



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

**ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ
ΠΑΡΚΩΝ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΚΠΟΝΗΣΗ: ΚΑΡΟΥΛΛΑΣ Ι. ΝΙΚΟΛΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΓΙΩΡΓΟΣ Ν. ΦΩΤΗΣ ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΙΟΣ 2014



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ
ΠΑΡΚΩΝ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ**

ΕΚΠΟΝΗΣΗ

ΚΑΡΟΥΛΛΑΣ Ι. ΝΙΚΟΛΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΓΙΩΡΓΟΣ Ν. ΦΩΤΗΣ ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

**Φώτης Γιώργος,
Αν. Καθηγητής ΕΜΠ**

**Σιόλας Άγγελος,
Καθηγητής ΕΜΠ**

**Βλαστός Αθανάσιος,
Καθηγητής ΕΜΠ**

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΙΟΣ 2014

Ευχαριστίες

Με το πέρας της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που με στήριξαν κατά την διάρκεια των σπουδών μου. Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Γιώργο Ν. Φώτη, Αν. Καθηγητή ΕΜΠ, όπως επίσης και την εταιρεία MDS Marathon Data System, για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής. Επιπρόσθετα, θέλω να ευχαριστήσω ολόψυχα τους γονείς μου καθώς και τους φίλους μου για την αμέριστη συμπαράσταση και στήριξη που μου έδειξαν ώστε να περατώσω με επιτυχία τις σπουδές μου στη Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Αθήνα, Μάιος 2014

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συνεχής αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας, η μη ορθολογική χρήση της και η διασπάθιση των φυσικών πόρων της Γης έχουν δημιουργήσει πλήθος περιβαλλοντικών, κοινωνικών, οικονομικών, πολιτικών προβλημάτων και προβλημάτων ολοκληρωμένης ανάπτυξης. Σε αυτό το κρίσιμο ενεργειακό σκηνικό, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), απαλλαγμένες σε μεγάλο βαθμό από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο.

Η διείσδυση της ηλιακής ενέργειας, πέρα από τα οφέλη που δύναται να επιφέρει, αποτελεί μία από τις προτεραιότητες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ωστόσο, η ανεξέλεγκτη και απρογραμματίστη χωροθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων, δεν βοηθά στην αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Η παρούσα διπλωματική εργασία, αναδεικνύει και αξιολογεί περιοχές οι οποίες είναι κατάλληλες προς χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων στην Κύπρο, με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, λαμβάνοντας υπόψη μια σειρά νομοθετικών και περιβαλλοντικών κριτηρίων. Η επιλογή των Γ.Σ.Π. έγινε γιατί πρόκειται για ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον.

Σε πρώτη φάση η εργασία παρουσιάζει τις περιοχές στις οποίες θεωρείται κατάλληλη η χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων λαμβάνοντας υπόψη κριτήρια που πηγάζουν κυρίως από την νομοθεσία καθώς και κριτήρια λειτουργικότητας. Σε δεύτερη φάση αξιολογείται η καταλληλότητα αυτών των περιοχών με τον καθορισμό βαρών στα κριτήρια, με τη χρήση του σταθμισμένου αθροίσματος. Παράλληλα γίνεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο πρώτων φάσεων, τόσο για επαλήθευση όσο και για εξαγωγή συμπερασμάτων. Στην τρίτη και τελευταία φάση, αναδεικνύονται οι κατάλληλες περιοχές με βάση την ενεργειακή τους απόδοση, η οποία πετυχαίνεται με τη χρήση της ανάλυσης εγγύτητας.

Αποτέλεσμα της διπλωματικής εργασίας, είναι η παρουσίαση των κατάλληλων περιοχών για κάθε φάση μέσα από τους αντίστοιχους χάρτες και η τελική αξιολόγηση αυτών. Έτσι αναδεικνύονται, σε ένα πιο ολοκληρωμένο αποτέλεσμα, οι κατάλληλες περιοχές για χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων στην Κύπρο.

ABSTRACT

The continuous increase of energy consumption, its irrational use and the dissipation of natural resources of Earth have created many environmental, social, economic, political problems as well as problems concerning the integrated development. The Renewable Energy Sources (RES) can play an important role in this crucial energy context and at the same time they do not have any negative implications on the environment.

In addition to its advantages, the penetration of solar energy constitutes a priority for the European Union. However, the uncontrollable and unplanned implementation of solar parks complicates the way that solar energy is developed and this does not result to the maximum possible outcomes. This thesis is focused on evaluating the areas which are suitable for solar parks implemented in Cyprus, using Geographic Information Systems (G.I.S), taking into account economical, technical and environmental criteria. The G.I.S were chosen because they are considered to be very useful tools for the collection, storage, update, management, analysis and display of each form of information that is concerns in the geographic environment.

On the first phase, the thesis presents the areas which are suitable for the implementation of solar parks, taking also into consideration the legislation and functionality criteria. On the second phase, the thesis evaluates the suitability of these areas by assigning weights to the criteria, with the use weighted sum. At the same time, the results of the first two faces are compared for verification as well as for conclusions. On the third and last face, the suitable areas are highlighted based on their energy efficiency which is achieved by analyzing proximity.

The result of this thesis is the presentation of the suitable areas for each face through the corresponding maps and their last review. Therefore, these appropriate areas for implementing solar parks in Cyprus are highlighted in a more complete and correct way.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1 Ενεργειακό Πρόβλημα και Πολιτική.....	11
1.1.1 Παγκόσμιο και Εθνικό Ενεργειακό Πρόβλημα.....	11
1.1.2 Ευρωπαϊκοί και Εθνικοί Στόχοι για τις ΑΠΕ	13
1.2 Καθορισμός Προβλήματος και Στόχου της Μελέτης	15
1.3 Μεθοδολογική Προσέγγιση της Μελέτης	16
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	19
2.1 Ορισμός και Σημασία Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).....	19
2.2 Σύγκριση ΑΠΕ	20
2.2.1 Ηλιακή Ενέργεια	20
2.2.2 Αιολική Ενέργεια	28
2.2.3 Υδροηλεκτρική Ενέργεια.....	31
2.2.4 Γεωθερμική Ενέργεια.....	34
2.2.5 Ενέργεια από Βιομάζα	35
2.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των ΑΠΕ.....	38
2.4 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών	39
2.4.1 Γενικά.....	39
2.4.2 Ορισμοί και Βασικές Αρχές	40
2.4.3 Τα Μέρη ενός ΓΣΠ.....	41
2.4.4 Βασικές Διαδικασίες και Στάδια στα Γ.Σ.Π.....	42
2.5 Χωρική Ανάλυση	42
2.5.1 Ανάλυση Εγγύτητας	43
2.5.2 Ανάλυση Επικάλυψης	44
2.6 Πολυκριτηριακή Ανάλυση	45
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	47
3.1 Γενικό Περίγραμμα.....	47
3.2 Στάδιο 1: Εκτίμηση Κατάλληλων Περιοχών.....	48
3.3 Στάδιο 2: Αξιολόγηση Κατάλληλων Περιοχών	49

3.4 Στάδιο 3: Αξιολόγηση Ενεργειακής Απόδοσης Κατάλληλων Περιοχών	50
4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ.....	53
4.1 Περιοχή Μελέτης	53
4.1.1 Γενικά Στοιχεία	53
4.1.2 Πληθυσμιακά Στοιχεία.....	54
4.1.3 Μορφολογία.....	55
4.1.4 Κατηγορίες Κάλυψης Γης	55
4.1.5 Υποδομές – Δίκτυα	57
4.1.6 Φυσικό Τοπίο – Προστατευόμενες Περιοχές.....	57
4.1.7 Αρχαιολογικοί Χώροι	59
4.2 Ενεργειακά Χαρακτηριστικά.....	59
4.3 Ηλεκτροπαραγωγή από Φωτοβολταϊκά Συστήματα.....	65
4.3.1 Ηλιακό Δυναμικό	65
4.3.2 Υφιστάμενες Υποδομές.....	66
4.4 Δεδομένα	68
4.5 Στάδιο 1: Εκτίμηση Κατάλληλων περιοχών	68
4.5.1 Καθορισμός Κριτηρίων	68
4.5.2 Προσδιορισμός Απαιτούμενων Θεματικών Επιπέδων	70
4.5.3 Ανάλυση Δεδομένων	71
4.5.4 Δημιουργία Ζωνών Αποκλεισμού.....	72
4.5.5 Δημιουργία Ζωνών Επιρροής.....	77
4.5.6 Τελικές Προτεινόμενες Περιοχές.....	80
4.6 Στάδιο 2: Αξιολόγηση Κατάλληλων Περιοχών - Σταθμισμένο Άθροισμα (Weighted Sum)	82
4.7 Στάδιο 3: Αξιολόγηση Ενεργειακής Απόδοσης Κατάλληλων Περιοχών – Ανάλυση Εγγύτητας (Near).....	87
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	89
5.1 Γενικά.....	89
5.2 Προβλήματα και Προτάσεις.....	90
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	93

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4.1: Κατανομή Πληθυσμού κατά επαρχία στις απογραφές 2001 και 2011.....	50
Πίνακας 4.2: Περιοχές Προστασίας Χλωρίδας και Πανίδας – Natura 2000.....	54
Πίνακας 4.3: Ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί της Κύπρου.....	56
Πίνακας 4.4: Μέση διάρκεια ημερήσιας ηλιοφάνειας.....	61
Πίνακας 4.5: Υφιστάμενα φωτοβολταϊκά πάρκα 2012.....	63
Πίνακας 4.6: Καθορισμός αρχικών και τελικών θεματικών επιπέδων.....	66

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 2.1: Παγκόσμια συνολική παραγόμενη αιολική ενέργεια 1990-2007(σε MW)...	27
Διάγραμμα 3.1: Μεθοδολογικό πλαίσιο μελέτης.....	45
Διάγραμμα 4.1: Διείσδυση ΑΠΕ στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας Κύπρου.....	56
Διάγραμμα 4.2: Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα.....	57
Διάγραμμα 4.3: Τελική κατανάλωση ενέργειας το 2000 και το 2010.....	58
Διάγραμμα 4.4: Ποσοστά συμμετοχής ΑΠΕ στην παραγωγή ενέργειας.....	59
Διάγραμμα 4.5: Ποσοστό συμμετοχής για Θέρμανση-Ψύξη.....	60
Διάγραμμα 4.6: Ποσοστό εγκατεστημένης δυναμικότητας Ηλεκτροπαραγωγής.....	60
Διάγραμμα 4.7: Ποσοστό συμμετοχής στις Μεταφορές.....	60
Διάγραμμα 4.8: Μετατροπή γεωμετρικών στοιχείων σε θεματικά επίπεδα.....	67

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1: Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	22
Σχήμα 2.2: Αριστερά: Τα εσωτερικά εξαρτήματα μίας ηλιακής κυψέλης, Δεξιά: Η δομή ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου	24
Σχήμα 2.3: Βασικά τμήματα ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα.....	28
Σχήμα 2.4: Σκαρίφημα μιας υδροηλεκτρικής μονάδας με δεξαμενή.....	32

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1: Δυναμικό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά στις χώρες της Ευρώπης.....	19
Εικόνα 2.2: Το άτομο πυριτίου.....	20
Εικόνα 2.3: Πλαίσιο και συστοιχία φωτοβολταϊκών.....	23
Εικόνα 2.4: Αριστερά: Συστοιχίες Φ/Β πλαισίων σε οριζόντια και κάθετη διάταξη, Δεξιά: Αυτόματο περιστρεφόμενο Φ/Β πλαίσιο.....	24
Εικόνα 2.5: Μετατροπέας τάσης για Διασυνδεδεμένα Συστήματα.....	26
Εικόνα 2.6: Πάνω: Χρήση βιοαερίου από χωματερές για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος Κάτω: Ανακύκλωση στερεών αποβλήτων για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.....	35
Εικόνα 4.1: Πολιτικός και γεωφυσικός χάρτης της Κύπρου.....	50
Εικόνα 4.2: Χάρτης κάλυψης γης Κύπρου.....	51
Εικόνα 4.3: Χάρτης υδρογραφικού δικτύου της Κύπρου.....	52
Εικόνα 4.4: Χάρτης περιοχών Προστασίας Συνθήκης Natura 2000.....	54
Εικόνα 4.5: Χάρτης αρχαιολογικών χώρων και μνημείων της Κύπρου.....	55
Εικόνα 4.6: Μέση ετήσια οριζόντια ακτινοβολία.....	62

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 4.1: Ζώνες Αποκλεισμού λιμνών.....	69
Χάρτης 4.2: Ζώνες Αποκλεισμού ποταμών.....	70
Χάρτης 4.3: Ζώνες Αποκλεισμού προστατευόμενων περιοχών.....	70
Χάρτης 4.4: Ζώνες Αποκλεισμού κατηγοριών κάλυψης γης.....	71
Χάρτης 4.5: Ζώνες Αποκλεισμού αρχαιολογικών χώρων.....	72
Χάρτης 4.6: Ζώνες Αποκλεισμού οικισμών.....	72
Χάρτης 4.7: Ζώνες Αποκλεισμού οδικού δικτύου.....	73
Χάρτης 4.8: Ζώνες Αποκλεισμού υφιστάμενων Φ/Β πάρκων.....	73
Χάρτης 4.9: Τελικές Ζώνες Αποκλεισμού.....	74
Χάρτης 4.10: Ζώνες Επιρροής δικτύου ηλεκτροδότησης ΑΗΚ.....	75
Χάρτης 4.11: Ζώνες Επιρροής κλίσεων εδάφους.....	76
Χάρτης 4.12: Τελικές Ζώνες Επιρροής.....	76
Χάρτης 4.13: Αρχικές Προτεινόμενες Περιοχές.....	77
Χάρτης 4.14: Τελικές Προτεινόμενες Περιοχές.....	78
Χάρτης 4.15: Τελικές προτεινόμενες περιοχές με ποιοτική απόδοση της ακτινοβολίας.....	79
Χάρτης 4.16: Ένωση κριτηρίων με ποσοτική απόδοση.....	80
Χάρτης 4.17: Σταθμισμένο άθροισμα κριτηρίων με ίσο βάρος (weight=1).....	81
Χάρτης 4.18: Σταθμισμένο άθροισμα κριτηρίων με βάρος επί τοις εκατό (weight=100%)...82	
Χάρτης 4.19: Σύγκριση σταθμισμένου αθροίσματος κριτηρίων (weight=1) και τελικών προτεινόμενων περιοχών.....	83
Χάρτης 4.20: Σύγκριση σταθμισμένου αθροίσματος κριτηρίων (weight=100%) και τελικών προτεινόμενων περιοχών.....	83
Χάρτης 4.21: Τελικές προτεινόμενες περιοχές με βάση την ενεργειακή απόδοση.....	85

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παγκόσμιο ενεργειακό σύστημα έχει έρθει αντιμέτωπο με μεγάλες προκλήσεις τα τελευταία χρόνια, καθώς καλείται να προσαρμοστεί όχι μόνο στην αυξανόμενη ενεργειακή ζήτηση αλλά και στους ολοένα και πιο απαιτητικούς περιβαλλοντικούς στόχους. Η υπέρμετρη χρήση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, σε συνδυασμό με την ενίσχυση του ενεργειακού προβλήματος, έχει δημιουργήσει ένα πλήθος από περιβαλλοντικά, κοινωνικά, οικονομικά, πολιτικά και γενικότερα προβλήματα ολοκληρωμένης ανάπτυξης.

Παράλληλα όμως, η ανάγκη των κρατών για ενεργειακή αυτάρκεια και απεξάρτηση από εισαγόμενα καύσιμα, καθώς και η ανάγκη για αποκεντρωμένη ανάπτυξη και τόνωση της τοπικής απασχόλησης ενισχύει την διάθεση για αλλαγή και κυρίως βελτίωση του σημερινού παγκόσμιου ενεργειακού σκηνικού. Η στροφή λοιπόν, προς την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργεια (ΑΠΕ) μοιάζει περισσότερο επιτακτική από ποτέ, καθώς θα αποτελέσει τον βασικό πυρήνα επίλυσης των προβλημάτων που δημιουργούνται.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας βέβαια, δεν αποτελούν πανάκεια στο ενεργειακό πρόβλημα, αφού δεν στερούνται κάποιων περιβαλλοντικών επιπτώσεων και δεν είναι πάντα άμεσα διαθέσιμες. Όλες ανεξαιρέτως οι ΑΠΕ μπορούν να χρησιμοποιούνται επ' άπειρον αλλά με πολύ συγκεκριμένο ρυθμό. Δεν μπορούν να υποστηρίξουν οποιοδήποτε ανθρώπινο πληθυσμιακό μέγεθος, ούτε κοινωνία που μεγαθύνεται πληθυσμιακά με ταχύτατους ρυθμούς. Παρόλα αυτά όμως, μπορούν να παρέχουν την ενεργειακή βάση για τη βιώσιμη κοινωνία του μέλλοντος.

Οι ΑΠΕ είναι άφθονες σε ποσότητα, ποικίλες, αποκεντρωμένες και χωρικά διάσπαρτες. Συμβάλλουν στην αποφόρτιση του πλανήτη, από τους ενεργειακούς πόρους που συνεχώς εξαντλούνται, καθώς δεν ρυπαίνουν ποιοτικά και ποσοτικά όσο οι συμβατικές πηγές. Ακόμη, προστατεύουν έμμεσα το περιβάλλον, δημιουργούν θέσεις εργασίας, ενώ μέσω της χρησιμοποίησής τους συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου προστατεύοντας έτσι και το κλίμα του πλανήτη. Πρόκειται για εγχώριες πηγές ενέργειας, οι οποίες συνεισφέρουν έτσι στην εθνική ενεργειακή ανεξαρτητοποίηση και στην ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού. Δεν επηρεάζονται από το οικονομικό περιβάλλον, γεγονός που δίνει μεγαλύτερη ασφάλεια και σταθερότητα.

Σύμφωνα και με τα πιο πάνω, η προώθηση και εκμετάλλευση των ΑΠΕ παρουσιάζεται ως η πιο συμφέρουσα και αποτελεσματικότερη περιβαλλοντική λύση. Το ζήτημα έγκειται στο σχεδιασμό της «πράσινης» ανάπτυξης και στη χωροθέτηση τέτοιων πηγών ενέργειας. Θα πρέπει σ' αυτό το σημείο να επισημανθεί ότι το ζήτημα της χωροθέτησης των έργων ΑΠΕ αποτελεί ένα σύνθετο θέμα, καθώς συμπυκνώνει πολλαπλά ζητήματα χωρικού, περιβαλλοντικού, κοινωνικού και αναπτυξιακού χαρακτήρα.

Το θέμα που παρουσιάζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι αυτό της χωροθέτησης φωτοβολταϊκών πάρκων στην Κύπρο, μέσα από την ηλιοφάνεια που επικρατεί τους περισσότερους μήνες στο νησί, και της αξιολόγησης των προτεινόμενων περιοχών. Η προώθηση της ηλιακής ενέργειας και η χωροθέτηση των αντίστοιχων φωτοβολταϊκών έργων στην Κύπρο συνδέεται αδιαμφισβήτητα με τις αναπτυξιακές διαδικασίες, δεδομένου ότι αποτελεί τμήμα του ενεργειακού προβλήματος.

Η δομή της εργασίας αποτελείται από 5 κεφάλαια. Για τη συγγραφή αυτών των κεφαλαίων, χρησιμοποιήθηκε υλικό από τις βιβλιοθήκες του Ε.Μ.Π. σχετικό με τα γεωγραφικά συστήματα πληροφορικής (Γ.Σ.Π.), τη χωρική ανάλυση και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Επίσης, χρήσιμες αποδείχθηκαν μελέτες φορέων όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση, τα αρμόδια Υπουργεία και Υπηρεσίες, το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και η Παγκόσμια και η Ευρωπαϊκή Εταιρεία Ηλιακής Ενέργειας.

Πιο αναλυτικά, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στις πηγές ενέργειας που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος, ενώ περιγράφεται το ενεργειακό πρόβλημα τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε εθνικό επίπεδο. Ακολούθως, αναλύονται οι πολιτικές και οι στόχοι που ακολουθούν, η Ευρωπαϊκή Ένωση και η Κυπριακή Δημοκρατία, όσον αφορά τα ενεργειακά ζητήματα. Τέλος, καθορίζεται το πρόβλημα το οποίο αντιμετωπίζει η παρούσα εργασία και προσεγγίζεται ο στόχος, ο οποίος καλείται να επιτευχθεί για την επίλυση του προβλήματος.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις θεωρητικές έννοιες, πάνω στις οποίες βασίστηκε η εργασία. Αρχικά, παρουσιάζονται αναλυτικά όλες οι μορφές ΑΠΕ (αιολική, ηλιακή, υδροηλεκτρική, γεωθερμία, βιομάζα), με ιδιαίτερη έμφαση στην ηλιακή ενέργεια. Για την καλύτερη κατανόηση της εφαρμογής γίνεται επίσης αναφορά στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π). Ειδικότερα, αναλύονται τα εργαλεία και οι λειτουργίες του ArcGis, με την βοήθεια των οποίων εκπονήθηκε η διπλωματική εργασία.

Στο τρίτο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στη μεθοδολογία της εφαρμογής της παρούσας διπλωματικής, αναλύοντας τα επιμέρους στάδια που εφαρμόστηκαν για την τελική αξιολόγηση των περιοχών, για τη χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων στην Κύπρο.

Το τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζει την περιοχή μελέτης παραθέτοντας κάποια γενικά στοιχεία (πληθυσμιακά, γεωμορφολογικά, δικτύων και υποδομών) καθώς και το υφιστάμενο ενεργειακό τοπίο. Έπειτα, γίνεται η περιγραφή της εφαρμογής, με τον καθορισμό των κριτηρίων για την επιλογή των θέσεων που είναι κατάλληλες για τη χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων, ενώ ακολουθεί η τελική αξιολόγηση τους με βάση την ενεργειακή τους απόδοση.

Τέλος, στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο παραθέτονται τα τελικά συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας, προβλήματα που παρουσιάστηκαν καθώς και προτάσεις για την περαιτέρω διερεύνηση του προβλήματος.

1.1 Ενεργειακό Πρόβλημα και Πολιτική

1.1.1 Παγκόσμιο και Εθνικό Ενεργειακό Πρόβλημα

Το τελευταίο μισό του περασμένου αιώνα και ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, είναι γεγονός ότι οι ενεργειακοί πόροι του πλανήτη συνδέονται άμεσα με την ομαλή λειτουργία του οικονομικού συστήματος. Οι απαιτήσεις των γραμμών παραγωγής σε ενέργεια, όπως επίσης η αυξανόμενη κατανάλωση αλλά και η ανορθόδοξη χρήση της ενέργειας έχουν οδηγήσει στη μείωση των αποθεμάτων των ενεργειακών πόρων και επομένως στην αύξηση του κόστους εξόρυξης και παραγωγής τους.

Η ανεπάρκεια των φυσικών πόρων και η επίπτωσή τους στην οικονομική ανάπτυξη έχει απασχολήσει ιδιαίτερα τις πλούσιες οικονομικά χώρες. Μάλιστα, εξαιτίας των δυο μεγάλων ενεργειακών κρίσεων, το ενδιαφέρον για την στενότητα των ορυκτών καυσίμων έγινε ακόμα πιο έντονο. Ο προβληματισμός των κρατών, στρεφόταν πάντα γύρω από το πώς θα μπορέσει να συμβαδίσει η ευημερία στην καθημερινή κοινωνία σε συνάρτηση με την συνεχιζόμενη έλλειψη των φυσικών πόρων.

Ο ενεργειακός πόρος που κατέχει σήμερα την πρώτη θέση στην παγκοσμία κατανάλωση ενέργειας είναι το πετρέλαιο και τα προϊόντα του. Στην ίδια λίστα ενεργειακών πόρων και σε δεσπύζουσες θέσεις ακολουθούν, ο άνθρακας, ο λιγνίτης και το φυσικό αέριο. Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Δ.Ε.Ο. (Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας) η παγκόσμια ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας εμφανίζει ετήσιο ρυθμό αύξησης περίπου 1,8%. Κατά το έτος 2005 η ζήτηση, έφτανε τα 11,4 δις τόνους ισοδύναμου πετρελαίου. Σύμφωνα με προβλέψεις, η συγκεκριμένη ποσότητα πετρελαίου αναμένεται μέχρι και το 2030 να εκτοξευθεί στα 17,7 δις. Παρατηρείται λοιπόν, ότι τα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο και άνθρακας), συνεχίζουν να είναι η κύρια πηγή πρωτογενούς ενέργειας, κατέχοντας μάλιστα το μεγαλύτερο μερίδιο.

Από την άλλη, αυτή η αύξηση στη χρήση των ορυκτών καυσίμων θα έχει ως συνέπεια την αύξηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) κατά 57%, για την περίοδο 2005-2030. Ακόμη, η καύση των ορυκτών έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση στην ατμόσφαιρα και άλλων επιβλαβών ουσιών, όπως νιτρικά και ανθρακικά οξέα, καθώς και διάφορες ραδιενεργές ουσίες όπως ουράνιο και θόριο. Οι ρύποι αυτοί αποτελούν τον κυριότερο λόγο πρόκλησης του φαινομένου του θερμοκηπίου που οδηγεί στην αύξηση της θερμοκρασίας της γης.

Μέχρι το τέλος του αιώνα εκτιμάται ότι η θερμοκρασία θα ανέβει από 2 C⁰ μέχρι και 7 C⁰ σε διάφορες περιοχές του πλανήτη. Η συνεχής υπερθέρμανση του πλανήτη έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των αποθεμάτων του νερού, τις καταστροφικές πλημμύρες αλλά και τη μείωση του αριθμού των ειδών. Η ραγδαία κλιματική αλλαγή που στο παρελθόν αμφισβητήθηκε από τους οικονομικά «ισχυρούς» του παγκόσμιου χάρτη είναι πλέον εμφανής, αφού την τελευταία εικοσαετία όλο και πιο συχνά εμφανίζονται ακραία καιρικά φαινόμενα, τα οποία προκαλούν ανυπολόγιστες καταστροφές με τεράστιες πολιτικές και οικονομικές συνέπειες.

Παράλληλα όμως, το πετρέλαιο και τα λοιπά ορυκτά καύσιμα συγκαταλέγονται στους μη ανανεώσιμους πόρους. Επομένως, λόγω της αυξανόμενης ζήτησης αλλά και της ταυτόχρονης εξάντλησης αυτών, οι τιμές τους θα αυξάνονται ολοένα και περισσότερο. Τα τελευταία χρόνια οι διεθνείς τιμές του πετρελαίου έχουν φτάσει σε πρωτόγνωρα υψηλά επίπεδα σε σχέση με τις προηγούμενες δεκαετίες.

Επιπρόσθετα, οι τιμές του άνθρακα, του λιγνίτη και του φυσικού αερίου έχουν αυξηθεί με τον ίδιο ρυθμό σε σχέση με τις τιμές του πετρελαίου. Συνεπακόλουθο αυτού, είναι και οι αρκετά ψηλές τιμές στα είδη πρώτης ανάγκης οι οποίες επηρεάζονται άμεσα από τις υψηλές τιμές του «μαύρου χρυσού».

Μετά λοιπόν, από τα γεγονότα της πρώτης πετρελαϊκής κρίσης τη δεκαετία του '70 και ιδιαίτερα μετά τη συνειδητοποίηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων τη δεκαετία του '80, αναπτύχθηκε έντονα το ενδιαφέρον για την αξιοποίηση των ΑΠΕ σε συνδυασμό με τη δημιουργία αξιόπιστων και τεχνοοικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών με στόχο τη μετατροπή των ΑΠΕ σε εκμεταλλεύσιμες μορφές ενέργειας. Είναι πλέον ευρύτερα αποδεκτό, το γεγονός ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο κύριος παράγοντας για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, λόγω των διαδικασιών που απαιτούνται για την παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών ορυκτών καυσίμων.

Οι ΑΠΕ για πολλές χώρες θεωρούνται εναλλακτικές εγχώριες πηγές ενέργειας με δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο αντικαθιστώντας σε σημαντικό βαθμό τους ακριβούς εισαγόμενους ορυκτούς πόρους μειώνοντας την εξάρτηση σε αυτούς και ενισχύοντας την ασφάλεια για ενεργειακό εφοδιασμό. Επιπλέον, αυξάνεται το επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος, εφόσον η χρήση των ΑΠΕ δεν επιβαρύνει το φυσικό περιβάλλον στον ίδιο βαθμό με τα ορυκτά καύσιμα, διότι δεν υφίσταται η παραγωγή ρύπων ή αερίων που συνδράμουν στο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής. Χαρακτηριστική είναι η προσπάθεια που καταβάλλει η Σουηδία για την πλήρη απεξάρτησή της από το πετρέλαιο μέχρι το 2020.

Οι πλείστες χώρες και ακόμη περισσότερο τα νησιά παρουσιάζουν αρκετά σημαντικά ενεργειακά προβλήματα. Απ' αυτά τα νησιά, δεν θα μπορούσε να απουσιάσει και η Κύπρος καθώς λόγω της υψηλής εξάρτησης της από εισαγόμενες πηγές ενέργειας, σε συνδυασμό με την συνεχιζόμενη αύξηση της τιμής του πετρελαίου αλλά και της ζήτησης σε ενέργεια, την καθιστούν ως ένα ενεργειακά «προβληματικό» χώρο.

Συγκεκριμένα, κατά την περίοδο 2000-2010 παρατηρήθηκε μέση ετήσια αύξηση της ζήτησης σε ενέργεια της τάξης του 6,1%. Το 2010 οι εισαγωγές πετρελαιοειδών αποτελούσαν το 19,7% των συνολικών εισαγωγών, με αποτέλεσμα να κοστίζουν στην Κυπριακή Δημοκρατία 1,3 δις ευρώ. Σύμφωνα με την Υπηρεσία Ενέργειας Κύπρου, κατά την ίδια περίοδο, η πρωτογενής κατανάλωση προϊόντων για την παραγωγή ενέργειας προερχόταν κατά 95,6% από εισαγόμενα πετρελαιοειδή.

Ακόμη, η Κύπρος λόγω της ιδιαίτερης γεωγραφικής της θέσης δεν έχει κάποια ενεργειακή σύνδεση με άλλες χώρες. Το ενεργειακό της σύστημα χαρακτηρίζεται απομονωμένο, εφόσον δεν είναι διασυνδεδεμένο με αγωγούς πετρελαίου, φυσικού αερίου ή δικτύων μεταφοράς ενέργειας, πράγμα το οποίο συμβαίνει κυρίως σε αρκετές χώρες της Ευρασίας. Παράλληλα, και σε αρκετές περιπτώσεις αποτρεπτικά στην ανάπτυξη πρωτοβουλιών στον τομέα των ενεργειακών επενδύσεων, δρουν οι διάφορες νομοθεσίες περί προστασίας και ανάδειξης του νησιωτικού περιβάλλοντος.

Είναι γεγονός πως τόσο η αυξημένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας όσο και οι διάφορες εποχιακές διακυμάνσεις αυτής, κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, συχνά φέρνει στο όριο του το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η υπερβολική ζήτηση σε συνδυασμό με την άσκοπη και αχρείασθη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, έχουν ως αποτέλεσμα το σύστημα παραγωγής να «πέφτει» και οι διακοπές ηλεκτρικού ρεύματος, να αποτελούν κυρίως ένα συχνό καλοκαιρινό φαινόμενο.

