοί	Oikismoi	πολύγωνο	Ιδία επεξεργασία
Οδικό δίκτυο	Odiko	γραμμή	Ιδία επεξεργασία
Δίκτυο Μέσης Τάσης	Deh	γραμμή	Χάρτης ΔΕΗ Λέσβου
Ακτογραμμή	Aktogrammi	γραμμή	Ιδία επεξεργασία
Ισουψεις καμπύλες	Isoupseis	γραμμή	Ιδία επεξεργασία
Τριγωνομετρικά σημεία	trigonometrika	σημείο	Ιδία επεξεργασία
Περιοχή μελέτης	land	πολύγωνο	Ιδία επεξεργασία

Πίνακας 6.1.1: Πίνακας δεδομένων επεξεργασίας

(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

¹⁶ Σουλακέλλης Νικόλαος καθηγητής Τμήματος Γεωγραφίας Πανεπιστημίου Αιγαίου

¹⁷ Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (ΨΜΕ) είναι η ψηφιακή αναπαράσταση της συνεχούς μεταβολής του ανάγλυφου της περιοχής στο χώρο (Χαλκιάς ,2007:48)

Για την συγκεκριμένη μελέτη για να υλοποιηθούν τα κριτήρια χωροθέτησης χρησιμοποιήθηκαν τα παραπάνω δεδομένα τα οποία έχουν όλα ως σύστημα γεωαναφοράς το ΕΓΣΑ'87 το οποίο αποτελεί το επίσημο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς της χώρας μας και χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές GRS80. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τη ψηφιοποίηση που πραγματοποιήθηκε από τους χάρτες διανομής της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού κλίμακας 1:50000 όλα τα θεματικά επίπεδα που δημιουργήθηκαν (οικισμοί, οδικό δίκτυο, η ακτογραμμή, η περιοχή μελέτης, οι ισοϋψείς καμπύλες, τα τριγωνομετρικά σημεία αλλά και το δίκτυο μέσης τάσης του ηλεκτρικού δικτύου που ψηφιοποιήθηκε από τον χάρτη που παραχώρησε η ΔΕΗ) είναι όλα σε διανυσματική μορφή και θα μετατραπούν σε ψηφιδωτά δεδομένα με μέγεθος ψηφίδας ίση με 30 μέτρα. Τα δεδομένα αυτά απεικονίζονται στους παρακάτω χάρτες (χάρτης 6.1.1 έως χάρτης 6.1.5).

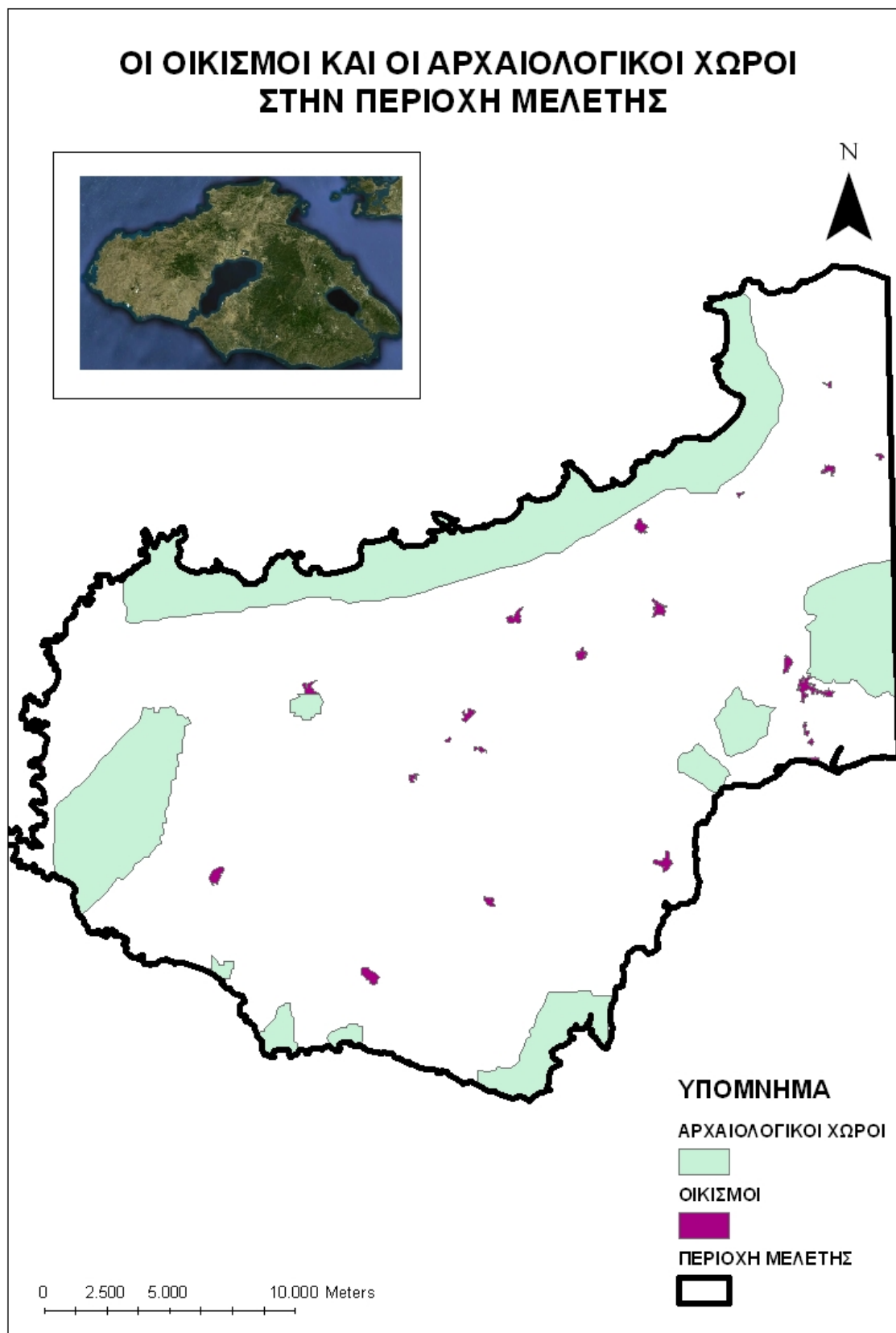
Αναλυτικότερα, στον χάρτη 6.1.1 απεικονίζεται το οδικό δίκτυο της περιοχής αλλά και το δίκτυο μέσης τάσεως της ΔΕΗ. Το οδικό δίκτυο όπως παρατηρούμε από το χάρτη είναι ιδιαίτερα αναπτυγμένο κατά κύριο λόγο στην βορειοανατολική πλευρά της περιοχής όπου το τριτεύων οδικό ¹⁸καλύπτει την μεγαλύτερη έκταση. Παρόλα αυτά, αξίζει να σημειωθεί ότι το πρωτεύων οδικό δίκτυο επεκτείνεται σε ολόκληρη την περιοχή με αποτέλεσμα να εξασφαλίζει τις μετακινήσεις από την μία περιοχή στην άλλη. Όσον αφορά το δίκτυο της ΔΕΗ αν και οι γραμμές δεν είναι ιδιαίτερα αναπτυγμένες σε αριθμό, καλύπτουν όλη την έκταση της περιοχής μελέτης. Στον χάρτη 6.1.2 γνωστοποιείται η θέση των οικισμών της περιοχής που πρέπει να βρίσκονται μακριά από τις εγκαταστάσεις κυρίως για την περίπτωση όχλησης της θέας αλλά και των αρχαιολογικών χώρων που είναι ιδιαίτερος σημαντικοί καθώς από την νομοθεσία προβλέπεται ότι σε αυτές τις περιοχές απαγορεύεται η χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών. Στη συνέχεια, στο χάρτη 6.1.3 απεικονίζεται το ψηφιακό μοντέλο εδάφους στην περιοχή μελέτης που έχει προέλθει από τις ισοϋψείς καμπύλες και τα τριγωνομετρικά και παράλληλα γίνεται γνωστό το μεγαλύτερο υψόμετρο της περιοχής που ισοδυναμεί με 968 μέτρα το οποίο κατά κύριο λόγο χωροθετείται στο νότιο αλλά και κεντρικό τμήμα της περιοχής που μελετάμε ενώ από αυτό το επίπεδο προκύπτουν όπως θα επισημανθεί στην συνέχεια ο προσανατολισμός (aspect) και οι κλίσεις (slope) τα οποία είναι σημαντικά ως κριτήρια χωροθέτησης. Τέλος στον χάρτη 6.1.4 και 6.1.5 πληροφορούμαστε για την χωροθέτηση των θαλάσσιων και χερσαίων περιοχών NATURA 2000 αλλά και τις χρήσεις γης της περιοχής αντίστοιχα. Από τους χάρτες, μπορεί εύκολα να διακρίνει κανείς ότι οι προστατευόμενες περιοχές καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος του

¹⁸ Ως τριτεύων οδικό δίκτυο μπορεί να οριστούν οι μικροί σε πλάτος επαρχιακοί δρόμοι που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για την μετακίνηση από την μια αγροτική περιοχή σε μια άλλη

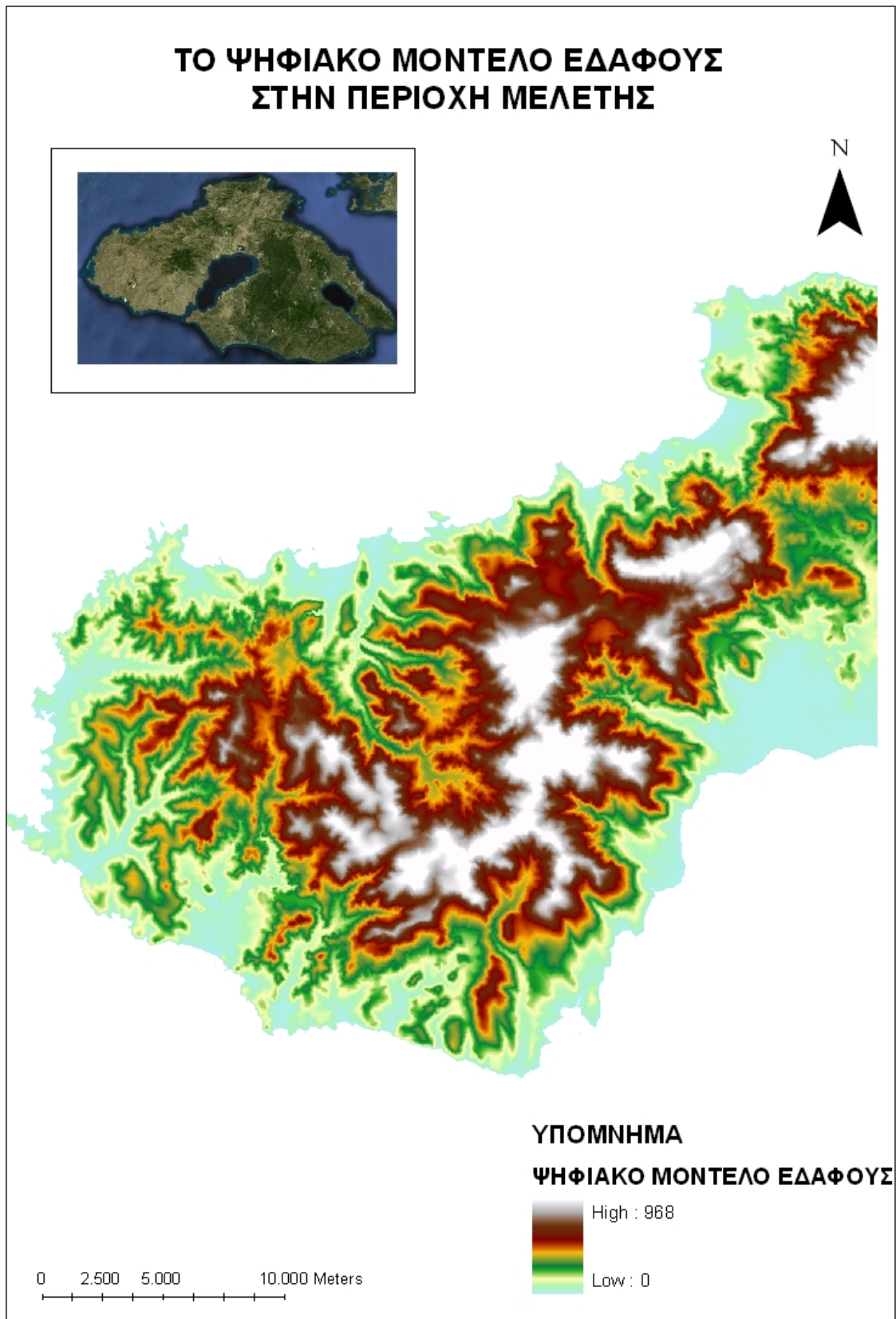
ανατολικού τμήματος της περιοχής καθώς και το νοτιοδυτικό τμήμα. Παράλληλα, οι χερσαίες περιοχές είναι αρκετά περισσότερες από τις θαλάσσιες οι οποίες βρίσκονται και αυτές στην ίδια περιοχή. Ενώ όσον αφορά τις χρήσεις γης το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνουν οι βοσκότοποι, οι γεωργικές καλλιέργειες, που επειδή οι δεύτερες ενδεχομένως να είναι γαίες υψηλής παραγωγικότητας αυτόματα αποκλείονται ως ενδεχόμενες περιοχές χωροθέτησης φωτοβολταϊκών, αλλά και οι δασικές περιοχές πεύκων αλλά και βελανιδιών.



Χάρτης 6.1.1: Το Οδικό δίκτυο και το δίκτυο μέσης τάσης της ΔΕΗ στην περιοχή μελέτης
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



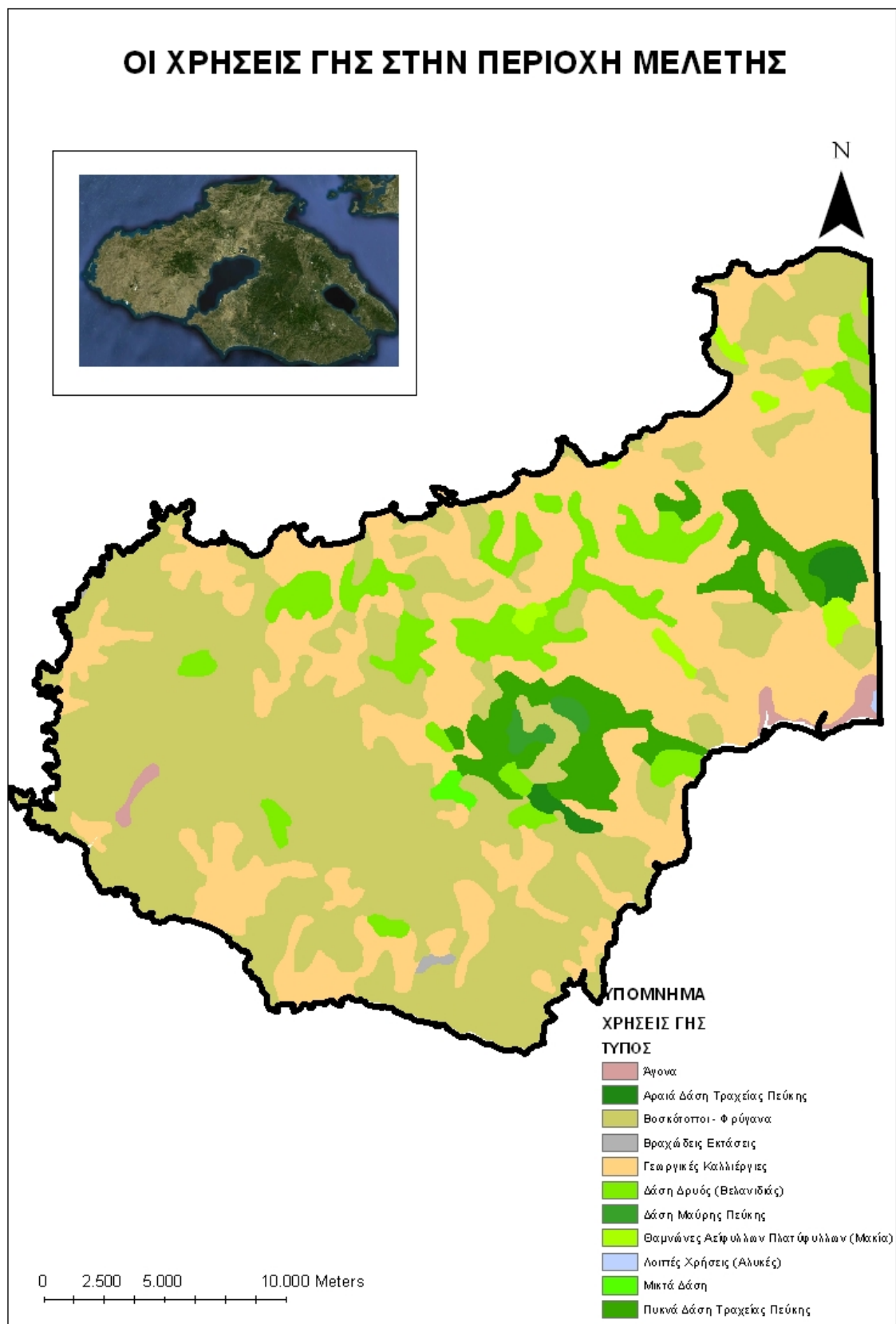
Χάρτης 6.1.2: Οι αρχαιολογικοί χώροι και οι οικισμοί στην περιοχή μελέτης
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Χάρτης 6.1.3: Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους στην περιοχή μελέτης
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



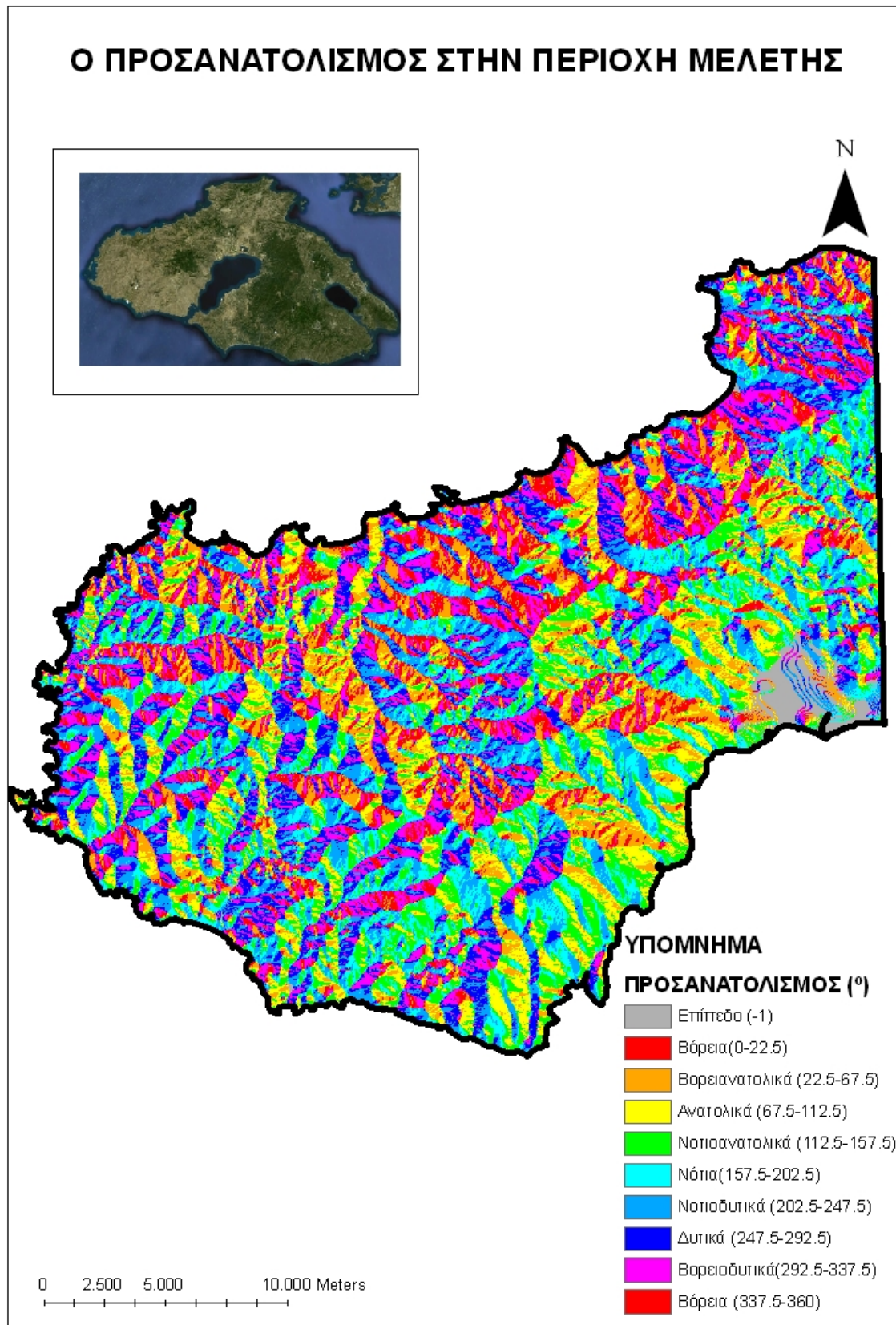
Χάρτης 6.1.4: Οι Περιοχές Natura 2000 στην περιοχή μελέτης
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



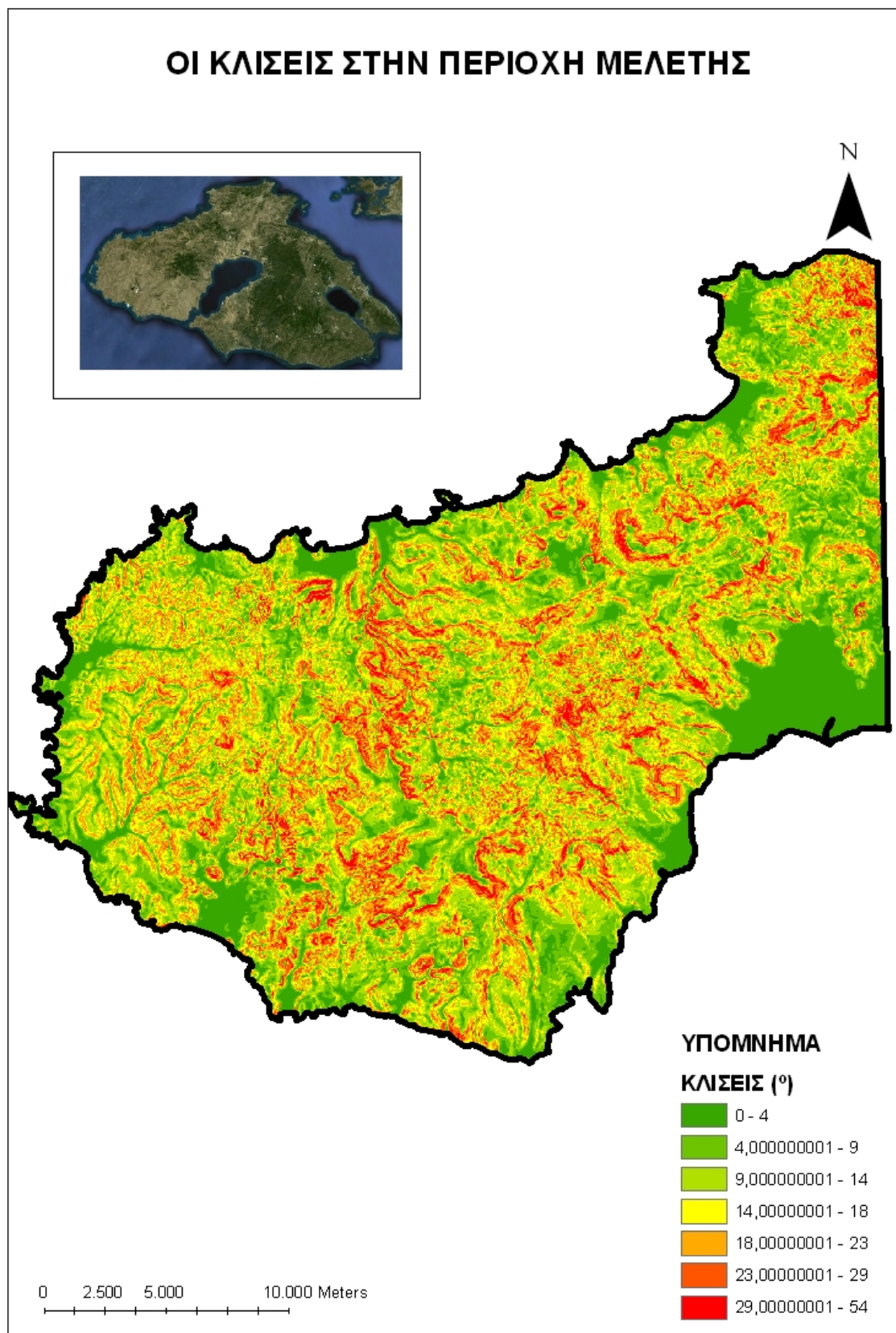
Χάρτης 6.1.5: Οι χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Στους παρακάτω δύο χάρτες απεικονίζονται δύο παράγωγα του ψηφιακού μοντέλου εδάφους: ο προσανατολισμός στην περιοχή μελέτης και οι κλίσεις σ' αυτήν τα οποία είναι ψηφιδωτά δεδομένα. Ο προσανατολισμός αναφέρεται στην κατεύθυνση του μέγιστου ρυθμού μείωσης της μεταβλητής του υψομέτρου ή όπως αναγράφεται ως ορισμός στην βιβλιογραφία «που βλέπει κάθε τμήμα της επιφάνειας που μελετάται» (Ζήσου, 2010:49) και έχει ως μονάδα μέτρηση το αζιμούθιο (0-360). Η ιδιότητα αυτή χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται κάθε περιοχή της επιφάνειας. Από τον χάρτη 6.1.6 φανερώνονται τα τμήματα της επιφάνειας που έχουν βόρειο, ανατολικό, δυτικό και νότιο προσανατολισμό. Για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών όπως έχει ήδη αναφερθεί στο κεφάλαιο 3 της παρούσας εργασίας η πλέον κατάλληλη περιοχή είναι αυτή με το νοτιοανατολικό προσανατολισμό αλλά και γενικότερα όσες έχουν νότια κατεύθυνση οι οποίες κατά κύριο λόγο βρίσκονται στο δυτικό και νότιο τμήμα της περιοχής μελέτης. Όσον αφορά τις κλίσεις που απεικονίζονται στο χάρτη 6.1.7 φανερώνουν το ρυθμό μεταβολής του υψομέτρου μεταξύ μιας ψηφίδας και των γειτονικών της. Όσο πιο μικρή είναι η κλίση σε μια περιοχή τόσο πιο επίπεδη είναι, ενώ αν και μπορεί να υπολογιστεί τόσο σε μοίρες με εύρος τιμών 0-90° όσο και σε ως ποσοστό με εύρος από 0 έως ∞, στην παρούσα εργασία έχει υπολογιστεί σε μοίρες. Από τον χάρτη εύκολα μπορεί να διαπιστώσει κανείς ότι, οι περιοχές με μέγιστη κλίση χωροθετούνται στις περιοχές όπου υπάρχει μέγιστο υψόμετρο όπως, δηλαδή στο νοτιοδυτικό, το κεντρικό και το βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης.

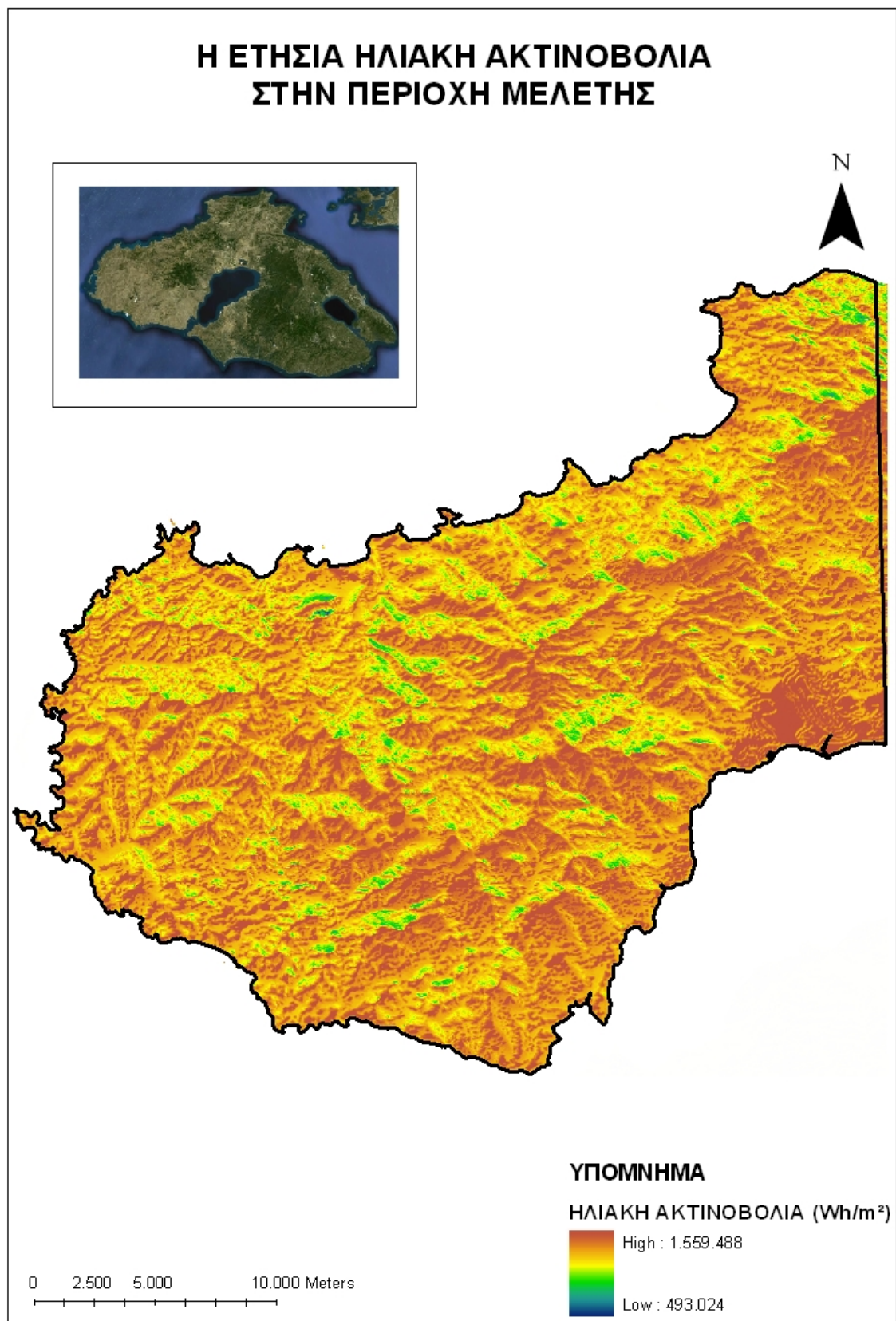
Ένα ακόμη κριτήριο χωροθέτησης αποτελεί η ηλιακή ακτινοβολία της περιοχής μελέτης. Αν και εξαρτάται άμεσα από την τοπογραφία και το γεωγραφικό πλάτος ($\varphi=39^{\circ}04'$) της περιοχής αποτελεί κριτήριο μέγιστης σημασίας. Στον χάρτη 6.1.8 απεικονίζεται η συνολική ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται η περιοχή σε ένα έτος (και ειδικότερα το 2012 δηλαδή σε περίοδο 366 ημερών). Η μέγιστη ακτινοβολία αγγίζει τις 1559488,50 Wh/m² και βρίσκεται στη νότια και στην ανατολική πλευρά της περιοχής ενώ η χαμηλότερη είναι της τάξεως των 493024 Wh/m² και χωροθετείται στο βόρειο τμήμα.