Δυστυχώς, στα είδη υπάρχοντα ενεργειακά προβλήματα, ήρθε να προστεθεί ένα ακόμη μεγαλύτερο. Τις πρωινές ώρες τις 11ης Ιουλίου του 2011, σημειώθηκε μεγάλη έκρηξη στη Ναυτική βάση, στο Μαρί της επαρχίας Λάρνακας. Η έκρηξη, στοίχησε τη ζωή σε 13 ανθρώπους, ενώ έπληξε και την οικονομία του νησιού. Η ενεργειακή υποδομή της χώρας καταστράφηκε, καθώς το 53% της συνολικής δυναμικότητας παραγωγής των 793 MW, του ηλεκτροπαραγωγικού σταθμού στο Βασιλικό τέθηκε εκτός λειτουργίας. Συνολικά η διαθέσιμη ικανότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας περιορίστηκε στα 1163 MW. Επιπλέον η κατάσταση αυτή είχε ως αποτέλεσμα την μείωση του ΑΕΠ 2,4% σε ετήσια βάση, την μείωση των εργασιών στις επιχειρήσεις και την αύξηση της ανεργίας. Επίσης, την αύξηση των εξόδων της Αρχής Ηλεκτρισμού Κύπρου (ΑΗΚ) σε 160 εκατ. ευρώ και την κάλυψη τους από αυξήσεις στο ηλεκτρικό ρεύμα που κλήθηκε να πληρώσει ο Κυπριακός λαός.

Κλείνοντας και με βάση τα προαναφερόμενα, η κατάσταση που επικρατεί μέχρι σήμερα στην Κύπρο, με τις συνεχιζόμενες διακοπές ρεύματος και με την οικονομία να μην έχει ακόμα ορθοποδήσει, η επίλυση του ενεργειακού προβλήματος κρίνεται ακόμα πιο επιβεβλημένη. Η Κυπριακή Δημοκρατία και οι αρμόδιοι φορείς, οφείλουν να βρουν λύσεις για χάραξη μιας στρατηγικής γύρω από το όλο θέμα και να δημιουργήσουν ένα υγιές ενεργειακό σύστημα, το οποίο θα βασίζεται περισσότερο στην εκμετάλλευση και χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

1.1.2 Ευρωπαϊκοί και Εθνικοί Στόχοι για τις ΑΠΕ

Κινητήρια δύναμη για την κινητοποίηση της Ευρώπης στα θέματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτέλεσαν τα γεγονότα της πρώτης πετρελαϊκής κρίσης τη δεκαετία του '70 και η συνειδητοποίηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων τη δεκαετία του '80. Αποτέλεσμα των πρώτων κινητοποιήσεων ήταν η ψήφιση της Λευκής Βίβλου της ΕΕ το 1997, για θέματα που αφορούσαν τις ΑΠΕ. Βασικός και

Κεντρικός στόχος της Λευκής Βίβλου ήταν ο διπλασιασμός των ΑΠΕ στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση της ΕΕ από 6% που ήταν το 1995 σε 12% το 2010.

Με τη Βίβλο αυτή αλλά και τις ακόλουθες οδηγίες και πολιτικές η ΕΕ επιδίωξε να πετύχει:

1. Μεγαλύτερη ασφάλεια καυσίμων στην ΕΕ και μείωση της εξάρτησης της ΕΕ από τις εισαγωγές ενέργειας.
2. Αύξηση της απασχόλησης και βιομηχανικής ανάπτυξης καθώς η εφαρμογή τεχνολογιών ΑΠΕ προϋποθέτει περισσότερη εργασία απ' ό,τι οι τεχνολογίες αξιοποίησης ορυκτών καυσίμων.
3. Αύξηση της ανταγωνιστικότητας της ευρωπαϊκής βιομηχανίας.
4. Μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και γενικά προστασία του περιβάλλοντος.

Ο στόχος του 12% υιοθετήθηκε σε Οδηγία του 2001 για την προώθηση των ΑΠΕ, και η οποία περιελάμβανε στόχο για την παραγωγή ηλεκτρισμού από ΑΠΕ, για τις ΕΕ-15, στο 22,1%. Η νομοθεσία ήταν ένα σημαντικό κομμάτι των μέτρων της ΕΕ για την εκπλήρωση των υποχρεώσεων της, που εκπορεύονταν από το Πρωτόκολλο του Κιότο. Παρ' όλα αυτά οι στόχοι δεν ήταν δεσμευτικοί και στην ουσία έγινε ξεκάθαρο ότι δεν θα επιτυγχάνονταν.

Έτσι τον Ιανουάριο του 2007 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε τον Χάρτη Πορείας για τις ΑΠΕ θέτοντας μια μακροπρόθεσμη στρατηγική. Οι Ευρωπαίοι ηγέτες υπέγραψαν για ένα δεσμευτικό στόχο, κατά τον οποίο μέχρι το 2020, το 20% των ενεργειακών αναγκών της ΕΕ θα πρέπει να καλύπτεται από τις ΑΠΕ, περιλαμβανομένων της βιομάζας, της υδραυλικής ενέργειας, της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, οι ηγέτες της ΕΕ συμφώνησαν σε μια νέα Οδηγία (Οδηγία 2009/28/ΕΚ) για την προώθηση των ΑΠΕ, και η οποία θέτει στόχους για κάθε Κράτος Μέλος της ΕΕ ξεχωριστά. Στα πλαίσια του πιο πάνω στόχου, οριοθετήθηκε και στόχος για τη χρήση βιοκαυσίμων στα μέσα μεταφοράς που θα πρέπει να αποτελούν το 10% των χρησιμοποιημένων καυσίμων έως το 2020.

Στην Κύπρο η ενεργειακή πολιτική καθορίζεται από το Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού σε συνεργασία με όλους τους εμπλεκόμενους φορείς, και τελικά εγκρίνεται από το Υπουργικό Συμβούλιο. Οι στόχοι που πρέπει να υλοποιηθούν προσδιορίζονται έπειτα από την εξέταση των ενεργειακών αναγκών της χώρας από το Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού και λαμβάνοντας υπόψη, τις υποχρεώσεις που απορρέουν από τις διεθνείς συνθήκες και συμβάσεις, για τον ορθό καθορισμό των αξόνων που θα κινηθεί η πολιτική. Έτσι, η εθνική ενεργειακή πολιτική εστιάζεται σε τρεις βασικούς πυλώνες οι οποίοι είναι οι εξής:

- Η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού
- Η ανταγωνιστικότητα
- Η προστασία του περιβάλλοντος

Με την επίδραση της ενεργειακής πολιτικής της ΕΕ και συγκεκριμένα της Οδηγίας 2009/28/ΕΚ, μερικές από τις ανωτέρω γενικές επιδιώξεις της εθνικής ενεργειακής στρατηγικής έχουν μεταφραστεί, σε συγκεκριμένους ποσοτικούς στόχους για την Κυπριακή Δημοκρατία, με καταληκτική ημερομηνία το 2020. Αυτοί οι στόχοι είναι δεσμευτικοί και παρατίθενται πιο κάτω:

- Συμμετοχή των ΑΠΕ στην τελική χρήση ενέργειας κατά 13%
- Συμμετοχή των ΑΠΕ στην ενεργειακή κατανάλωση των οδικών μεταφορών κατά 10%
- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 5% σε σχέση με το 2005, για τις κατηγορίες εκτός πεδίου εφαρμογής του Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπής Αερίων του Θερμοκηπίου.

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ αναμένεται να συμβάλει θετικά στην υλοποίηση των στόχων της ενεργειακής πολιτικής της Κύπρου, σχετικά με την ασφάλεια εφοδιασμού αφού θα βοηθήσει στην ενίσχυση της ενεργειακής αυτάρκειας της χώρας και απεξάρτηση από τις εισαγωγές ενέργειας.

Η προώθηση των ΑΠΕ μέσω του Εθνικού Σχεδίου Δράσης για την Ανανεώσιμη Ενέργεια έχει παράλληλα την δυνατότητα να συμβάλει θετικά στην προστασία του περιβάλλοντος. Το 2007 οι τομείς της παραγωγής ενέργειας και μεταφοράς ήταν υπεύθυνες για το 78% των εκπομπών ρύπων του θερμοκηπίου της χώρας. Αν η εφαρμογή του Εθνικού Σχεδίου πετύχει το στόχο της αύξησης της ενεργειακής παραγωγής από ΑΠΕ στο 13%, με την εφαρμογή περιβαλλοντικά φιλικών πρακτικών, τότε οι εκπομπές αερίων ρύπων είναι δυνατό να μειωθούν σημαντικά.

1.2 Καθορισμός Προβλήματος και Στόχου της Μελέτης

Ο καθορισμός του προβλήματος, αποτελεί ουσιαστικό και αναπόσπαστο κομμάτι της διαδικασίας του σχεδιασμού. Σε κάθε μελέτη, γίνεται μια αναλυτική διατύπωση του προβλήματος καθώς αποτελεί τον βασικό άξονα προσανατολισμού της διαδικασίας. Πάνω στη διατύπωση του, θα απορρέει η διαμόρφωση του κεντρικού στόχου, όπου με την επίτευξη του θα καλείται παράλληλα να επιλύσει και το υπάρχον πρόβλημα.

Στην παρούσα διαδικασία μελέτης, το γενικό πρόβλημα που υπάρχει είναι το ενεργειακό ζήτημα στην Κύπρο, ενώ ο στόχος που τίθεται είναι η εξεύρεση κατάλληλων τεμαχίων γης για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων, ισχύς μεγαλύτερης των 100kw. Επιλέγονται φωτοβολταϊκά πάρκα ισχύς μεγαλύτερης των 100kw, καθώς το συγκεκριμένο δυναμικό θεωρείται το ελάχιστο όριο παραγωγής όπου μπορεί να επιδοτηθεί από κυβερνητικές επιχορηγήσεις, στα πλαίσια του σχεδίου χορηγιών. Με την ηλιοφάνεια που επικρατεί στην Κύπρο, ένα ενεργειακό δυναμικό ισχύς 100kw μπορεί να καλύψει τις ανάγκες μιας δημόσιας υπηρεσίας ή ακόμη κι ενός δημοτικού σχολείου. Η εξεύρεση αλλά και η αξιολόγηση των τεμαχίων, θα γίνει με τη βοήθεια των ΓΣΠ όπως επίσης και με βάση τα κριτήρια και τους κανόνες που θέτει το νομοθετικό πλαίσιο της Κύπρου (Νόμος Περί Πολεοδομίας και Χωροταξίας, Εντολή 2/ Άρθρο 6/ 2006).

Μέσα από τη μελέτη κατάλληλων περιοχών για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων γίνεται η ανάδειξη της ηλιακής ενέργειας, ως της πρωτοπόρου ΑΠΕ η οποία μπορεί να υποστηρίξει τις ενεργειακές πολιτικές της Κύπρου. Η στροφή λοιπόν στις ΑΠΕ κρίνεται αναγκαία και επιτακτική, ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι που τέθηκαν σε διεθνές επίπεδο από την Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και σε εθνικό επίπεδο από την Κυπριακή Δημοκρατία, με την απεξάρτηση από τις συμβατικές μορφές ενέργειας και την εκμετάλλευση ήπιων μορφών ενέργειας όπως η ηλιακή.

Το θέμα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ιδιαίτερα της ηλιακής ενέργειας είναι επίκαιρο, όχι μόνο δεδομένης της ανάγκης προώθησής της, αλλά και λόγω κοινωνικής, οικονομικής και περιβαλλοντικής σκοπιάς. Λόγω επίσης, των κοινοτικών δεσμεύσεων που επιβάλλει η Ευρωπαϊκή Ένωση, οι υποδομές για εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας αυξάνονται ραγδαία τόσο στην Κύπρο όσο και ανά το παγκόσμιο.

Για τους πιο πάνω λόγους, η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας μπορεί να παίξει σημαντικό και καταλυτικό ρόλο στην εξομάλυνση του ενεργειακού προβλήματος της Κύπρου. Έτσι, σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι η εξεύρεση κατάλληλων περιοχών για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων στην Κύπρο. Ωστόσο, η χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων, είναι ένα θέμα περίπλοκο καθώς εξαρτάται, όχι μόνο από την ύπαρξη φυσικών διαθέσιμων πόρων όπως ο ήλιος, αλλά και από πολλά κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά κριτήρια.

Σχετικά με τις προκαταρκτικές ενέργειες για την εφαρμογή ενός Γ.Σ.Π., αυτές πρέπει να ακολουθούν μια λογική σειρά και η μία διαδικασία να προϋποθέτει την ολοκλήρωση της προηγούμενης ώστε το τελικό αποτέλεσμα να αποτελεί μια σαφή προδιαγραφή της βάσης δεδομένων της μελέτης. Επομένως, για την ορθή εφαρμογή ενός Γ.Σ.Π., μετά τον καθορισμό του προβλήματος, θα καθορισθούν τα κριτήρια που πρέπει αυτό να πληροί, τα θεματικά επίπεδα που πρέπει να δημιουργηθούν, τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των στοιχείων, το σύστημα συντεταγμένων που θα χρησιμοποιηθεί και η οργάνωση του χώρου εργασίας για το συγκεκριμένο Γ.Σ.Π.

1.3 Μεθοδολογική Προσέγγιση της Μελέτης

Η παρούσα μελέτη ασχολείται με την εξεύρεση και αξιολόγηση των περιοχών οι οποίες είναι κατάλληλες για την χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων στην Κύπρο μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Οι κυριότεροι λόγοι για του οποίους επιλέχθηκαν τα Γ.Σ.Π για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος, είναι επειδή αποτελούν ιδανικό εργαλείο συλλογής, καταχώρησης, ενημέρωσης, διαχείρισης, ανάλυσης και απόδοσης κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά το γεωγραφικό περιβάλλον. Παράλληλα, ως εργαλείο χωρικής ανάλυσης στοχεύουν στην επίλυση χωρικών προβλημάτων και υποστηρίζουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων (Κ. Κουτσόπουλος, 2005).

Για την επίτευξη του σκοπού της εργασίας, επιλέγηκε και χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης η οποία, λαμβάνει υπόψη τόσο τους τεχνικούς και οικονομικούς παράγοντες, όσο και τους περιβαλλοντικούς και

κοινωνικούς. Προτού αρχίσει η διαδικασία, έγινε ο λεπτομερής καθορισμός του προβλήματος και των κριτηρίων χωροθέτησης, προσαρμοσμένα στο πλαίσιο της εργασίας και στην συγκεκριμένη περιοχή μελέτης. Στο πρώτο στάδιο της εργασίας στην ουσία, προσδιορίστηκαν τα απαιτούμενα θεματικά επίπεδα και με τη βοήθεια εργαλείων μοντελοποίησης και των αναλυτικών διαδικασιών προέκυψαν οι ζώνες αποκλεισμού για τη χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων, οι ζώνες επιρροής και τέλος οι κατάλληλες προς χωροθέτηση περιοχές.

Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε για την ανάδειξη της σημασίας της ολοκληρωμένης χωρικής ανάλυσης ως εργαλείου χωροθέτησης φωτοβολταϊκών πάρκων και την εξεύρεση κατάλληλων χωρικών ενοτήτων. Η συγκεκριμένη διαδικασία μεθοδολογίας, επιτρέπει τη δημιουργία βιώσιμων εγκαταστάσεων ΑΠΕ, τεχνικά και οικονομικά, παράλληλα με την αρμονική ένταξή τους στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον.

Στο επόμενο στάδιο της διαδικασίας, γίνεται η σύγκριση και η αξιολόγηση της καταλληλότητας των περιοχών του πρώτου σταδίου. Σε πρώτη φάση γίνεται μια σύγκριση των κατάλληλων περιοχών οι οποίες αποτυπώνονται σε δύο διαφορετικούς χάρτες, υπό μορφής vector ο πρώτος και υπό μορφής raster ο δεύτερος. Ενώ σε δεύτερη φάση γίνεται η αξιολόγηση των κατάλληλων περιοχών με βάση τα κριτήρια τα οποία σύμφωνα με την επιρροή (βάρος) που ασκούν στις περιοχές μετατρέπονται σε μια κλίμακα αξιολόγησης (Weighted Sum).

Κατά το τρίτο και τελευταίο στάδιο, τα κατάλληλα τεμάχια γης παρουσιάζονται ανάλογα με την εκπομπή ακτινοβολίας στην εκάστοτε περιοχή, ενώ επίσης εκφράζονται και σύμφωνα με την ενεργειακή τους απόδοση, με τη βοήθεια της ανάλυσης εγγύτητας (Near Distance). Έτσι εξάγεται η τελική αξιολόγηση καταλληλότητας των προτεινόμενων περιοχών.

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

2.1 Ορισμός και Σημασία Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)

Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν πολύ μεγάλες ποσότητες ενέργειας για τη θέρμανση χώρων, τα μέσα μεταφοράς, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τη λειτουργία βιομηχανικών μονάδων κ.ά. Η πρόοδος της οικονομίας και η αύξηση του βιοτικού επιπέδου, οδηγούν σε συνεχή αύξηση της ενεργειακής ζήτησης. Στις μέρες μας, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιείται προέρχεται από συμβατικές πηγές ενέργειας, όπως το πετρέλαιο και ο άνθρακας, πηγές ενέργειας που αργά ή γρήγορα, ως μη ανανεώσιμες, θα εξαντληθούν. Η παραγωγή και χρήση της ενέργειας που προέρχεται από αυτές τις πηγές δημιουργούν μια σειρά από περιβαλλοντικά προβλήματα, με αιχμή τους το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Αντίθετα, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), γνωστές και ως ήπιες μορφές ενέργειας ή πράσινη ενέργεια, είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από αυτόχθονες πόρους, διατίθενται σε αφθονία, ανανεώνονται μέσω φυσικών φαινομένων μόνιμου κύκλου και είναι ευρέως διαθέσιμες. Για την εκμετάλλευσή της δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, της εξόρυξη, άντληση ή καύση, παρά μόνο η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Οι μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι:

- **ο ήλιος** - ηλιακή ενέργεια, δυνατότητα παροχής θερμότητας ή/ και ηλεκτρισμού,
- **ο άνεμος** - αιολική ενέργεια,
- **η γεωθερμία** - γεωθερμική ενέργεια,
- **οι υδατοπτώσεις** - υδραυλική ενέργεια,
- **η βιομάζα** - παραγωγή θερμικής ενέργειας από αστικά, φυτικά ή ζωικά απόβλητα,
- **οι θάλασσες** - ενέργεια από κύματα, από παλίρροιες, από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού των θαλασσών.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διατίθενται ελεύθερα σε μεγάλες ποσότητες στη φύση και παράγουν ενέργεια χωρίς να αποδεδμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, την κλιματική αλλαγή και γενικότερα την επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε άμεσα για θέρμανση είτε έμμεσα, με την μετατροπή τους σε άλλη μορφή για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να καλύψει το κενό μεταξύ προσφοράς και ζήτησης αποδεδμεύοντας την αγορά ενέργειας από τα συμβατικά καύσιμα, προστατεύοντας τις οικονομίες από τις συνεχείς μεταβολές στην τιμή τους, συνεισφέροντας στην επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης ως προς την, οικονομική γραμμή, την περιβαλλοντική αλλά και την κοινωνική (*Επίσημη Εφημερίδα Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2012*).

Παρόλα αυτά, παρουσιάζονται και ορισμένα εν γένει χαρακτηριστικά που δυσχεραίνουν την αξιοποίηση και ταχεία ανάπτυξή τους. Το σημαντικότερο είναι ότι το διεσπαρμένο δυναμικό τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί, να μεταφερθεί και να αποθηκευθεί για την παραγωγή μεγάλης ποσότητας ισχύος. Επιπλέον, το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος σε σύγκριση με τις σημερινές τιμές των συμβατικών καυσίμων παραμένει ακόμη αρκετά υψηλό.

Οι κυριότερες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, σύμφωνα και με τα ήδη προαναφερθέντα είναι η ηλιακή, η αιολική, η υδροηλεκτρική (Κυματική, Παλιρροιακή), η γεωθερμία και η ενέργεια από τη βιομάζα. Στα παρακάτω κεφάλαια θα γίνει αναλυτική περιγραφή των πιο πάνω μορφών ενέργειας με ιδιαίτερη έμφαση στην ηλιακή ενέργεια και τα φωτοβολταϊκά συστήματα.

2.2 Σύγκριση ΑΠΕ

2.2.1 Ηλιακή Ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί μια ήπια μορφή ενέργειας με αυξανόμενους ρυθμούς προσδοκιών, ιδιαίτερα στην Κύπρο, η οποία διαθέτει αρκετά υψηλά ποσοστά ηλιοφάνειας. Αξιοποιείται μέσω ορισμένων τεχνολογιών που εκμεταλλεύονται τη θερμότητα και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του ήλιου για τη θέρμανση και ψύξη της κτιριακής υποδομής, αλλά και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

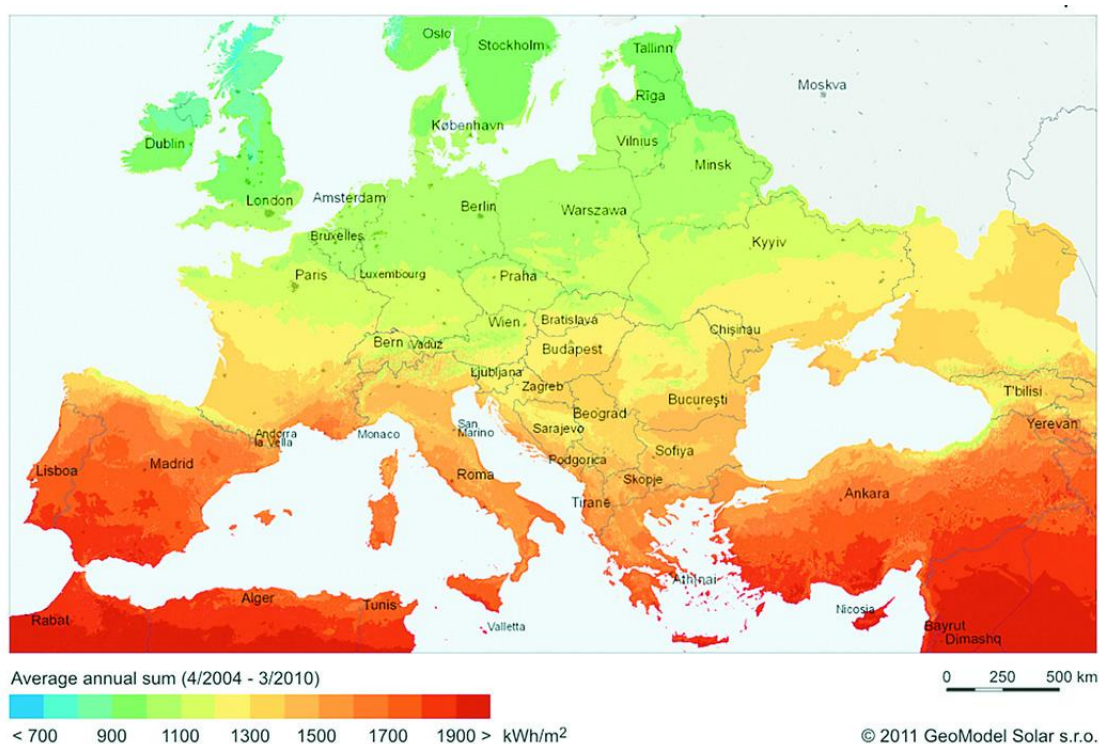
Είναι το είδος της ενέργειας που μας παρέχεται εκμεταλλεόμενοι την ηλιακή ακτινοβολία. Οι θερμικές αντιδράσεις που γίνονται στον ήλιο εκπέμπουν ενέργεια με τη μορφή πολύ ισχυρής ακτινοβολίας. Η εκπεμπόμενη ενέργεια του ήλιου προέρχεται από μετατροπή 600 περίπου εκατομμυρίων τόνων υδρογόνου σε 700 περίπου εκατομμύρια τόνους ηλίου ανά δευτερόλεπτο στο εσωτερικό της ηλιακής σφαίρας. Η διαφορά των εκατομμυρίων τόνων, που είναι μικρό μόνο κλάσμα της αρχικής ποσότητας υδρογόνου, μετατρέπεται σε ενέργεια με ισοδύναμη θερμαντική αξία 20 περίπου τόνων άνθρακα για κάθε γραμμάριο αερίου υδρογόνου που αφανίζεται.

Η επιφάνεια του ήλιου φιλοξενεί θερμοκρασία περίπου 6.000 βαθμών Κέλβιν. Ο πλανήτης μας βρίσκεται σε πολύ χαμηλότερη θερμοκρασία, καθώς έχει μια μέση τιμή 7-8 βαθμών Κελσίου. Το μέρος εκείνο της γης που βλέπει τον ήλιο, δέχεται μια συνολική ακτινοβολία, επειδή ακριβώς υπάρχει αυτή η θερμοκρασιακή διαφοροποίηση, ίση με 130.000 T/W. Η συνολική ηλιακή ενέργεια που φτάνει στην επιφάνεια της γης είναι περίπου 121.000 T/W ($3,8 \cdot 10^{24}$ J/yr). Για την κάλυψη όλων των ενεργειακών αναγκών της ανθρωπότητας αρκεί η εκμετάλλευση του 0,0001% της ενέργειας. Επομένως είναι φυσιολογικό να πει κανείς ότι η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί τελικά να είναι η εξέχουσα πηγή ενέργειας στον πλανήτη μας.

Η ηλιακή ενέργεια αξιοποιείται μέσα από τα παθητικά αλλά και ενεργητικά ηλιακά συστήματα. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι τα τεχνικά μέρη του κτιρίου, όπου αν αξιοποιήσουμε τους νόμους περί μεταφοράς θερμότητας, απορροφούν την

ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν σε μορφή θερμότητας και την κατανέμουν στο χώρο. Η απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας σχετίζεται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα πραγματοποιούνται με μεθόδους φυσικού φωτισμού και χρησιμοποιούν τρόπους για το φυσικό δροσισμό των κτιρίων κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι κατά βάση τεχνολογικά κατασκευάσματα που δεσμεύουν την ηλιακή ενέργεια, τη μετατρέπουν και τη διανέμουν, χρησιμοποιώντας είτε κάποιο υγρό είτε αέρα ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι χρήσιμα για θέρμανση νερού, για τον κλιματισμό κτιρίων, για βιομηχανικές πρακτικές, για αφαλάτωση και για διάφορες υπαίθριες εργασίες. Η πιο λυτή και δημοφιλέστερη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι γνωστοί σε όλους μας ηλιακοί θερμοσίφωνες. Η Κύπρος είναι η πρώτη χώρα στην Ευρώπη σε συλλέκτες ανά κάτοικο.

Το κυριότερο όμως ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, εντάθηκε όταν χάρις στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, διαπιστώθηκε η πρακτική δυνατότητα της εύκολης, άμεσης και αποδοτικής μετατροπής της ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια με την κατασκευή φωτοβολταϊκών γεννητριών.



Εικόνα 2.1: Δυναμικό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά στις Χώρες της Ευρώπης (Πηγή: Ίδρυμα Ενέργειας – Ευρωπαϊκή Επιτροπή)

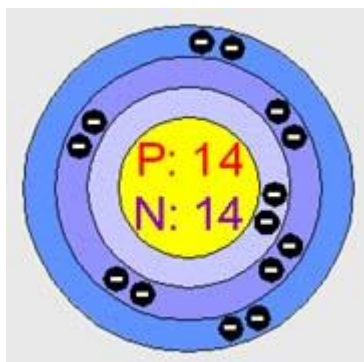
Η πρώτη παρατήρηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου έγινε το 1839 από τον Γάλλο φυσικό Henri Becquerel. Ο Becquerel ανακάλυψε πως είναι δυνατόν να εμφανισθεί ηλεκτρικό ρεύμα όταν μια φωτεινή πηγή εφαρμοσθεί σε ορισμένα χημικά διαλύματα. Το 1883, η πρώτη ηλιακή κυψέλη κατασκευάστηκε από τον Charles Fritts, ο οποίος χρησιμοποίησε το σελήνιο με ένα εξαιρετικά λεπτό στρώμα χρυσού για την κατασκευή των ενώσεων. Η συσκευή ήταν περίπου 1% αποτελεσματική. Στη

συνέχεια, ο Ρώσος φυσικός Aleksandr Stoletov κατασκεύασε την πρώτη ηλιακή κυψέλη με βάση το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο (το ανακάλυψε ο Heinrich Hertz νωρίτερα το 1887). Ενώ, το 1946 ο Russell Ohl κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας την κατασκευή ενώσεων ηλιακών κυψελών. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο άρχισε να γίνεται παγκοσμίως γνωστή κυρίως με την ανακοίνωση της πρώτης κατασκευής ηλιακής κυψέλης πυριτίου από τους Fuller, Pearson και Charpin το 1954.

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και η λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος στηρίζεται στις βασικές ιδιότητες των ημιαγωγών. Όταν το φως προσπίπτει σε μια επιφάνεια είτε ανακλάται, είτε την διαπερνά (διαπερατότητα) είτε απορροφάται από το υλικό της επιφάνειας. Η απορρόφηση του φωτός ουσιαστικά σημαίνει την μετατροπή του σε μια άλλη μορφή ενέργειας (σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας) η οποία συνήθως είναι η θερμότητα.

Παρόλα αυτά όμως υπάρχουν κάποια υλικά τα οποία έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την ενέργεια των προσπίπτοντων φωτονίων σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτά τα υλικά είναι οι ημιαγωγοί και σε αυτά οφείλεται επίσης η τεράστια τεχνολογική πρόοδος που έχει συντελεστεί στον τομέα της ηλεκτρονικής και συνεπακόλουθα στον ευρύτερο χώρο της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών.

Το χαρακτηριστικό στοιχείο ενός ημιαγωγού που το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα υλικά είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων του ατόμου στην εξωτερική του στοιβάδα (σθένους). Ο περισσότερο γνωστός ημιαγωγός και το πιο σύνηθες υλικό κατασκευής των ηλιακών κυψελών είναι το πυρίτιο (Si).



Εικόνα 2.2: Το άτομο πυριτίου

Το πυρίτιο έχει κάποιες ιδιαίτερες χημικές ιδιότητες στην κρυσταλλική του δομή. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.4, ένα άτομο πυριτίου έχει 14 ηλεκτρόνια κατανομημένα σε τρεις διαφορετικές στοιβάδες. Οι πρώτες δύο στοιβάδες, αυτές που είναι πιο κοντά στο κέντρο, είναι συμπληρωμένες (2 και 8 ηλεκτρόνια αντίστοιχα). Η εξωτερική στοιβάδα όμως έχει μόνο 4 ηλεκτρόνια ενώ θα έπρεπε να έχει 8. Γι' αυτό μοιράζεται ηλεκτρόνια με τα γειτονικά του άτομα. Έτσι, τα άτομα συνδέονται μεταξύ τους και σχηματίζουν την κρυσταλλική δομή του πυριτίου, που είναι πολύ σημαντική για τις ηλιακές κυψέλες.

Αυτό είναι και το καθαρό κρυσταλλικό πυρίτιο, το οποίο είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού αφού κανένα ηλεκτρόνιο του δεν είναι ελεύθερο να μετακινηθεί όπως τα ηλεκτρόνια στους καλούς αγωγούς, σαν το χαλκό. Αντίθετα τα ηλεκτρόνια του είναι «κλειδωμένα» στην κρυσταλλική δομή του. Το πυρίτιο σε μια ηλιακή κυψέλη τροποποιείται ελαφρά έτσι ώστε να μπορέσει να λειτουργήσει σαν ηλιακή κυψέλη.

Το κρυσταλλικό πυρίτιο αναμιγνύεται με άτομα φωσφόρου. Ο φώσφορος έχει 5 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στοιβάδα και όχι 4 όπως το πυρίτιο. Πάλι συνδέεται με τα γειτονικά του άτομα πυριτίου αλλά ο φώσφορος έχει ένα ηλεκτρόνιο που δεν συνδέεται με κάποιο άλλο. Δεν σχηματίζει δεσμό, αλλά υπάρχει ένα θετικό πρωτόνιο στον πυρήνα του φωσφόρου που το συγκρατεί.

Όταν διοχετεύεται ενέργεια στο καθαρό πυρίτιο, για παράδειγμα με τη μορφή θερμότητας, μερικά ηλεκτρόνια σπάζουν τους δεσμούς τους και φεύγουν από τα άτομα τους. Τότε δημιουργείται μια κενή θέση στο άτομο. Αυτά τα ηλεκτρόνια περιφέρονται τυχαία μέσα στο κρυσταλλικό πυρίτιο αναζητώντας μια άλλη θέση. Έτσι μεταφέρουν την ενέργεια (ηλεκτρικό ρεύμα). Είναι τόσο λίγα που δεν είναι πολύ χρήσιμα. Το πυρίτιο, όμως, με άτομα φωσφόρου είναι κάτι διαφορετικό. Χρειάζεται λιγότερη ενέργεια για να ελευθερωθεί το επιπλέον ηλεκτρόνιο του φωσφόρου, αφού αυτό δεν σχηματίζει δεσμό με άλλο (τα γειτονικά ηλεκτρόνια δεν το συγκρατούν).

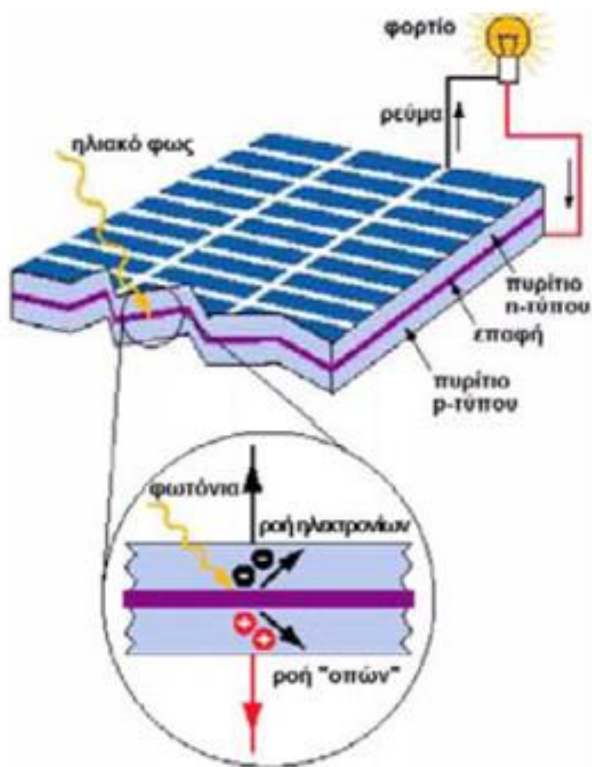
Σαν αποτέλεσμα τα περισσότερα από αυτά τα ηλεκτρόνια ελευθερώνονται και γίνονται φορείς ηλεκτρικού ρεύματος, που είναι πολύ περισσότεροι από αυτούς του κρυσταλλικού πυριτίου. Η διαδικασία μίξης ατόμων κρυσταλλικού πυριτίου με άτομα φωσφόρου δημιουργεί πυρίτιο που ονομάζεται πυρίτιο τύπου N (Negative, Αρνητικό) εξαιτίας της υπεροχής του αριθμού των ηλεκτρονίων και είναι καλός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος.

Στην πραγματικότητα όμως μόνο ένα μέρος της ηλιακής κυψέλης είναι πυρίτιο τύπου N. Το άλλο μέρος είναι ανάμειξη κρυσταλλικού πυριτίου με βόριο, το οποίο έχει μόνο 3 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στοιβάδα αντί για 4, και μετατρέπεται σε πυρίτιο τύπου P. Αντί να έχει ελεύθερα ηλεκτρόνια, το πυρίτιο τύπου P (Positive, θετικό) έχει ελεύθερες θέσεις. Οι θέσεις αυτές είναι ουσιαστικά απουσία ηλεκτρονίων, και έτσι μεταφέρουν αντίθετο φορτίο (θετικό) και περιφέρονται όπως και τα ηλεκτρόνια.

Όταν τοποθετηθούν μαζί πυρίτιο τύπου P και N, η ηλιακή κυψέλη έχει τουλάχιστον ένα ηλεκτρικό πεδίο. Χωρίς ηλεκτρικό πεδίο, η κυψέλη δεν θα λειτουργούσε. Ξαφνικά τα ηλεκτρόνια του πυριτίου τύπου N ψάχνουν για ελεύθερες θέσεις και προσπαθούν να καλύψουν τις κενές θέσεις στο πυρίτιο τύπου P. Το ηλεκτρικό πεδίο λειτουργεί σαν ηλεκτρόδιο, επιτρέποντας τα ηλεκτρόνια να περάσουν από το πυρίτιο P στο N αλλά όχι αντίστροφα. Έτσι, δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο που λειτουργεί σαν ηλεκτρόδιο, στο οποίο τα ηλεκτρόνια μπορούν να κινηθούν σε μια μόνο κατεύθυνση.

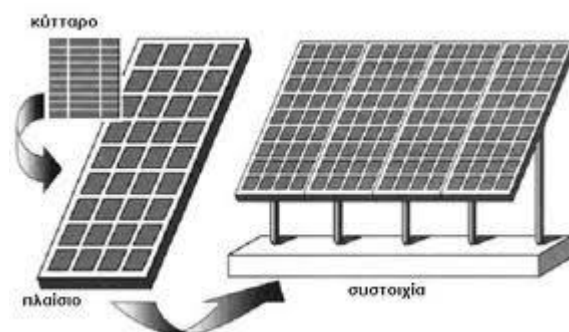
Άρα λοιπόν, η λειτουργία των ηλιακών κυψελών βασίζεται στην δημιουργία ηλεκτροστατικού φράγματος δυναμικού. Όσο διαρκεί η ακτινοβολήση της κυψέλης, δημιουργείται μια περίσσεια από ζεύγη φορέων. Αν οι ελεύθεροι αυτοί φορείς δεν επανασυνδυαστούν αλλά βρεθούν στην περιοχή της ένωσης P-N, θα δεχτούν το ενσωματωμένο ηλεκτροστατικό πεδίο της διόδου και θα διαχωριστούν. Έτσι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου N και οι οπές μεταφέρονται προς το τμήμα τύπου P, με αποτέλεσμα η συσσώρευση αυτή του φορτίου στα δυο τμήματα να δημιουργεί μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες της διόδου. Η διάταξη, δηλαδή, λειτουργεί ως ορθά πολωμένη δίοδος και ως πηγή ηλεκτρικού ρεύματος για όσο διαρκεί η οπτική διέγερση.

Η εκδήλωση της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στις δυο όψεις της ηλιακής κυψέλης σύμφωνα με την διαδικασία που προαναφέρθηκε ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο (Σχήμα 2.1).



Σχήμα 2.1: Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Επειδή η ενέργεια που παράγεται από μια ηλιακή κυψέλη είναι περιορισμένη και προκειμένου να παραχθεί μια σημαντική ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος, πολλές ηλιακές κυψέλες συνδέονται μεταξύ τους ηλεκτρονικά, σχηματίζοντας έτσι ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Όταν πρόκειται για εγκαταστάσεις, στις οποίες γίνεται παραγωγή μέσης ή μεγάλης ποσότητας ηλεκτρικής ισχύος, απαιτείται η ύπαρξη πολλών φωτοβολταϊκών πλαισίων, τα οποία συνδέονται και σχηματίζουν ένα φωτοβολταϊκό πάρκο. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια διατάσσονται με τέτοιο τρόπο, στο διαθέσιμο χώρο, ώστε να μην προκαλούνται προβλήματα σκίασης μεταξύ των διαφορετικών σειρών των πλαισίων.



Εικόνα 2.3: Πλαίσιο και συστοιχία φωτοβολταϊκών

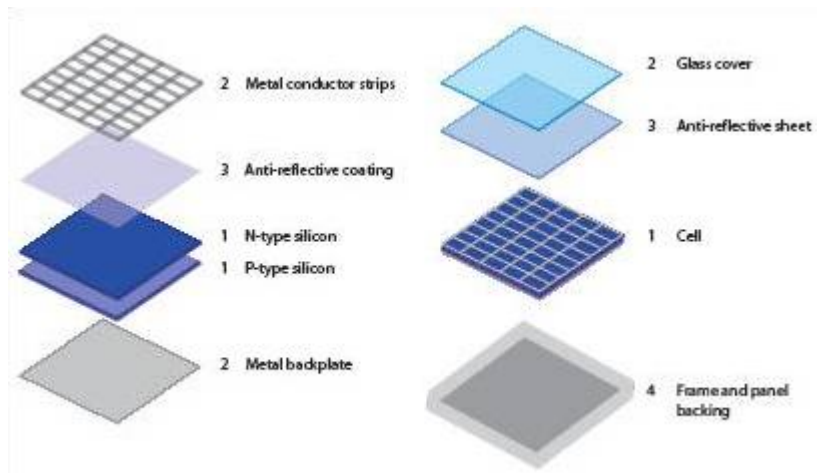
Για λόγους μηχανικής αντοχής και ευχρηστίας, οι ηλιακές κυψέλες έχουν ενσωματωμένα στο περίγραμμά τους μεταλλικά ελάσματα αναδυσόμενου αλουμινίου και για λόγους προστασίας είναι αεροστεγώς και υδατοστεγώς κλεισμένα μέσα σε ειδικό γυαλί και ειδικό μονωτικό πλαστικό. Οι ηλιακές κυψέλες αποτελούνται από:

- Μεταλλική βάση
- Πυρίτιο τύπου P
- Πυρίτιο τύπου N
- Μη-ανακλαστικό στρώμα επικάλυψης
- Μεταλλικά αγώγιμα ελάσματα

Ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από έναν αριθμό ηλιακών κυψελών. Για να γίνει εφικτή η λειτουργία του πλαισίου, είναι σημαντικό να προστατεύονται οι ηλιακές κυψέλες από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Για παράδειγμα, οι ηλιακές κυψέλες είναι πολύ λεπτές και άρα επιρρεπείς σε μηχανικές βλάβες. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι φωτοβολταϊκών πλαισίων και η δομή τους συχνά είναι διαφορετική για τα διάφορα είδη ηλιακών κυψελών ή για τις ποικίλες εφαρμογές τους. Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από διάφορα στρώματα, τα οποία είναι:

- Ειδικό γυαλί
- Συμπυκνωμένο υλικό (Ethylene Vinyl Acetate (EVA) Sheet) για την ενθυλάκωση των κυψελών
- Ηλιακές κυψέλες
- Συμπυκνωμένο υλικό (EVA)
- Ειδικό γυαλί
- Κενό αέρος
- Ειδικό γυαλί

Οι ηλιακές κυψέλες περικλείονται συνήθως από δύο κομμάτια γυαλιού ή ένα φύλλο γυαλιού και ένα πλαστικού, ενώ μερικές φορές εξ ολοκλήρου από πλαστικό. Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 2.2) φαίνονται συνοπτικά τα εσωτερικά εξαρτήματα μίας ηλιακής κυψέλης αλλά και η δομή ενός γενικού φωτοβολταϊκού πλαισίου.



Σχήμα 2.2: Αριστερά: Τα εσωτερικά εξαρτήματα μίας ηλιακής κυψέλης, Δεξιά: Η δομή ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου

Όσον αφορά την τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων στην εγκατάσταση, σαν αρχική προϋπόθεση είναι ο τρόπος διάταξης τους πάνω στις βάσεις στήριξης που είναι καρφωμένες μέσα στο έδαφος μετά από μια σειρά χωματουργικών εργασιών. Η διάταξη των πλαισίων μπορεί να είναι είτε οριζόντια (landscape), δηλαδή με τη μεγάλη τους πλευρά παράλληλα στο έδαφος, είτε κατακόρυφα (portrait) με τη μεγάλη πλευρά κάθετα στο επίπεδο του εδάφους. Επίσης με τη συνεισφορά της τεχνολογίας, εντοπίζονται στην αγορά και τα αυτόματα περιστρεφόμενα φωτοβολταϊκά πλαίσια, τα οποία στην ουσία «ακολουθούν» την πορεία του ήλιου, από την ανατολή μέχρι και τη δύση του.



Εικόνα 2.4: Αριστερά: Συστοιχίες Φ/Β πλαισίων σε οριζόντια και κάθετη διάταξη, Δεξιά: Αυτόματο περιστρεφόμενο Φ/Β πλαίσιο

Η Κυπριακή νομοθεσία προβλέπει ότι, η τοποθέτηση συστοιχιών φωτοβολταϊκών πλαισίων σε ένα τεμάχιο γης δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 60% του συνολικού του εμβαδού. Άρα, και με βάση τους υπολογισμούς που έχουν γίνει, για την χωροθέτηση φωτοβολταϊκού πάρκου ισχύς 100kw, συμπεραίνεται ότι απαιτείται εμβαδόν τεμαχίου γης, τουλάχιστον 4000τ.μ (4 στρέμματα). Ακόμη, σύμφωνα και με τα στοιχεία του Υπουργείου Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού, η αζιμουθιακή γωνία τοποθέτησης των βάσεων στο χώρο εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού πάρκου θα πρέπει να είναι στραμμένη Νότια – Νοτιοανατολικά και Νότια – Νοτιοδυτικά, και η σταθερή γωνία στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων να είναι

περίπου 30° ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Η επιλογή του παραπάνω προσανατολισμού, γίνεται προκειμένου να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή ενεργειακή απόδοση των φωτοβολταϊκών συστοιχιών στην τοποθεσία που πρόκειται να εγκατασταθούν.

Μία άλλη σημαντική παράμετρος που λαμβάνεται υπόψη σε μια μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκών είναι η σκίαση. Συγκεκριμένα σε τοποθεσίες που σκιάζονται από παρακείμενα εμπόδια όπως ψηλά κτίρια, δέντρα ή που μελλοντικά έχει προβλεφθεί ότι θα σκιάζονται έντονα, μπορεί η απόφαση για εγκατάσταση να είναι απαγορευτική. Αφού διεξαχθούν όλες οι απαραίτητες ρυθμίσεις ώστε η σκίαση από γειτονικά αντικείμενα να είναι αδύνατη, θα πρέπει να υπολογιστεί το φαινόμενο της σκίασης μεταξύ των φωτοβολταϊκών πλαισίων του πάρκου.

Η σκίαση μεταβάλλεται ανάλογα με την εποχή και είναι μεγαλύτερη στο χειμερινό ηλιοστάσιο(21 Δεκεμβρίου) όπου ο ήλιος έχει τη μικρότερη γωνία ως προς το επίπεδο όπου τοποθετούνται τα πλαίσια. Αντίθετα, στο θερινό ηλιοστάσιο(21η Ιουνίου) είναι η μεγαλύτερη. Οι συνέπειες τυχόν σκίασης, που μπορεί να δημιουργηθεί σ' ένα πλαίσιο από το αμέσως γειτονικό του σε άλλη συστοιχία, μπορεί να είναι καταστροφικές για το πλαίσιο αυτό. Η σκίαση ή η βλάβη μιας και μόνο ηλιακής κυψέλης, θα μπορούσε να επιφέρει ολική αχρήστευση του πλαισίου.

Μια σκιασμένη κυψέλη, συμπεριφέρεται κατά βάση όπως η δίοδος, η οποία, όταν το κύκλωμα είναι κλειστό, δέχεται από τις υπόλοιπες κυψέλες, οι οποίες δεν αντιμετωπίζουν αστοχίες, μία υψηλή αναστροφή τάση. Αν οι υπόλοιπες ηλιακές κυψέλες του πλαισίου είναι μεγάλου πλήθους, αυτή η τάση μπορεί να φτάσει την τάση διάσπασης της σκιασμένης διόδου, προκαλώντας την καταστροφή της. Για να αποτραπεί μία τέτοια εξέλιξη, το φωτοβολταϊκό πλαίσιο εφοδιάζεται με διόδους (διόδοι παράκαμψης), οι οποίες συνδέονται παράλληλα σε τμήματα των κυψελών που είναι συνδεδεμένες σε σειρά, επιτρέποντας έτσι την χρησιμοποίηση του φωτοβολταϊκού πλαισίου, ακόμα και αν κάποια ηλιακή κυψέλη του υστερεί ή καταστραφεί.

Για τη μελέτη οριζόντιας απόστασης των γειτονικών συστοιχιών χρησιμοποιούνται τόσο κάποιες μαθηματικές σχέσεις όσο και διαγράμματα ώστε ορίζοντας το ποσοστό απωλειών που είναι επιθυμητό να προκύψει από τη σκίαση, να μπορεί να υπολογιστεί η ασφαλής απόσταση που πρέπει να έχουν δύο διαδοχικές συστοιχίες. Αρχικά χρησιμοποιείται ο συντελεστής χρησιμοποιημένης επιφάνειας(**f**) που ορίζεται ως ο λόγος b/d όπου **b** το πλάτος της συστοιχίας (1.66m περίπου ανά πάνελ) και **d** η απόσταση της μίας συστοιχίας από τη γειτονική της. Όπως αναφέρεται και πιο πάνω η κατάλληλη γωνία στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων ως προς το οριζόντιο επίπεδο τόσο για την αποφυγή σκιάσεων όσο και για την επίτευξη της μέγιστης ενεργειακής απόδοσης, είναι περίπου 30° . Η απόσταση **d** είναι αρχικά άγνωστη οπότε γνωρίζοντας εξ αρχής το **b**, αν προσδιοριστεί το επιθυμητό **f**, θα γίνει εφικτό να βρεθεί και η απόσταση **d** που είναι το ζητούμενο.

Τέλος, το «προϊόν» των φωτοβολταϊκών συστοιχιών συνδέεται με μετατροπείς τάσης ή αναστροφείς τάσης DC/AC (Inverters) και διαμέσου ηλεκτρολογικών

πινάκων καταλήγει στο μετρητή πώλησης. Απ' εκεί, και με τη βοήθεια μετασχηματιστή ανύψωσης, φθάνει στον τελικό του προορισμό που είναι το δίκτυο μέσης τάσης της Αρχής Ηλεκτρισμού Κύπρου (ΑΗΚ).



Εικόνα 2.5: Μετατροπέας τάσης για Διασυνδεδεμένα Συστήματα

2.2.2 Αιολική Ενέργεια

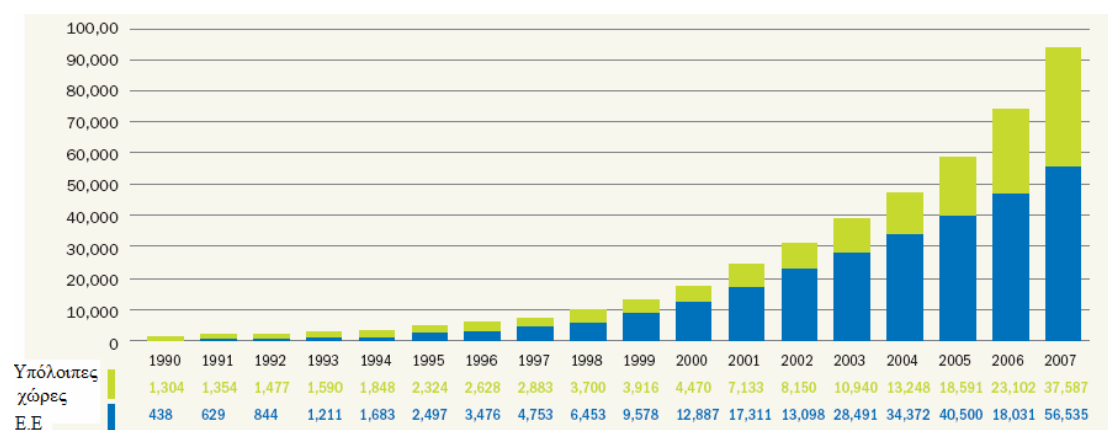
Στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συγκαταλέγεται και η αιολική ενέργεια, αφού αφ' ενός είναι φιλική προς το περιβάλλον και αφ' ετέρου είναι θεωρητικά ανεξάντλητη. Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Μετεωρολογίας, ποσοστό κοντά στο 1% της αιολικής ενέργειας είναι διαθέσιμο για ενεργειακή αξιοποίηση σε διάφορα μέρη του κόσμου (Καλδέλλης Ι., 1999). Οι πλέον ευνοημένες περιοχές του πλανήτη μας, από πλευράς αιολικού δυναμικού, είναι οι χώρες που βρίσκονται κοντά στους πόλους αλλά και στην εύκρατη ζώνη, ιδιαίτερα κοντά στις ακτές. Βέβαια, η αξιοποίηση της δωρεάν ενέργειας που προσφέρει η φύση στον άνθρωπο, προϋποθέτει την ύπαρξη των κατάλληλων μηχανών, για τη δέσμευση και τη μετατροπή της αιολικής ενέργειας στην επιθυμητή μορφή ενέργειας.

Σχολιάζοντας την αιολική ενέργεια από τεχνικοοικονομικής άποψης, αποτελεί μία από τις πλέον συμφέρουσες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δεδομένου ότι ήδη το κόστος της παραγόμενης αιολικής KWh συναγωνίζεται το κόστος της συμβατικής KWh, χωρίς να συμπεριλαμβάνονται τα πρόσθετα περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη από τη χρήση της αιολικής ενέργειας. Φυσικά, το γεγονός ότι η αιολική ενέργεια δεν είναι συνεχής και είναι μια ενέργεια με χαμηλή πυκνότητα, υποχρεώνει τον άνθρωπο στη δημιουργία μεγάλων κατασκευών για την αξιοποίηση της.

Αρκετοί επιστήμονες, με βάση υπολογισμούς, έχουν υποστηρίξει ότι η κατάλληλη αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας μπορεί να λύσει το παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα. Αυτοί οι ισχυρισμοί όμως, μάλλον είναι υπερβολικοί καθώς μόνο ένα μικρό μέρος του αιολικού δυναμικού είναι τελικά δυνατόν να αξιοποιηθεί. Παρόλα αυτά η σωστή αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, θα μπορούσε κάλλιστα να βελτιώσει το παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο και μάλιστα χωρίς πρόσθετη περιβαλλοντική επιβάρυνση.

Το κόστος της παραγόμενης αιολικής ενέργειας άρχισε να πέφτει σταθερά από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 μέχρι τις αρχές του 1990. Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας βοήθησε ώστε να γίνει ταυτόχρονα φτηνή και αξιόπιστη. Έτσι λοιπόν, αναμένεται ότι η αιολική ενέργεια θα τείνει να γίνει ακόμα πιο ανταγωνιστική οικονομικά στα επόμενα χρόνια. Η κατανόηση της λειτουργίας των αιολικών μηχανών περιλαμβάνει πολλούς τομείς γνώσεων, συμπεριλαμβανομένων της μετεωρολογίας, της αεροδυναμικής, του ηλεκτρισμού καθώς και της μηχανολογίας και της επιστήμης του πολιτικού μηχανικού (Taylor, 1996).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση κατατάσσεται πρώτη στην αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο. Η βιομηχανία της αιολικής ενέργειας αναπτύσσεται με εντυπωσιακούς ρυθμούς. Τα τελευταία χρόνια υπήρξε ραγδαία αύξηση με αποτέλεσμα η συνολική ενέργεια που αποδόθηκε το 2007, να «σώσει το περιβάλλον» από 90 τόνους διοξειδίου του άνθρακα και να τροφοδοτήσει την Ε.Ε με το 3,7% της απαιτούμενης ενέργειας. Στο διάγραμμα 2.1 φαίνεται η δραματική άνοδος που παρουσιάστηκε στην εγκατεστημένη ισχύ από το 1995 και έπειτα. Η ισχύς αυτή εκτιμάται ότι θα αυξηθεί ακόμα περισσότερο τα επόμενα χρόνια.

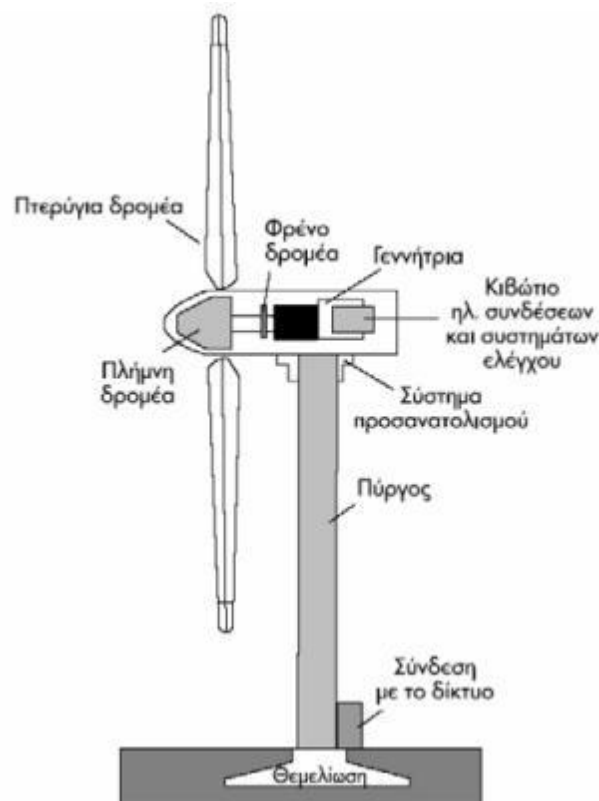


Διάγραμμα 2.1: Παγκόσμια συνολική παραγόμενη αιολική ενέργεια 1990-2007(σε MW)
(Πηγή: <http://www.erec.org> , <http://www.windplatform.eu>)

Σήμερα, για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούνται οι ανεμογεννήτριες, οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου αρχικά σε μηχανική και έπειτα σε ηλεκτρική. Στην αγορά βέβαια, έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, των οποίων οι βασικές συνιστώσες είναι ο δρομέας, η γεννήτρια και ο πύργος. Αναλυτικότερα, μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα αποτελείται από τα εξής μέρη:

- το δρομέα, που αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, που απαρτίζεται από τον κύριο άξονα, τα έδρανα και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας

- την ηλεκτρική γεννήτρια, η οποία συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική
- το σύστημα προσανατολισμού, που αναγκάζει τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου
- τον πύργο, ο οποίος στηρίζει όλη την ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση
- το σύστημα ελέγχου (ηλεκτρονικός πίνακας και πίνακας ελέγχου) που συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας, φροντίζοντας για την απρόσκοπτη λειτουργία της. (Γ. Μπεργελές, 2005)



Σχήμα 2.3: Βασικά τμήματα ανεμογεννήτριας οριζώντιου άξονα
(Πηγή: Ίδρυμα Ενέργειας Κύπρου)

Οι ανεμογεννήτριες εμπορικής κλίμακας κυμαίνονται σε μέγεθος δυναμικού από 100kW έως αρκετά MW ενώ το ύψος του πύργου κυμαίνεται από 50μ έως 135μ αναλόγως του τύπου (*Rheinisch Westfälisches Elektrizitätswerk, RWE energy*). Οι μεγαλύτερες τουρμπίνες τοποθετούνται σε ομάδες στα αιολικά πάρκα, τα οποία παρέχουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας στο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Οι μικρές, μονές τουρμπίνες, κάτω των 100kW, χρησιμοποιούνται για σπίτια και για κεραίες τηλεπικοινωνιών, ή για άντληση νερού. Οι μικρές τουρμπίνες μερικές φορές χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με γεννήτριες πετρελαίου, μπαταρίες και φωτοβολταϊκά συστήματα. Αυτά τα συστήματα ονομάζονται υβριδικά αιολικά συστήματα και συνήθως χρησιμοποιούνται σε μακρινές περιοχές, εκτός δικτύου ηλεκτροδότησης (*E. Ανδρονίκου, 2012*).

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί είτε να αποθηκευτεί σε μπαταρίες, είτε να χρησιμοποιηθεί άμεσα. Υπάρχουν τρεις βασικοί φυσικοί νόμοι που «κυβερνούν» το ποσό της διαθέσιμης από τον αέρα ενέργειας και οι οποίοι αναλύονται πιο κάτω.

Ο πρώτος νόμος δηλώνει ότι η δύναμη που παράγεται από τη γεννήτρια είναι ανάλογη προς την κυβική δύναμη της ταχύτητας του αέρα. Για παράδειγμα, εάν διπλασιαστεί η ταχύτητα του αέρα, η διαθέσιμη ισχύ οκταπλασιάζεται, ενώ εάν η ταχύτητα αέρα τριπλασιαστεί, η διαθέσιμη ισχύ γίνεται είκοσι επτά φορές περισσότερη. Αντίθετα, υπάρχει πολύ λίγη ενέργεια στον αέρα όταν αυτός έχει χαμηλή ταχύτητα. Αυτός ο νόμος σημαίνει ότι το ακριβές και λεπτομερές τοπικό στοιχείο ταχύτητας αέρα είναι απαραίτητο για να καθορίσει την πιθανή ενεργειακή παραγωγή από μια δεδομένη περιοχή, και οι γεννήτριες πρέπει να σχεδιαστούν για εκείνη την συγκεκριμένη περιοχή. Ο μέσος όρος ταχύτητας αέρα έχει συχνά μόνο περιορισμένη αξία.

Ο επόμενος νόμος, δηλώνει ότι η διαθέσιμη δύναμη είναι ανάλογη προς το εμβαδόν σάρωσης των πτερυγίων. Αυτή η δύναμη είναι ανάλογη προς το τετράγωνο του μήκους των πτερυγίων. Παραδείγματος χάριν, ο διπλασιασμός του μήκους των πτερυγίων θα αυξήσει την ισχύ τέσσερις φορές, και ο τριπλασιασμός του μήκους των πτερυγίων θα αυξήσει την ισχύ εννέα φορές.

Ο τρίτος και τελευταίος νόμος δηλώνει ότι στις ανεμογεννήτριες υπάρχει μια μέγιστη θεωρητική αποδοτικότητα της τάξης περίπου του 59-60%. Στην πράξη, οι περισσότερες ανεμογεννήτριες είναι πολύ λιγότερο αποδοτικές απ' αυτό το ποσοστό, και οι διαφορετικοί τύποι σχεδιάζονται για να έχουν τη μέγιστη αποδοτικότητα με τις διαφορετικές ταχύτητες αέρα. Οι καλύτερες ανεμογεννήτριες έχουν αποδοτικότητα μεταξύ του 35 - 40%. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, οι ανεμογεννήτριες σχεδιάζονται για να λειτουργήσουν μεταξύ ορισμένων ταχυτήτων αέρα (<http://energypoint.gr>).