Χάρτης 6.1.6: Ο προσανατολισμός στην περιοχή μελέτης
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Χάρτης 6.1.7: Οι κλίσεις στην περιοχή μελέτης
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

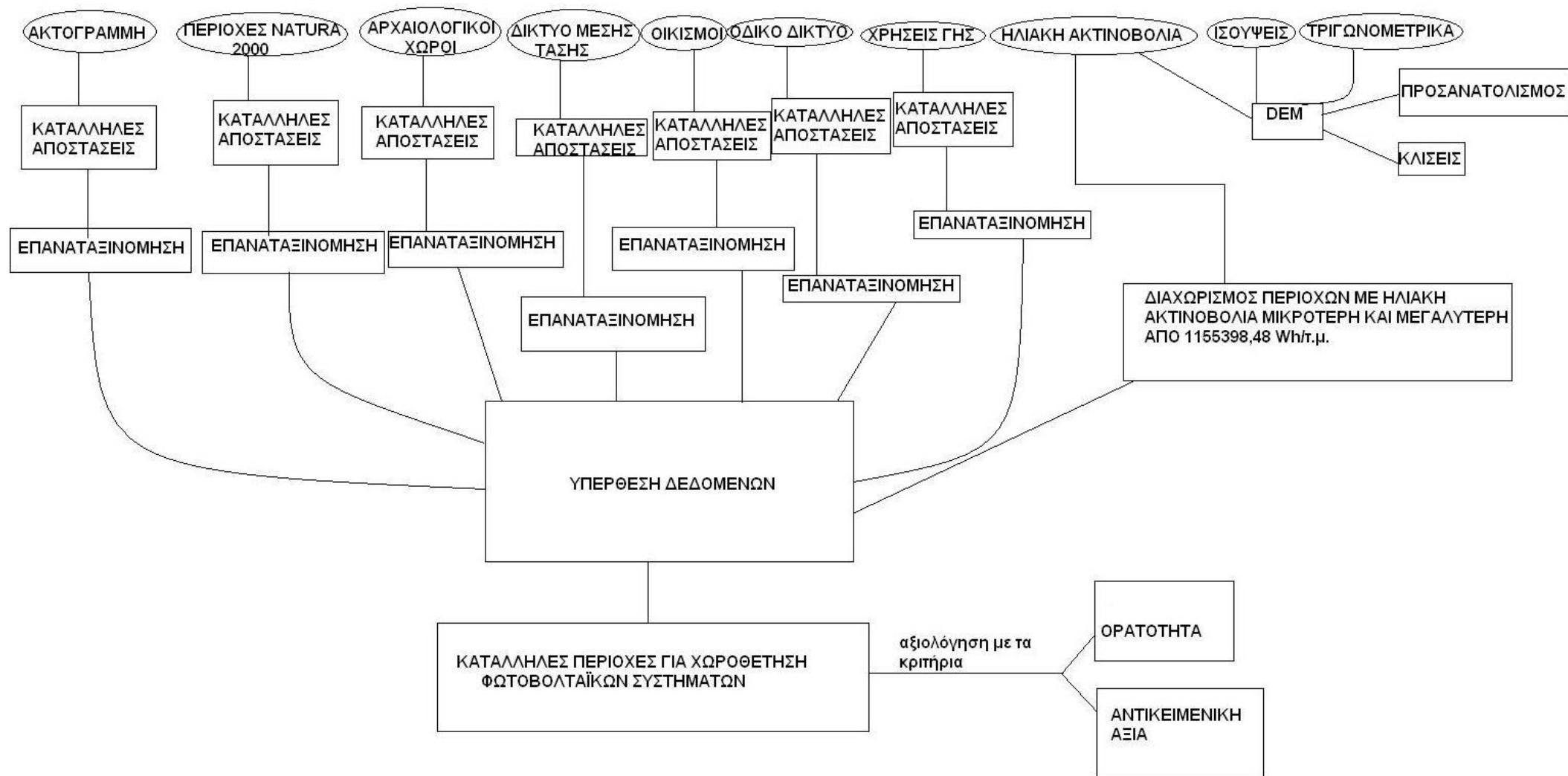


Χάρτης 6.1.8: Η ετήσια ηλιακή ακτινοβολία στη περιοχή μελέτης
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

6.2. Η επεξεργασία των δεδομένων

Στη συνέχεια θα μελετηθεί η επεξεργασία των παραπάνω δεδομένων τα οποία είναι ψηφιδωτά δεδομένα με μέγεθος ψηφίδας ίσο με 30 μέτρα. Πριν, όμως γνωστοποιηθεί η διαδικασία της επεξεργασίας θα ήταν σκόπιμο να επισημανθούν κάποιες παραδοχές σχετικά με τη μελέτη: Στις κατάλληλες περιοχές που θα βρεθούν τα φωτοβολταϊκά θα τοποθετηθούν σε οριζόντια βάση και για αυτό οι προτεινόμενες κλίσεις θα είναι αυτές που βρίσκονται στις 30° - 60° και ο κατάλληλος προσανατολισμός θα είναι ο νοτιοανατολικός. Η συγκεκριμένη παραδοχή επιλέχτηκε για τρεις βασικούς λόγους : 1) στις περιοχές όπου η κλίση ισούται με 0° βρίσκονται κατά κύριο λόγο γαίες υψηλής παραγωγικότητας που εξαιτίας της νομοθεσίας αποκλείονται ενώ η πλειοψηφία των βοσκοτόπων–φρύγανων που είναι κατάλληλες βρίσκονται σε κλίση 30° - 60° . 2) Απορρίπτεται το υποκειμενικό δεδομένο από τον κατασκευαστή να τοποθετήσει τα φωτοβολταϊκά πάνελ σε οποία κλίση εκείνος επιθυμεί με αποτέλεσμα το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται να είναι διαφορετικό και 3) Σε απόλυτη θεωρητική βάση για τα φωτοβολταϊκά με σταθερή οριζόντια βάση, η πλέον κατάλληλη κλίση είναι αυτή που συμπίπτει με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής που σε αυτή τη περίπτωση ισούται με 39° το οποίο βρίσκεται μέσα στο όριο που έχουμε θέσει.

Παρακάτω γνωστοποιείται το διάγραμμα ροής με το οποίο γνωστοποιείται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την παραγωγή των τελικών αποτελεσμάτων:



Εικόνα 6.2.1: Το διάγραμμα επεξεργασίας των δεδομένων (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Αναλυτικότερα θα πρέπει να υπολογιστούν οι αποστάσεις από τις οντότητες για να τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά. Επειδή, όμως η ελληνική νομοθεσία δεν αναφέρει συγκεκριμένες αποστάσεις για τη χωροθέτηση τους παρά μόνο ότι πρέπει να βρίσκονται εκτός από αρχαιολογικούς χώρους, περιοχές Natura 2000, μακριά από τις ακτές και τους οικισμούς καθώς και τις γαίες υψηλής παραγωγικότητας αλλά σε μεγάλη εγγύτητα με το οδικό δίκτυο (πρωτεύων οδικό) και το δίκτυο μέσης τάσεως της ΔΕΗ, όπως έχει ήδη αναφερθεί στο τρίτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, οι αποστάσεις που θα αναφερθούν και θα χρησιμοποιηθούν σαν δικλίδα ασφαλείας θα είναι αυτές που αναφέρονται στο ειδικό χωροταξικό σχέδιο για τις ΑΠΕ για τις ανεμογεννήτριες, οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν επαρκείς καθώς τα φωτοβολταϊκά πάρκα είναι εγκαταστάσεις με μικρότερη αισθητική όχληση από ότι οι ανεμογεννήτριες αλλά και του γεγονότος ότι οι αποστάσεις θα έχουν τη δυνατότητα να μεταβληθούν ανάλογα με την ανθρωπογενή εξέλιξη της περιοχής όταν θα αρχίσει η κατασκευή των φωτοβολταϊκών πάρκων αλλά και την προσωπική εκτίμηση του κάθε κατασκευαστή. Αναλυτικότερα οι αποστάσεις που θα χρησιμοποιηθούν φαίνονται στον παρακάτω πίνακα :

ΟΝΤΟΤΗΤΕΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ
Οικισμοί	1000 μέτρα
Περιοχές Natura 2000	3000 μέτρα ¹⁹
Οδικό δίκτυο	750 μέτρα ²⁰
Γραμμές μέσης τάσεως ΔΕΗ	750 μέτρα
Αρχαιολογικοί χώροι	3000 μέτρα
Ακτογραμμή	1000 μέτρα

Πίνακας 6.2.1: Οι ελάχιστες αποστάσεις από τις εξεταζόμενες οντότητες .

(Πηγή: ίδια επεξεργασία)

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε απόσταση μικρότερη από αυτή που αναγράφεται στον παραπάνω πίνακα απαγορεύεται η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών.

¹⁹ Στο Εθνικό χωροταξικό για τις ΑΠΕ αναφέρεται ότι η απόσταση από τις περιοχές NATURA εξαρτάται από την Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων. Γι' αυτό θεωρήθηκε σκόπιμο η απόσταση να είναι ίση με αυτή από τους αρχαιολογικούς χώρους αν όχι μεγαλύτερη εξαιτίας της φύσης των περιοχών που εξετάζονται.

²⁰ Η απόσταση από το πρωτεύων και δευτερεύων οδικό είναι 750 μέτρα ενώ η απόσταση από το τριτεύων θα τοποθετηθεί στα 375 μέτρα από αυτό εξαιτίας της φύσης της συγκεκριμένης κατηγορίας σύμφωνα με προσωπική εκτίμηση

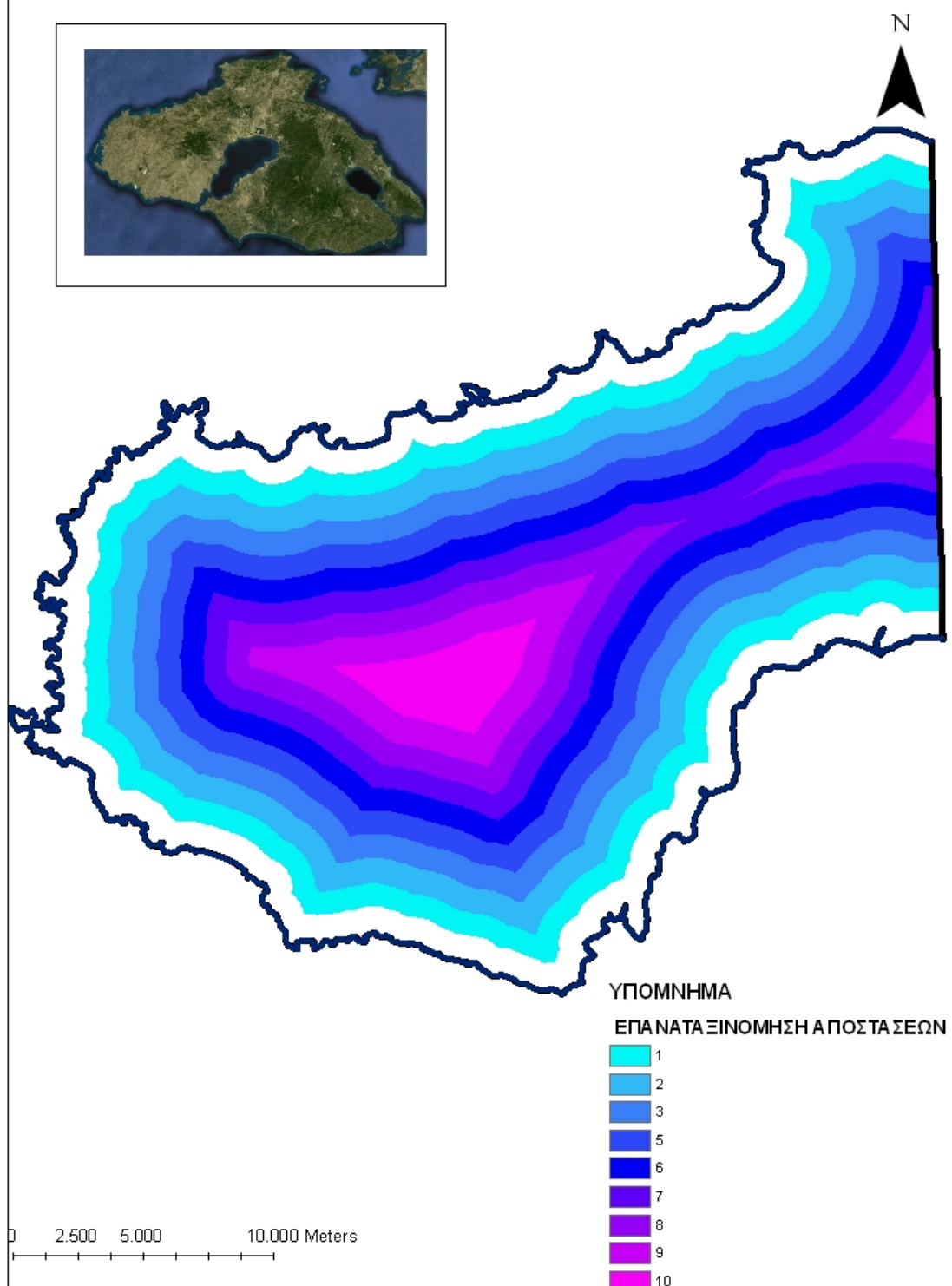
Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε επαναταξινόμηση των κατάλληλων περιοχών που προέκυψαν από την απόσταση κάθε οντότητας χωριστά με κλίμακα από 1 έως 10, με 1 να θεωρούνται οι περιοχές που είναι οι πλέον ακατάλληλες ενώ με 10 οι πλέον κατάλληλες, με σκοπό τα συγκεκριμένα επίπεδα, που αν και είναι σε ψηφιδωτή μορφή, θα πρέπει όλα να αποκτήσουν μια κοινή κλίμακα για να συγκριθούν αλλά και για να εφαρμοστούν οι τοπικές λειτουργίες δεδομένων όπως φαίνεται και στους παρακάτω χάρτες. Στον χάρτη 6.2.1. αποτυπώνεται ότι οι πλέον κατάλληλες περιοχές για τη χωροθέτηση βρίσκονται στο μέσον της περιοχής μελέτης ενώ οι ακατάλληλες κοντά στην ακτογραμμή της περιοχής. Στον χάρτη όπου απεικονίζονται οι κατάλληλες περιοχές σε συνάρτηση με τους αρχαιολογικούς χώρους της περιοχής (χάρτης 6.2.2) οι καταλληλότερες περιοχές είναι και αυτές στο μέσο της περιοχής ενώ οι λιγότερο κατάλληλες σε σχετικά μεγάλη απόσταση από τις αρχαιολογικές περιοχές αφού τα φωτοβολταϊκά πρέπει να τοποθετηθούν κατά ελάχιστη απόσταση 3000 μέτρα από αυτούς. Όσον αναφορά τις περιοχές Natura 2000 (χάρτης 6.2.3) οι πλέον καταλληλότερες περιοχές βρίσκονται μακριά από αυτές, στην πλειοψηφία τους, στο βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής. Στον χάρτη 6.2.4 όπου απεικονίζονται οι υπάρχοντες οικισμοί, οι καταλληλότερες περιοχές για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών βρίσκονται στο νότιο τμήμα της περιοχής και στο βορειοδυτικό καθώς όπως προκύπτει και από το χάρτη οι περισσότεροι οικισμοί και με τη μεγαλύτερη εγγύτητα μεταξύ τους βρίσκονται στο ανατολικό τμήμα της περιοχής. Στους επομένους δύο χάρτες γνωστοποιούνται οι κατάλληλες περιοχές σε σχέση με το δίκτυο της ΔΕΗ αλλά και με το οδικό δίκτυο που όπως είναι λογικό είναι αυτές που βρίσκονται πλησίον των δικτύων που μελετούνται, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση του οδικού δικτύου (χάρτης 6.2.6) οι κατάλληλες περιοχές (ανεξαρτήτως βαθμού καταλληλότητας) βρίσκονται στο νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης καθώς εκεί το δίκτυο δεν έχει τόσο μεγάλη πυκνότητα αλλά και στη βορειοανατολική περιοχή²¹. Τέλος για τις χρήσεις γης η επαναταξινόμηση δεν βασίστηκε σε κάποιο όριο αλλά πραγματοποιήθηκε με βάση τον τύπο των χρήσεων γης που φαίνονται στο χάρτη 6.2.7:

- Άγονα εδάφη =>10, Βοσκότοποι =>9,
- Θαμνώνες Αείφυλλων Πλατύφυλλων =>7
- Βελανιδιές, Πυκνα-Αραιά δάση τραχείας Πεύκης, Δάση Μαύρης Πεύκης =>2,
- Βραχώδεις, Γεωργικές Καλλιέργειες, Αλυκές, Μικτά Δάση =>1.