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες, μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Συγκεκριμένα στην περίπτωση της Κύπρου με ένα σύστημα 3kW, το οποίο καλύπτει τις ανάγκες μιας μέσης οικογένειας, οι εκπομπές CO₂ που εξοικονομούνται ετησίως είναι περίπου 4,5 τόνοι.

2.2.3 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η υδραυλική ή αλλιώς υδροηλεκτρική ενέργεια, είναι η ενέργεια που παράγεται από την κίνηση του νερού εντός φυσικών αποδεκτών (ποτάμια, λίμνες, θάλασσες) ή τεχνικών κατασκευών (υπερχειλίσες και διαφυγές φραγμάτων). Η ενέργεια αυτή, είναι ανανεώσιμη και αποκεντρωμένη πηγή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον. Μια από τις παλαιότερες μεθόδους χρησιμοποίησης της υδροηλεκτρικής ενέργειας, είναι ο υδροτροχός. Σήμερα, η εκμετάλλευση της ενέργειας του νερού, αφορά κυρίως την παραγωγή ηλεκτρισμού, όπου ο πιο διαδεδομένος τρόπος χρήσης της, είναι μέσω των υδατοπτώσεων αλλά και των φραγμάτων. Επίσης τα τελευταία χρόνια γίνονται αρκετές επενδύσεις σε συστήματα που θα

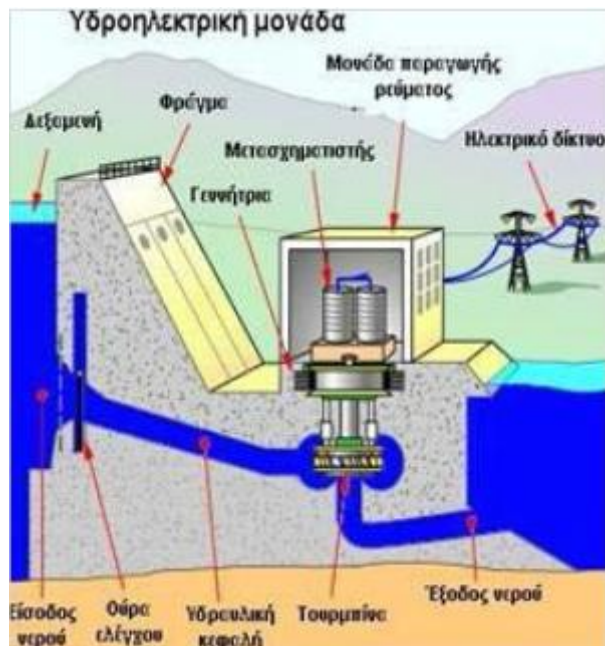
εκμεταλλεύονται την ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας αλλά και των παλιρροιών.

Εστιάζοντας στα εργοστάσια παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας, παρατηρείται ότι είναι εγκατεστημένα κυρίως σε περιοχές με τρεχούμενο νερό (φράγματα, λίμνες, ποτάμια) και εκμεταλλεύονται τη ροή ενός ποταμού ή καναλιού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η κινητική και δυναμική ενέργεια της ροής του νερού μετατρέπεται αρχικά σε μηχανική ενέργεια περιστροφής και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Από την συνολική εκάστοτε ροή, ένα σταθερό τμήμα δεν αξιοποιείται αλλά παρακάμπτεται τον στρόβιλο ώστε να διασώζεται σε αυτό ο πληθυσμός του υδατορεύματος.

Οι υδροηλεκτρικές μονάδες ποικίλλουν πολύ σε μέγεθος και δυνατότητα παραγωγής ενέργειας. Το ποσό ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να παραχθεί από μια περιοχή εξαρτάται από δύο σημαντικούς συντελεστές. Ο πρώτος είναι η υψομετρική διαφορά της στάθμης του νερού μεταξύ του φράγματος και του ποταμού (ή της λίμνης) όπου καταλήγει το νερό και ο δεύτερος είναι η ποσότητα ροής του νερού που διέρχεται. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος είναι τοποθετημένοι έτσι ώστε να μπορούν να εκμεταλλευθούν τη μέγιστη πτώση μιας μεγάλης ποσότητας νερού, στο χαμηλότερο σημείο μιας βαθιάς και απότομα πλαισιωμένης κοιλάδας ή ενός φαράγγιού, ή ακόμη κοντά στη βάση ενός φράγματος. Ακολουθώντας, το νερό συλλέγεται και αποθηκεύεται στο φράγμα, επάνω από το σταθμό παραγωγής, για να χρησιμοποιηθεί όταν αυτό απαιτείται.

Οι αρχές λειτουργίας ενός σύγχρονου υδροστρόβιλου παραμένουν οι ίδιες σε σύγκριση με τους παλιούς υδραυλικούς τροχούς. Τα πτερύγια της γεννήτριας είναι ενωμένα με έναν άξονα ο οποίος περιστρέφεται λόγω της ροής του νερού που ασκεί πίεση στα πτερύγια. Όταν το νερό έχει μεταφέρει όλη του την κινητική ενέργειά στον υδροστρόβιλο, απαλλάσσεται μέσω των αποχετεύσεων ή των καναλιών διαφυγής του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και συνεχίζει κανονικά τη ροή του στο ποτάμι. Επίσης δεν παύει να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για λόγους άρδευσης ή παροχής νερού.

Τα κύρια τμήματα μιας υδροηλεκτρικής μονάδας είναι ο υδροστρόβιλος, ο οποίος μετατρέπει την ενέργεια του νερού σε μηχανική, και η ηλεκτρική γεννήτρια η οποία βοηθάει στην μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το σύνολο της διαθέσιμης ενέργειας εξαρτάται από την ποσότητα του διαθέσιμου νερού και από την πίεσή του στο στρόβιλο. Η πίεση είναι η υδροστατική πίεση, και μετριέται ως το διανυσματικό διάστημα από το στρόβιλο έως την επιφάνεια του νερού στο φράγμα. Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος του νερού πάνω από τον κινητήρα, τόσο περισσότερη ενέργεια μεταφέρει κάθε κυβικό μέτρο νερού στον κινητήρα, που κινεί στη συνέχεια τη γεννήτρια. Όσο μεγαλύτερη η ποσότητα του νερού, τόσο μεγαλύτερος ο αριθμός και το μέγεθος των στρόβιλων που μπορούν να περιστραφούν, και τόσο μεγαλύτερη η παραγωγή ενέργειας (<http://www.energypoint.gr>).



Σχήμα 2.4: Σκαρίφημα μιας υδροηλεκτρικής μονάδας με δεξαμενή

Επιπρόσθετα, υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί να παραχθεί και από τον κυματισμό της θάλασσας. Η ενέργεια από τα κύματα παρέχει αρκετά υψηλή ενεργειακή πυκνότητα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, είναι ότι αν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί έστω και το 1% της ενέργειας που παράγεται από τους ωκεανούς της γης, θα κάλυπτε άνετα το τετραπλάσιο των ενεργειακών αναγκών του πλανήτη.

Ο σημαντικότερος λόγος που οι επενδύσεις σε αυτή την ανανεώσιμη πηγή ενέργειας δεν έχουν προχωρήσει όσο θα έπρεπε, είναι το «προβληματικό» περιβάλλον που πρέπει να εγκατασταθεί ο εξοπλισμός. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα απαιτούν εξοπλισμό που αντέχει σε μηχανικές καταπονήσεις, άρα το κατασκευαστικό κόστος τέτοιων επενδύσεων είναι αυξημένο. Τα συστήματα εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων είναι δύο. Υπάρχουν οι παράκτιες εγκαταστάσεις και θαλάσσιες εγκαταστάσεις διασυνδεδεμένες με την ξηρά.

Στις παράκτιες εγκαταστάσεις η αρχή λειτουργίας είναι απλή, και θυμίζει την ενέργεια που παράγεται από τους υδροστρόβιλους. Η συσκευή υπερχειλίσης αποτελείται από ένα κανάλι το οποίο στενεύει στο επάνω μέρος του με αποτέλεσμα να αυξάνει το ύψος των κυμάτων που εισέρχονται σε αυτό. Στο επάνω μέρος του καναλιού είναι εγκατεστημένη μια δεξαμενή η οποία γεμίζει με νερό καθώς το κύμα εισέρχεται στο κανάλι. Αυτό το νερό διοχετεύεται ξανά στη θάλασσα αφού πρώτα περάσει από έναν υδροστρόβιλο για να παραχθεί η απαραίτητη ενέργεια. Μια εξίσου παρόμοια εγκατάσταση αποτελείται από ένα θάλαμο που στο πάνω μέρος του έχει εγκατεστημένο έναν αεριοστρόβιλο συνδεδεμένο με μια ηλεκτρογεννήτρια. Καθώς το κύμα εισέρχεται μέσα στο θάλαμο, συμπιέζει τον αέρα προς τον αεριοστρόβιλο και κινεί την ηλεκτρογεννήτρια παράγοντας έτσι ηλεκτρισμό.

Όσο αφορά τις θαλάσσιες εγκαταστάσεις, υπάρχουν διάφοροι τύποι μηχανών που μετατρέπουν την ενέργεια των κυμάτων σε ηλεκτρική. Οι σημειακοί

απορροφητήρες επιπλέουν στην επιφάνεια της θάλασσας και μετατρέπουν την καθ' ύψος κίνησή τους μέσω υδραυλικών ή μηχανικών συστημάτων, σε γραμμική κίνηση ή περιστροφική για την κίνηση ηλεκτρογεννητριών. Παρεμφερές σύστημα είναι οι υποβρύχιες συσκευές διαφορικής υδροστατικής πίεσης, με τη διαφορά ότι ο συγκεκριμένος εξοπλισμός δεν επιπλέει, αλλά είναι εγκατεστημένος κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και εκμεταλλεύεται την μεταβαλλόμενη υδροστατική πίεση κάτω από τους κυματισμούς. Το «θαλάσσιο φίδι» είναι μια μηχανή που αποτελείται από μεταλλικούς σωλήνες σε μέγεθος ενός τρένου ενωμένους και τοποθετημένους παράλληλα με την κίνηση των κυμάτων. Τα κύματα ταξιδεύουν μέσα από τους σωλήνες προκαλώντας τους ταλάντωση, και ένα υδραυλικό σύστημα εκμεταλλεύεται αυτή την κίνηση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (E. Ανδρονίκου, 2012).

Στην ίδια κατηγορία με τον κυματισμό της θάλασσας, μπορεί να τοποθετηθεί και η παλιρροιακή ενέργεια, η οποία με την άνοδο και πτώση της στάθμης των ωκεανών (λόγω της επίδρασης των βαρυτικών πεδίων του ήλιου και της σελήνης στη γη) δημιουργεί στην ουσία υδροηλεκτρική ενέργεια. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι παρόμοια με αυτή των παράκτιων εγκαταστάσεων της αξιοποίησης των κυμάτων, με την κίνηση υδροστροβίλων και γεννητριών. Η κατακόρυφη άνοδος και πτώση της στάθμης των υδάτων προκαλεί επίσης την οριζόντια κίνηση υδάτινων μαζών, φαινόμενο το οποίο ονομάζεται παλιρροιακό ρεύμα. Την ενέργεια αυτού του ρεύματος μπορούν να μετατρέψουν σε ηλεκτρική οι υδροστροβίλοι, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε βάθος τέτοιο που δεν επηρεάζεται η ναυσιπλοΐα (<http://landwaterwind.blogspot.gr>).

2.2.4 Γεωθερμική Ενέργεια

Ως γεωθερμική ενέργεια χαρακτηρίζεται η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης, μεταφέρεται στην επιφάνεια με αγωγή θερμότητας και με την είσοδο στο φλοιό της γης λειωμένου μάγματος από τα βαθύτερα στρώματά της, και γίνεται αντιληπτή με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Το γεωθερμικό δυναμικό κάθε περιοχής σχετίζεται με τις γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της. Αποτελεί ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Ανάλογα με τη θερμοκρασία, η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές:

- ηλεκτροπαραγωγή (>90 °C),
- θέρμανση χώρων (με καλοριφέρ >60 °C, με αερόθερμα >40 °C, με ενδοδαπέδιο σύστημα >25 °C),
- ψύξη και κλιματισμό (με αντλίες θερμότητας απορρόφησης >60 °C, ή με υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας <30 °C)
- θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών (>25 °C), ή και για προστασία από παγετό
- ιχθυοκαλλιέργειες (>15 °C)
- βιομηχανικές εφαρμογές όπως αφαλάτωση (>60 °C),
- θερμά λουτρά (25-40 °C)

Υπάρχουν δύο κύριοι τρόποι εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας:

Ο πρώτος συνίσταται στη χρήση της θερμότητας των γεωθερμικών ρευστών για την παραγωγή ηλεκτρισμού και τη θέρμανση νερού και χώρων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται διεργασίες τόσο ανοικτού όσο και κλειστού κυκλώματος. Στην πρώτη περίπτωση το γεωθερμικό ρευστό εκτονώνεται σε δοχείο διαχωρισμού ατμού-υγρού και ο παραγόμενος ατμός οδηγείται σε στρόβιλο για την παραγωγή ηλεκτρισμού, ενώ το θερμό υγρό σε μηχανήμα εναλλαγής θερμότητας. Στην περίπτωση της διεργασίας κλειστού κυκλώματος το γεωθερμικό ρευστό οδηγείται σε μηχανήμα εναλλαγής θερμότητας προσδίδοντας θερμική ενέργεια σε κατάλληλο ρευστό το οποίο ατμοποιείται και οδηγείται στον στρόβιλο. Την απαιτούμενη παραγόμενη θερμότητα του κυκλώματος την αποδίδει σε συμπυκνωτή προτού διέλθει εκ νέου από το μηχανήμα εναλλαγής του γεωθερμικού ρευστού.

Κατά τον δεύτερο γίνεται εκμετάλλευση των θερμών μαζών του υπεδάφους ή υπόγειων υδάτων για την κίνηση αντλιών θερμότητας (γεωθερμικές αντλίες) για εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης. Οι γεωθερμικές αντλίες θεωρούνται ως από τις πλέον αποδοτικές ενεργητικές τεχνολογίες για τη θέρμανση και ψύξη χώρων. Χρησιμοποιούν τη φυσική θερμοκρασία του υπεδάφους εκμεταλλευόμενες το γεγονός ότι η τελευταία δεν ποικίλλει σημαντικά στη διάρκεια ενός έτους. Κατά τη χειμερινή περίοδο λαμβάνει χώρα μεταφορά θερμότητας από τη γη στο κτίριο μέσω κλειστού κυκλώματος νερού, ενώ κατά τη θερινή περίοδο αντιστρέφεται η διαδικασία. Θεωρούνται πιο αποτελεσματικές από τα κοινά κλιματιστικά καθώς απλώς μεταφέρουν τη θερμότητα αντί να καταναλώνουν ενέργεια για να τη δημιουργήσουν.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι η εκμετάλλευση των γεωθερμικών πεδίων επιβάλλεται να γίνεται με ορθολογιστικό τρόπο. Η ενέργεια που προέρχεται από ένα γεωθερμικό πεδίο θεωρείται ανανεώσιμη εφόσον ο ρυθμός άντλησης της θερμότητας δεν υπερβαίνει το ρυθμό επαναφόρτισης του κοιτάσματος. Στην περίπτωση μονάδων ηλεκτροπαραγωγής μπορεί να χρειαστούν αρκετές εκατοντάδες χρόνια για να επαναφορτιστεί ένα πεδίο που αποφορτίστηκε πλήρως. Τα περιφερειακά συστήματα θέρμανσης μπορεί να απαιτήσουν 100 - 200 χρόνια για να επαναφορτιστούν, ενώ οι γεωθερμικές αντλίες μόνο περίπου 30 χρόνια.

Παρόλα αυτά ο ισχυρισμός ότι η γεωθερμική ενέργεια δεν είναι πραγματικά ανανεώσιμη δεν ευσταθεί καθώς το συνολικό γεωθερμικό δυναμικό είναι πάρα πολύ μεγάλο σε σχέση με τις καταναλωτικές ανάγκες του ανθρώπου και η γεωθερμική ενέργεια είναι πρακτικά ανανεώσιμη. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι, η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη 24 ώρες τη μέρα, 365 μέρες το χρόνο.

2.2.5 Ενέργεια από Βιομάζα

Η βιομάζα αποτελεί μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας, γνωστή στον άνθρωπο εδώ και πάρα πολλά χρόνια. Με τον όρο βιομάζα ονομάζουμε οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς, όπως είναι το ξύλο και άλλα δασικά προϊόντα, αγροτικά υπολείμματα, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων, αστικά απόβλητα κλπ, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Το βιοαέριο είναι αέριο πλούσιο σε μεθάνιο το οποίο παράγεται από οργανικά απόβλητα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρική ενέργειας, αλλά και ως καύσιμο, για μηχανές εσωτερικής καύσης.

Η βιομάζα είναι δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή ηλιακής ενέργειας, αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών και αποτελείται κυρίως από ενώσεις που βασικά στοιχεία έχουν τον άνθρακα και το υδρογόνο. Οι κυριότερες μορφές βιομάζας είναι :

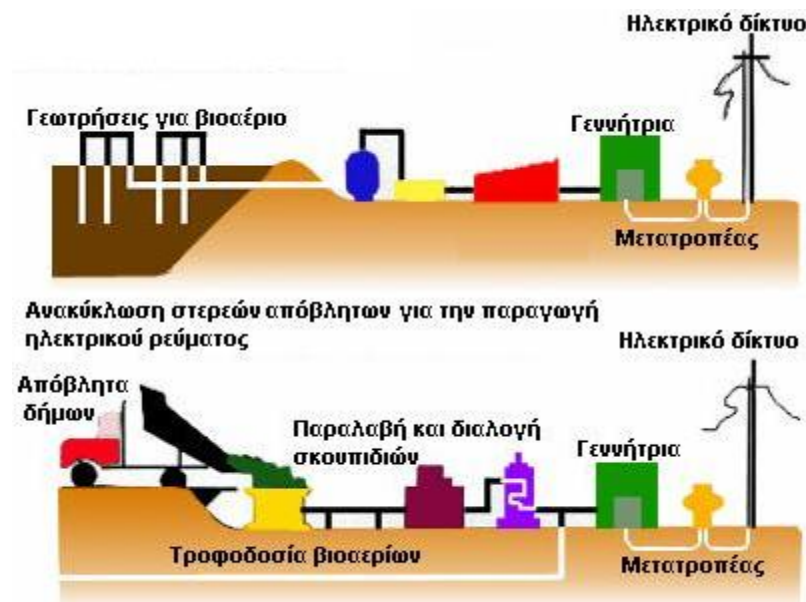
- Αγροτικά παραπροϊόντα (υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών, υπολείμματα επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων όπως κουκούτσια καρπών, πυρηνόξυλο κλπ.)
- Κτηνοτροφικά απόβλητα και απορρίμματα
- Βιομάζα δασικής προέλευσης
- Ενεργειακά φυτά (καλάμι, μίσχανθος, γλυκό σόργο, ευκάλυπτος κλπ.)
- Οργανικό μέρος των αστικών στερεών αποβλήτων

Η θέρμανση με ξύλα είναι ένα παράδειγμα χρησιμοποίησης της βιομάζας ως ενεργειακής πηγής και είναι γνωστή εδώ και πάρα πολλά χρόνια. Σήμερα οι κύριες εφαρμογές της βιομάζας ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας είναι:

- **Θέρμανση θερμοκηπίων:** χρησιμοποιείται η βιομάζα σαν καύσιμο σε κατάλληλους λέβητες για τη θέρμανση θερμοκηπίων.
- **Θέρμανση κτιρίων με καύση βιομάζας σε ατομικούς/κεντρικούς λέβητες:** χρησιμοποιούνται ατομικοί/κεντρικοί λέβητες πυρηνόξυλου για τη θέρμανση κτιρίων.
- **Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες:** χρησιμοποιείται από γεωργικές βιομηχανίες στις οποίες η βιομάζα προκύπτει σε σημαντικές ποσότητες σαν υπόλειμμα ή υποπροϊόν της παραγωγικής διαδικασίας και έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε θερμότητα. Ελαιοτριβεία, πυρηνελαιουργεία, βιομηχανίες ρυζιού καθώς και βιοτεχνίες κονσερβοποίησης καίνε τα υπολείμματά τους (υπολείμματα εκκοκκισμού, πυρηνόξυλο, φλοιοί και κουκούτσια, αντίστοιχα) για την κάλυψη των θερμικών τους αναγκών ή/και μέρος των αναγκών τους σε ηλεκτρική ενέργεια.
- **Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου:** Τα υπολείμματα βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου (πριονίδι, πούδρα, ξακρίδια κλπ) χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη των θερμικών αναγκών της διεργασίας καθώς και για την θέρμανση των κτιρίων.
- **Τηλεθέρμανση:** είναι η προμήθεια θέρμανσης χώρων καθώς και θερμού νερού χρήσης σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μια πόλη,

από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας χρησιμοποιώντας ως καύσιμο βιομάζα. Η θερμότητα μεταφέρεται με προ-μονωμένο δίκτυο αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια.

- **Παραγωγή ενέργειας από βιοαέριο:** Το βιοαέριο που παράγεται από βιομάζα καίγεται σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα μπορεί να αξιοποιείται η θερμική ενέργεια των καυσαερίων και του ψυκτικού μέσου των μηχανών για να καλυφθούν ανάγκες τις διεργασίας ή/και άλλες ανάγκες θέρμανσης (π.χ θέρμανση κτιρίων).
- **Παραγωγή βιοκαυσίμων:** Υγρά καύσιμα που παράγονται από διάφορους τύπους βιομάζας. Τα βιοκαύσιμα παράγονται από φυτικά υλικά, συγκεκριμένα είδη καλλιεργειών και από ανακυκλωμένα ή χρησιμοποιημένα σπορέλαια. Η χρήση των βιοκαυσίμων στα οχήματα έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τον τομέα των μεταφορών.



*Εικόνα 2.6: Πάνω: Χρήση βιοαερίου από χωματερές για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος
Κάτω: Ανακύκλωση στερεών αποβλήτων για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος*

Κλείνοντας, παρουσιάζονται αρκετά πλεονεκτήματα των τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας από βιομάζα. Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, συνεισφέρει στην γενικότερη ανάπτυξη του αγροτοβιομηχανικού τομέα, όπως επίσης και στην τόνωση του αγροτικού εισοδήματος. Ακόμη, η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), άρα δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα, άρα στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στη βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου με την εξοικονόμηση του συναλλάγματος.

2.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των ΑΠΕ

Οι Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν τη σύγχρονη απάντηση στα περιβαλλοντικά προβλήματα της γης και γι αυτό η χρήση τους επεκτείνεται όλο και περισσότερο. Εκτός αυτού τα Ευρωπαϊκά κράτη αλλά και ολόκληρη η παγκόσμια κοινότητα, δημιουργούν νομοθετικά πλαίσια μέσα στα οποία θα προωθηθεί αλλά και θα επιβληθεί η χρήση των ΑΠΕ. Και τούτο γιατί έχουν βασικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις Συμβατικές, παρόλα τα λίγα μειονεκτήματά τους, όπως φαίνονται αναλυτικά παρακάτω:

- Είναι ουσιαστικά ενεργειακές πηγές ανεξάντλητες και γι αυτό προκαλούν τη μειωμένη εξάρτηση από τις συμβατικές πηγές ενέργειας που εξαντλούνται σταδιακά, προϊόντος του χρόνου.
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και η χρήση τους ανταποκρίνεται στην παγκόσμια προσπάθεια για μείωση της ρύπανσης.
- Επειδή είναι διεσπαρμένες σε διάφορες περιοχές, έχουν σαν αποτέλεσμα την αποκέντρωση του συστήματος ενέργειας και την αποφόρτιση των υποδομών, καλύπτοντας τις τοπικές και περιφερειακές. Η διασπορά αυτή έχει ένα επιπλέον αποτέλεσμα, αυτό της μείωσης των απωλειών μεταφοράς ενέργειας.
- Επειδή είναι εγχώριες, συμβάλλουν σημαντικά στην εθνική ενεργειακή ανεξαρτησία και την ασφάλεια.
- Με τη χρήση τους επιτυγχάνεται μια πιο ορθολογική κατανάλωση των ενεργειακών πόρων, αφού βάσει της συγκεκριμένης ανάγκης, δίνεται η δυνατότητα επιλογής της καταλληλότερης μορφής ενέργειας, προσαρμοσμένης με τον βέλτιστο τρόπο στην εκάστοτε ανάγκη του χρήστη. Αποφεύγεται δηλαδή η σπατάλη ενέργειας, παράγοντας σημαντικός για την παγκόσμια ενεργειακή συγκυρία.
- Έχουν χαμηλό κόστος χρήσης που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις στις διεθνείς τιμές των ορυκτών καυσίμων.
- Οι επενδύσεις σε ΑΠΕ δημιουργούν πολλές θέσεις εργασίας ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- Σε αρκετές περιπτώσεις συμβάλλουν στην κοινωνική και οικονομική αναβάθμιση και ανάπτυξη τοπικών περιοχών, με την προώθηση επενδύσεων και τη μείωση της ανεργίας.

Οι ΑΠΕ πέρα από τα σημαντικά πλεονεκτήματά τους, έχουν και κάποια χαρακτηριστικά που καθιστούν την αξιοποίησή τους δυσχερή.

- Επειδή ακριβώς είναι διεσπαρμένες, δεν υπάρχει η δυνατότητα να συγκεντρωθούν και να αποθηκευτούν σε μεγάλες ποσότητες ισχύος.
- Η πυκνότητα ενέργειας και ισχύος που περιέχουν είναι γενικά περιορισμένη και γι αυτό για μεγάλες παραγωγές απαιτούν και μεγάλες εγκαταστάσεις.
- Ο συντελεστής εκμετάλλευσης των εγκαταστάσεων τους είναι μικρός επειδή η διαθεσιμότητά τους είναι ενίοτε περιορισμένη και με διακυμάνσεις. Αυτό

δημιουργεί επίσης την ανάγκη για χρήση εφεδρείας άλλων πηγών ενέργειας οπότε το κόστος παραγωγής ενέργειας ανεβαίνει.

- Το κόστος επένδυσης για εγκαταστάσεις ισχύος ΑΠΕ είναι ακόμα σε υψηλά επίπεδα σε σχέση με αυτό των Συμβατικών μορφών.

2.4 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

2.4.1 Γενικά

Κατά τη διάρκεια των προηγούμενων δεκαετιών διαπιστώθηκε ευρέως ότι η ανάγκη για αξιόπιστες κι ενημερωμένες πληροφορίες σχετικά με τη γη, την κοινωνία και το περιβάλλον δεν μπορούσαν να ικανοποιηθούν με τους παραδοσιακούς τρόπους συλλογής, καταγραφής, ενημέρωσης και επεξεργασίας πληροφοριών. Έτσι, κυρίως από τα τέλη της δεκαετίας του '70 και τις αρχές του '80, γνώρισαν εξαιρετικά μεγάλη ανάπτυξη τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.), γνωστά ευρέως και ως Geographic Information Systems (G.I.S.).

Οι σημαντικότεροι λόγοι που την τελευταία τριακονταετία η τεχνολογία των Γ.Σ.Π. γνώρισε ταχεία και ευρεία ανάπτυξη ήταν:

- η μεγάλη ανάπτυξη της πληροφορικής και το διαρκώς μειούμενο κόστος των αντίστοιχων μηχανημάτων και προγραμμάτων
- η βελτίωση των μαθηματικών μεθόδων ανάλυσης, ερμηνείας και πρόβλεψης των συνθηκών του γήινου περιβάλλοντος
- η διαρκώς αυξανόμενη ανησυχία για την περιβαλλοντική υποβάθμιση τόσο σε τοπικό, όσο και σε εθνικό και υπερεθνικό επίπεδο, και
- η αδυναμία επεξεργασίας με παραδοσιακούς τρόπους της πληθώρας στοιχείων και σύνθετων επεξεργασιών που απαιτούνται για τη μελέτη των φυσικών, κοινωνικών και οικονομικών μεγεθών των σύγχρονων πολύπλοκων προβλημάτων ανάπτυξης (Μανιάτης, 1996)

Τέλος, τα ΓΣΠ μπορούν να συμβάλλουν ως ολοκληρωμένα εργαλεία χωρικής ανάλυσης και σχεδιασμού σε μια πληθώρα επιστημονικών πεδίων όπως:

- **Περιφερειακός Προγραμματισμός – Σχεδιασμός** (Χωρική ανάλυση ανισοτήτων, διαχείριση ολοκληρωμένων αναπτυξιακών προγραμμάτων κ.α.)
- **Αστικός Προγραμματισμός – Σχεδιασμός** (χωρική ανάλυση αστικών περιοχών, δήμων, γειτονιών, κ.α.)
- **Συγκοινωνίες – Μεταφορές** (διαχείριση συστημάτων μεταφορών οδικών, ακτοπλοϊκών κ.α.)
- **Τεχνική υποδομή** (διαχείριση δικτύων ύδρευσης – αποχέτευσης, ενέργειας κ.α.)
- **Περιβάλλον** (διαχείριση οικοσυστημάτων, πολιτικές προστασίας και πρόληψης, κ.α.)
- **Φορολογία** (φορολογία ακίνητης περιουσίας κ.α.)

- **Εκπαίδευση και Υγεία-Πρόνοια** (πολιτική διαχείρισης παροχών εκπαίδευσης, υγείας-πρόνοιας, κ.α.)
- **Πυροσβεστική, Δασική Υπηρεσία, Αστυνομία** (πολιτικές πρόληψης και αντιμετώπισης εκτάκτων αναγκών, κ.α.)
- **Ανάλυση Αγοράς** (ανάλυση καταναλωτικής συμπεριφοράς, κ.α.)
- **Αγορά Εργασίας** (χωρική ανάλυση αγορών εργασίας, σύζευξη προσφοράς-ζήτησης, κ.α.), (Κουτσόπουλος, 2005α).

2.4.2 Ορισμοί και Βασικές Αρχές

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχουν σαν κυρίαρχο στόχο τον χωρικό σχεδιασμό. Ουσιαστικά χρησιμοποιούνται στην διατύπωση και αξιολόγηση πολιτικών και προγραμμάτων που αναφέρονται στο φυσικό ή περιβαλλοντικό σχεδιασμό, από τοπικό έως εθνικό επίπεδο.

Σύμφωνα με τους, Burrough και McDonnell, «τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούν ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για την συλλογή, αποθήκευση, ανάληψη ανά πάσα στιγμή, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών στοιχείων του πραγματικού κόσμου». Ενώ, ο καθηγητής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, κ. Κουτσόπουλος, εκφράζει το «Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών σαν μια οργανωμένη συλλογή μηχανικών υπολογιστικών συστημάτων (hardware), λογισμικών συστημάτων (software), χωρικών δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού, με σκοπό τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση, κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον».

Ένα ΓΣΠ έχει τη δυνατότητα να φέρει εις πέρας τις πιο κάτω δραστηριότητες:

- Να μπορεί να αποθηκεύει, να διαχειρίζεται και να ενσωματώνει ένα μεγάλο όγκο χωρικών στοιχείων
- Να αποτελεί το πιο κατάλληλο εργαλείο χωρικής ανάλυσης εστιαζόμενο ειδικά στην χωρική διάσταση των στοιχείων
- Να αποτελεί ένα πολύ αποτελεσματικό μηχανισμό για την επίλυση χωρικών προβλημάτων μέσα από την οργάνωση, διαχείριση και μετασχηματισμό μεγάλου όγκου στοιχείων με τέτοιο τρόπο που η πληροφορία να είναι προσιτή σε όλους τους χρήστες.

Οι βασικές αρχές πάνω στις οποίες πρέπει να στηρίζεται ένα ΓΣΠ αναλύονται πιο κάτω:

- Το σύστημα που θα αναπτυχθεί πρέπει να είναι χρήσιμο στους πολιτικούς υπεύθυνους που παίρνουν τις αποφάσεις, δηλαδή στους χρήστες.
- Οι τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν για την συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση των στοιχείων, πρέπει να είναι προσαρμοσμένες στην τεχνολογία και γενικότερα στην υποδομή που υπάρχει.
- Το επίπεδο απόδοσης του συστήματος και κατ' επέκταση οι δυνατότητες του Η/Υ να είναι σύμφωνα με τις ανάγκες και κυρίως τις οικονομικές δυνατότητες και την τεχνολογία.

- Τέλος οι παραδοχές που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή συμπερασμάτων, πρέπει να αναφέρονται ρητά και κατηγορηματικά σε κάθε επιλογή προγραμμάτων που βασίζονται στις πληροφορίες του ΓΣΠ (Κουτσόπουλος, 2005β).

2.4.3 Τα Μέρη ενός ΓΣΠ

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούνται από τρία βασικά συστατικά τα οποία βρίσκονται σε συνεχή ισορροπία και αλληλεξάρτηση. Πρόκειται για τα μηχανήματα (hardware), τους αλγόριθμους (software) και τα διαθέσιμα (resources). Τα μηχανήματα και οι αλγόριθμοι έχουν ένα καθορισμένο κύκλο ζωής, επηρεάζονται στενά από τις τεχνολογικές εξελίξεις και αντικαθίστανται συχνά από νεότερα και πιο σύγχρονα προϊόντα (Κουτσόπουλος, 2005β).

Τα βασικά μηχανικά μέρη ενός ΓΣΠ είναι τρία: η κεντρική μονάδα (CPU), τα περιφερειακά και το τερματικό (V.D.U.). Κύρια χαρακτηριστικά της κεντρικής μονάδας είναι το λειτουργικό σύστημα, η μνήμη και η ταχύτητα. Τα περιφερειακά διαφοροποιούνται σε περιφερειακά εισόδου, που επιτρέπουν την είσοδο των στοιχείων, σε περιφερειακά εξόδου που συμμετέχουν στην παρουσίαση των στοιχείων και σε περιφερειακά διαχείρισης που βοηθούν στην αποθήκευση και διαχείριση των στοιχείων. Τέλος το τερματικό αποτελεί το μέσο με το οποίο ο χρήστης ελέγχει τον υπολογιστή και τα περιφερειακά.

Οι αλγόριθμοι σε ένα Γ.Σ.Π., μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε πέντε βασικές ομάδες (Burrough - McDonnell, 1998):

1. Λογισμικό Εισαγωγής και Επαλήθευσης Στοιχείων
2. Λογισμικό Αποθήκευσης και διαχείρισης Στοιχείων
3. Λογισμικό Μετασχηματισμού Στοιχείων
4. Λογισμικό Παρουσίασης
5. Λογισμικό Αναζητήσεων

Στις παραπάνω πέντε ομάδες αξίζει να προστεθεί και μια έκτη που αφορά το Λογισμικό Ανάλυσης Χώρου που είναι αναγκαίο για την κάλυψη των αναγκών για εμπειρικές εφαρμογές, που ουσιαστικά αναφέρονται στην ανάλυση χώρου. (Κουτσόπουλος, 2005β)

Το σύνολο των λογισμικών ενός ΓΣΠ καθορίζει πώς τα γεωγραφικά στοιχεία μετατρέπονται σε πληροφορία, αλλά εντούτοις δεν μπορούν να εγγυηθούν ότι η όλη διαδικασία είναι η πιο κατάλληλη ή η πλέον αποδοτική.

Για την εξασφάλιση βέβαια των παραπάνω, σημαντικό ρόλο παίζουν οι άνθρωποι, τα στοιχεία και η οργανωτική υποδομή που αποτελούν, αλλά και τα διαθέσιμα.

2.4.4 Βασικές Διαδικασίες και Στάδια στα Γ.Σ.Π

Ένα Γ.Σ.Π. αποτελείται από τρεις βασικές διαδικασίες οι οποίες εκτελούνται κατά την εφαρμογή του. Είναι ο καθορισμός του προβλήματος, η διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία και τα συμπεράσματα. Πιο κάτω, περιγράφονται αναλυτικότερα οι βασικές διαδικασίες και τα στάδια ενός Γ.Σ.Π.

Το πρώτο βήμα στη δημιουργία και εφαρμογή ενός Γ.Σ.Π. είναι η αναγνώριση των διαφορετικών στρωμάτων, των υπευθύνων των αποφάσεων (decisionmakers) και των χρηστών. Ακολουθώς εξετάζεται πως αυτές οι αποφάσεις διαμορφώνουν τα χωρικά πρότυπα και τις διαδικασίες που σχετίζονται με το πρόβλημα που πρέπει να επιλυθεί. Ο ακριβής προσδιορισμός του προβλήματος είναι ίσως το καθοριστικότερο βήμα, αφού περιέχει το σκοπό στον οποίο αποβλέπει η μελέτη και οριοθετεί το προς επίλυση πρόβλημα. Πρέπει όμως παράλληλα, να διατυπώνεται αναλυτικά και με σαφήνεια, ώστε να παρέχετε η δυνατότητα εύρεσης της καταλληλότερης τεχνικής για την υλοποίησή του προβλήματος.

Επόμενο βήμα σε ένα Γ.Σ.Π., είναι η διαδικασία που ακολουθείται για την εξέλιξη των στοιχείων σε πληροφορία. Ουσιαστικά πρόκειται για το νευραλγικό κέντρο κάθε Γ.Σ.Π. το οποίο αποτελείται από τέσσερα στάδια. Αρχικά είναι το στάδιο εισόδου, το οποίο αφορά την αναγνώριση και συλλογή στοιχείων χωρικών και μη, την κωδικοποίηση τους καθώς και την αποθήκευση τους. Έπειτα είναι το στάδιο διαχείρισης, όπου στην ουσία δημιουργείται μια βάση δεδομένων η οποία περιέχει όλα τα χωρικά στοιχεία. Ακολουθεί το στάδιο ανάλυσης, όπου πραγματοποιείται η επεξεργασία των στοιχείων που συλλέχθηκαν. Η επεξεργασία αυτή μπορεί να αναφέρεται σε διάφορες θεματικές ενότητες, όπως το «τι υπάρχει στη χωρική ενότητα;», το «που βρίσκεται;» κ.α. Τελευταίο είναι το στάδιο της παρουσίασης, δηλαδή η πληροφορία που προέκυψε από το στάδιο της ανάλυσης παρουσιάζεται είτε με τη μορφή πινάκων, είτε με τη μορφή ιστογραμμάτων, είτε για παράδειγμα με τη μορφή χαρτών.

Τελευταίο είναι το στάδιο των συμπερασμάτων, τα οποία πρέπει να είναι τεκμηριωμένα με βάση τα κατάλληλα στοιχεία ή ακόμη και αν αναφέρονται στην κρίση του μελετητή, αυτό να αναφέρεται ρητώς και οι λόγοι να εξηγούνται με σαφήνεια. Πρέπει στην ουσία να καθρεπτίζεται η υλοποίηση του στόχου του Γ.Σ.Π και οι εναλλακτικές απόψεις για την επίλυση του προβλήματος (Κουτσόπουλος, 2005).

2.5 Χωρική Ανάλυση

Γενικά η έννοια της ανάλυσης χώρου είναι σχετικά απλή, όμως ο ορισμός της είναι ιδιαίτερα δύσκολος. Ο Bailey (1990) την όρισε σαν «μια συνολική δυνατότητα διαχείρισης-μετασχηματισμού των χωρικών στοιχείων σε διαφορετικές μορφές, δίνοντας τους, σαν αποτέλεσμα, διαφορετική έννοια». Ο ορισμός αυτός συμπίπτει απόλυτα με την διαδικασία, από στοιχεία σε πληροφορία, όπου το σύνολο των διαφόρων ποσοτικών μεθόδων ανάλυσης φαινομένων στο χώρο είναι γνωστό και σαν ανάλυση χώρου (Κουτσόπουλος, 2005b).

Σαν αποτέλεσμα η χωρική ανάλυση είναι ένα σύνολο από ποσοτικές διαδικασίες και τεχνικές που εφαρμόζονται σε χωρικές αναλυτικές εργασίες και στοχεύουν:

- Στην ορθή περιγραφή γεγονότων στο χώρο που περιλαμβάνει κυρίως την περιγραφή των χωρικών προτύπων.
- Στη συστηματική διερεύνηση των χωρικών προτύπων και των χωρικών σχέσεων με σκοπό την καλλίτερη κατανόηση των χωρικών διαδικασιών που ευθύνονται για τα χωρικά πρότυπα και τις σχέσεις που παρατηρούνται.
- Στην αύξηση της ικανότητας πρόβλεψης και ελέγχου γεγονότων που συμβαίνουν στο γεωγραφικό χώρο
- Στη χρήση αυτών των τεχνικών και μεθόδων σαν εργαλεία λήψης αποφάσεων για το χώρο.

Είναι φανερό πως η χωρική ανάλυση στοχεύει στην σε βάθος γνώση της δομής της φυσικής, κοινωνικής και οικονομικής διάστασης του χώρου, των σχέσεων αλληλεξάρτησης τους και των διαδικασιών αλλαγής τους. Επομένως, ο βασικός ρόλος της είναι η τροφοδότηση της διαδικασίας του χωρικού σχεδιασμού.

Επιπρόσθετα, η χωρική ανάλυση, σαν μια παραπέρα επεξεργασία των χωρικών στοιχείων που μετατρέπονται σε πληροφορία, στοχεύει στην επισήμανση των προβλημάτων τα οποία παρουσιάζονται σε συγκεκριμένο χώρο. Τέλος, η ανάλυση οφείλει και πρέπει να αποτελεί το γεωγραφικό εργαλείο που μπορεί:

- Να εντοπίσει τα προβλήματα της περιοχής μελέτης, να ανακαλύψει την ύπαρξη τους και να προσδιορίσει τις αιτίες που τα προκάλεσαν.
- Να ταξινομήσει τα προβλήματα αυτά για την καλύτερη διερεύνηση τους σε κάθε διάσταση χωριστά, αλλά και στα επίπεδα αλληλεξαρτήσεων τους.
- Να αξιολογήσει τη σημασία των προβλημάτων, ανάλογα με τα αίτια και τις επιπτώσεις τους, και να αξιολογήσει γιατί χρειάζεται η ιεράρχηση τους για την ορθολογικότερη επίλυση τους μέσα από ένα σύστημα επιλογών και προτεραιοτήτων.
- Να βρει διασυνδέσεις μεταξύ των προβλημάτων μέσα κι έξω από κάθε περιφέρεια.

Η ανάλυση των χωρικών δεδομένων μπορεί να διαχωριστεί σε δύο βασικές κατηγορίες, την ανάλυση εγγύτητας και την ανάλυση επικάλυψης, οι οποίες αναλύονται παρακάτω.

2.5.1 Ανάλυση Εγγύτητας

Μέσα στα πλαίσια των Γ.Σ.Π, η ερώτηση «που βρίσκεται κάποια οντότητα;» είναι ιδιαίτερα σημαντική και επομένως αναλύσεις που εστιάζονται στην θέση και το παράγωγο της, την απόσταση, αποτελούν μια βασική ομάδα διαδικασιών σε ένα Γ.Σ.Π.

Αυτές οι αναλύσεις ονομάζονται αναλύσεις εγγύτητας και ουσιαστικά αφορούν στη δημιουργία μιας περιφέρειας (ενός νέου πολυγώνου), η οποία ορίζεται με βάση την εγγύτητα του σε μια υπάρχουσα οντότητα (σημείο, γραμμή, πολύγωνο). Οι αναλύσεις εγγύτητας απαιτούν τέσσερις παραμέτρους. Η πρώτη είναι η θέση της οντότητας που μας απασχολεί (σημείο, γραμμή, πολύγωνο), η δεύτερη είναι η μονάδα μέτρησης (μέτρα, χιλιόμετρα κλπ), η τρίτη είναι η συνάρτηση για τον υπολογισμό της εγγύτητας (ευκλείδεια απόσταση, απόσταση Μανχάταν κλπ) και η τέταρτη είναι η περιοχή ανάλυσης όπως για παράδειγμα ολόκληρο το θεματικό επίπεδο ή μια περιφέρεια.

Από τις αναλύσεις εγγύτητας οι πιο σημαντικές και διαδεδομένες είναι:

- Η δημιουργία ζωνών επιρροής (**Buffer**), αναφέρεται σε μια βασική διαδικασία ανάλυσης η οποία αποσκοπεί στον σχηματισμό νέων πολυγώνων γύρω από τα βασικά γεωγραφικά στοιχεία που υπάρχουν στη βάση δεδομένων.
- Η χρήση των πολυγώνων Θίσσην (**Thiessen Polygons**), τα οποία δημιουργούνται γύρω από ένα σύνολο σημείων με τέτοιο τρόπο, ώστε το πολύγωνο γύρω από κάθε σημείο να εκπροσωπεί την περιοχή ευθύνης τους.
- Η εγγύτητα (**Near**), είναι αυτή που αναγνωρίζει το πλησιέστερο σημείο ή γραμμή από ένα άλλο συγκεκριμένο σημείο και υπολογίζει την απόσταση μεταξύ τους.
- Η απόσταση από σημείο (**Pointdistance**), είναι αυτή που αναγνωρίζει και υπολογίζει μια συγκεκριμένη απόσταση μεταξύ ενός σημείου και όλων των σημείων που βρίσκονται εντός μιας ορισμένης απόστασης από αυτό.

2.5.2 Ανάλυση Επικάλυψης

Η διαδικασία της επικάλυψης είναι ίσως η πιο θεμελιώδης διαδικασία ανάλυσης σε ένα Γ.Σ.Π, κι αυτό γιατί η έννοια των θεματικών επιπέδων και της επικάλυψης τους αποτελούν την πεμπτουσία των συστημάτων αυτών. Ταυτόχρονα όμως είναι μια ιδιαίτερα πολύπλοκη και επίπονη διαδικασία.

Ουσιαστικά, η επικάλυψη είναι μια επέκταση των κανόνων της άλγεβρας Boolean από τα χαρακτηριστικά των διαφόρων οντοτήτων σε διαδικασίες που αναφέρονται στον τρόπο με τον οποίο οι οντότητες καλύπτουν τον γεωγραφικό χώρο. Η επικάλυψη είναι δυνατόν να γίνει είτε μεταξύ πολυγωνικών επιπέδων είτε μεταξύ σημειακών ή γραμμικών επιπέδων με πολυγωνικά επίπεδα είτε με την επιλογή γεωγραφικών χαρακτηριστικών.

Στην πρώτη περίπτωση δημιουργείται ένα νέο πολυγωνικό επίπεδο, ενώ στην δεύτερη το παραγόμενο είναι σημειακό ή γραμμικό. Εδώ, οι βασικές μέθοδοι για την επικάλυψη πολυγωνικών, γραμμικών και σημειακών δεδομένων είναι η τομή (*intersect*), η ένωση (*union*) και η ταυτότητα (*identity*). Αντίθετα στην τρίτη περίπτωση, το επικαλυπτόμενο επίπεδο μπορεί να είναι σημειακό, γραμμικό ή

πολυγωνικό ενώ το επιτιθέμενο επίπεδο είναι πάντα πολυγωνικό (Κουτσόπουλος, 2005b).

Επίσης, η ανάλυση της επικάλυψης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επικάλυψη διαφορετικών θεματικών επιπέδων (raster) μεταξύ τους, καθορίζοντας βάρη στα εισερχόμενα επίπεδα και συνδυάζοντας τα μεταξύ τους, παράγοντας ένα ενιαίο επίπεδο (output raster). Η πιο συνηθισμένη εφαρμογή της επικάλυψης διαφορετικών επιπέδων είναι το μοντέλο καταλληλότητας.

2.6 Πολυκριτηριακή Ανάλυση

Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση είναι μια μεθοδολογία που αναπτύχθηκε για να χειριστεί την πολλαπλή διάσταση των φυσικών και κοινωνικοοικονομικών φαινομένων που χαρακτηρίζουν τα χωρικά και τα φυσικά συστήματα. Όπως και άλλα εργαλεία, η πολυκριτηριακή ανάλυση καλείται να συμβάλει στην εκτίμηση και λήψη πολιτικών αποφάσεων. Πρόκειται για την πιο συνηθισμένη περίπτωση ανάλυσης, όπου χρησιμοποιούνται συνήθως τεχνικές επικάλυψης (overlay) μεταξύ πολλαπλών επιπέδων για την ανεύρεση της κοινής περιοχής που ορίζουν τα κριτήρια, ή της περιοχής που αποκλείουν τα κριτήρια (η αναζήτηση της λύσης γίνεται με χαρτογραφικό «φιλτράρισμα» βάσει των επιθεμάτων για να βρεθεί η περιοχή που ικανοποιεί όλα τα επιθυμητά κριτήρια) (Αραβώσης - Κούγκολος, 2003).

Ακόμη, η πολυκριτηριακή ανάλυση, η οποία είναι κλάδος της επιστήμης της επιχειρησιακής έρευνας, είναι μια ποσοτική μέθοδος αξιολόγησης πολλαπλών και αντικρουόμενων κριτηρίων κατά τη λήψη αποφάσεων. Η πολυκριτηριακή ανάλυση προϋποθέτει αφενός τη διατύπωση όλων των κριτηρίων που σχετίζονται με τη λήψη της απόφασης με ποσοτικούς όρους και αφετέρου την ενσωμάτωσή τους σε μια ενιαία αριθμητική έκφραση, η οποία ονομάζεται συνάρτηση καταλληλότητας.

Η πρώτη προϋπόθεση είναι δύσκολο να υλοποιηθεί όταν τα κριτήρια είναι υποκειμενικά ή δεν μπορούν παρά να βαθμονομηθούν με ποιοτικούς όρους, όπως για παράδειγμα η αισθητική του τοπίου. Παράλληλα, η δεύτερη προϋπόθεση ενέχει τον κίνδυνο υποτίμησης ή υπερίμησης ορισμένων κριτηρίων σε σχέση με τα υπόλοιπα, με αποτέλεσμα τη διατύπωση μεροληπτικών συναρτήσεων χρησιμότητας. Παρόλο που στη βιβλιογραφία προτείνεται ένα μεγάλο πλήθος τεχνικών αντιμετώπισης των παραπάνω προβλημάτων, η εξάλειψη της μεροληψίας κατά την εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης δεν μπορεί να επιτευχθεί ολοκληρωτικά (Hadjibiros et al., 2005).

Τέλος, κατά την πολυκριτηριακή ανάλυση είναι δυνατός ο καθορισμός βαρών στα κριτήρια ανάλογα με την σημαντικότητα που έχουν στο πρόβλημα που αντιμετωπίζεται. Επειδή όμως ο καθορισμός των βαρών, βασίζεται στην σχετική σημαντικότητα των επιλεγμένων κριτηρίων από διάφορους παράγοντες, θα πρέπει να υπάρχει ομοφωνία σχετικά με το πώς καθορίζονται (Jeffrey D. Harrison, 2012).

Στο επόμενο κεφάλαιο, ακολουθεί η μεθοδολογική προσέγγιση, πάνω στην οποία στηρίχθηκε η διαδικασία εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Γενικό Περίγραμμα

Το κύριο θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας επικεντρώνεται στην εξεύρεση περιοχών οι οποίες θεωρούνται κατάλληλες για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων, λαμβάνοντας βέβαια υπόψη μια σειρά από απλά και δυναμικά κριτήρια. Η εξεύρεση των καταλληλότερων περιοχών και η αξιολόγηση της καταλληλότητας τους αποτελεί και τον στόχο της εφαρμογής.

Στο πρώτο στάδιο της διαδικασίας εφαρμογής γίνεται ο καθορισμός των απλών κριτηρίων, τα οποία καθορίζονται βάση της νομοθεσίας και του σκοπού που εξυπηρετεί η μελέτη ώστε να εξευρεθούν οι περιοχές στις οποίες επιτρέπεται η χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων. Έπειτα, στο δεύτερο στάδιο γίνεται η αξιολόγηση των τελικών προτεινόμενων περιοχών του πρώτου σταδίου βάση των κριτηρίων που έχουν οριστεί.

Τα δυναμικά κριτήρια επιλέχθηκαν κυρίως για να εξυπηρετήσουν οικονομικούς και λειτουργικούς σκοπούς και η επιρροή που έχουν στην καταλληλότητα μιας συγκεκριμένης περιοχής αλλάζει σε σχέση με άλλα κριτήρια, αναλόγως με την με την σημαντικότητα της επιρροής (βάρος) κάθε κριτηρίου. Τα δυναμικά αυτά κριτήρια, με τη βοήθεια του εργαλείου Weighted Sum (σταθμισμένο άθροισμα) του Spatial Analyst, βοηθούν στην τελική αξιολόγηση της κάθε περιοχής. Σε πρώτη φάση η επικάλυψη γίνεται θεωρώντας ότι όλα τα δυναμικά κριτήρια έχουν ίδια επιρροή (βάρος) στην τελική αξιολόγηση ενώ σε δεύτερη φάση υπολογίζονται τα βάρη των δυναμικών κριτηρίων, με συνολικό άθροισμα 100%, βάσει οικονομικών και λειτουργικών σκοπών όπως προαναφέρθηκε.

Στο τρίτο και τελευταίο στάδιο της εφαρμογής, οι τελικές περιοχές που προκύπτουν από το πρώτο στάδιο, αξιολογούνται σύμφωνα με την ενεργειακή τους απόδοση, με τη χρήση του εργαλείου Near. Τέλος γίνεται μια σύγκριση των τελικών χαρτών για την επιβεβαίωση και επαλήθευση των αποτελεσμάτων.

Το γενικό περίγραμμα της μεθοδολογίας με τα επιμέρους στάδια της διαδικασίας παρουσιάζεται στο πιο κάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 3.1: Μεθοδολογικό πλαίσιο μελέτης

3.2 Στάδιο 1: Εκτίμηση Κατάλληλων Περιοχών

Στο πρώτο στάδιο της εφαρμογής γίνεται ο καθορισμός των απλών κριτηρίων ώστε να εκτιμηθούν οι κατάλληλες περιοχές. Τα κριτήρια διαχωρίζονται σε περιβαλλοντικά, οικιστικά, πολιτιστικά, λειτουργικά – οικονομικά και δικτύων και υποδομών. Πριν λοιπόν απαντηθεί το ερώτημα για το ποιες είναι οι καταλληλότερες θέσεις για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πάρκων, είναι ιδανικότερο να διερευνηθούν ποιες θέσεις αποκλείονται από την διαδικασία, με βάση και τη νομοθεσία, είτε για πρακτικούς λόγους είτε για λόγους ασφάλειας.

Δημιουργούνται για αυτό τον λόγο ζώνες αποκλεισμού που εξυπηρετούν κάθε μια από τις παραπάνω ομάδες κριτηρίων. Για περιβαλλοντικούς σκοπούς, δημιουργήθηκαν ζώνες αποκλεισμού από προστατευόμενες περιοχές που είναι ενταγμένες στο δίκτυο Natura 2000, από λίμνες και ποταμούς, όπως επίσης και από περιοχές όπου η κάλυψη γης είναι μη επιτρεπτή για χωροθέτηση φωτοβολταϊκού

πάρκου. Για τα οικιστικά κριτήρια δημιουργήθηκαν ζώνες αποκλεισμού γύρω από κατοικημένες περιοχές εξυπηρετώντας κυρίως λόγους ασφαλείας ενώ για τα πολιτιστικά κριτήρια δημιουργήθηκαν ζώνες αποκλεισμού γύρω από αρχαιολογικά μνημεία και τόπους πολιτιστικής κληρονομιάς. Για τα κριτήρια δικτύων και υποδομών δημιουργήθηκαν ζώνες αποκλεισμού γύρω από το οδικό δίκτυο, με βάση τη νομοθεσία, ενώ για πρακτικούς λόγους αποκλείστηκαν περιοχές γύρω από τα υφιστάμενα φωτοβολταϊκά πάρκα. Οι ζώνες αποκλεισμού δημιουργήθηκαν βάση του εργαλείου buffer του ArcMap 10.

Η ένωση των πιο πάνω ζωνών αποκλεισμού που αφορούν το κάθε κριτήριο έγινε με το εργαλείο Union του ArcMap 10, παράγοντας μια τελική ζώνη αποκλεισμού στις περιοχές που είναι ακατάλληλες για εγκατάσταση αιολικού πάρκου.

Ακολούθως, δημιουργήθηκαν ζώνες επιρροής που αφορούσαν τις κλίσεις εδάφους και την προσβασιμότητα στο δίκτυο ηλεκτροδότησης της ΑΗΚ. Για να είναι βιώσιμο ένα φωτοβολταϊκό πάρκο χρειάζεται η κλίση εδάφους να μην είναι μεγαλύτερη από 10° , έτσι μετά από ψηφιοποίηση του αντίστοιχου χάρτη για τις κλίσεις εδάφους επιλέχθηκαν οι περιοχές εκείνες που πληρούν τον συγκεκριμένο περιορισμό. Ταυτόχρονα επιλέχθηκε και μια ζώνη επιρροής 4 χιλιομέτρων γύρω από το δίκτυο ηλεκτροδότησης η οποία εξυπηρετεί οικονομικούς κυρίως σκοπούς αφού δεν θα χρειάζεται η εγκατάσταση νέων γραμμών ή υποσταθμών όταν το νέο αιολικό πάρκο πρόκειται να συνδεθεί με το δίκτυο.

Η τομή των δυο αυτών περιορισμών γίνεται με το εργαλείο Intersect του ArcMap 10, δημιουργώντας την τελική ζώνη επιρροής. Από την αφαίρεση των ζωνών αποκλεισμού από τις ζώνες επιρροής εξάγονται οι τελικές προτεινόμενες περιοχές που είναι κατάλληλες για την χωροθέτηση αιολικού πάρκου. Η αφαίρεση έγινε με το εργαλείο erase του ArcMap 10.

Τέλος επιλέχθηκαν μόνο οι περιοχές που είναι μεγαλύτερες από 4000τ.μ. που είναι η ελάχιστη έκταση για να χωροθετηθεί ένα φωτοβολταϊκό πάρκο συνολικής ισχύς 100kW. Η επιλογή των περιοχών που είναι μεγαλύτερες από 4000τ.μ. έγινε με την εντολή Spatial Statistics Tools - Utilities - Calculate Areas, αφού υπολογίστηκαν αρχικά τα εμβαδά όλων των περιοχών και επιλέχθηκαν τελικά αυτά που πληρούν τον περιορισμό.

3.3 Στάδιο 2: Αξιολόγηση Κατάλληλων Περιοχών

Στο δεύτερο στάδιο αξιολογούνται οι περιοχές που επιλέχθηκαν στο προηγούμενο στάδιο με βάση τα κριτήρια και το επίπεδο ακτινοβολίας. Η αξιολόγηση έγινε ούτως ώστε οι κατάλληλες περιοχές να αξιολογηθούν περισσότερο για την λειτουργικότητά τους αλλά και για οικονομικούς σκοπούς.

Αρχικά, τα κριτήρια μετατράπηκαν από vector σε μορφή raster ώστε να μπορούν ακολουθώντας να βαθμολογηθούν με την χρήση του εργαλείου Weighted Sum. Η μετατροπή σε μορφή raster έγινε με την βοήθεια της εντολής reclassify, η οποία χρησιμοποιήθηκε δύο φορές για το κάθε κριτήριο.

Έπειτα, ακολούθησε η βαθμολόγηση των κριτηρίων σε δύο διαφορετικά θεματικά επίπεδα. Στο πρώτο επίπεδο όλα τα κριτήρια είχαν την ίδια βαθμολογία (ίση με 1), ενώ στο δεύτερο η συνολική τους βαθμολογία έκανε στο άθροισμα 100. Έτσι το κάθε κριτήριο, όσο αφορά το δεύτερο θεματικό επίπεδο, είχε την αντίστοιχη συμμετοχή στη διαδικασία με ένα συγκεκριμένο ποσοστό επί της εκατό.

Η βαθμολόγηση στο δεύτερο θεματικό επίπεδο, έγινε ναι μεν «αυθαίρετα», αλλά από την άλλη είχε τόσο λειτουργικούς όσο και οικονομικούς σκοπούς, καθώς η συγκεκριμένη διπλωματική αναφέρεται στο γενικό της πλαίσιο σε ενεργειακά θέματα. Έτσι τα λειτουργικά-οικονομικά κριτήρια πήραν τα μεγαλύτερα ποσοστά επί τις εκατό στην βαθμολογία, ακολούθησαν τα περιβαλλοντικά και στην τελευταία ομάδα τα οικιστικά, τα πολιτιστικά και οι υποδομές και τα δίκτυα. Πιο κάτω αναφέρονται αναλυτικά τα ποσοστά του κάθε κριτηρίου:

- Δίκτυο Ηλεκτροδότησης ΑΗΚ (20%)
- Κλίσεις Εδάφους (16%)
- Κάλυψη Γης (10%)
- Προστατευόμενες Περιοχές-Natura 2000 (10%)
- Ποτάμια (10%)
- Λίμνες (10%)
- Αρχαιολογικοί Χώροι (6%)
- Αστική Δόμηση (6%)
- Οδικό Δίκτυο (6%)
- Υφιστάμενα Φ/Β Πάρκα (6%)

Τέλος, στο συγκεκριμένο στάδιο γίνεται μια σύγκριση των τριών τελικών χαρτών, του ενός από το πρώτο στάδιο και των δύο με τις διαφορετικές βαθμολογίες από το δεύτερο στάδιο.

3.4 Στάδιο 3: Αξιολόγηση Ενεργειακής Απόδοσης Κατάλληλων Περιοχών

Στο τρίτο και τελευταίο στάδιο της εφαρμογής αξιολογούνται εκ νέου οι προτεινόμενες περιοχές του πρώτου σταδίου με βάση την ενεργειακή τους απόδοση. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση της εντολής Near, του Proximity. Η συγκεκριμένη εντολή χρησιμοποιείται στην ουσία, για την εύρεση της απόστασης των προτεινόμενων περιοχών από το δίκτυο ηλεκτροδότησης της ΑΗΚ.