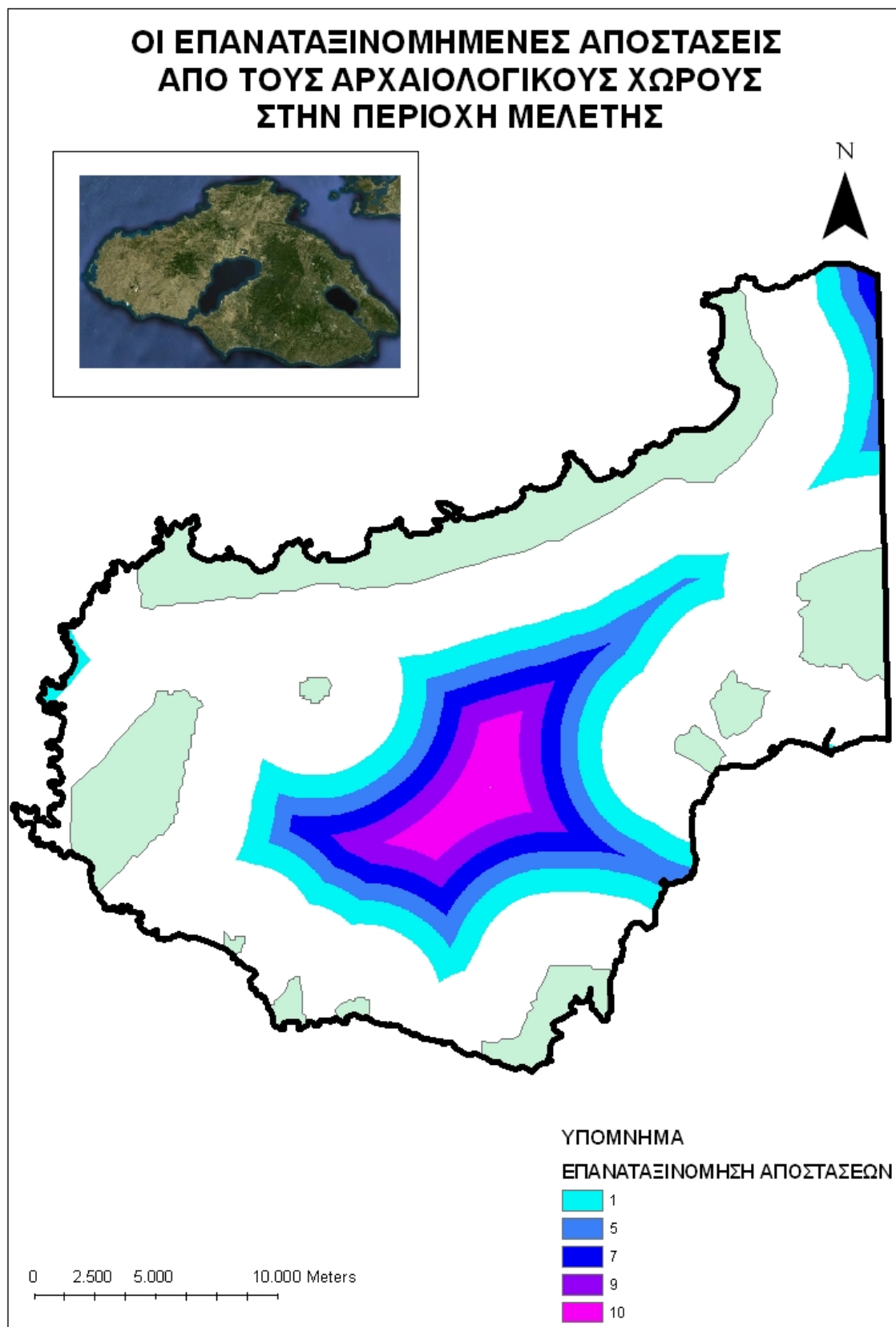
²¹ Σε αυτές τις περιοχές αν το όριο της ελάχιστης απόστασης ήταν μικρότερο οι κατάλληλες περιοχές θα ήταν πλησιέστερα στο οδικό δίκτυο και το δίκτυο της ΔΕΗ ενώ τα τμήματα της περιοχής που έχουν βαθμό καταλληλότητας π.χ. ίσο με τρία , ο βαθμός αυτός θα ήταν σαφέστερα μικρότερος

Στους παρακάτω χάρτες πρέπει να επισημανθεί ότι η κατηγορία 1 (πλέον ακατάλληλες περιοχές) απεικονίζεται από εκεί που τελειώνει η ελάχιστη απόσταση που έχει τεθεί σαν όριο για την εγκατάσταση και όχι από το τέλος της έκτασης της οντότητας που μελετάται γιατί σε αυτήν την απόσταση απαγορεύεται να τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά

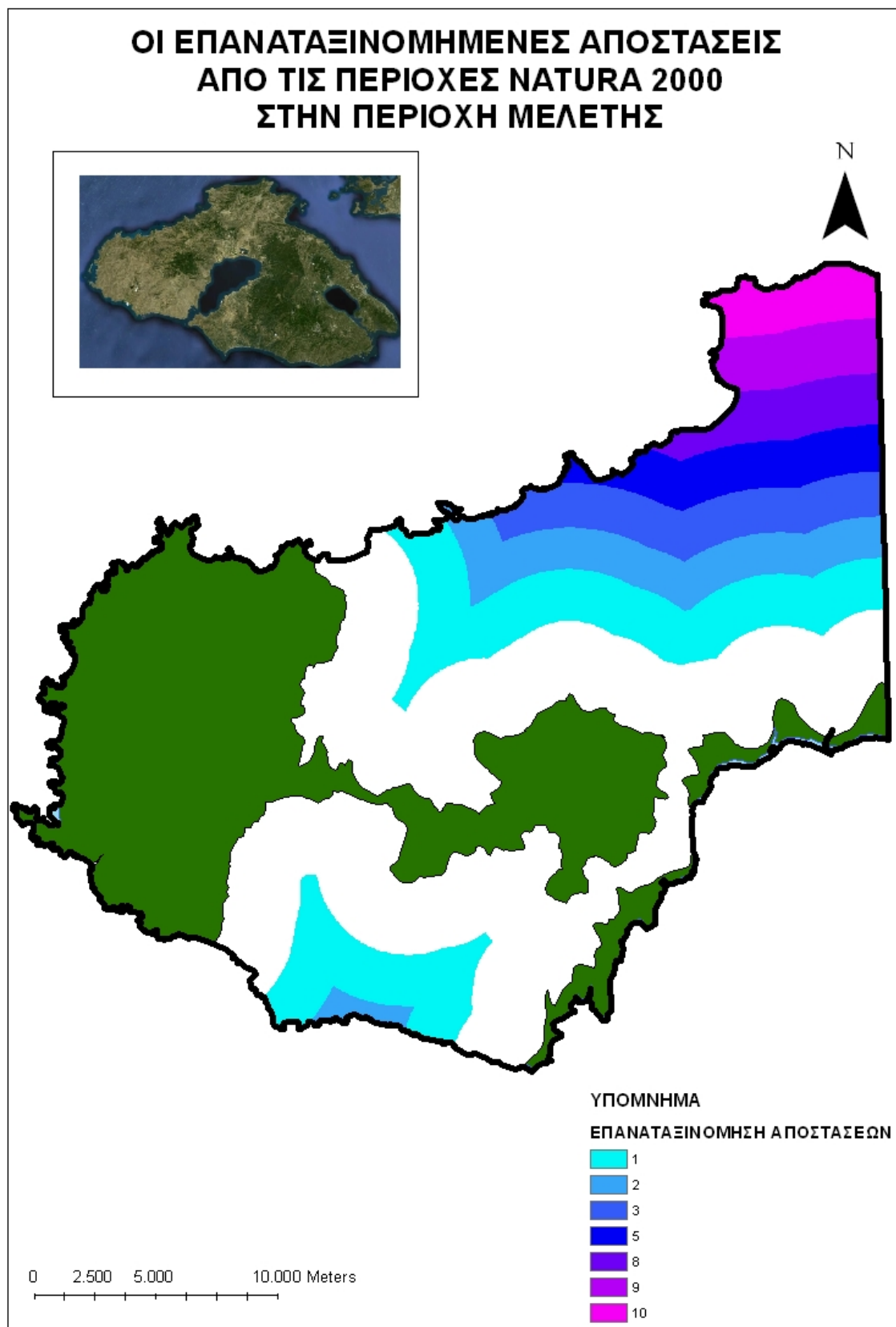
ΟΙ ΕΠΑΝΑΤΑΞΙΝΟΜΗΜΕΝΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



Χάρτης 6.2.2: Επαναταξινόμηση αποστάσεων από την ακτογραμμή
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

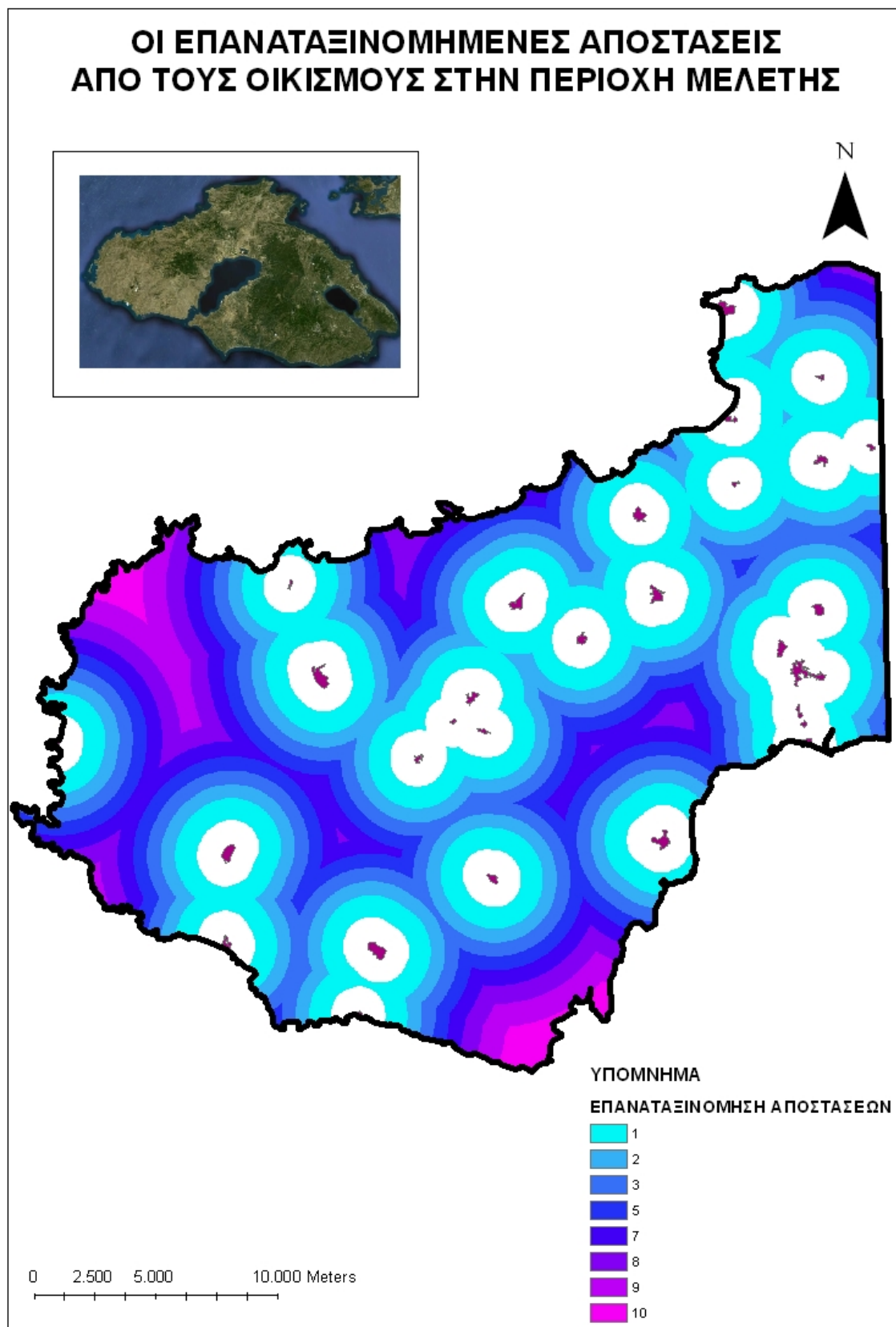


Χάρτης 6.2.3: Επαναταξινόμηση αποστάσεων από τους αρχαιολογικούς χώρους
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