Αρχικά, υπολογίζεται η ενέργεια την οποία μπορεί να παράξει η κάθε προτεινόμενη περιοχή. Άρα λοιπόν, το εμβαδόν της κάθε προτεινόμενης περιοχής πολλαπλασιάζεται με ένα ποσοστό 60% (η μέγιστη επιτρεπόμενη κάλυψη ενός τεμαχίου από φωτοβολταϊκά), όπως επίσης και με το αντίστοιχο επίπεδο ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτό. Στην ουσία υπολογίζεται ο πιο κάτω τύπος:

Παραγόμενη ενέργεια = [Εμβαδόν περιοχής * 60% (μέγιστη κάλυψη από Φ/Β) * Επίπεδο ακτινοβολίας]

Έτσι για κάθε τεμάχιο γης (προτεινόμενη περιοχή) υπολογίζεται μια αντίστοιχη τιμή παραγόμενης ενέργειας σε kWh. Αυτή η τιμή διαιρείται, με την απόσταση της κάθε περιοχής από το δίκτυο ηλεκτροδότησης ΑΗΚ (Near) στο τετράγωνο, και έτσι προκύπτει η ενεργειακή απόδοση για την κάθε περιοχή. Πιο κάτω αναγράφεται ο τύπος της ενεργειακής απόδοσης.

Ενεργειακή απόδοση = Παραγόμενη ενέργεια κάθε περιοχής / R^2

(όπου R = απόσταση κάθε περιοχής από το δίκτυο ΑΗΚ)

Τέλος, παρουσιάζονται οι ενεργειακές αποδόσεις των περιοχών σε μια αύξουσα σειρά και γίνεται επίσης σύγκριση του τελικού χάρτη με τους χάρτες των προηγούμενων σταδίων.

4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία εφαρμογής που ακολουθήθηκε ώστε να εξευρεθούν οι καταλληλότερες θέσεις για τη χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων στην Κύπρο με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Αρχικά αναλύεται η περιοχή μελέτης παρουσιάζοντας συνοπτικά τα γενικά χαρακτηριστικά της Κύπρου. Ακολούθως παρουσιάζεται τόσο η υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση όσο και οι ενεργειακές δυνατότητες της περιοχής. Επιπρόσθετα περιγράφονται τα επιμέρους στάδια της επεξεργασίας και παρατίθενται οι τελικοί χάρτες με τις καταλληλότερες θέσεις για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων στην Κύπρο. Η όλη διαδικασία πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια του λογισμικού ArcMap 10.

4.1 Περιοχή Μελέτης

4.1.1 Γενικά Στοιχεία

Το νησί της Κύπρου βρίσκεται ανατολικά της λεκάνης της Μεσογείου, έχοντας συνολική έκταση 9,251 km², πίσω από τις Σικελία και Σαρδηνία. Η θέση της είναι εξαιρετικής σημασίας, τόσο από οικονομικής όσο και από στρατηγικής άποψης, αφού βρίσκεται στο σταυροδρόμι τριών ηπείρων, Ευρώπης, Ασίας και Αφρικής. Από την 1^η Απριλίου 1960, αποτελεί ανεξάρτητο κράτος της Ανατολικής Μεσογείου, με επίσημη ονομασία «Κυπριακή Δημοκρατία», ενώ από την 1η Μαΐου του 2004 αποτελεί πλήρες μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Από τον Ιούλιο του 1974, το 36,2% των εδαφών του νησιού (στο βόρειο τμήμα του), βρίσκεται υπό διαρκή παράνομη Τουρκική κατοχή, ενώ άλλο ένα περίπου 6% του εδάφους του νησιού αποτελεί την νεκρή ζώνη των Ηνωμένων Εθνών και τις Αγγλικές βάσεις.

Γεωγραφικά η Κύπρος χωρίζεται σε έξι επαρχίες. Είναι η επαρχία της Λευκωσίας, της Λεμεσού, της Λάρνακας, της Πάφου και των κατεχόμενων Αμμοχώστου και Κερύνειας. Πρωτεύουσα και μεγαλύτερη πόλη του νησιού είναι η Λευκωσία, με τον πληθυσμό της να ανέρχεται στις 325,756 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Στην νότια ακτή του νησιού βρίσκεται η Λεμεσός με πληθυσμό 235,056 κατοίκους, ενώ εκεί βρίσκεται και το μεγαλύτερο λιμάνι το οποίο χρησιμοποιείται τόσο για εμπορικούς όσο και για επιβατικούς σκοπούς. Ο κύριος Διεθνής Αερολιμένας του νησιού βρίσκεται πολύ κοντά στην πόλη της Λάρνακας, την τρίτη σε μέγεθος πόλη με πληθυσμό 143,367 κατοίκους. Η Πάφος, η οποία είναι τέταρτη πληθυσμιακά με 88,266 κατοίκους, βρίσκεται στη νοτιοδυτική ακτή του νησιού. Εκεί βρίσκεται και ο δεύτερος αερολιμένας της Κύπρου, ενώ είναι ιδιαίτερα γνωστή για τα αρχαία μνημεία που υπάρχουν στην περιοχή της. Άλλες μεγάλες πόλεις της Κύπρου είναι η Κερύνεια, στη βόρεια ακτή του νησιού και η Αμμόχωστος, ερημωμένη σήμερα, στην ανατολική ακτή. Και οι δυο αυτές πόλεις βρίσκονται στο τμήμα του νησιού που κατέχουν παράνομα μέχρι σήμερα οι Τούρκοι εισβολείς.



Εικόνα 4.1: Πολιτικός και γεωφυσικός χάρτης της Κύπρου

4.1.2 Πληθυσμιακά Στοιχεία

Σύμφωνα με την απογραφή πληθυσμού που πραγματοποιήθηκε από την Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, την περίοδο από 1η Οκτωβρίου 2011 μέχρι 23 Δεκεμβρίου 2011, ο πληθυσμός της Κύπρου αριθμούσε 838.897 άτομα . Η επαρχία με τη μεγαλύτερη πληθυσμιακή αύξηση το 2011 σε σχέση με το 2001 είναι η Πάφος με ποσοστό αύξησης 33,0%, ακολουθεί η Λάρνακα με 24,4%, η Αμμόχωστος με 23,1%, η Λεμεσός με 19,6% και τέλος η Λευκωσία με 19,0% (Πίνακας 4.1).

ΕΠΑΡΧΙΑ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 1/10/2001	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 1/10/2011	ΑΥΞΗΣΗ (%)
ΛΕΥΚΩΣΙΑ	273.642	325.756	19,0
ΑΜΜΟΧΩΣΤΟΣ	37.738	46.452	23,1
ΛΑΡΝΑΚΑ	115.268	143.367	24,4
ΛΕΜΕΣΟΣ	196.553	235.056	19,6
ΠΑΦΟΣ	66.364	88.266	33,0
ΣΥΝΟΛΟ	689.565	838.897	21,7

Πίνακας 4.1: Κατανομή Πληθυσμού κατά επαρχία στις απογραφές 2001 και 2011

(Πηγή: Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου)

Τα ποσοστά κατανομής πληθυσμού κατά επαρχία το 2011, παρατίθενται πιο κάτω:

- Λευκωσία 38,8%
- Λεμεσός 28,0%
- Λάρνακα 17,1%
- Πάφος 10,5%
- Αμμόχωστος 5,5%

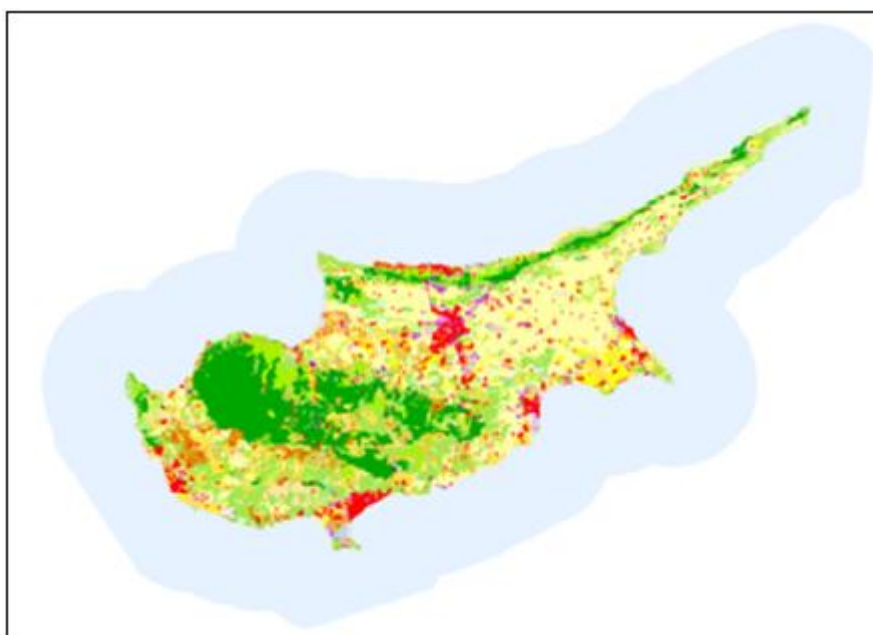
4.1.3 Μορφολογία

Από μορφολογική άποψη, η Κύπρος μπορεί να υποδιαιρεθεί στις πέντε πιο κάτω μορφολογικές περιφέρειες:

- Το ορεινό σύμπλεγμα Τροόδου στο κέντρο-νοτιοδυτικό τμήμα του νησιού που καλύπτει έκταση 3500 km² με ψηλότερη κορυφή τον Όλυμπο (1953m).
- Τη βόρεια οροσειρά του Πενταδακτύλου που καλύπτει έκταση 400 km² με ψηλότερη κορυφή τον Κυπαρισσόβουνο (1024m). Ο Πενταδάκτυλος είναι υπό τουρκική κατοχή αφού βρίσκεται στην επαρχία Κερύνειας.
- Την κεντρική πεδιάδα της Μεσαορίας που καλύπτει έκταση 2600 km² μεταξύ των δύο προηγούμενων οροσειρών.
- Τη λοφώδη περιοχή γύρω από το ορεινό σύμπλεγμα Τροόδου.
- Τις παράκτιες πεδιάδες με υψόμετρα κάτω από 300m.

4.1.4 Κατηγορίες Κάλυψης Γης

Οι κυριότερες κατηγορίες κάλυψης γης στην Κύπρο (σύμφωνα με το corine2000) είναι οι καλλιεργούμενες εκτάσεις, τα δάση, η αστική γη, οι εγκαταλειμμένες ακαλλιέργητες εκτάσεις και οι υδάτινες επιφάνειες. Στην εικόνα (Εικόνα 4.2) πιο κάτω παρουσιάζονται οι διάφορες χρήσεις γης, με τα δάση (πράσινοι χρωματισμοί) και την αστική δόμηση (κόκκινοι χρωματισμοί) να είναι οι πιο εμφανείς.



Εικόνα 4.2: Χάρτης κάλυψης γης Κύπρου (Πηγή: eea.europa.eu)

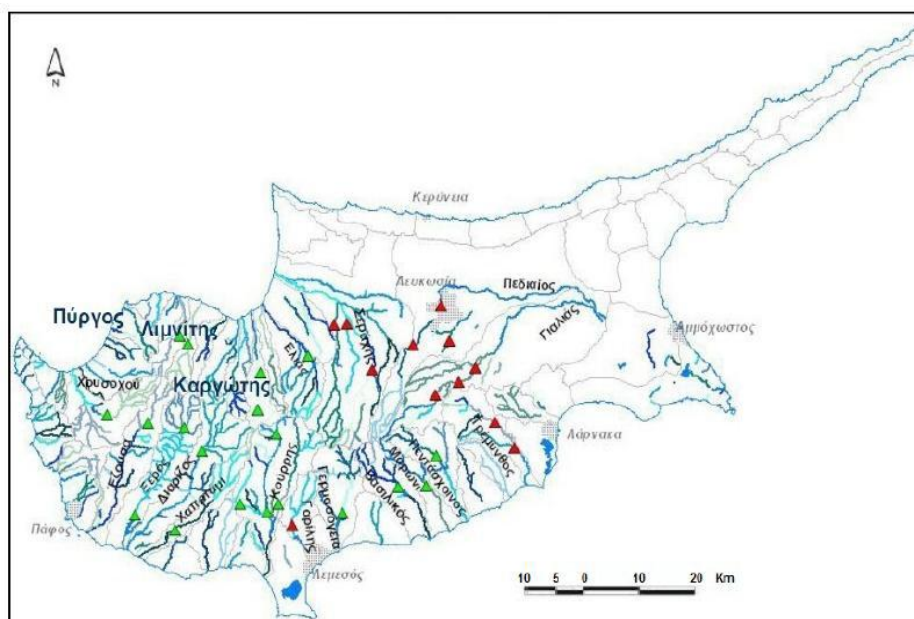
Η καλλιεργούμενη γη καταλαμβάνει ποσοστό περίπου 46% και υποδιαιρείται σε υποκατηγορίες. Η πρώτη έχει να κάνει με τις ετήσιες καλλιέργειες όπως σιτηρά, όσπρια, βιομηχανικά προϊόντα, κτηνοτροφικά προϊόντα, λαχανικά και άνθη. Η δεύτερη είναι οι μόνιμες καλλιέργειες που αποτελούνται από αρδευόμενες και ξηρές καλλιέργειες και τέλος η τρίτη υποκατηγορία είναι οι καλλιέργειες που βρίσκονται υπό αγρανάπαυση.

Επίσης είναι τα δάση, τα οποία καλύπτουν ποσοστό 18,96% (1750km²) της συνολικής έκτασης του νησιού, είναι όλα φυσικά και ανήκουν σχεδόν εξ ολοκλήρου στο κράτος. Οι μεγαλύτερες δασικές εκτάσεις βρίσκονται κυρίως στις οροσειρές του Τροόδου και του Πενταδάκτυλου (1460km²) και διακρίνονται σε μόνιμες δασικές περιοχές, εθνικά δασικά πάρκα και προστατευόμενες περιοχές. Δευτερεύοντα κρατικά δάση έκτασης περίπου 160km² αποτελούνται από δάση πολλαπλής χρήσης, κοινοτικά και δημοτικά δάση, δασικά φυτώρια και περιοχές βοσκής. Τα ιδιωτικά δάση καλύπτουν έκταση περίπου 136km² και ανήκουν σε ιδιώτες, εκκλησίες και μοναστήρια.

Η αστική γη καταλαμβάνει περίπου το 8% της συνολικής έκτασης και αφορά κάθε είδους δομημένο περιβάλλον όπως κατοικίες, βιομηχανικές και εμπορικές εγκαταστάσεις, γεωργικές εγκαταστάσεις κλπ.

Ακόμη είναι η ακαλλιέργητη έκταση με ποσοστό κάλυψης περίπου 17,5%. Η εγκαταλειμμένη έκταση περιλαμβάνει άγονες, επικλινείς εκτάσεις, ενώ η ακαλλιέργητη έκταση περιλαμβάνει εκτάσεις οι οποίες υπό κανονικές συνθήκες έπρεπε να καλλιεργούνται.

Τέλος είναι οι υδάτινες επιφάνειες, τις οποίες στην ουσία αποτελούν οι λίμνες και οι ποταμοί. Το επιφανειακό υδρογραφικό δίκτυο του νησιού αριθμεί 25 ποταμούς και 5 φυσικές λίμνες οι οποίες είναι υφάλμυρες ή αλμυρές. Καταλαμβάνουν ένα ποσοστό κοντά στο 2%. Οι δύο κυριότεροι ποταμοί είναι ο Πεδιαίος (ο μεγαλύτερος ποταμός της Κύπρου) και ο Γιαλιάς που πηγάζουν από τα βουνά του Μαχαιρά και χύνονται στον κόλπο της Αμμοχώστου. Εκτός από τις 5 φυσικές λίμνες έχουν δημιουργηθεί και άλλα συστήματα υδάτων ως αποτέλεσμα της κατασκευής φραγμάτων σε ποτάμια ή της δημιουργίας αποθηκευτικών δεξαμενών .



Εικόνα 4.3: Χάρτης υδρογραφικού δικτύου της Κύπρου
(Πηγή: Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων Κύπρου)

4.1.5 Υποδομές – Δίκτυα

Ο τομέας των συγκοινωνιών στην Κύπρο περιλαμβάνει κυρίως δρόμους, αυτοκινητόδρομους, όπως επίσης δύο αεροδρόμια και λιμάνια. Δεν περιλαμβάνει ούτε σιδηροδρομικό δίκτυο αλλά ούτε μετρό και τραμ.

Η Κύπρος διαθέτει ένα πολύ ανεπτυγμένο οδικό δίκτυο για εξυπηρέτηση των μεταφορικών αναγκών των πολιτών, της βιομηχανίας, της γεωργίας, του εμπορίου και του τουρισμού. Σύμφωνα με αρκετές αναφορές ειδικών το οδικό δίκτυο της Κύπρου είναι από τα καλύτερα της Ευρώπης, ειδικά οι υπεραστικοί ή αλλιώς εθνικοί δρόμοι που ενώνουν τις κύριες πόλεις, Πάφο, Λευκωσία, Λεμεσό, Λάρνακα και ελεύθερη επαρχία Αμμοχώστου. Το συνολικό μήκος του οδικού δικτύου στις ελεύθερες περιοχές της χώρας, είναι περίπου 8000km ασφαλτοστρωμένων δρόμων και περίπου 5000km μη ασφαλτοστρωμένων δρόμων. Το οδικό δίκτυο της χώρας αναπτύσσεται συνεχώς. Την Προγραμματική Περίοδο 2007-2013 η Κύπρος ενισχύθηκε με σημαντικούς πόρους από τα Διαρθρωτικά Ταμεία και το Ταμείο Συνοχής στα πλαίσια της Πολιτικής Συνοχής της Ευρωπαϊκής Ένωσης με σημαντικότερα έργα το δρόμο που ενώνει το νέο λιμάνι Λεμεσού με τον αυτοκινητόδρομο Λεμεσού – Πάφου (κάθετος δρόμος Λεμεσού) και το δρόμο διπλής κατεύθυνσης 6 λωρίδων (δρόμος 6 λωρίδων κατασκευάστηκε στην Κύπρο για πρώτη φορά) παρά το Νέο Γ.Σ.Π που αποτελεί τμήμα του αυτοκινητόδρομου Λευκωσίας – Λεμεσού.

Για την εξυπηρέτηση των αεροπορικών μεταφορών, γίνεται χρήση των δυο πρόσφατα ανακαινισμένων και σύγχρονων αεροδρομίων, της Πάφου και της Λάρνακας. Ο κύριος βέβαια διεθνής αερολιμένας είναι αυτός της Λάρνακας, ο οποίος δέχεται ιδιαίτερα την καλοκαιρινή περίοδο, αρκετές πτήσεις από το εξωτερικό.

Ακόμη, η Κύπρος διαθέτει 6 ανοιχτά λιμάνια τα οποία είναι τα εξής: Λιμάνι Λάρνακας, Νέο λιμάνι Λεμεσού, Παλιό λιμάνι Λεμεσού, Λιμάνι Βασιλικού (επαρχία Λεμεσού), λιμάνι Πάφου και λιμάνι Λατσιού (επαρχία Πάφου). Τα δύο κυριότερα και μεγαλύτερα λιμάνια τα οποία ελλιμενίζουν τα περισσότερα κρουαζιερόπλοια, είναι το λιμάνι της Λάρνακας και το Νέο λιμάνι της Λεμεσού.

4.1.6 Φυσικό Τοπίο – Προστατευόμενες Περιοχές

Σχετικά με το φυσικό τοπίο αλλά ακόμη περισσότερο με τις προστατευόμενες περιοχές, μέχρι σήμερα έχουν κηρυχθεί 7 «Περιοχές Προστασίας Χλωρίδας και Πανίδας» με συνολική έκταση 4788,4 εκτάρια. Οι περιοχές αυτές συμπεριλαμβάνονται στο Ευρωπαϊκό δίκτυο προστατευόμενων περιοχών, «Natura 2000» και έχουν κηρυχθεί με απόφαση του Υπουργικού Συμβουλίου ως περιοχές απόλυτης προστασίας της φύσης.

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΕΚΤΑΣΗ (ΕΚΤΑΡΙΑ)
1	Τρίπυλος	823
2	Πικρομυλούδι	108,3
3	Λιβιάδι του Πασσιά	14,5
4	Χιονίστρα	69
5	Προεδρική κατοικία (Κρύος Ποταμός)	28,4
6	Μαδαρή	1187,8
7	Μαύροι Γκρεμοί	2557,6
	ΣΥΝΟΛΟ	4788,4

Πίνακας 4.2: Περιοχές Προστασίας Χλωρίδας και Πανίδας – Natura 2000

Όσον αφορά το δίκτυο NATURA 2000, είναι ένα ευρύ Ευρωπαϊκό δίκτυο το οποίο αναφέρεται στην προστασία φυσικών περιοχών, χλωρίδας, πανίδας και οικοτόπων, με στόχο την διασφάλιση της επιβίωσης πολύτιμων και απειλούμενων ειδών. Η Οδηγία δεν απαγορεύει τις δραστηριότητες εντός των ορίων του, αλλά επιτρέπει μόνο αυτές οι όποιες δεν επηρεάζουν την αρμονία της φύσης.

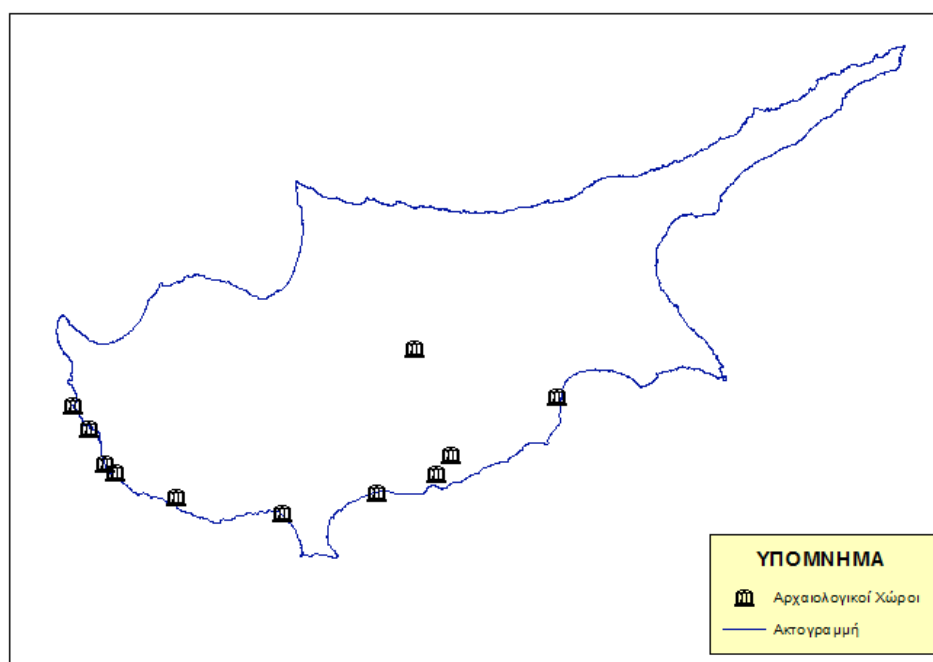
Για την Κύπρο, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει συμπεριλάβει 61 περιοχές στο δίκτυο Natura 2000 οι οποίες καλύπτουν τους τύπους οικοτόπων και τα είδη χλωρίδας και πανίδας των Παραρτημάτων της Ευρωπαϊκής Οδηγίας των Οικοτόπων 92/43/ΕΟΚ, καθώς και είδη πουλιών που αναφέρονται στην Ευρωπαϊκή Οδηγία για τα Πουλιά 2009/147/ΕΚ. Οι 61 περιοχές χωρίζονται σε «Τόπους Κοινοτικής Σημασίας» (ΤΚΣ/SCI: Sites of Community Importance) οι οποίοι είναι τόποι που συνεισφέρουν σημαντικά στη διατήρηση ή αποκατάσταση φυσικών οικοτόπων του Παραρτήματος I ή/και ειδών του Παραρτήματος II της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 92/43/ΕΚ και «Ζώνες Ειδικής Προστασίας» (ΖΕΠ/SPA: Special Protection Areas) οι οποίες είναι καθορισμένες ζώνες οι οποίες χρήζουν προστασίας και διαχείρισης, αφού φιλοξενούν είδη πτηνών του Παραρτήματος I της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2009/147/ΕΚ, όπως και αποδημητικά είδη των οποίων η έλευση είναι τακτική.



Εικόνα 4.4: Χάρτης περιοχών Προστασίας Συνθήκης Natura 2000
(Πηγή: Τμήμα περιβάλλοντος Κύπρου, Προστασία της Φύσης)

4.1.7 Αρχαιολογικοί Χώροι

Παρά τη μικρή της έκταση, η Κύπρος, έχει να επιδείξει πλούσια πολιτιστική κληρονομιά. Η γεωγραφική της θέση καθώς και οι ιστορικές συγκυρίες που βίωσε το νησί διαμέσου των αιώνων, οδήγησαν στην δημιουργία ενός πολιτισμού ο οποίος άφησε πλούσια κατάλοιπα στην επιφάνεια του νησιού. Οι θέσεις των αρχαιολογικών μνημείων και των χώρων πολιτιστικής κληρονομιά παρουσιάζονται πιο κάτω στην εικόνα 4.5.



*Εικόνα 4.5: Χάρτης αρχαιολογικών χώρων και μνημείων της Κύπρου
(Πηγή: Τμήμα Αρχαιοτήτων Κύπρου)*

4.2 Ενεργειακά Χαρακτηριστικά

Στον 21^ο αιώνα η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί τον βασικότερο πυλώνα της ενεργειακής πολιτικής κάθε χώρας. Για την Κύπρο η εξοικονόμηση ενέργειας έχει ιδιαίτερη σημασία, αφού ο τομέας της ενέργειας χαρακτηρίζεται από την υψηλή εξάρτηση των εισαγόμενων μορφών ενέργειας, κυρίως πετρελαιοειδών, το κόστος των οποίων είναι δυσβάστακτο και επηρεάζει αρνητικά το ισοζύγιο πληρωμών.

Από την άλλη όμως θα 'λεγε κανείς, ότι τα τελευταία χρόνια το κυπριακό ενεργειακό σύστημα παρουσιάζει έντονη δυναμικότητα. Διανύει μια περίοδο ανάκαμψης και παράλληλα σημαντικών αλλαγών, με την απελευθέρωση των αγορών ενέργειας (ηλεκτρισμού) όπως αυτή επιβάλλεται από τις ισχύουσες Οδηγίες, την απόφαση για εισαγωγή και διείσδυση του Φυσικού Αερίου στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας και την προώθηση βέβαια των ΑΠΕ.

Το κύριο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κύπρου αποτελείται στην ουσία από τρεις ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς, ιδιοκτησίας της δημόσιας υπηρεσίας Αρχής Ηλεκτρισμού Κύπρου (ΑΗΚ), η οποία επί του παρόντος αποτελεί

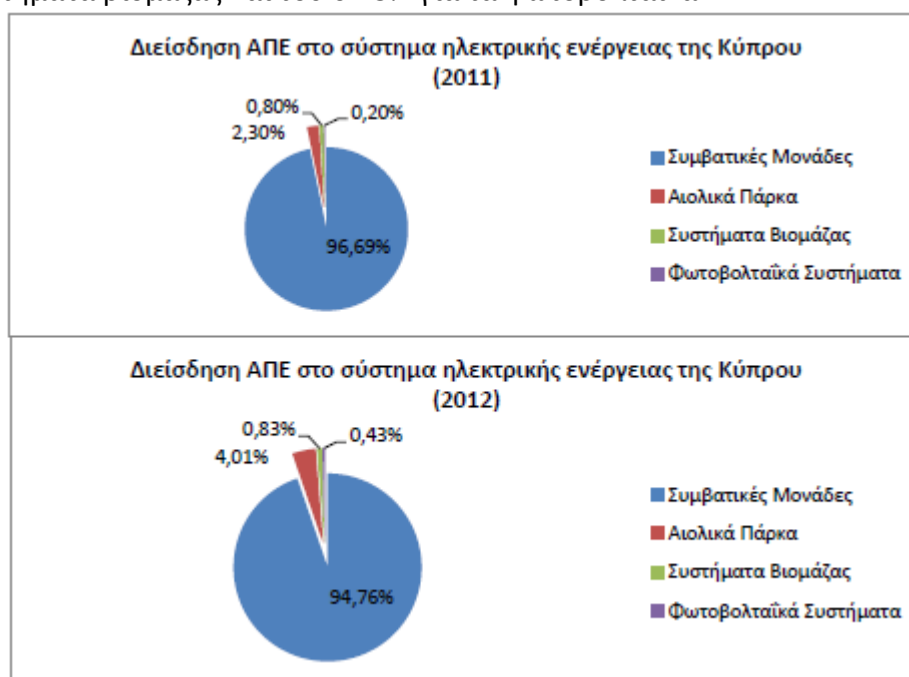
τον μεγαλύτερο παραγωγό ηλεκτρικής ενέργειας. Οι σταθμοί αυτοί που βρίσκονται στη Μονή, στη Δεκέλεια και στο Βασιλικό τροφοδοτούν ολόκληρη την Κύπρο με ηλεκτρική ενέργεια, εξαιρουμένων βέβαια των κατεχόμενων περιοχών.

ΕΤΑΙΡΕΙΑ / ΗΛΕΚΤΡ. ΣΤΑΘΜΟΣ	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ (MW)	ΟΝΟΜ.	ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (MW)
ΑΗΚ / ΜΟΝΗΣ	270		140
ΑΗΚ / ΔΕΚΕΛΕΙΑΣ	460		340
ΑΗΚ / ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ	477,5		455
ΟΛΙΚΟ ΑΗΚ	1207,5		935

Πινάκας 4.3: Ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί της Κύπρου (Πηγή: Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου, 2012)

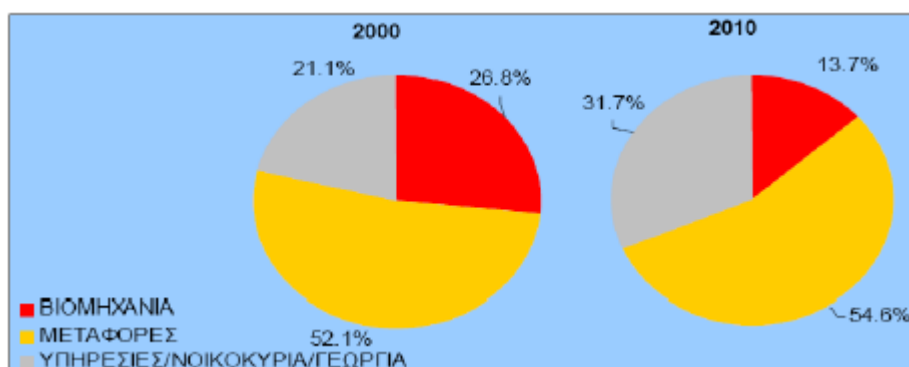
Οι ανάγκες στην Κύπρο για ηλεκτρική ενέργεια καλύπτονται σχεδόν εξολοκλήρου από τους τρεις ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς της ΑΗΚ ενώ η διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Κύπρου είναι σε πρώιμο στάδιο. Πιο συγκεκριμένα, το ποσοστό συνολικής παραγωγής από τις συμβατικές μονάδες επί της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται στο 94.76% για το 2012, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό παραγωγής αναφέρεται στην συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το ποσοστό παραγωγής των αιολικών πάρκων στο σύστημα μεταφοράς και διανομής επί της συνολικής ενέργειας ανέρχεται στο 4.01%, ενώ όσον αφορά τα συστήματα βιομάζας το ποσοστό φτάνει στο 0.83% και για τα φωτοβολταϊκά συστήματα στο 0.43%.

Συγκριτικά με το 2011 παρουσιάζεται μια σχετική άνοδος όσο αφορά το θέμα της διείσδυσης των ΑΠΕ στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Η αύξηση των ανανεώσιμων πηγών είναι της τάξεως του 1.7% για τα αιολικά πάρκα, του 0.03% για τα συστήματα βιομάζας και του 0.23% για τα φωτοβολταϊκά.



Διάγραμμα 4.1: Διείσδυση ΑΠΕ στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας Κύπρου (Πηγή: Υπουργείο Βιομηχανίας και Τουρισμού)

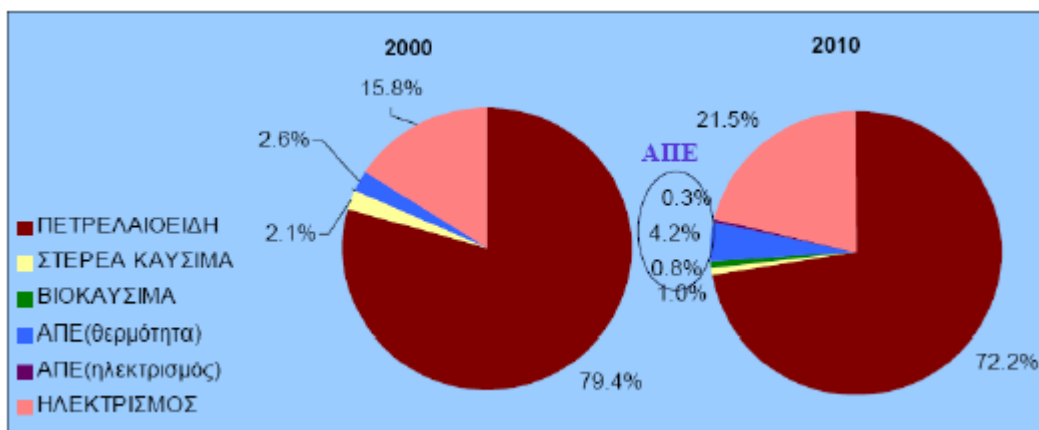
Παράλληλα, τα τελευταία δέκα χρόνια η ζήτηση ενέργειας παρουσιάζει ταχεία αύξηση επηρεαζόμενη τόσο από την συνεχιζόμενη ανάπτυξη όσο και από την αύξηση του πληθυσμού. Σύμφωνα με έρευνες (Διάγραμμα 4.2), το 2010, ποσοστό 54.6% της ενέργειας καταναλώθηκε από τον κλάδο των μεταφορών, 31.7% από υπηρεσίες, νοικοκυριά και γεωργικές χρήσεις ενώ 13,7% από τον τομέα της βιομηχανίας. Συγκριτικά με τα ποσοστά του 2000, ο τομέας των μεταφορών σημειώνει μέση ετήσια αύξηση στην ζήτηση ενέργειας της τάξης του 2,5%, τα νοικοκυριά, οι υπηρεσίες και η γεωργία παρουσιάζουν σημαντική αύξηση της τάξεως του 10,6% ενώ η κατανάλωση ενέργειας για βιομηχανικούς σκοπούς μειώνεται περίπου στο μισό.



Διάγραμμα 4.2: Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα
(Πηγή: Υπουργείο Βιομηχανίας και Τουρισμού)

Είναι εμφανές λοιπόν ότι, η κάλυψη των αναγκών της Κυπριακής κοινωνίας, γίνεται κυρίως με την παραγωγή ενέργειας από τις συμβατικές μονάδες της Αρχής Ηλεκτρισμού Κύπρου (ΑΗΚ). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος στην Κύπρο να στηρίζεται σχεδόν απόλυτα στην καύση ορυκτών και μη ανανεώσιμων καυσίμων.

Το έτος 2000, και με βάση ερευνών που έγιναν (διάγραμμα 4.3), το 79.4% της τελικής κατανάλωσης προερχόταν από παράγωγα πετρελαίου ενώ οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συνεισέφεραν στην κατανάλωση ένα ελάχιστο ποσοστό της τάξης του 2.6%. Μια σημαντική αύξηση, παρατηρείται στην συνεισφορά των ΑΠΕ το 2010 αλλά το ποσοστό παραμένει ακόμη αρκετά χαμηλό, στο 5.4%. Κύρια πηγή ενέργειας εξακολουθούν να παραμένουν τα προϊόντα πετρελαίου με ποσοστό 72.2%.



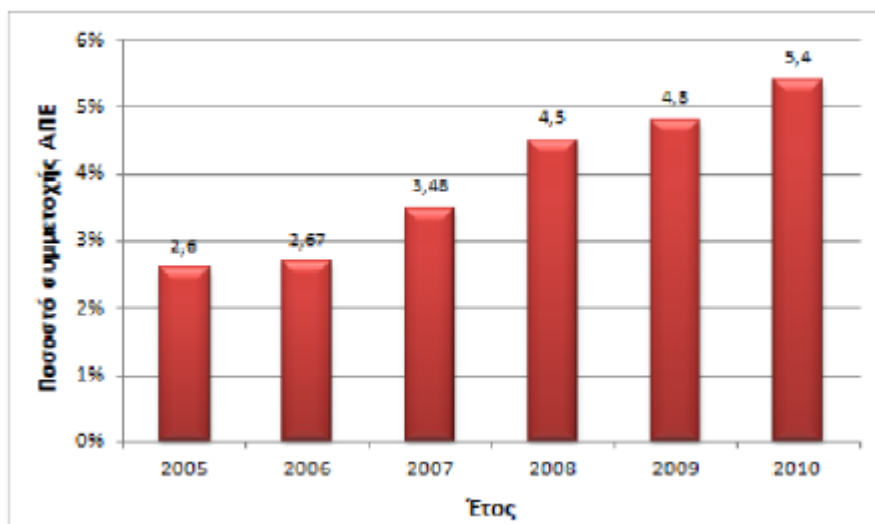
Διάγραμμα 4.3: Τελική κατανάλωση ενέργειας το 2000 και το 2010
(Πηγή: Υπουργείο Βιομηχανίας και Τουρισμού)

Οι Κυπριακές κυβερνήσεις είναι αναγκασμένες να εισάγουν τεράστιες ποσότητες προϊόντων πετρελαίου για να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες της χώρας. Συγκεκριμένα το 2010 το κόστος εισαγόμενων προϊόντων πετρελαίου ανερχόταν στα 1.27 εκατομμύρια ευρώ, ποσό που αντιστοιχεί στο 7.3% του ΑΕΠ της Κύπρου. Συνέπεια αυτού, είναι η οικονομία της Κύπρου να εξαρτάται από τις εισαγωγές και τις συνεχείς αυξομειώσεις των τιμών των πετρελαιοειδών. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, κατά το 2010 η Κύπρος καταλάμβανε την πρώτη θέση σε ενεργειακή εξάρτηση με το υψηλό ποσοστό του 100,89%, δεύτερη η Μάλτα με 100,79% και τρίτο το Λουξεμβούργο με ποσοστό 96,82%.

Από την άλλη, η συνεισφορά των ΑΠΕ στη τελική κατανάλωση ενέργειας στην Κύπρο παραμένει μέχρι σήμερα πολύ περιορισμένη. Η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ προέρχεται κατά κύριο λόγο από τα ελάχιστα αιολικά πάρκα, τα μικρά κυρίως φωτοβολταϊκά πάρκα και τους ηλιακούς θερμοσίφωνες, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ευρέως στην Κύπρο για την θέρμανση νερού. Μικρή συνεισφορά έχει η ενέργεια η οποία παράγεται από βιομάζα.

Καταλυτικό παράγοντα στην απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, κυρίως πετρελαιοειδή και άνθρακα, μπορούν να διαδραματίσουν οι ΑΠΕ. Αυτό δε, μπορεί να επιφέρει και θετικές επιπτώσεις στην ισορροπία του εμπορίου και της οικονομίας της χώρας. Για το λόγο αυτό η αξιοποίηση των ΑΠΕ είναι βασική προτεραιότητα της ενεργειακής πολιτικής της χώρας, με την Κυπριακή Δημοκρατία να στοχεύει στην επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί βάσει της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2009/28/ΕΚ, η οποία προνοεί αύξηση του ποσοστού της συνεισφοράς των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας του έτους 2020 στο 13%.

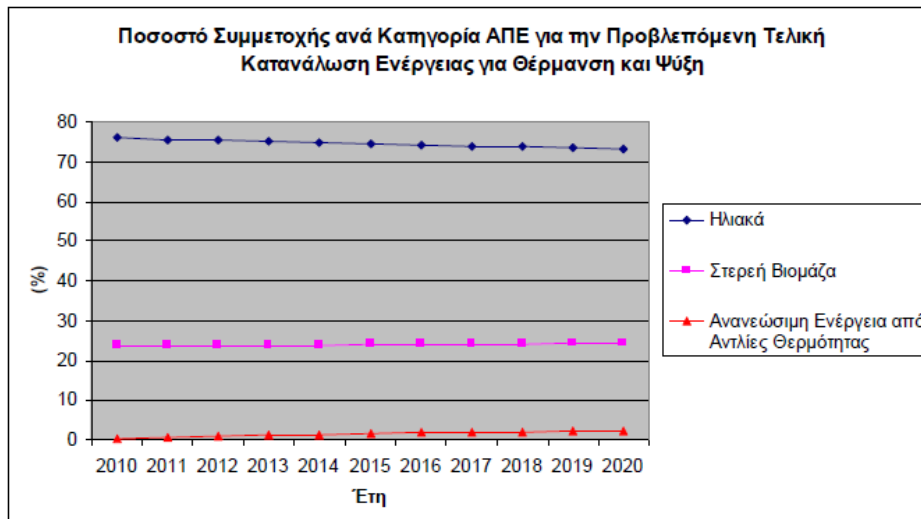
Το 2007 παρατηρήθηκε η πρώτη μικρή αύξηση του ποσοστού συμμετοχής των ΑΠΕ στην ικανοποίηση των αναγκών του πληθυσμού σε ενέργεια. Σύμφωνα με το Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού, το 2010 η πρωτογενής παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ ανερχόταν στο 5,4% της συνολικής παραγωγής από το 2.6% που παρατηρήθηκε το 2005, ικανοποιώντας είδη το στόχο για το έτος 2011 που οριοθετήθηκε από την Οδηγία στο 4,9% (Διάγραμμα 4.4).



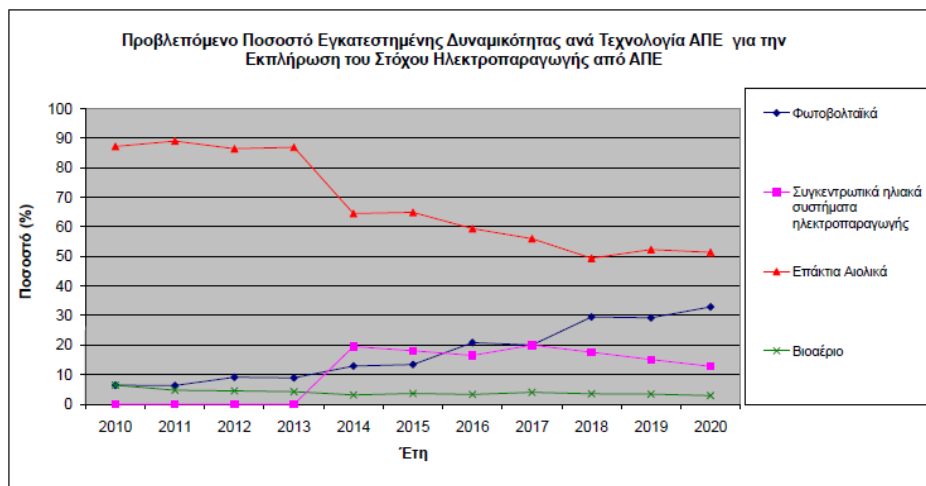
Διάγραμμα 4.4: Ποσοστά συμμετοχής ΑΠΕ στην παραγωγή ενέργειας
(Πηγή: Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού)

Για τους τομεακούς στόχους έχουν διεξαχθεί εκτιμήσεις για την συμμετοχή των χρησιμοποιούμενων κατηγοριών ΑΠΕ για την επίτευξη του εκάστοτε στόχου. Η συμμετοχή μεταφράζεται, σε τελική κατανάλωση ενέργειας για τον τομέα δράσης θέρμανσης – ψύξης, σε εγκατεστημένη δυναμικότητα για την ηλεκτροπαραγωγή και σε συνολικού μεριδίου για τον τομέα των μεταφορών. Στα διαγράμματα πιο κάτω παρουσιάζεται και γραφικά το ποσοστό συμμετοχής των τεχνολογιών ΑΠΕ για την εκπλήρωση του στόχου κάθε τομέα δράσης.

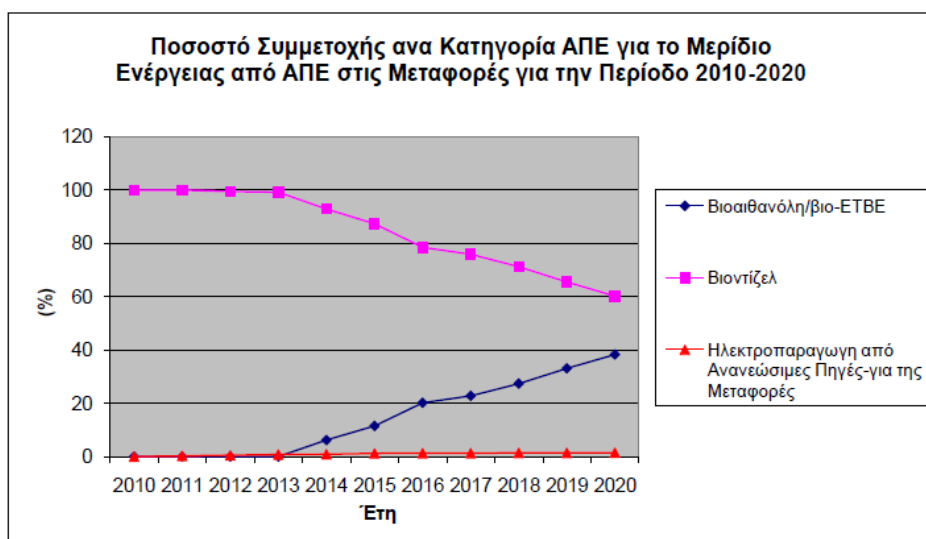
Συμπερασματικά, εκτιμάται ότι τα ηλιακά συστήματα, περιλαμβανομένου των φωτοβολταϊκών, θα έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής για την εκπλήρωση του εθνικού στόχου το 2020. Τα αιολικά πάρκα παίζουν επίσης ένα σημαντικό ρόλο, ακολουθούμενα από τη βιομάζα. Πιο συγκεκριμένα, τα ηλιακά συστήματα παίζουν τον πρώτο ρόλο για τη θέρμανση – ψύξη από ΑΠΕ (Διάγραμμα 4.5), και αν συμπεριλάβει κανείς σ' αυτά και τα φωτοβολταϊκά τότε κατατάσσονται ψηλά κι όσο αφορά την ηλεκτροπαραγωγή (Διάγραμμα 4.6). Το 2014 διαφαίνεται μια μεγάλη μείωση της συμμετοχής των αιολικών συστημάτων στην συνολική ηλεκτροπαραγωγή και αυτό οφείλεται στην εισαγωγή στο ισοζύγιο ηλεκτροπαραγωγής των ηλιοθερμικών συστημάτων, αλλά και την τρομερή αύξηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Παρόλη τη μείωση, τα αιολικά συστήματα παραμένουν στην πρώτη θέση έως και το 2020. Τέλος, στον τομέα των μεταφορών, τα βιοκαύσιμα αποτελούν το σημαντικότερο παράγοντα για την εκπλήρωση των στόχων στον τομέα αυτό (Διάγραμμα 4.7).



Διάγραμμα 4.5: Ποσοστό συμμετοχής για Θέρμανση-Ψύξη (Πηγή: Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού)



Διάγραμμα 4.6: Ποσοστό εγκατεστημένης δυναμικότητας Ηλεκτροπαραγωγής (Πηγή: Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού)



Διάγραμμα 4.7: Ποσοστό συμμετοχής στις Μεταφορές (Πηγή: Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού)

4.3 Ηλεκτροπαραγωγή από Φωτοβολταϊκά Συστήματα

4.3.1 Ηλιακό Δυναμικό

Η Κύπρος διαθέτει ένα πολύ υψηλό ηλιακό δυναμικό, με το μέσο όρο της ημερήσιας ηλιοφάνειας να φτάνει περίπου τις 9 ώρες, με περισσότερες από 300 μέρες το χρόνο ηλιοφάνεια (Πίνακας 4.4). Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στην Κύπρο είναι πολύ υποσχόμενη λόγω του γεγονότος ότι όλες οι περιοχές της Κύπρου έχουν μεγάλη διάρκεια ηλιοφάνειας.

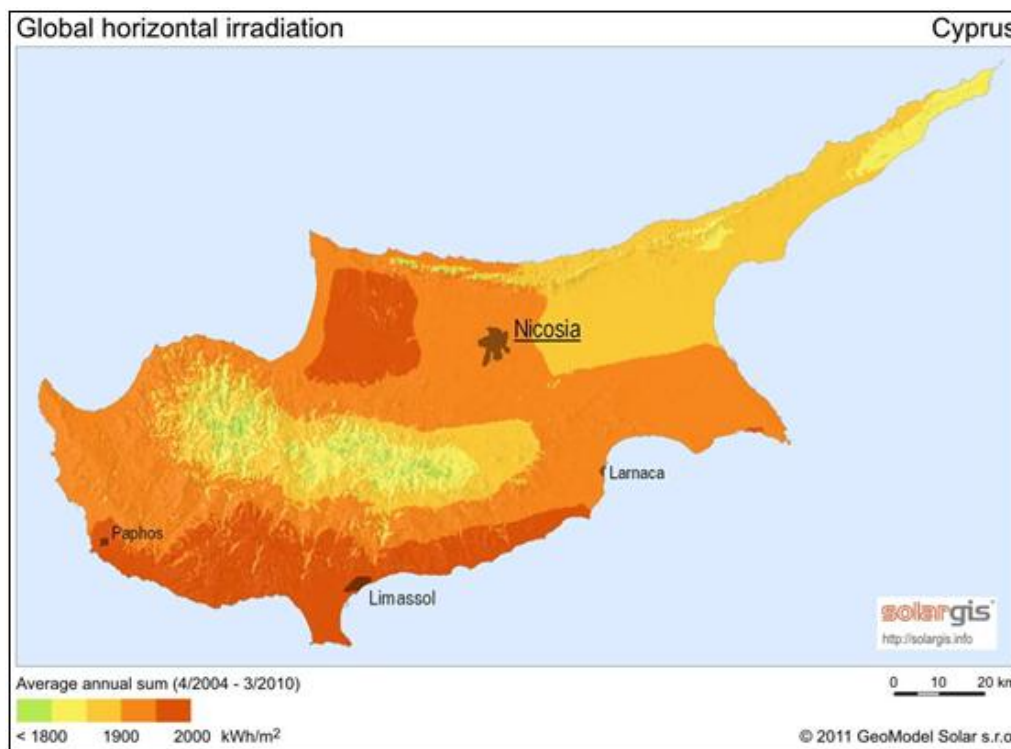
Στις πεδινές περιοχές ο μέσος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας για ολόκληρο το χρόνο είναι 75% των ωρών που ήλιος είναι πάνω από τον ορίζοντα. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η ηλιοφάνεια έχει κατά μέσο όρο 12 ώρες την ημέρα, ενώ στους μήνες Δεκέμβρη και Γενάρη που επικρατεί μεγάλη νέφωση, η διάρκεια της ηλιοφάνειας ελαττώνεται και φτάνει στις 5.5 ώρες περίπου την ημέρα. Ακόμα και στις περιοχές της οροσειράς του Τροόδου, που βρίσκονται και υπό σκιά λόγω των γύρω δασών, τους χειμερινούς μήνες η μέση ηλιοφάνεια φτάνει περίπου τις 4,5 ώρες την ημέρα στην χαμηλότερη της τιμή και τους μήνες Ιούνη, Ιούλη και Αύγουστο η τιμή αυτή αυξάνεται μέχρι και τις 11 ώρες ανά μέρα.

MEAN DAILY SUNSHINE DURATION (hours & tenths)													
PERIOD OF RECORDS: 2001 - 2010													
STATION NAME	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	MEAN
PAFOS (AIRPORT)	6,1	6,5	7,9	9,1	11,4	12,7	12,7	11,7	10,4	9,1	7,7	5,9	9,3
AKROTIRI (R.A.F.)	5,7	6,3	8,0	9,4	11,7	13,0	12,9	12,0	10,6	8,8	7,5	5,6	9,3
AGROS	4,9	5,5	7,1	8,6	10,1	11,5	11,6	10,8	9,5	8,0	6,7	5,0	8,3
ZYGI (A.R.I.)	4,0	5,7	7,1	8,8	9,9	11,1	11,1	10,1	9,4	7,3	6,9	4,5	8,2
ATHALASSA	5,7	6,3	7,6	9,0	10,8	12,3	12,4	11,6	10,2	8,7	7,3	5,3	9,0
LARNAKA (AIRPORT)	6,0	6,6	7,8	9,1	11,3	12,5	12,6	11,7	10,3	8,9	7,6	5,8	9,2
POLIS CHRYS.	5,5	5,7	7,5	8,9	11,3	12,9	13,1	12,0	10,5	8,7	7,0	5,3	9,1
PAFOS (AIRPORT)	5,5	5,9	7,8	9,2	11,3	12,3	12,2	11,2	10,2	8,9	7,2	6,0	9,1
MALIA	4,8	5,0	7,1	8,7	10,8	12,3	12,5	11,8	10,4	8,5	7,0	5,4	8,8
PANO AMIANTOS	4,4	5,0	6,6	7,5	9,1	10,5	10,8	10,1	9,2	7,3	5,9	4,5	7,5
MENOGEIA	5,6	6,0	7,5	9,0	11,1	12,4	12,6	11,7	10,6	8,7	7,3	5,5	9,0
LARNAKA (AIRPORT)	5,5	6,1	7,5	9,0	11,7	12,8	13,1	12,0	10,7	8,7	7,5	5,6	9,3
ATHALASSA	5,3	5,8	7,5	8,8	10,6	12,3	12,4	11,5	10,4	8,4	6,8	5,2	8,7
	5,3	5,9	7,5	8,9	10,9	12,2	12,3	11,4	10,2	8,5	7,1	5,3	8,8

*Πίνακας 4.4: Μέση διάρκεια ημερήσιας ηλιοφάνειας
(Πηγή: Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου)*

Επιπρόσθετα, καταλυτικό παράγοντα όσο αφορά το ηλιακό δυναμικό της Κύπρου, έχει και η ηλιακή ακτινοβολία, της οποίας τα ποσοστά είναι πάρα πολύ ψηλά σχεδόν σε όλη την επιφανειακή έκταση του νησιού. Όπως φαίνεται και στην εικόνα πιο κάτω (Εικόνα 4.6), η μέση οριζόντια ακτινοβολία, με βάση την περίοδο 2004 έως

2010, έχει καταγράψει ποσοστά που κυμαίνονται από 1800 μέχρι και 2000 κιλοβατώρες ανά τετραγωνικό μέτρο.



Εικόνα 4.6: Μέση ετήσια οριζόντια ακτινοβολία
(Πηγή: www.solargis.info)

4.3.2 Υφιστάμενες Υποδομές

Τα φωτοβολταϊκά, είναι τα πιο ευρέως γνωστά συστήματα αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μία αυξητική τάση χρησιμοποίησης τους από φυσικά και νομικά πρόσωπα. Αν και παρουσιάζουν υψηλό κόστος και μεγάλο χρόνο απόσβεσης της αρχικής επένδυσης, μακροπρόθεσμα, η εγκατάστασή τους είναι οικονομικά συμφέρουσα λαμβάνοντας υπόψη και τα σχέδια χορηγιών και επιδοτήσεων που δίνονται από το κράτος. Βέβαια το μείζον θέμα που προκύπτει σε τέτοιου είδους επενδύσεις είναι η τιμή πώλησης της κιλοβατώρας στο δίκτυο της ΑΗΚ.

Με τα δεδομένα του 2012, υπήρχαν εγκατεστημένα και ενωμένα με το δίκτυο της ΑΗΚ περίπου 800 φωτοβολταϊκά συστήματα. Από αυτά τα 44 (Πίνακας 4.5) εγκαταστάθηκαν σε μεγάλα φωτοβολταϊκά πάρκα ισχύος μεγαλύτερης των 100kWp και τα υπόλοιπα σε στέγες και οροφές κτηρίων ισχύος κάτω από 20kWp. Τουλάχιστον 350 συστήματα αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων είχαν εγκατασταθεί μέχρι το τέλος του 2011, ενώ μέχρι τα τέλη του 2013 αναμενόταν να δημιουργηθούν μεγαλύτερα φωτοβολταϊκά πάρκα συνολικής ισχύος 1-10 MW. Ακόμη, μέχρι και το τέλος του 2014 αναμένεται να λειτουργήσουν δυο ηλιοθερμικοί σταθμοί συνολικής δυναμικότητας 25 MW. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των

φωτοβολταϊκών συστημάτων έφτασε περίπου τα 10MW το 2011, παρουσιάζοντας σχετική αύξηση 3.3 MW από το 2010.

Όνοματεπώνυμο	Πόλη / Χωριό	Περιφέρεια	Ισχύς Φ/Σ (KW)
PEONIA ENTERPRISES LTD	Πεντάκωμο	Λεμεσός	149,96
PHOTOGREEN ELECTRICITY COMPANY	Ορούντα	Λευκωσία	149,96
ΚΩΣΤΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ	Αγ. Ιωάννης Μαλλ.	Λευκωσία	149,96
SOLIGHT ELECTRICITY COMPANY LTD	Ορούντα	Λευκωσία	149,96
RES ZEUS ELECTRICITY COMPANY LTD	Ορούντα	Λευκωσία	149,96
DIONYSIOS SOLAR LTD	Αψιού	Λεμεσός	149,96
ΛΑΜΠΡΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΑΡΚΟ ΛΤΔ	Πάχνα	Λεμεσός	144,00
A & K ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΑΚΙΝΗΤΑ ΛΤΔ	Γέρι	Λευκωσία	149,85
ΤΟ ΚΟΚΚΙΝΟ ΜΠΑΛΟΝΙ ΛΤΔ	Παλαιομέτοχο	Λευκωσία	149,80
PHOTOS RHOTIADES BREWERIES LTD	Λασιά	Λευκωσία	149,97
BALELA LTD	Σκαρίνου	Αμ/στος-Λ/κα	149,96
ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΜΟΣΑΪΚΩΝ ΣΤΑΥΡΟΥ Ε.	Δάλι	Λευκωσία	150,00
CJC DEVELOPING AND CONSTRUCTING	Τσάδα	Πάφος	150,00
A&Π ΚΑΣΑΠΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΛΤΔ	Σκαρίνου	Αμ/στος-Λ/κα	149,96
Σ.ΚΑΖΑΜΙΑΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΑΡΚΟ ΛΤΔ	Καλοπαναγιώτης	Λευκωσία	150,00
ΔΗΜΟΣ & ΜΑΡΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΛΤΔ	Βουνί	Λεμεσός	150,00
G.C.H ORESTIS DEVELOPING LTD	Φασούλα	Λεμεσός	149,96
M.C. SUN POWER ENERGY LTD	Πάχνα	Λεμεσός	149,96
S.P.P. SOLAR POWER PARK LTD	Κοιλάνι	Λεμεσός	149,73
ΣΤ. Χ. ΣΟΦΟΚΛΕΟΥΣ & ΥΙΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	Τσάδα	Πάφος	150,00
IONISOS RES LTD	Πενταλιά	Πάφος	150,00
Z. SOLAR LTD	Βουνί, Μέσα Χωριό	Πάφος	150,00
GENSWALL TRADING LTD	Φοινικάρια	Λεμεσός	149,99
C.A.C SOLAR SOURCE OF ENERGY LTD	Κάτω Μονή	Λευκωσία	149,94
VASSOS ELIADES LTD	Δάλι	Λευκωσία	150,00
Κ.Ε. ΠΑΤΣΑΛΟΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΗ ΛΤΔ	Κίτι	Αμ/στος-Λ/κα	150,00
CH.MYRIANTHOU ENERGY LTD	Τραχυπέδουλα	Πάφος	150,00
M. KARAMANIS SOLAR ENERGY LTD	Κινούσα	Πάφος	150,00
P.K. EAST WEST HOUSE LTD	Ακάκι	Λευκωσία	143,22
N. ZAVRIDES LTD	Τίμη	Πάφος	150,00
ARTEMIS SOLAR LTD	Κελλάκι	Λεμεσός	149,96
EIPSTOP LTD	Μελάδεια	Πάφος	150,00
SOL INVICTUS POWER LTD	Ψεματισμένος	Αμ/στος-Λ/κα	149,96
COMPASS DEVELOPERS LTD	Ύψωνας	Λεμεσός	149,94
ΔΙΛΟΦΟΣ ΣΤΕΓΑΣΤΙΚΗ ΛΤΔ	Ποτάμι	Λευκωσία	149,90
MEDOCHEMIE LTD	Άγιος Αθανάσιος	Λεμεσός	149,76
SOCRATIS PAVLOU & SON DEVELOPERS	Παρεκκλησιά	Λεμεσός	150,00
N. KOURKOUTIS ENERGY LTD	Πύργος Λεμεσού	Λεμεσός	150,00
P. SOLMARE LTD	Πισσούρι	Λεμεσός	147,56
ΝΙΚΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	Κοίλη	Πάφος	150,00
E AND C EVAGOROU LTD	Ακάκι	Λευκωσία	130,00
R. G. ENERGY LTD	Αναλυόντας	Λευκωσία	150,00
M.C.N ENERGY FIELDS LTD	Αψιού	Λεμεσός	149,94

Πίνακας 4.5: Υφιστάμενα φωτοβολταϊκά πάρκα 2012
(Πηγή: Ίδρυμα Ενέργειας Κύπρου)

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων, μπορεί να θεωρηθεί ως ο πιο εύκολος και γρήγορος τρόπος για την συνεισφορά των πολιτών στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στη διαμόρφωση περιβαλλοντικής συνείδησης και στην εξασφάλιση οικονομικού οφέλους. Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, αποτελεί επίσης την άμεση επαφή των πολιτών με τα οφέλη αξιοποίησης των ΑΠΕ και το γεγονός αυτό συνεισφέρει στην ευρύτερη κοινωνική αποδοχή και άλλων τεχνολογιών ΑΠΕ στο νησί.