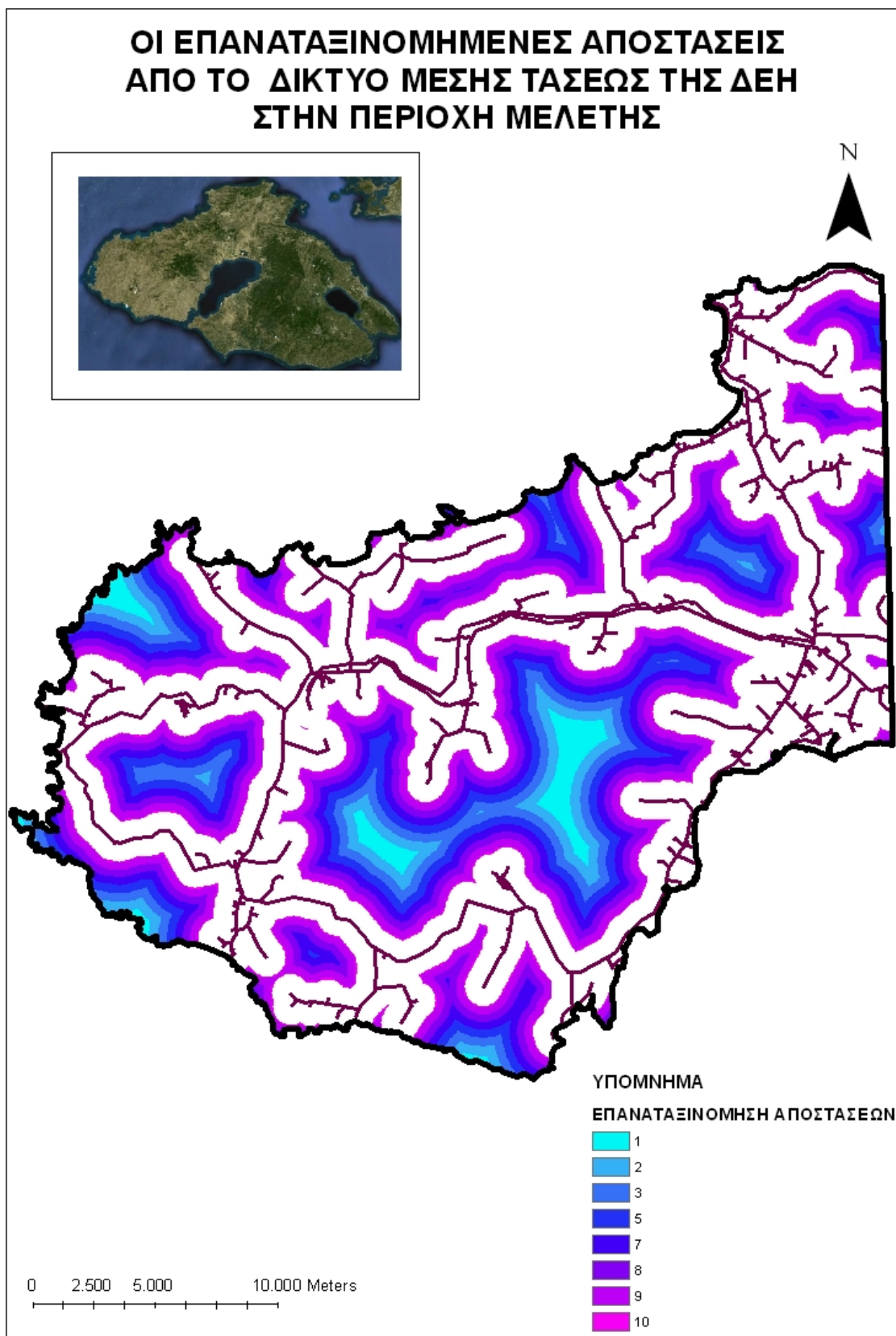


Χάρτης 6.2.4: Επαναταξινόμηση αποστάσεων από τις περιοχές Natura 2000

(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



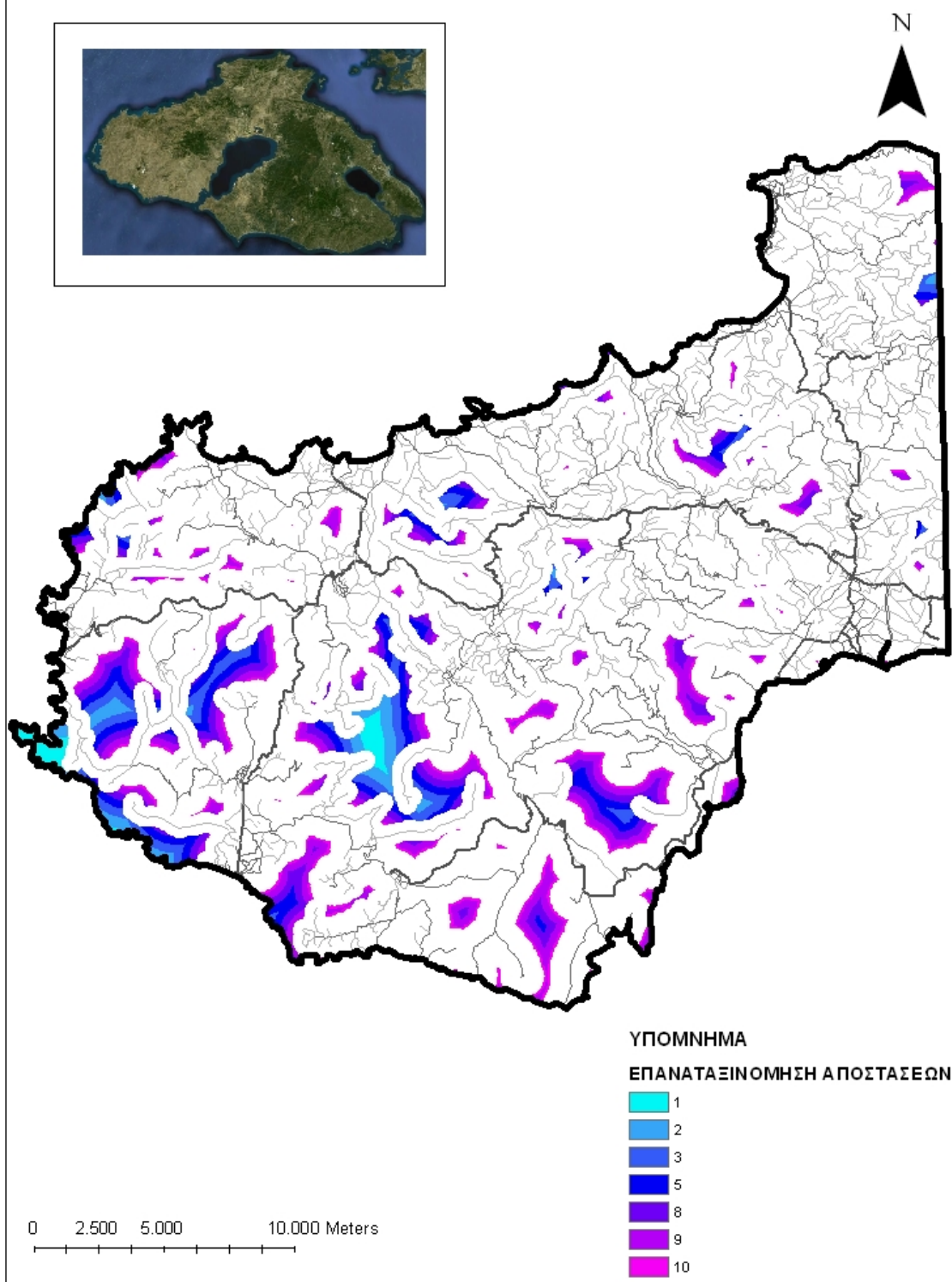
Χάρτης 6.2.5: Επαναταξινόμηση αποστάσεων από τους οικισμούς
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Χάρτης 6.2.6: Επαναταξινόμηση αποστάσεων από το δίκτυο της ΔΕΗ

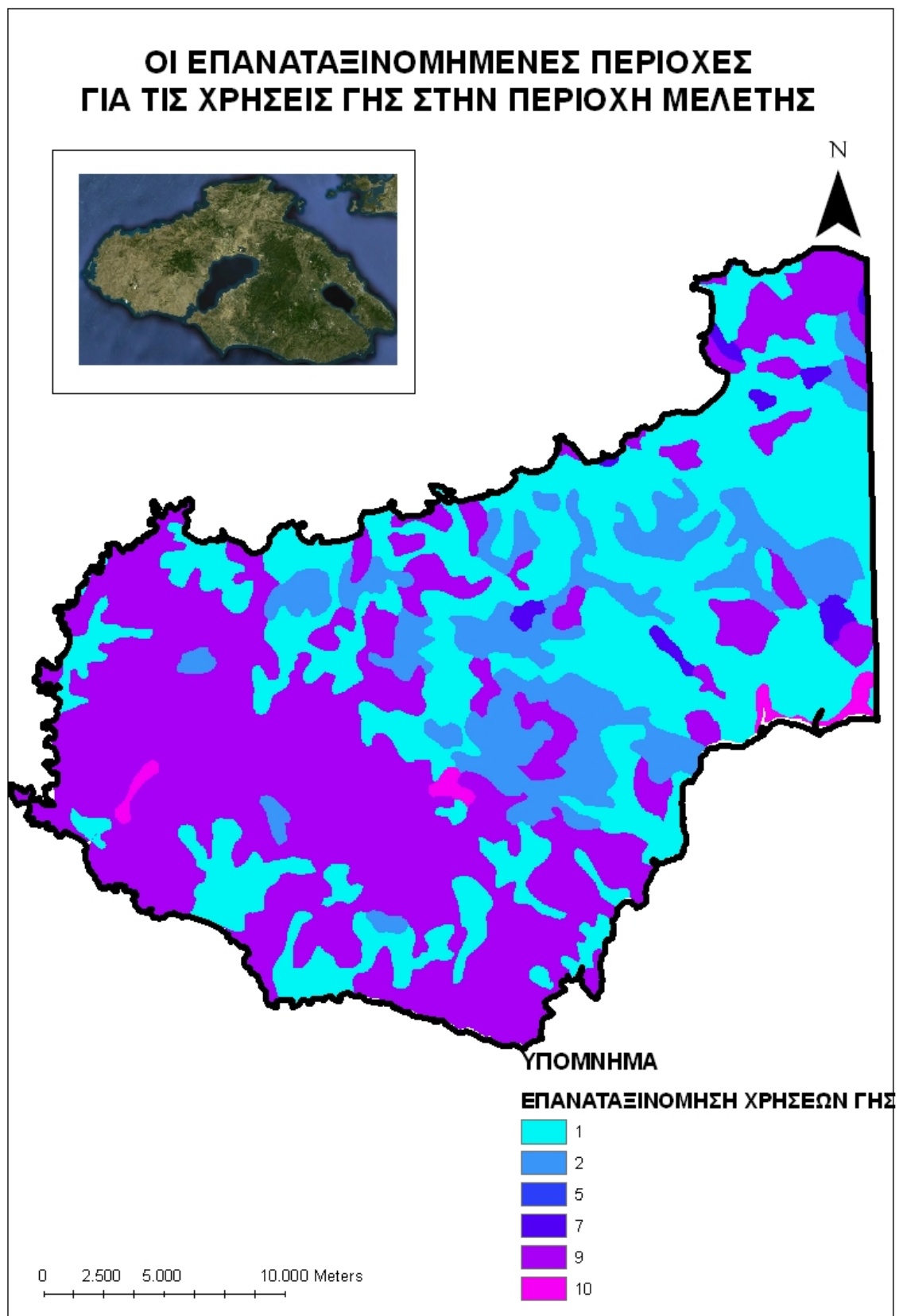
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

ΟΙ ΕΠΑΝΑΤΑΞΙΝΟΜΗΜΕΝΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



Χάρτης 6.2.7: Επαναταξινόμηση αποστάσεων από το οδικό δίκτυο

(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Χάρτης 6.2.8: Επαναταξινόμηση χρήσεων γης
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Μετά την επαναταξινόμηση, ακολούθησε η υπέρθεση των δεδομένων με δύο τρόπους, αρχικά η υπέρθεση αυτών με ίσους συντελεστές βαρύτητας (προκειμένου κάθε δεδομένο από τα παραπάνω να συμμετέχει με τον ίδιο βαθμό στο τελικό αποτέλεσμα) ενώ με το δεύτερο τρόπο εντοπίστηκαν οι περιοχές με βαθμό καταλληλότητας ≥ 5 (από την επαναταξινόμηση) από κάθε οντότητα και στη συνέχεια έγινε η υπέρθεση αυτών με στόχο να εντοπιστούν οι κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης των φωτοβολταϊκών πάρκων. Προκειμένου, όμως, η μελέτη να είναι περισσότερο ολοκληρωμένη κατά την υπέρθεση έγινε χρήση και της ετησίας ηλιακής ακτινοβολίας η οποία διαχωρίστηκε σε δύο κατηγορίες: εκείνες τις περιοχές όπου η ακτινοβολία που δέχονται είναι μικρότερη από $1155398,48 \text{ Wh/m}^2$ και εκείνες που δέχονται ετήσια συνολική ακτινοβολία μεγαλύτερη από $1155398,48 \text{ Wh/m}^2$ και απεικονίζονται στο χάρτη 6.3.3 με μπλε και κίτρινο χρώμα αντίστοιχα.²²

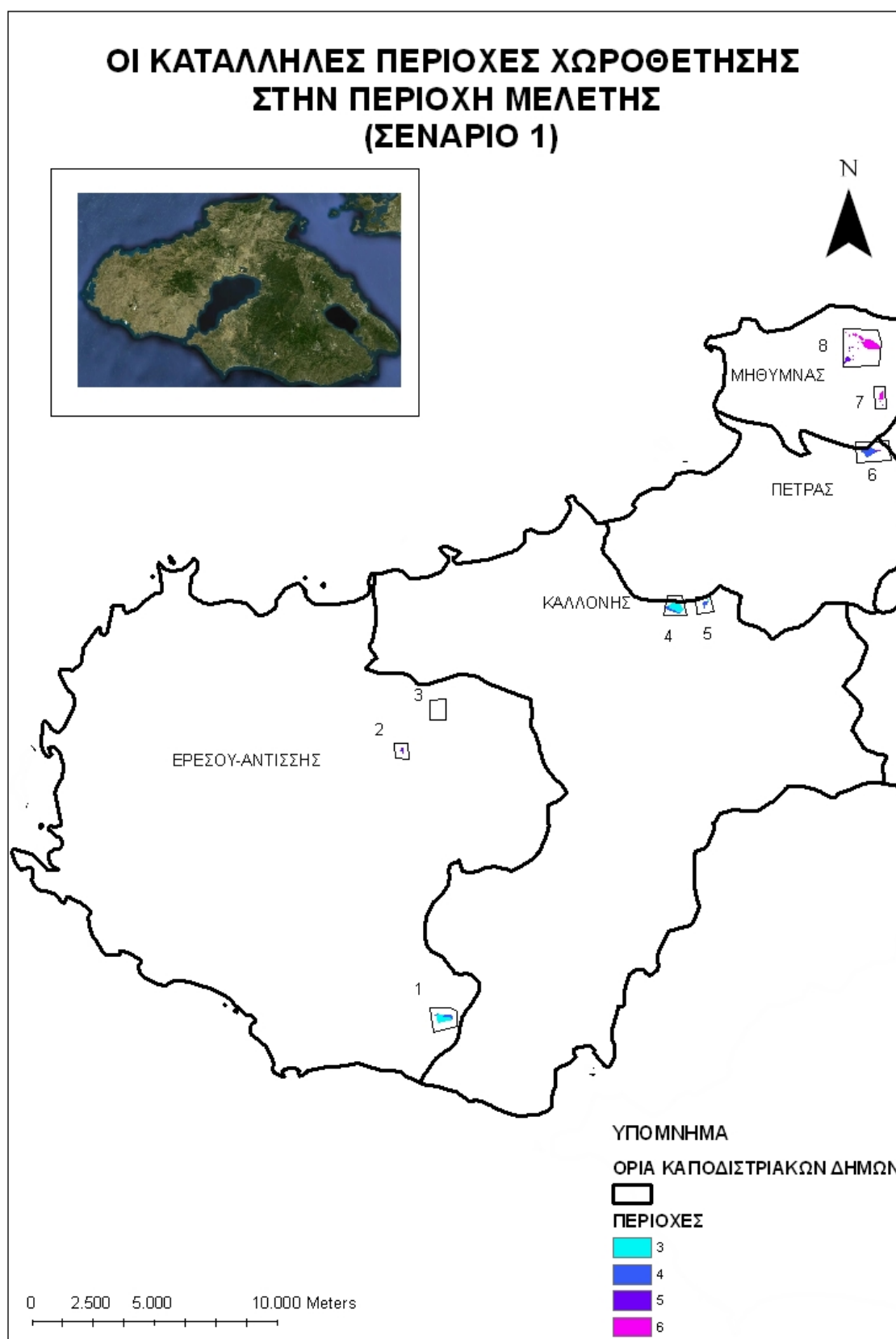
²² Ο προσανατολισμός και οι κλίσεις δεν συμμετέχουν στην υπέρθεση αφού λαμβάνονται υπόψη στην ηλιακή ακτινοβολία (κλίσεις 30° - 60° και νότιος, νοτιοανατολικός και νοτιοδυτικός προσανατολισμός δέχονται τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια)

6.3. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων

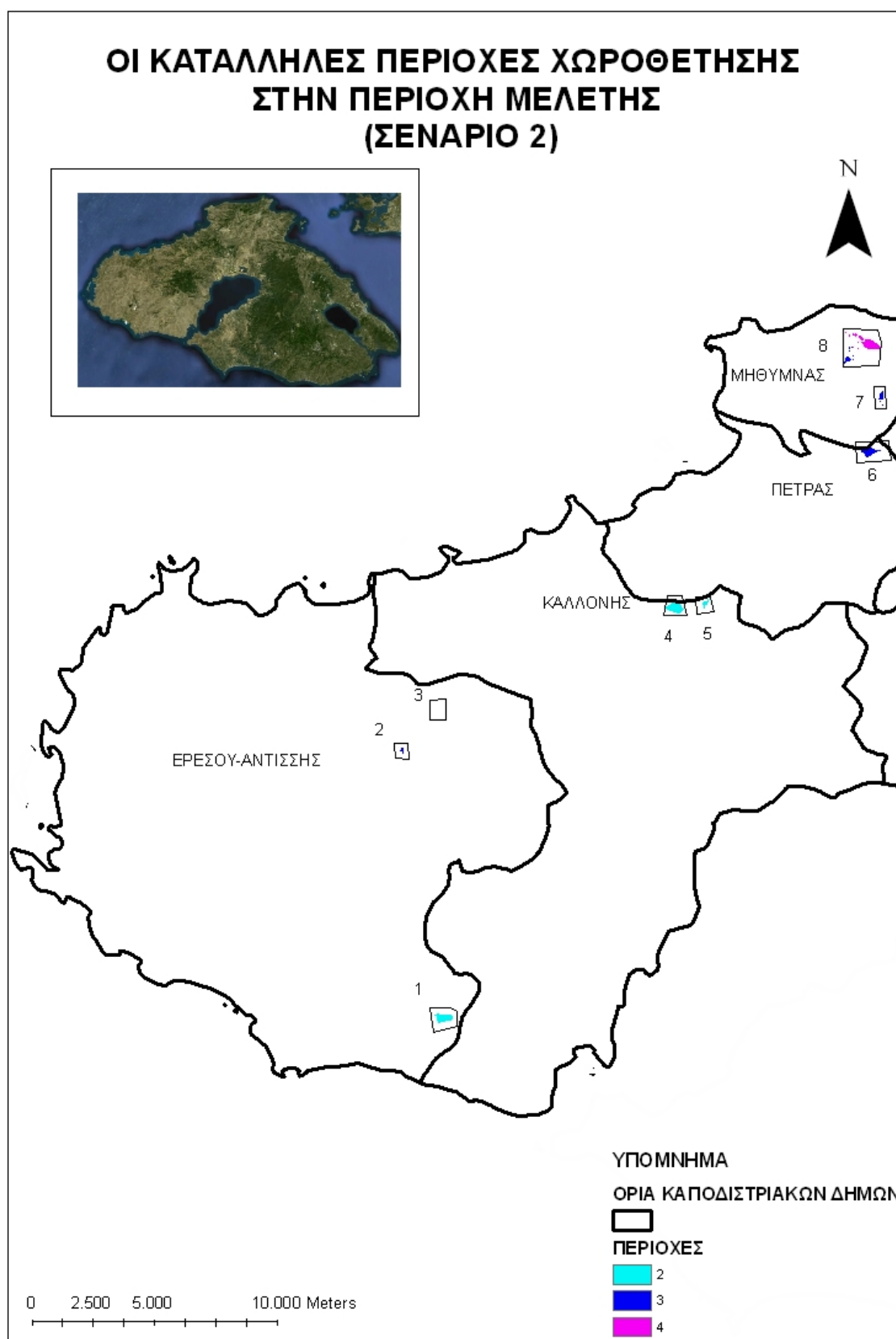
Το αποτέλεσμα της υπέρθεσης (σύμφωνα με το σενάριο 1) γνωστοποιείται στο χάρτη 6.3.1. όπου μπορεί να διακρίνει κανείς ότι οι κατάλληλες περιοχές στις οποίες αναφερόμαστε βρίσκονται στο κεντρικό και στο νότιο τμήμα του δήμου Ερεσού-Αντίσσης, στο βορειοδυτικό τμήμα του δήμου Καλλονής, στο βόρειο τμήμα του δήμου Πέτρας, και στο δυτικό τμήμα του δήμου Μήθυμνας, με βαθμό καταλληλότητας 3, 4, 5 και 6. Στο δήμο Ερεσού-Αντίσσης η περιοχή που βρίσκεται στο νότιο τμήμα (ονομασία 1) έχει βαθμό καταλληλότητας 3 και 4 με έκταση 144999,82 m² και 46836,53 m² αντίστοιχα, η περιοχή με ονομασία 2 έχει βαθμό καταλληλότητας 4 με έκταση 59487,04 m² και 5 με έκταση 22469,08 m² ενώ η περιοχή με ονομασία 3 έχει έκταση 935,90 m² και βαθμό καταλληλότητας ίσο με 4. Στο δήμο Καλλονής υπάρχουν δύο εκτάσεις με ονομασία 4 και 5. Και οι δύο περιοχές έχουν τον ίδιο βαθμό καταλληλότητας (3 και 4) αλλά έχουν διαφορετικές εκτάσεις η μία με έκταση 186014,63 m² και 4496,82 m² όσον αφορά το βαθμό καταλληλότητας 3 και 49185,27 m² και 4496,82 m² για το βαθμό καταλληλότητας 4. Στο δήμο Πέτρας χωροθετείται μόνο μια κατάλληλη περιοχή (με ονομασία 6) που έχει βαθμό καταλληλότητας 4 (έκτασης 187189,41 m²) και 5 εκτάσεως ίση με 17903,35 m². Τέλος στο δήμο Μήθυμνας υπάρχουν δύο εκτάσεις με ονομασίες 7 και 8, όπως άλλωστε απεικονίζονται και στο χάρτη, που έχουν τους δύο μέγιστους βαθμούς καταλληλότητας. Η περιοχή με ονομασία 7 και βαθμό καταλληλότητας 5 έχει έκταση ίση με 42252,77 m² ενώ αυτή με βαθμό ίσο με 6 έχει πολύ μικρότερη έκταση που ισούται με 896,96 m². Η περιοχή με ονομασία 8 αποτελείται από διάσπαρτες εκτάσεις συνολικού εμβαδού ίσου με 328983,91 m² εκ των οποίων τα 274101,35 m² έχουν καταλληλότητα ίση με 5 ενώ τα υπόλοιπα ίσο με 6.

Σύμφωνα με το σενάριο 2 που απεικονίζεται στο χάρτη 6.3.2 οι κατάλληλες περιοχές δεν αλλάζουν σε έκταση ή στον τόπο χωροθέτησης τους αλλά στο βαθμό καταλληλότητας τους που κυμαίνεται από 2 έως 4. Η περιοχή με ονομασία 1 έχει βαθμό καταλληλότητας ίσο με 2 όπως και οι περιοχές με ονομασίες 3, 4 και 5 ενώ οι περιοχές με βαθμό ίσο με 3 είναι οι 2, 6, 7 και 8. Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημανθεί ότι η περιοχή που βρίσκεται στο δήμο Μήθυμνας ένα μέρος της έκτασης της (54882,56 m²) έχουν βαθμό καταλληλότητας 4. Οι περιοχές που απεικονίζονται στο χάρτη 6.3.4 έχουν δύο χαρακτηρισμούς τις περιοχές που δεν είναι ορατές από τους οικισμούς και αυτές που είναι. Αυτό το γεγονός, πρακτικά σημαίνει ότι στις δεύτερες θα ήταν φρόνιμο να μην εγκατασταθούν φωτοβολταϊκά πάνελ καθώς θα είναι ορατά από τις κατοικήσιμες περιοχές (εάν βρίσκονται πολύ κοντά σε αυτές, κρινόμενα από το μέγεθος τους)

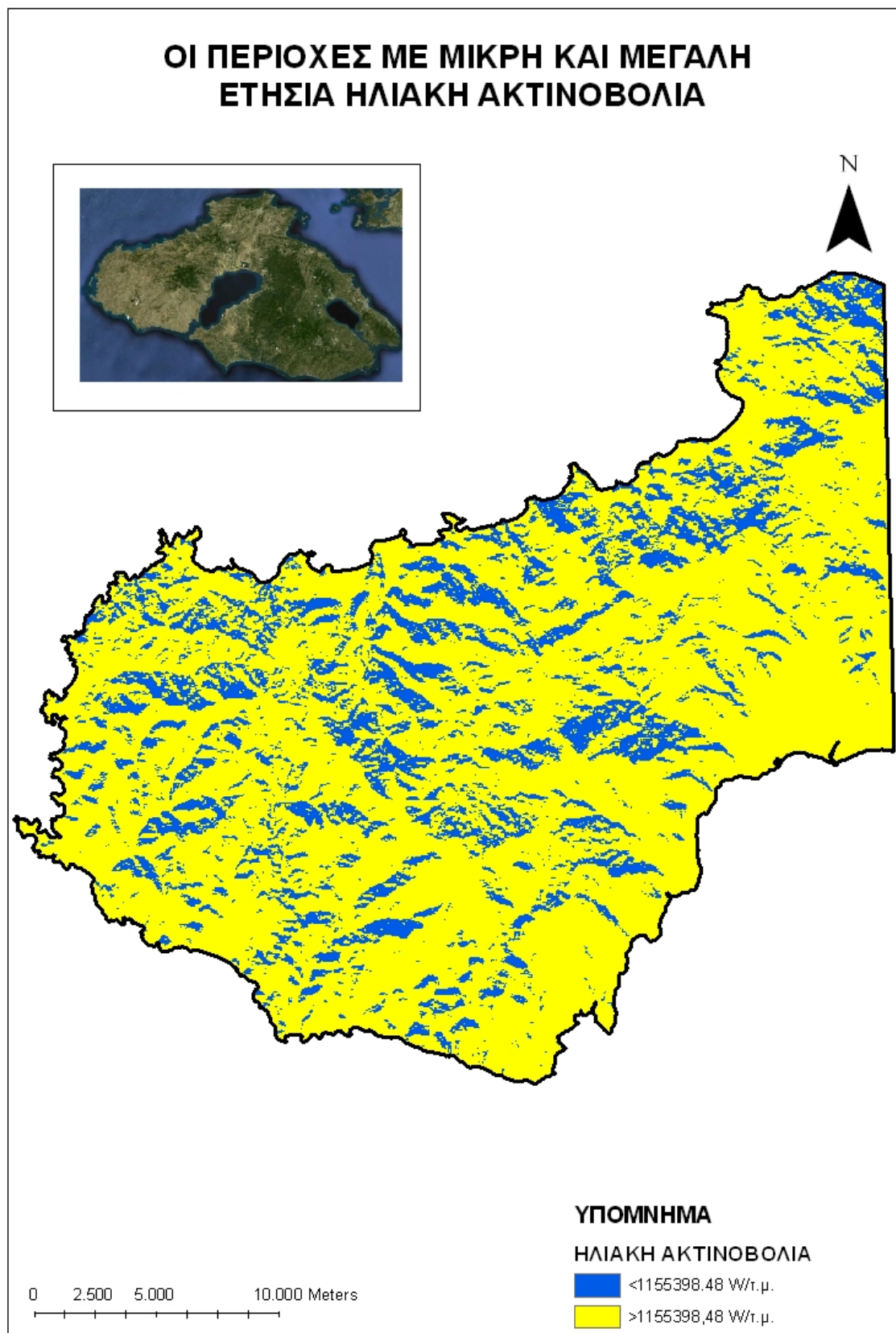
και θα προκαλούν οπτική όχληση, έτσι στο χάρτη 6.3.5 γνωστοποιείται η θέση των εντοπισμένων περιοχών σε σχέση με την ορατότητα από τους οικισμούς της περιοχής. Οι περιοχές που δεν είναι ορατές εξ' ολοκλήρου από τους οικισμούς είναι η περιοχή 1 και 2 στο δήμο Ερεσού –Αντίσσης και η περιοχή 8 (στο μεγαλύτερο τμήμα της) στο δήμο Μήθυμνας. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι η ορατότητα από τους οικισμούς εξαρτάται άμεσα από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους και συνεπώς τους ορεινούς όγκους της περιοχής, (εάν ένας οικισμός βρίσκεται πολύ κοντά σε έναν ορεινό όγκο είναι λογικό να μην έχει ορατότητα στην περιοχή που βρίσκεται πίσω από τον αυτόν τον ορεινό όγκο). Ο συνδυασμός των εντοπισμένων περιοχών με τον χάρτη ορατότητας καταδεικνύει ότι η περιοχή με ονομασία 8 και βαθμό καταλληλότητας 6 και 4 (για το δεύτερο σενάριο) αν και από άποψη χωροθέτησης βρίσκεται σε περιοχή που πληρεί τα κριτήρια, έχει και τη δυνατότητα να κριθεί ως απόλυτά σωστή αφού αν σε αυτή την περιοχή γίνει εγκατάσταση φωτοβολταϊκών δεν θα προκαλούν οπτική όχληση στους κατοίκους των γύρω οικισμών.



Χάρτης 6.3.1: Οι κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης (σύμφωνα με το 1^ο σενάριο)
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



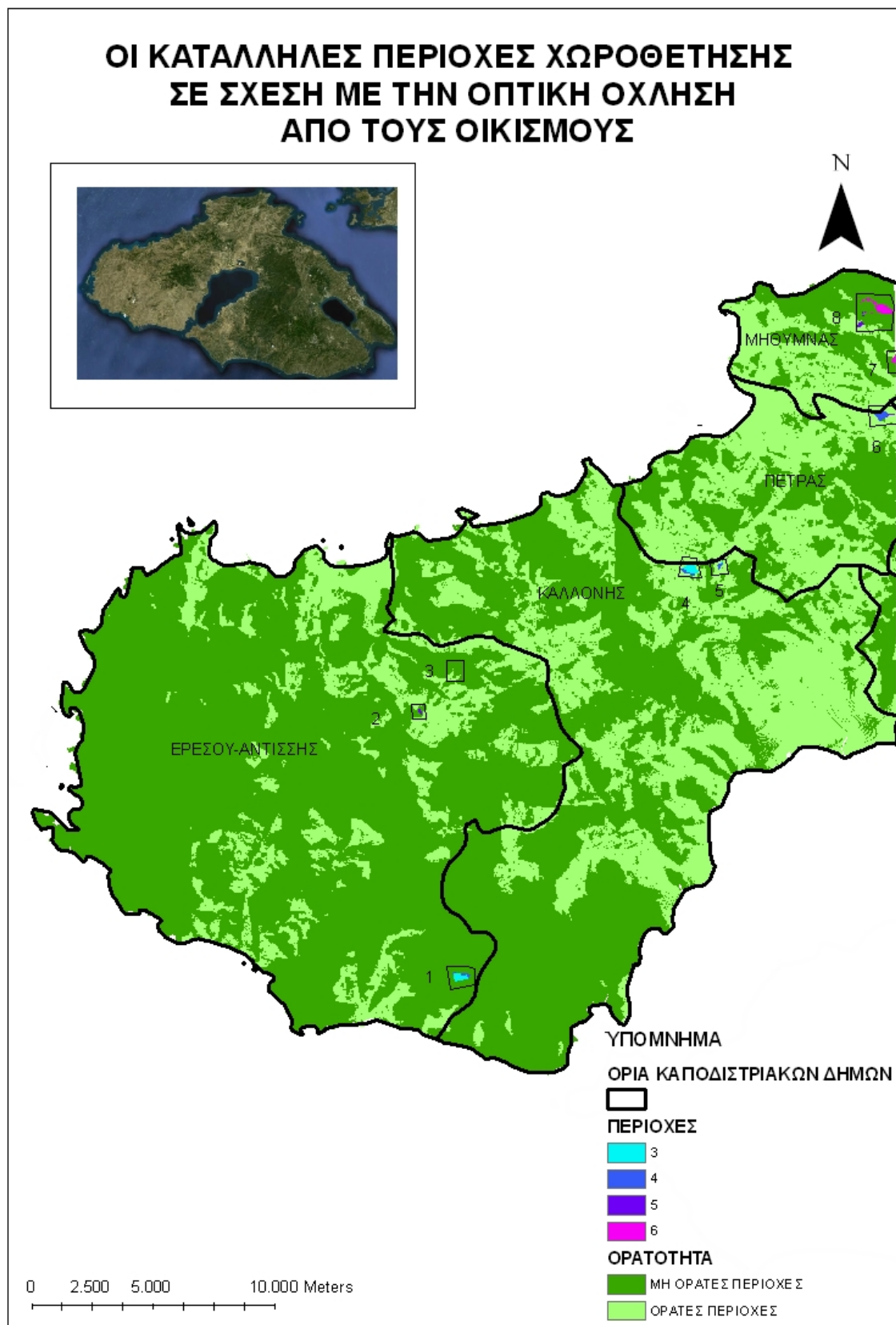
Χάρτης 6.3.2: Οι κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης (σύμφωνα με το 2^ο σενάριο)
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



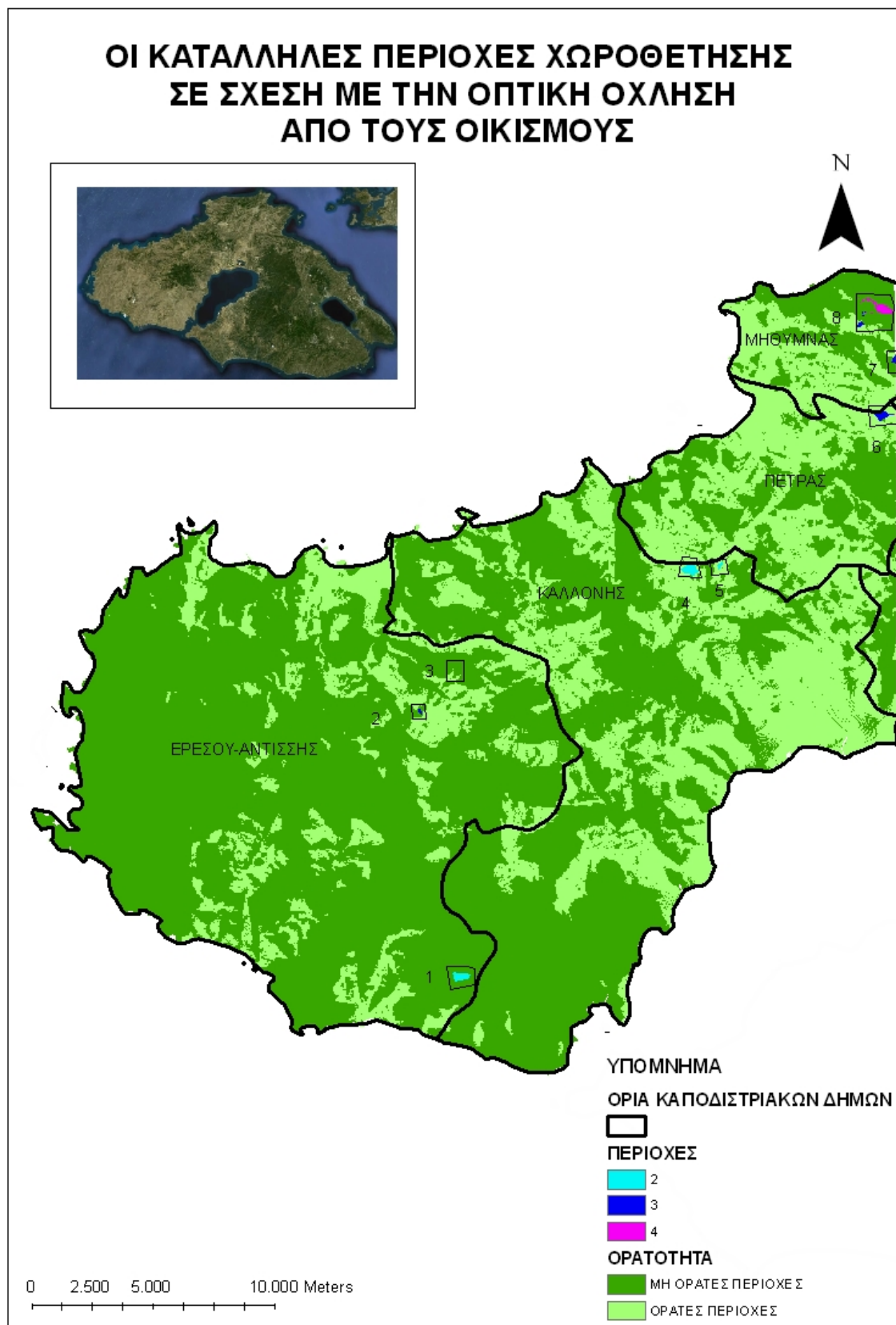
Χάρτης 6.3.3: Οι περιοχές με μικρή και μεγάλη ετήσια ηλιακή ακτινοβολία
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Χάρτης 6.3.4: Οι περιοχές ορατότητας από τους οικισμούς
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Χάρτης 6.3.5: Οι κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης σύμφωνα με το 1^ο σενάριο σε σχέση με την οπτική όχληση από τους οικισμούς
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Χάρτης 6.3.6: Οι κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης σύμφωνα με το 2^ο σενάριο σε σχέση με την οπτική όχληση από τους οικισμούς
(Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Για να είναι περισσότερο ολοκληρωμένη η μελέτη θεωρείται κρίσιμο να υπολογιστούν οι αντικειμενικές αξίες των καταλλήλων περιοχών που έχουν εντοπιστεί. Έτσι, λοιπόν με βάση τις αντικειμενικές αξίες των δημοτικών διαμερισμάτων που βρίσκονται οι περιοχές προκύπτουν ότι: Οι περιοχές χωροθέτησης που βρίσκονται στο δήμο Ερεσού –Αντίσσης έχει βασική αντικειμενική αξία το 2011²³ ίση με 0,46 €/ m². Οι περιοχές που είναι στο δήμο Καλλονής έχουν βασική αντικειμενική αξία ίση με 0,50 €/ m² ενώ αυτές που βρίσκονται στο δήμο Πέτρας και στο δήμο Μήθυμνας έχουν ως βασική αντικειμενική αξία 0,65 και 0,60 €/ m² αντίστοιχα. Έτσι, με βάση τα παραπάνω στοιχεία, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας :

ΚΑΤΑΛΛΗΛΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΑΞΙΑ
ΠΕΡΙΟΧΗ 1	8824,721 €
ΠΕΡΙΟΧΗ 2	12021,23 €
ΠΕΡΙΟΧΗ 3	430,50 €
ΠΕΡΙΟΧΗ 4	117599,95 €
ΠΕΡΙΟΧΗ 5	21597,02 €
ΠΕΡΙΟΧΗ 6	133310,28 €
ΠΕΡΙΟΧΗ 7	25889,93 €
ΠΕΡΙΟΧΗ 8	197390,34 €

Πίνακας 6.3.1.: Το κόστος αγοράς των καταλλήλων περιοχών με βάση την αντικειμενική τους αξία. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

²³ Αφορά ανα τμ αξία γης αγροτικής, μη αρδευόμενης , με μονοετή καλλιέργεια

Κεφάλαιο 7: Συζήτηση - Συμπεράσματα

Στο κεφαλαίο αυτό θα επισημανθούν τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα εργασία αλλά και θα συνοψίζονται τα κύρια ζητήματά, οι παραδοχές της, αλλά και θα αναφερθούν ενδεχόμενες μελλοντικές βελτιώσεις που θα αντιμετωπίζουν τα προβλήματα που προέκυψαν κατά την διεκπεραίωση της παρούσας αλλά και από την εκπόνηση παρόμοιων μελετών.

Τα ζητήματα που μελετώνται στην εργασία αυτή είναι οι κατηγορίες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που υπάρχουν στον Ελλαδικό χώρο αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο, η γνωστοποίηση της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών, η ενεργειακή κατάσταση της Λέσβου αλλά και ο εντοπισμός των πλέον κατάλληλων περιοχών σε τέσσερις Καποδιστριακούς δήμους του νησιού (στον δήμο Μήθυμνας, στο δήμο Πέτρας, στο δήμο Καλλονής και στο δήμο Ερεσού-Αντίσσης) προκειμένου να κατασκευαστούν φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις για να καλυφθούν οι απαιτούμενες ανάγκες της περιοχής αλλά και του νησιού σε ηλεκτρικό ρεύμα που δημιουργούνται κατά κύριο λόγο τις μέρες καύσωνα του καλοκαιριού αλλά και ολόκληρο το χρόνο, θέτοντας ως βασικό κριτήριο την απόσταση των συγκεκριμένων αυτών περιοχών από ανθρωπογενείς και μη οντότητες που βρίσκονται στην περιοχή μελέτης. Η διαδικασία εντοπισμού προϋποθέτει την εισαγωγή ορισμένων παραδοχών προκειμένου να ολοκληρωθεί με αντικειμενικότητα. Οι παραδοχές αυτές είναι ότι στις κατάλληλες περιοχές που θα εντοπιστούν τα φωτοβολταϊκά θα πρέπει να τοποθετηθούν με σταθερή οριζόντια βάση και για αυτό οι προτεινόμενες κλίσεις θα είναι αυτές που βρίσκονται στις 30°-60° (και συμπίπτουν, με βάση τη θεωρία, με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής) ενώ ο κατάλληλος προσανατολισμός θα είναι ο νότιος καθώς με αυτό το τρόπο απορρίπτεται το υποκειμενικό δεδομένο του κατασκευαστή να τοποθετήσει τα φωτοβολταϊκά πάνελ σε οποία κλίση εκείνος επιθυμεί με αποτέλεσμα το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται να είναι διαφορετικό ανάλογα με τη περίπτωση. Παράλληλα η σημαντικότερη παραδοχή έγκειται στο γεγονός ότι κατά τη διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων το βασικότερο κριτήριο ήταν ο περιβαλλοντικός παράγοντας. Πώς, δηλαδή, το ανάγλυφο της περιοχής επηρεάζει την χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών και για αυτό το λόγο χρησιμοποιήθηκε το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται η περιοχή μελέτης που προέκυψε από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους.

Τα βασικότερα προβλήματα που έπρεπε να αντιμετωπιστούν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας και κατά συνέπεια να βελτιωθούν με την πάροδο των χρόνων ήταν κατά κύριο λόγο η έλλειψη νομοθετικού άρθρου (όπως για παράδειγμα στο χωροταξικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ) που να αναφέρει με αναλυτικό και συγκεκριμένο συγχρόνως τρόπο τις ελάχιστες αποστάσεις από τις οντότητες που μελετώνται (το οδικό δίκτυο, οι αρχαιολογικοί χώροι, η ακτογραμμή, οι περιοχές που υπάγονται στο πρόγραμμα Natura 2000, το δίκτυο μέσης τάσεως της ΔΕΗ αλλά και τους οικισμούς) για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων και προκειμένου να παρακαμφτεί έγινε χρήση των αποστάσεων από τις ανεμογεννήτριες όπως εκείνες προτείνονται από το χωροταξικό πλαίσιο. Ένα δεύτερο πρόβλημα ήταν οι αντικρουόμενες απόψεις από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής και τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας για τη χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών καθώς οι δύο υπηρεσίες διαφωνούν ως προς τα κριτήρια που θα ληφθούν υπόψη για την επιλογή των χώρων εγκατάστασης, αφού από τη μια μεριά το Υπουργείο ακολουθεί κατά γράμμα το χωροταξικό πλαίσιο ενώ η ΡΑΕ θεωρεί τέτοιου είδους εγκαταστάσεις ως επενδύσεις και επιτρέπει παντού την χωροθέτηση τους και ακολούθως την κατασκευή τους. Επιπροσθέτως στο εγγύς μέλλον κρίνεται σκόπιμο η απεμπλοκή του συστήματος που παρέχει τις άδειες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στους μελλοντικούς επενδυτές, που αυτή τη στιγμή εξαιτίας της κάλυψης του ορίου των παραγόμενων KW ιδιαίτερα στη Λέσβο, αλλά και γενικότερα της γραφειοκρατίας για την έκδοση αυτών των αδειών που αποτελεί αναμφισβήτητα ανασταλτικό παράγοντα για την ανάπτυξη της συγκεκριμένης ανανεώσιμης τεχνολογίας στο μεγαλύτερο βαθμό που αυτό είναι δυνατό.

Στην εργασία που αναπτύχθηκε, όπως έχει ήδη ειπωθεί ως βασικός παράγοντας για τον εντοπισμό των κατάλληλων θέσεων θεωρείται ο περιβαλλοντικός δηλαδή βασική προϋπόθεση πέρα από τις θέσεις χωροθέτησης των οντοτήτων ήταν το ποσοστό ηλιοφάνειας που δέχεται η περιοχή μελέτης και εξαρτάται άμεσα από το ανάγλυφο. Με βάση αυτό έχουμε την ικανότητα να εξάγουμε το τελικό αποτέλεσμα από το οποίο προκύπτει η πλέον κατάλληλη περιοχή για χωροθέτηση και η οποία πρέπει να περιλαμβάνει τις εξής προϋποθέσεις: 1) να μην είναι ορατή από τους οικισμούς 2) να έχει όσο το δυνατόν μικρότερη αντικειμενική αξία έτσι ώστε το κόστος αγοράς να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο και 3) να έχει όσο το δυνατό μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας. Οι περιοχές που δεν είναι ορατές από τους οικισμούς και συνεπώς δεν υπάρχει το φαινόμενο της οπτικής όχλησης βρίσκονται στο δήμο Ερεσού-Αντίσσης και είναι αυτές με ονομασία 1 και 2, στο δήμο Μήθυνας η περιοχή 8 (με περίπου 284001,91 m² να μην είναι ορατά από τους γύρω οικισμούς), αλλά και η περιοχή 7 η οποία περιλαμβάνει περίπου 30552 m² από την συνολική έκταση που δεν είναι ορατά ενώ στο δήμο Πέτρας η περιοχή 6 έχει

μόνο 3600 m² ενώ οι περιοχές με ονομασίες 5 και 4 στο δήμο Καλλονής έχουν 42294,05 m² και περίπου 58 στρέμματα από τη συνολική έκταση αντίστοιχα στα οποία αν τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά δεν θα δημιουργηθεί οπτική όχληση. Την μικρότερη αντικειμενική αξία έχει ο δήμος Ερεσού-Αντίσσης ενώ την μεγαλύτερη ο δήμος Πέτρας με αποτέλεσμα να έχουν το μικρότερο και μεγαλύτερο κόστος αγοράς το οποίο φυσικά εξαρτάται άμεσα, και από την έκταση της περιοχής που ενδιαφέρει τον επενδυτή. Τέλος τον μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας (6) σύμφωνα με το πρώτο σενάριο στο οποίο γίνεται απλά η υπέρθεση όλων των δεδομένων έχουν οι περιοχές που βρίσκονται στο δήμο Μήθυμνας δηλαδή η περιοχή 8 (με ένα τμήμα της να έχει τον αμέσως μικρότερο βαθμό (5) που είναι εξίσου σημαντικός) και η περιοχή 7 που βρίσκονται βορειοδυτικά στο δήμο ενώ σύμφωνα με το δεύτερο σενάριο που έγινε υπέρθεση των περιοχών με βαθμό καταλληλότητας μεγαλύτερο από πέντε τον μεγαλύτερο βαθμό τον έχει μόνο η περιοχή 8 (με βαθμό καταλληλότητας 3 και 4), η περιοχή 7 στο δήμο Μήθυμνας, 6 στο δήμο Πέτρας και 2 στο δήμο Ερεσού-Αντίσσης.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η πλέον κατάλληλη περιοχή χωροθέτησης είναι αυτή που έχει ονομαστεί 8 καθώς και στα δύο σενάρια χαρακτηρίζεται με το μέγιστο βαθμό καταλληλότητας, το μεγαλύτερο τμήμα της βρίσκεται σε θέση που δεν δημιουργεί οπτική όχληση και αν και η βασική της αντικειμενική αξία είναι 0,60 €/ m² οι ενδιαφερόμενοι μελλοντικοί επενδυτές έχουν τη δυνατότητα να αγοράσουν ένα μικρό τμήμα της περιοχής ανάλογα με τη αγοραστική τους ικανότητα αφού ένα βασικό χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης περιοχής είναι ότι αποτελείται από επιμέρους διάσπαρτες μικρότερες εκτάσεις

Μια περαιτέρω προσθήκη που κρίνεται σκόπιμη για να εντοπιστούν οι περιοχές με τον ίδια διαδικασία με αυτές που βρέθηκαν στην εργασία θα ήταν να μετατραπεί το βασικό κριτήριο σε ανθρωπογενές. Πιο αναλυτικά οι τοποθεσίες που θα εντοπιστούν στο τελικό στάδιο θα έχουν εύκολη πρόσβαση για να κατασκευαστούν τα φωτοβολταϊκά και για αυτό το λόγο θα πρέπει να επιλεγθούν οι περιοχές που οι κλίσεις τους ισούται με 0° και κατ' επέκταση θα είναι επίπεδες ενώ ο προσανατολισμός με τον οποίο θα τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά θα είναι νότιος, και νοτιοανατολικός καθώς δεν θα έχουν σταθερή οριζόντια βάση και η κλίση τους προς το οριζόντιο επίπεδο θα ισούται με 30 °. Θέτοντας και αυτά τα κριτήρια ως μέρος της διαδικασίας της υπέρθεσης, σε συνδυασμό με τις αποστάσεις από τις οντότητες τότε οι περιοχές ενδεχομένως να είναι όχι μόνο διαφορετικές αλλά και να υπάρχει διαφορά στον πλήθος τους και στο βαθμό καταλληλότητάς τους. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι εάν κάποιος άλλος ερευνητής είχε θέσει

διαφορετικές αποστάσεις εξαιτίας του κενού νομοθεσίας από τις οντότητες που μελετώνται το αποτέλεσμα θα ήταν επίσης διαφορετικό.

Συμπερασματικά, η εκπόνηση της παρούσας μελέτης θεωρείται ότι ολοκληρώθηκε με επιτυχία καθώς εκπλήρωσε τους σκοπούς της αναπτύσσοντας τις κατηγορίες ΑΠΕ αλλά και την τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων που τα διέπει ενώ παράλληλα επισημάνθηκε η ενεργειακή κατάσταση της Λέσβου με τη χρήση στατιστικών στοιχείων από την ΔΕΔΔΗΕ, και εντοπίστηκαν οι κατάλληλες περιοχές για τη χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών στους τέσσερις Καποδιστριακούς δήμους της Λέσβου οι οποίες αξιολογήθηκαν ανάλογα με τη βασική αντικειμενική τους αξία και το ενδεχόμενο της οπτικής όχλησης που ενδεχομένως να προκαλούν έτσι ώστε να δημιουργηθεί αντικειμενική εικόνα για αυτές για τους μελλοντικούς επενδυτές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

1. Archer M. D., Hill R. (2001) «*Clean Electricity from Photovoltaics*» Series on Photoconversion of Solar Energy .Vol 1, London: Imperial College Press
2. Charabi Y, Haj Rhouma M.B. Gastli A.(2010) «*GIS-Based Estimation of Roof-PV Capacity and Energy Production for the Seeb region in Oman*» IEEE International Energy Conference
3. Funabashi, Tomotoshi,(2011) "A GIS Approach for Estimating Optimal Sites for Grid-Connected Photovoltaic (PV) Cells in Nebraska". Environmental Studies Undergraduate Student Honors Theses. Paper 62. Nebraska Lincoln
4. Hill R. (1989) «*Applications of Photovoltaics*», Bristol, UK: Adam. Hilger
5. Makvart T. (2000) «*Solar electricity*» Second Edition. Chichester G. Britain: John Wiley & Sons

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

1. Αλεξιάκης Α.Σ. (1995) «*Ηλιακή ενέργεια*» Αθήνα :Σιδέρης
2. Αλιβιζάτος Γ., Στελακάτος Κ., Τορτοπίδης Α.,(1991) «*Ενεργειακά Πάρκα*» Αθήνα: Παπαζήση
3. Αλωνιστιώτη Σ.(2010) «Φωτοβολταϊκά συστήματα: νομοθετικό πλαίσιο» *Συνήγορος* τεύχος 77 σελ.40-41
- 4.Ανδρικοπούλου Ε, Γιαννάκου Α., Καυκάλας Γ., Πιτσίαβα-Λατινοπούλου Μ.,(2007) «*Πόλη και Πολεοδομικές πρακτικές για τη βιώσιμη αστική ανάπτυξη*» Αθήνα : Κριτική
5. Ασημακόπουλος Γ.(2007) «Κανόνες Χωροθέτησης έργων ΑΠΕ» *Εκοτεχνικά* σελ.164-167
6. Βαρβαρέσου Θ.Α., Τσούστος Θ.Δ. (2002) «*Ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων στο ελληνικό ενεργειακό σύστημα*» Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης
- 7.Γαγλία Α.Γ., Αργυρίου Α.Α., Μπαλάρας Κ.Α. Λυκούδης Σ. (2006) «*Απόδοση πειραματικής φωτοβολταϊκής εγκατάστασης-Βέλτιστη κλίση φωτοβολταϊκών και ωφέλιμη ηλιακή ενέργεια στις ελληνικές περιοχές*» στα πρακτικά του 8^{ου} Εθνικού συνέδριου για τις Ήπιες μορφές Ενέργειας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης 29-31/3/2006
8. Γαλατσίδα Παναγιώτα (2011) «*Η κατάσταση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα*» Αθήνα : Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
9. Γούσια Ελένη (2011) «*Χωροταξικός Σχεδιασμός και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Ευρωπαϊκή Εμπειρία και προοπτικές στην Ελλάδα*» Μεταπτυχιακό πρόγραμμα Σπουδών, Πάντειο Πανεπιστήμιο Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Αθήνα

10. Ζερβός Α.(2006) «*Το μέλλον των ΑΠΕ στην Ελλάδα και στην Ευρώπη*» στο Ευθυμίουπουλος Η. και Μοδινός Μ. «*Από τον Προμηθέα στα Negawatts*» Αθήνα : ΔΙΠΕ- Ελληνικά Γράμματα
11. Ζήσου Α. (2010) «*Οι επεκτάσεις του ArcGis , Spatial Analyst, 3D Analyst, Θεωρία και Εφαρμογές*» , Αθήνα :Σταμούλης
12. Καλδέλλης Ι.Κ., Ιωαννίδης Θ., Καββαδίας Κ., Βλάχου Δ., (2002) «*Ανάλυση Ανταγωνισμού στη Διεθνή Φωτοβολταϊκή Αγορά, Ισχύουσα κατάσταση –Δυνατότητες Εφαρμογής στον Ελλαδικό χώρο*» στο Κασύρης Ι. Τσιλγκιρίδης Γ. (επιμ.) Έβδομο Εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας Τόμος Α Πάτρα 6-8 Νοεμβρίου 2002, Θεσσαλονίκη: Ινστιτούτο Ηλιακής τεχνικής
13. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (2002) «*Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής*» Αθήνα
- 14.Κουφομιχάλης Χ., Μπαργωτάκης Χ., Καλδέλλης Ι., Τσούτσος Θ.(2001) «*Παραδείγματα εφαρμογών φωτοβολταϊκών στις τηλεπικοινωνίες*» Αθήνα
15. Κουτσόπουλος Κ. (2005) «*Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου*» Αθήνα: Παπασωτηρίου
16. Κυριτσάκη Όλγα (2009) «*Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ελλάδα*» Κοζάνη : ΤΕΙ Κοζάνης Σχολή : Διοίκησης και Οικονομίας Τμήμα: Διοίκησης επιχειρήσεων
17. Μανωλάς Ν. (2007) «*Ο Ενεργειακός τομέας στην Ελλάδα :Τάσεις και προοπτικές*»_Αθήνα : Κέντρο Προγραμματισμού και Οικονομικών Ερευνών
18. Ορφανού – Νικολάου Σοφία – Σωτηρία (2010) «*Αναπτυξιακοί στόχοι και χωροθέτηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ελληνική ύπαιθρο: Μελέτη περίπτωσης με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.*» Αθήνα :Χαροκόπειο πανεπιστήμιο
19. Πέρδιος Σ. (2011) «*Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις*» Γ' έκδοση Αθήνα: Τεκδοτική
20. Ρηγόπουλος Ρ., Βαλλήνδρας Μ., Γεωργαλάς Χ., Γιαννούλης Π., Διαμανταράς Κ., Μασούρος Γ., Σανταμούρης Μ., Τρυπαναγνωστοπουλος Ι., (1988) «*Θεματα Προγραμματισμού 38 Δυνατότητες και Προοπτικές για την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα*» Αθήνα : Κέντρο Προγραμματισμού και Οικονομικών Ερευνών
21. Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (2011) «*Φωτοβολταϊκά: Ένας πρακτικός οδηγός*» Αθήνα: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών
22. Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (2012) «*Ένας πρακτικός οδηγός για επενδύσεις στα φωτοβολταϊκά*»_Αθήνα: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών
23. Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (2012) «*Στατιστικά διεθνούς αγοράς*»,_Αθήνα: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών
24. Τσατήρης Μ.(2002) «*Ενέργεια και Περιβάλλον*» Αθήνα: Τυπωθητώ-Γιώργος Δαρδάνος
25. Φύλλο Ελληνικής Κυβερνήσεως 2464 Β/3-12-2008

26. Φύλλο Ελληνικής Κυβερνήσεως 85 Α/4-6-2010 νόμος 3851
27. Χαΐνη Α.(2012) «Φωτοβολταϊκό Κοζάνης: μεγαλεπήβολο σχέδιο σε αναμονή» εφημ.Real Planet, Αθήνα 24/6/2012:8
28. Χαλκιάς Χ.(2007) «Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών II (Συμπληρωματικές Σημειώσεις)» Αθήνα : Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
- 29.Χρυσάγης Π. (2007) «Οικονομικοτεχνική ανάλυση μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά στοιχεία στην Ελλάδα» Τεχνικά-Χρονικά Αθήνα (Σεπτέμβριος –Οκτώβριος 2007)
- 30.Ψώμας Σ.(2006) «Η εποχή της πράσινης ενέργειας» στο Ευθυμιάδης Η. και Μοδινός Μ. «Από τον Προμηθέα στα Negawatts» Αθήνα : ΔΙΠΕ- Ελληνικά Γράμματα

Ηλεκτρονικές Διευθύνσεις

1. Κάραλης Γ. (2009) «Ένα ενεργειακό σενάριο για τη Λέσβο» Ενεργειακό Γραφείο Ίου-Αιγαίου. Εύρεση στις 12 Μαρτίου 2012 στην ιστοσελίδα <http://www.aegean-energy.gr/gr/pdf/lesvos-karalis.pdf>
2. Βικιπαιδεία. Εύρεση στις 25 Ιουλίου 2012 στην ιστοσελίδα www.wikipedia.org
3. Εφημ. Η Καθημερινή «Βαδίζουμε προς την τρίτη πετρελαϊκή κρίση;» (21/4/2002). Εύρεση στις 31 Ιουλίου 2012 στην ιστοσελίδα http://news.kathimerini.gr/4dcgi/_w_articles_economyagor_2_21/04/2002_22656
4. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας «Ανεμογεννήτριες». Εύρεση στις 31 Ιουλίου 2012 στην ιστοσελίδα http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_windmill.htm
5. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας «Wind Map of Greece». Εύρεση στις 31 Ιουλίου 2012 στην ιστοσελίδα <http://aims.cres.gr/grwind150/viewer.htm>
6. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας «Παθητικά Ηλιακά συστήματα Θέρμανσης». Εύρεση στις 31 Ιουλίου 2012 στην ιστοσελίδα http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic_passive.htm
7. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας –Ήλιος». Εύρεση στις 31 Ιουλίου 2012 στην ιστοσελίδα http://www.cres.gr/kape/kidsol/sun_heat/27.htm
8. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής. «Υδροηλεκτρική Ενέργεια». Εύρεση στις 31 Ιουλίου 2012 στην ιστοσελίδα <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=484&language=el-GR>
9. Ινστιτούτο Τεχνολογίας & Στερεών Καυσίμων «Υδροηλεκτρική Ενέργεια». Εύρεση στις 31 Ιουλίου 2012 στην ιστοσελίδα <http://www.allaboutenergy.gr/Paragogi324.html>

10. Εκπαιδευτικό πρόγραμμα Ενέργεια και Περιβάλλον Δήμος Καστοριάς «Ενέργεια Βιομάζας». Εύρεση στις 01 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/biomaza.htm>
11. Εκπαιδευτικό πρόγραμμα Ενέργεια και Περιβάλλον Δήμος Καστοριάς «Παλιρροιακή Ενέργεια». Εύρεση στις 01 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/tidalenergy.htm>
12. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας «Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας Γεωθερμία». Εύρεση στις 01 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα <http://www.cres.gr/kape/kidsol/geotherm/33.htm>
13. Σηνιώρη Ν. (2007) « Γιατί το Ηλιακό χωριό έγινε πετρελαιοϊκό. Η συκοφάντηση ενός πρωτοποριακού επιτεύγματος» εφημ. Η Καθημερινή (Αθήνα) 4-12-2007. Εύρεση στις 5 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα http://www.kathimerini.gr/4dcgi/_w_articles_kathcommon_2_04/12/2007_1287101
14. Πρόσβαση στο ευρωπαϊκό δίκαιο «Οδηγία 2001/77/EK». Εύρεση στις 18 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2001L0077:20100401:EL:PDF>
15. Πρόσβαση στο ευρωπαϊκό δίκαιο «Οδηγία 2003/30/EK». Εύρεση στις 18 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:123:0042:0042:EL:PDF>
16. Πρόσβαση στο ευρωπαϊκό δίκαιο «Οδηγία 2009/28/EK». Εύρεση στις 18 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:EL:PDF>
17. Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας « Σχετικά με τη ΡΑΕ». Εύρεση στις 18 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα http://www.rae.gr/site/categories_new/about_rae/intro.csp
18. Τράπεζα της Ελλάδος «Εσωτερική Οικονομία –Τιμές». Εύρεση στις 19 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα <http://www.bankofgreece.gr/Pages/el/Statistics/prices.aspx>
19. Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών «Ένας πρακτικός οδηγός για επενδύσεις σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς». Εύρεση στις 19 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα <http://www.pvtech.gr/files/SEFgen2.pdf>
20. Υπουργείο Περιβάλλοντος «Ενέργεια-Πρόγραμμα Ήλιος». Εύρεση στις 19 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=786&language=el-GR>

21. Geographical Assessment of Solar Resource and Performance of Photovoltaic Technology« Peak power and efficiency, a guide for the confused». Εύρεση στις 20 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/PVcalchelp_en.html#Section_2
22. Hyperion Energy Engineering «Αυτόνομα Αντλητικά Συστήματα». Εύρεση στις 20 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα <http://www.hyperionee.gr/stand-alone-pumping-systems/>
23. Ενεργειακά Φωτοβολταϊκά Συστήματα. Εύρεση στις 23 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα http://www.prasina.gr/main/index.php?option=com_content&view=article&id=200&Itemid=201
24. ΛΑΓΗΕ Εύρεση στις 23 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα <http://www.lagie.gr>
25. Σύνδεσμός Εταιρειών Φωτοβολταϊκών. Εύρεση στις 23 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα <http://www.helapco.gr/>
26. Σύνδεσμός Εταιρειών Φωτοβολταϊκών «Στατιστικά ελληνικής Αγοράς 2011». Εύρεση στις 23 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα http://www.helapco.gr/ims/file/market_statistics/pv-stats_greece_2011.pdf
27. ΛΑΓΗΕ. «Ετήσια στατιστικά στοιχεία Οκτώβριος 2011». Εύρεση στις 23 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα http://www.lagie.gr/fileadmin/groups/EDSHE/EggyisisProeleysis/Etisia_Stattistika_Stoicheia_Okt2011.pdf
28. Πράσινο σπίτι και κτίριο «Αυξάνονται οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις στην Ελλάδα». Εύρεση στις 23 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα http://www.4green.gr/data/fotovoltaika/news/preview_news/91995.asp
29. Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ενέργειας. Εύρεση στις 25 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα <http://www.deddie.gr/>
30. Google Earth. Εύρεση στις 25 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα www.google-earth.com
31. Εθνική Στατιστική υπηρεσία «Απογραφή μονίμου πληθυσμού 2011». Εύρεση στις 25 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα <http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/PAGE-census2011>
32. Πολλάτου Μ.(2010) « Πράσινο το φράγμα της Ερεσού» εφημ. Εμπρός (Λέσβος) 21/1/2010 Εύρεση στις 28 Αυγούστου 2012 στην ιστοσελίδα <http://www.emprosnet.gr/emprosnet-archive/b13bd9cc-189b-4558-826e-dfce152318b5>

33. Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο για την Ενέργεια και την Μεταφορά «Global irradiation and solar electricity potential. Optimally–inclined photovoltaic modules.» Εύρεση στις 28 Σεπτεμβρίου 2012 στην ιστοσελίδα http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eu_cmsaf_opt/G_opt_GR.png
34. Earth Science Data Interface (ESDI). Εύρεση στις 22 Οκτωβρίου 2012 στην ιστοσελίδα <http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/>
35. Βικιπαιδεία «Lesvos municipalities numbered.png». Εύρεση στις 22 Οκτωβρίου 2012 στην ιστοσελίδα http://el.wikipedia.org/wiki/Αρχείο:Lesbos_municipalities_numbered.png
36. Solar Cell Hellas «Φωτοβολταϊκά Πάρκα». Εύρεση στις 01 Νοεμβρίου 2012 στην ιστοσελίδα <http://www.schellas.gr/categories.asp?catid=89>
37. ΔΕΗ ανανεώσιμες «Φωτοβολταϊκά Πάρκα». Εύρεση στις 11 Νοεμβρίου 2012 στην ιστοσελίδα <http://www.ppcr.gr/Energy.aspx?C=27>

Συνεντεύξεις

1. Συνέντευξη Ζήσης Κων/νος Διευθύντης ΔΕΗ , Μυτιλήνη Λέσβος, 10/7/2012
2. Συνέντευξη Σουλακέλλης Ν. Πανεπιστήμιο Αιγαίου Τμήμα Γεωγραφίας, 10/7/2012
3. Συνέντευξη Μπάμπουρας Χρυσόστομος Προϊστάμενος διεύθυνσης Εργοστασίου Παραγωγής Ηλεκτρικής ενέργειας , Μυτιλήνη Λέσβος, 12/7/2012
4. Συνέντευξη Γουργιώτης Ανέστης Προϊστάμενος διεύθυνσης Χωροταξίας Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Αθήνα, 30/10/2012