4.4 Δεδομένα

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την αντιμετώπιση του προβλήματος και την επεξεργασία των κριτηρίων, προέρχονται κυρίως από το κτηματολόγιο Κύπρου, όπως επίσης και από επίσημους ευρωπαϊκούς ιστοχώρους. Το κτηματολόγιο παρείχε δεδομένα της μορφής shape file για το οδικό δίκτυο, την αστική δόμηση, την ακτογραμμή, τις λίμνες, τα ποτάμια, τις προστατευόμενες περιοχές (Natura 2000) και τα αρχαιολογικά μνημεία. Όσο αφορά τα υφιστάμενα φωτοβολταϊκά πάρκα, έγινε ψηφιοποίηση των αντίστοιχων περιοχών με βάση τις διευθύνσεις και τα εμβαδά που δόθηκαν από το Ίδρυμα Ενέργειας Κύπρου. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε τόσο για το δίκτυο της ΑΗΚ, το οποίο ήταν διαθέσιμο στον ιστότοπο της Αρχής Ηλεκτρισμού Κύπρου, όπως και για την ακτινοβολία η οποία αναζητήθηκε μέσω επίσημων ευρωπαϊκών ιστοχώρων. Τέλος για τις κλίσεις εδάφους και τις κατηγορίες κάλυψης γης, βρέθηκαν αρχεία σε μορφή tif, από το κτηματολόγιο και την ιστοσελίδα του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (ΕΟΠ) αντίστοιχα, τα οποία στη συνέχεια μετατράπηκαν σε μορφή vector για την διευκόλυνση των διαδικασιών.

Για την αποφυγή σφαλμάτων κατά την ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων κρίθηκε αναγκαίο να μετατραπούν όλα τα αρχικά θεματικά επίπεδα σε ένα κοινό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς. Συγκεκριμένα το σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε ήταν το CGRS_1993_LTM, το οποίο αντιστοιχεί στα δεδομένα της Κύπρου και ήταν διαθέσιμο μέσω του λογισμικού ArcGis 10.

4.5 Στάδιο 1: Εκτίμηση Κατάλληλων περιοχών

4.5.1 Καθορισμός Κριτηρίων

Η σωστή επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας, αποτελεί το πρώτο στάδιο χωροθέτησης φωτοβολταϊκών πάρκων. Για να μπορέσει ένα φωτοβολταϊκό πάρκο να αποδώσει το αναμενόμενο, εξυπηρετώντας τις ανάγκες για τις οποίες έχει σχεδιαστεί να καλύψει, πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφορα κριτήρια. Πιο συγκεκριμένα, καθορίζονται τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την διεξοδική επίλυση του προβλήματος οδηγώντας στον αποκλεισμό των ακατάλληλων και παράλληλα στον προσδιορισμό των κατάλληλων περιοχών. Τα κριτήρια αυτά χαρακτηρίζονται ως απλά αφού καθορίζουν το αν επιτρέπεται η χωροθέτηση φωτοβολταϊκού πάρκου, εντός μιας περιοχής ή όχι.

Μετά λοιπόν, από διεξοδική μελέτη της βιβλιογραφίας καθώς επίσης και της νομοθεσίας, Νόμος Περί Πολεοδομίας και Χωροταξίας, Εντολή 2/ Άρθρο 6/ 2006, προσδιορίστηκαν τα παρακάτω κριτήρια που πρέπει να πληρούν οι τελικές περιοχές. Επιπρόσθετα, λήφθηκαν υπόψη και θεωρήθηκαν ακατάλληλες, για ευνόητους λόγους, οι περιοχές των Αγγλικών βάσεων (κοντά σε Λεμεσό και Δεκέλεια) όπως επίσης και η κατεχόμενη περιοχή, η οποία βρίσκεται υπό την παράνομη διοίκηση των Τούρκικων στρατευμάτων.

Τα περιβαλλοντικά κριτήρια λαμβάνουν υπόψη τις διάφορες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα έχει η εγκατάσταση ενός τέτοιου έργου στο φυσικό περιβάλλον της ευρύτερης περιοχής. Τα κριτήρια που αφορούν τις προστατευόμενες περιοχές (Natura 2000), τις λίμνες, τα ποτάμια και οι κατηγορίες κάλυψης γης επιλέχθηκαν βάση του πιο πάνω νόμου. Έτσι για το κριτήριο των προστατευόμενων περιοχών, θα πρέπει οι προτεινόμενες περιοχές να βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 300μ. Ακολούθως, για τα ποτάμια και τις λίμνες, να βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 150μ. και όσο αφορά τις κατηγορίες κάλυψης γης θα πρέπει να είναι είτε μέσα σε μη αρδεύσιμες καλλιεργήσιμες περιοχές (σκληρόφυλλη βλάστηση) είτε μέσα σε λιβάδια και βοσκότοπους.

Στα πολιτιστικά κριτήρια ανήκουν όλοι οι αρχαιολογικοί χώροι, καθώς και μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς. Το κριτήριο αυτό εξήχθη επίσης από την συγκεκριμένη νομοθεσία. Τα φωτοβολταϊκά πάρκα πρέπει να χωροθετούνται σε απόσταση μεγαλύτερη των 500μ. από αρχαιολογικό χώρο, η οποία θα καθορίζεται από την Πολεοδομική Αρχή, αφού ληφθούν υπόψη οι σχετικές απόψεις του Τμήματος Αρχαιοτήτων και της Υπηρεσίας Περιβάλλοντος.

Σύμφωνα με τον Νόμο Περί Πολεοδομίας και Χωροταξίας του 2006, τα φωτοβολταϊκά πάρκα δεν μπορούν να τοποθετηθούν κοντά σε κατοικημένες περιοχές κυρίως για λόγους ασφαλείας. Άλλα πιθανά προβλήματα επίσης, μπορεί να προκύψουν από τους κατοίκους, λόγω κυρίως της αντανάκλασης της ακτινοβολίας που μπορεί να προκύψει κατά την κατασκευή και λειτουργία τέτοιων πάρκων. Άρα στα οικιστικά κριτήρια, η απόσταση που ορίζεται από τους οικισμούς θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 850μ.

Όσο αφορά τα κριτήρια δικτύων και υποδομών, λαμβάνονται υπόψη οι υφιστάμενες υποδομές των φωτοβολταϊκών πάρκων καθώς και το οδικό δίκτυο της Κύπρου. Ο καθορισμός των κριτηρίων έγινε τόσο με βάση τη νομοθεσία όσο και για πρακτικούς λόγους. Για το οδικό δίκτυο η απόσταση ορίζεται στα 100μ., ενώ για τα υφιστάμενα φωτοβολταϊκά πάρκα στα 1500μ. λόγω ασφάλειας.

Τέλος, οι προτεινόμενες περιοχές θα πρέπει να χαρακτηρίζονται λειτουργικές και όσο το δυνατό περισσότερο οικονομικές. Σ' αυτού του είδους την κατηγορία εντάσσονται, το κριτήριο του δικτύου ηλεκτροδότησης της ΑΗΚ και το κριτήριο των κλίσεων εδάφους. Το κριτήριο του δικτύου της ΑΗΚ είναι πολύ σημαντικό αφού εξυπηρετεί οικονομικά κριτήρια. Συγκεκριμένα, δεν θα χρειάζονται να ενταχθούν στο δίκτυο νέες γραμμές μεταφοράς ή να ανοικοδομηθούν καινούριοι υποσταθμοί. Ταυτόχρονα, το κόστος που αφορά τυχόν απώλειες ενέργειας λόγω των μεγάλων

αποστάσεων μεταφοράς, μπορεί να υποτιμήσει την παραγωγή της ηλιακής ενέργειας σε σημείο που δεν θα μπορεί να είναι τόσο ανταγωνιστική με άλλες μορφές ενέργειας. Για αυτό επιλέχθηκε τελικά οι προτεινόμενες περιοχές να βρίσκονται εντός 4 χιλιομέτρων από το δίκτυο ηλεκτροδότησης. Ακόμη, σύμφωνα με τους επίσημους υπολογισμούς του Υπουργείου Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού θα πρέπει οι κατάλληλες περιοχές να εντάσσονται σε εδάφη με κλίση ίση ή μικρότερη των 10°. Αλλιώς, οι περιοχές που προκύπτουν απ' αυτά τα δύο κριτήρια ονομάζονται και ζώνες επιρροής.

Λόγω του ότι, οι υπό εξέταση περιοχές θα πρέπει να παρέχουν δυναμικό τουλάχιστον 100kw (και με βάση υπολογισμών που έχουν γίνει), από τις τελικές περιοχές που θα προκύψουν, αποδεκτές θα είναι αυτές με εμβαδόν ίσο ή μεγαλύτερο των 4000τ.μ.

4.5.2 Προσδιορισμός Απαιτούμενων Θεματικών Επιπέδων

Κάθε κριτήριο πρέπει να μεταφραστεί σε συγκεκριμένα γεωγραφικά – γεωμετρικά στοιχεία και στα αντίστοιχα θεματικά επίπεδα. Η επιλογή αυτή εξαρτάται από την ανάλυση που είναι αναγκαία στην εκάστοτε μελέτη και τα τελικά προϊόντα που πρέπει να δημιουργηθούν (Κουτσόπουλος, 2005β).

Στη συγκεκριμένη εφαρμογή απαιτούνται στοιχεία για τις περιοχές που εντάσσονται στο δίκτυο Natura 2000, για τους αρχαιολογικούς χώρους, για το υδρογραφικό δίκτυο (ποταμοί, λίμνες), τις αστικές περιοχές, το οδικό δίκτυο, τα υφιστάμενα φωτοβολταϊκά πάρκα, το δίκτυο ηλεκτροδότησης ΑΗΚ, τις κλίσεις εδάφους και τις κατηγορίες κάλυψης γης.

Για την οργάνωση των χωρικών στοιχείων σε επίπεδα, δύο είναι οι βασικές συνιστώσες: η μορφή των στοιχείων (σημείο, γραμμή, πολύγωνο) και η θεματολογία τους (Κουτσόπουλος, 2005β). Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.6) περιγράφονται τα κριτήρια με τη μετατροπή τους σε θεματικά επίπεδα αρχικά και τελικά:

Κριτήριο	Αρχικά επίπεδα	Τοπολογία	Παραγόμενα επίπεδα	Τοπολογία
1	Προστ. περιοχές (Natura 2000)	Πολυγωνική	Z. Αποκλεισμού 300μ	Πολυγωνική
2	Ποταμοί	Γραμμική	Z. Αποκλεισμού 150μ	Πολυγωνική
3	Λίμνες	Πολυγωνική	Z. Αποκλεισμού 150μ	Πολυγωνική
4	Αστική περιοχή	Πολυγωνική	Z. Αποκλεισμού 850μ	Πολυγωνική
5	Αρχαιολογικοί χώροι	Σημειακή	Z. Αποκλεισμού 500μ	Πολυγωνική
6	Οδικό δίκτυο	Γραμμική	Z. Αποκλεισμού 100μ	Πολυγωνική
7	Υφιστάμενα Φ/Β	Πολυγωνική	Z. Αποκλεισμού 1500μ	Πολυγωνική
8	Κάλυψη Γης	Πολυγωνική	Corine_2_κατηγορίες	Πολυγωνική
9	Κλίσεις Εδάφους	Πολυγωνική	Z. Επιρροής (εντός 10°)	Πολυγωνική
10	Δίκτυο ΑΗΚ	Γραμμική	Z. Επιρρ. (εντός 4000μ)	Πολυγωνική

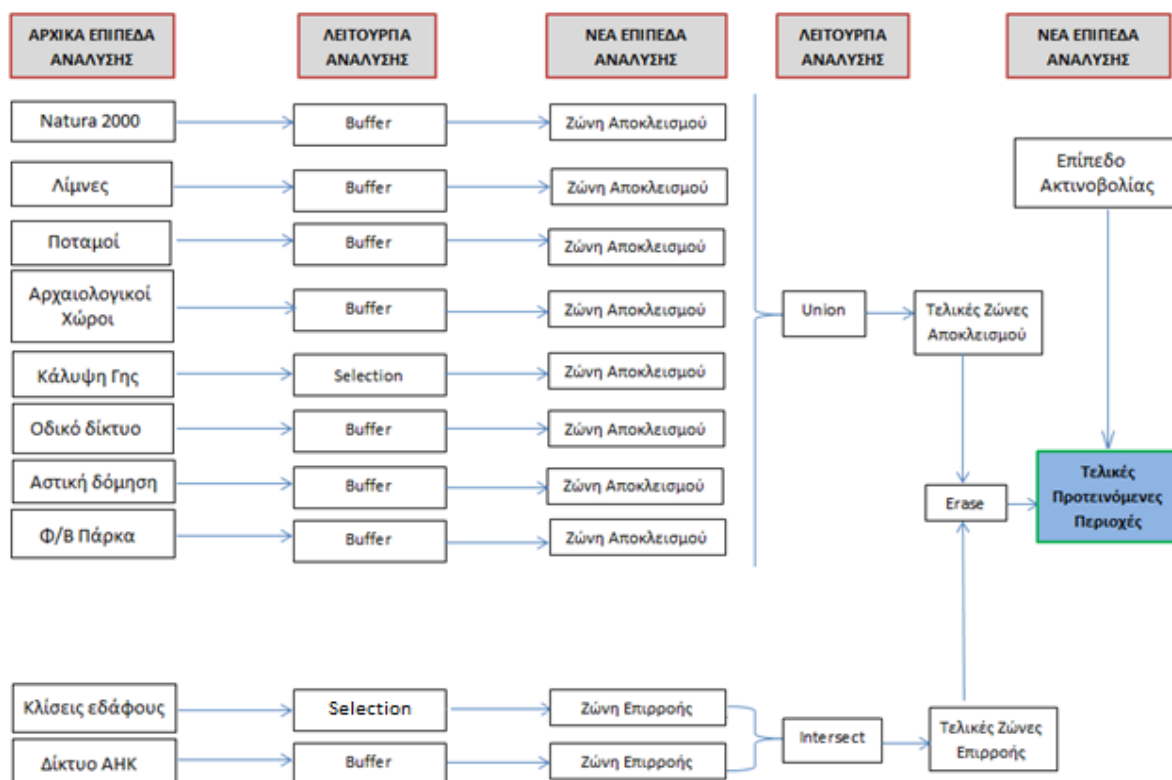
Πίνακας 4.6: Καθορισμός αρχικών και τελικών θεματικών επιπέδων

4.5.3 Ανάλυση Δεδομένων

Μετά τον προσδιορισμό του προβλήματος, τη δημιουργία της βάσης δεδομένων και τον καθορισμό των κριτηρίων με τη μετατροπή τους σε επίπεδα ανάλυσης, ακολουθεί η χωρική ανάλυση των δεδομένων με τη δημιουργία νέων επιπέδων, τη βοήθεια εργαλείων δημιουργίας ζωνών αποκλεισμού, αλληλεπίδρασης διαφόρων επιπέδων και άλλων αναλυτικών λειτουργιών.

Ακολούθως, παρουσιάζεται το μοντέλο για τις περιοχές που είναι κατάλληλες για την χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων στην Κύπρο με τα στοιχεία εισόδου, τις λειτουργίες ανάλυσης, τα νέα επίπεδα και τις παραγόμενες πληροφορίες.

Η διαδικασία αναλυτικότερα έχει ως εξής: δημιουργούνται όλες οι ζώνες αποκλεισμού για τις επιμέρους κατηγορίες κριτηρίων (περιβαλλοντικά, πολιτιστικά, οικιστικά, δικτύων/υποδομών, λειτουργικά/οικονομικά) οι οποίες στη συνέχεια ενώνονται και παράγεται ένα νέο επίπεδο. Στην συνέχεια δημιουργούνται οι ζώνες επιρροής οι οποίες με τη λειτουργία της τομής παράγουν το νέο επίπεδο των ζωνών επιρροής και τέλος, αφαιρώντας από τις ζώνες επιρροής τις ζώνες αποκλεισμού, παράγεται το τελικό επίπεδο των κατάλληλων περιοχών. Σ' αυτό το επίπεδο προστίθεται το επίπεδο της ηλιακή ακτινοβολία, δίνοντας έτσι ένα τελικό θεματικό χάρτη με τις κατάλληλες περιοχές και τα αντίστοιχα επίπεδα ακτινοβολίας σε κάθε μία από αυτές. Πιο κάτω παρουσιάζεται η διαδικασία σε διάγραμμα.



Διάγραμμα 4.8: Μετατροπή γεωμετρικών στοιχείων σε θεματικά επίπεδα

4.5.4 Δημιουργία Ζωνών Αποκλεισμού

Για τη δημιουργία των Ζωνών Αποκλεισμού χρησιμοποιήθηκε κυρίως το εργαλείο Buffer από την εντολή Analysis Tools – Proximity του ArcMap 10. Το εργαλείο αυτό, έχει την δυνατότητα να δημιουργεί ζώνες περιμετρικά των αρχικών θεματικών επιπέδων, αναλόγως της απόστασης που καταχωρείται από τον χρήστη.

Στους παρακάτω χάρτες, παρουσιάζονται οι ζώνες αποκλεισμού για τα επιμέρους κριτήρια όπως έχουν περιγραφεί στις πιο πάνω παραγράφους, καθώς και η ένωση αυτών (Union), απεικονίζοντας έτσι την τελική ζώνη αποκλεισμού.

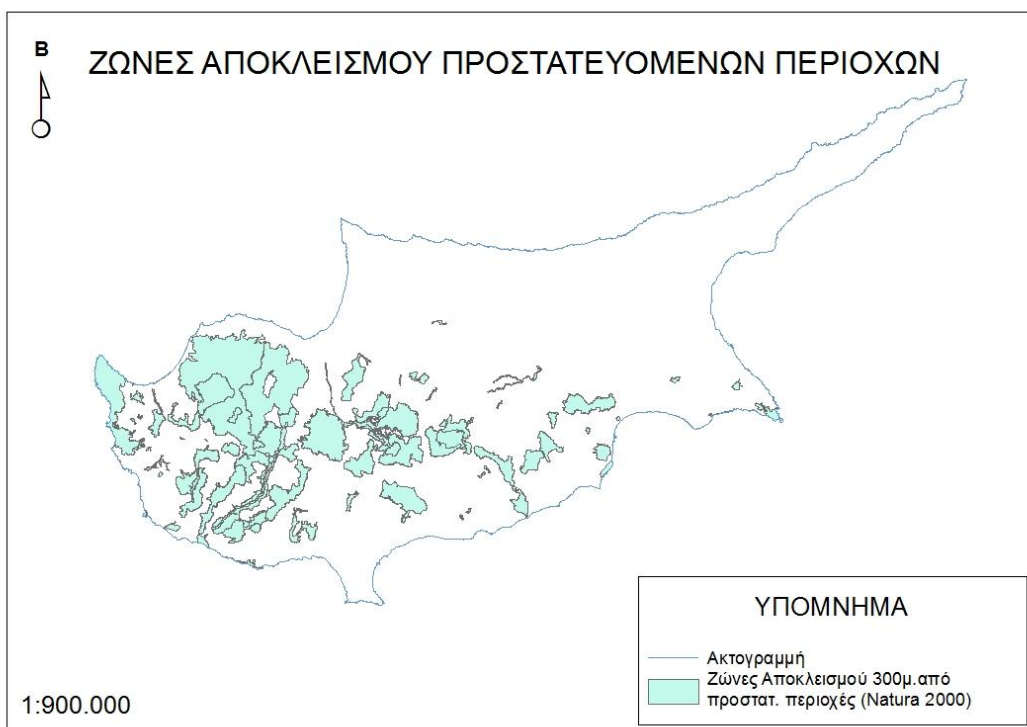
- Περιβαλλοντικά κριτήρια



Χάρτης 4.1: Ζώνες Αποκλεισμού λιμνών



Χάρτης 4.2: Ζώνες Αποκλεισμού ποταμών



Χάρτης 4.3: Ζώνες Αποκλεισμού προστατευόμενων περιοχών

Όπως αναφέρεται πιο πάνω, στα προηγούμενα κεφάλαια, για το κριτήριο των κατηγοριών κάλυψης γης, βρέθηκε το αντίστοιχο Corine Landcover για την Κύπρο από μία επίσημη Ευρωπαϊκή ιστοσελίδα (eea.europa.eu). Το συγκεκριμένο Corine ήταν σε μορφή tif και με τη χρήση του εργαλείου Raster to other Format μετατράπηκε σε μορφή vector για να μπορεί να γίνει input αρχείο στη διαδικασία της εφαρμογής.

Μαζί με το αρχείο tif, υπήρχε και ένα αρχείο excel, στο οποίο αναγράφονταν όλες οι κατηγορίες κάλυψης γης της Κύπρου, όπως και οι κωδικοί τους (Gridcode) που αντιστοιχούσαν και εκφράζονταν στο αρχείο tif. Αυτοί οι κωδικοί αντιγράφηκαν στον πίνακα του Corine με μορφή vector και με τη βοήθεια του εργαλείου Selection – Select by attribute επιλέχθηκαν οι περιοχές που είχαν Gridcode ίσο με 12 ή ίσο με 18, δηλαδή η μη αρδύσιμη καλλιεργήσιμη γη και οι βοσκότοποι και τα λιβάδια αντίστοιχα. Όλες οι υπόλοιπες περιοχές θεωρήθηκαν, βάση και της νομοθεσίας, ως ζώνες αποκλεισμού.



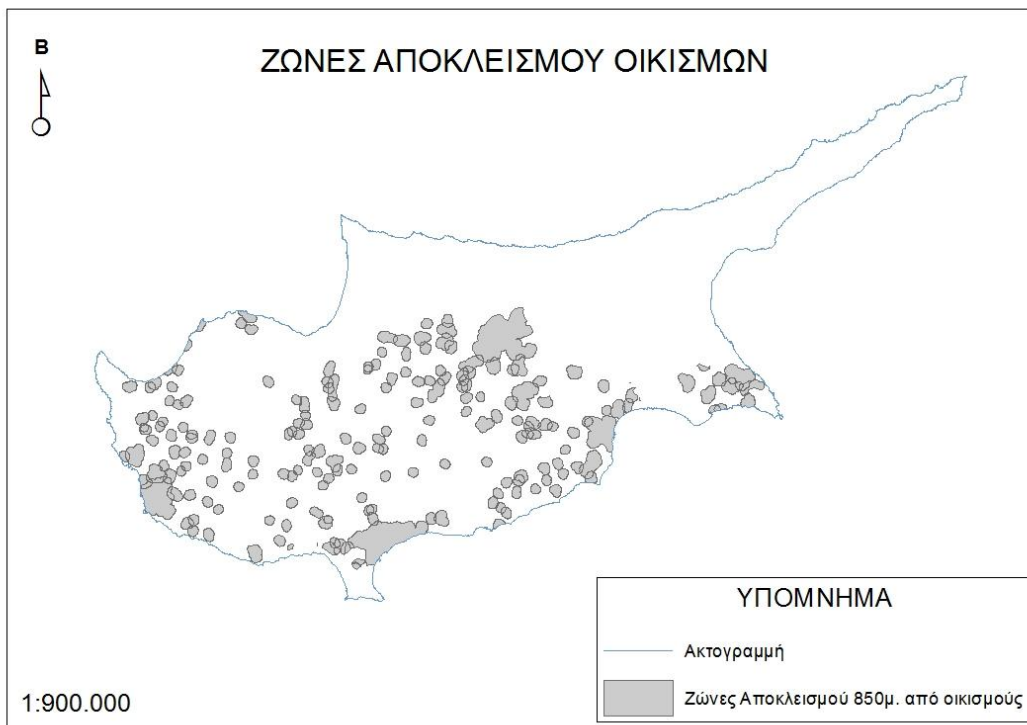
Χάρτης 4.4: Ζώνες Αποκλεισμού κατηγοριών κάλυψης γης

- Πολιτιστικά κριτήρια



Χάρτης 4.5: Ζώνες Αποκλεισμού αρχαιολογικών χώρων

- Οικιστικά κριτήρια



Χάρτης 4.6: Ζώνες Αποκλεισμού οικισμών

- Κριτήρια δικτύων και υποδομών



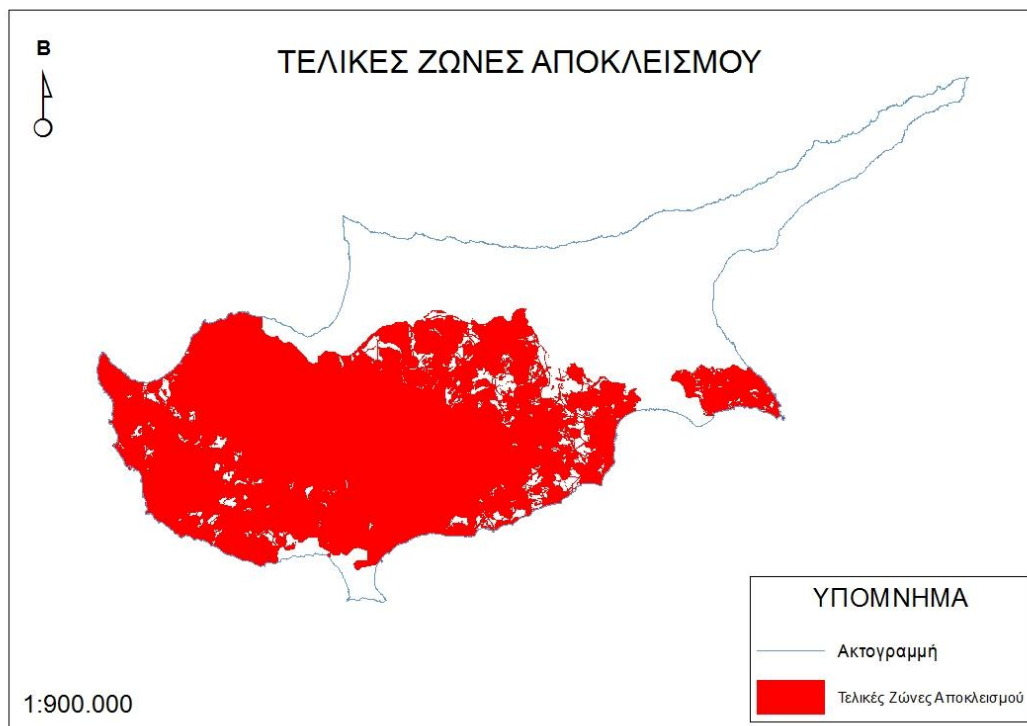
Χάρτης 4.7: Ζώνες Αποκλεισμού οδικού δικτύου



Χάρτης 4.8: Ζώνες Αποκλεισμού υφιστάμενων Φ/Β πάρκων

- Τελικές Ζώνες Αποκλεισμού

Οι τελικές ζώνες αποκλεισμού εμφανίζονται στον πιο κάτω χάρτη (Χάρτης 4.9), οι οποίες στην ουσία προέκυψαν από τα οκτώ πιο πάνω κριτήρια (οικιστικά, περιβαλλοντικά, πολιτιστικά, δικτύων και υποδομών) και την ένωση αυτών με τη χρήση του εργαλείου Union.



Χάρτης 4.9: Τελικές Ζώνες Αποκλεισμού

4.5.5 Δημιουργία Ζωνών Επιρροής

Απαραίτητα επίπεδα, για τη δημιουργία των ζωνών επιρροής της χωροθέτησης φωτοβολταϊκών πάρκων, βάση της νομοθεσίας αλλά και της επιθυμητής λειτουργικότητας, είναι το δίκτυο ηλεκτροδότησης της ΑΗΚ και οι κλίσεις εδάφους. Δηλαδή, στην ουσία για τη δημιουργία των ζωνών επιρροής χρησιμοποιήθηκαν τα λειτουργικά – οικονομικά κριτήρια.

Αρχικά δημιουργήθηκε μία ζώνη επιρροής 4 χιλιομέτρων γύρω από το κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης της ΑΗΚ, όπως όριζε η νομοθεσία, με τη χρήση του εργαλείου Buffer. Έπειτα όσο αφορά τις κλίσεις εδάφους, ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με τις κατηγορίες κάλυψης γης καθώς το αρχείο ήταν σε μορφή tif. Έτσι, με τη βοήθεια της εντολής Raster to other Format το αρχείο μετατράπηκε σε μορφή Grid και ακολούθως με τη διαδικασία Spatial Analyst Tools – Map Algebra – Raster Calculator, έγινε ο χωρισμός όλων των περιοχών σε δύο κατηγορίες, αυτές με κλίση ίση ή μικρότερη από 10° και αυτές με κλίση μεγαλύτερη από 10° . Επειδή όμως η ανάλυση της διαδικασίας βασιζόταν σε vector data το αρχείο που προέκυψε

μετατράπηκε σε vector format με την εξής σειρά των εντολών: Conversion Tools – From Raster – Raster to Polygon. Τέλος αφαιρέθηκαν οι περιοχές από το πεδίο Gridcode που είχαν κλίση μεγαλύτερη από 10° (delete features).

Στους παρακάτω χάρτες (Χάρτες 4.10, 4.11), παρουσιάζονται οι ζώνες επιρροής για τα επιμέρους λειτουργικά – οικονομικά κριτήρια, καθώς επίσης και η τομή αυτών (Intersect), απεικονίζοντας έτσι την τελική ζώνη επιρροής (Χάρτης 4.12).

- Λειτουργικά – Οικονομικά κριτήρια

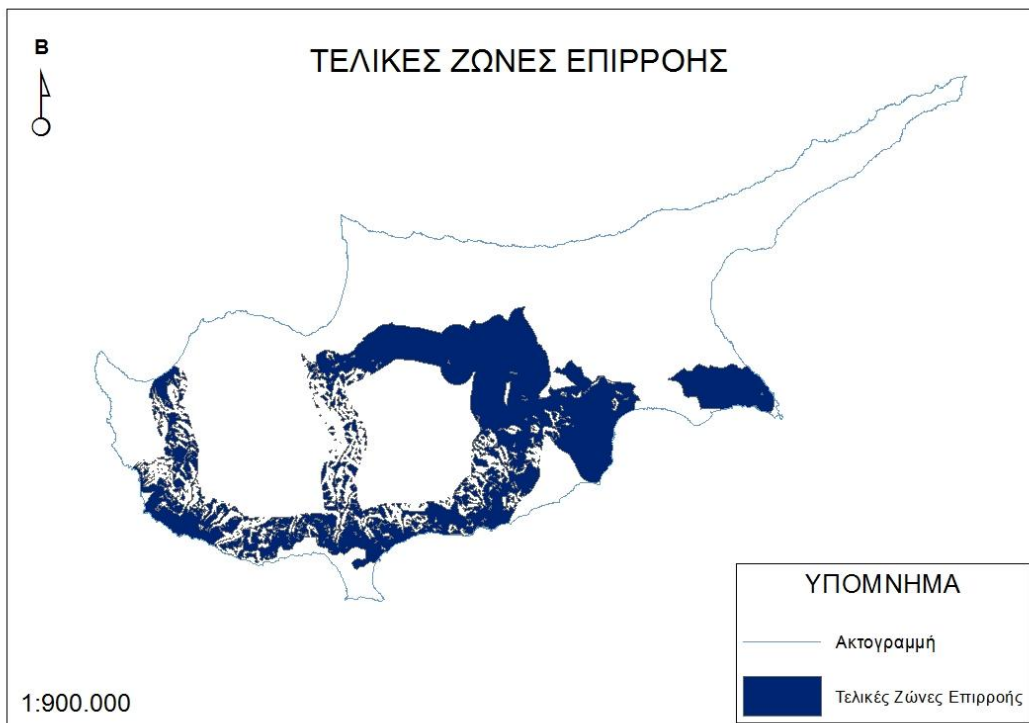


Χάρτης 4.10: Ζώνες Επιρροής δικτύου ηλεκτροδότησης ΑΗΚ



Χάρτης 4.11: Ζώνες Επιρροής κλίσεων εδάφους

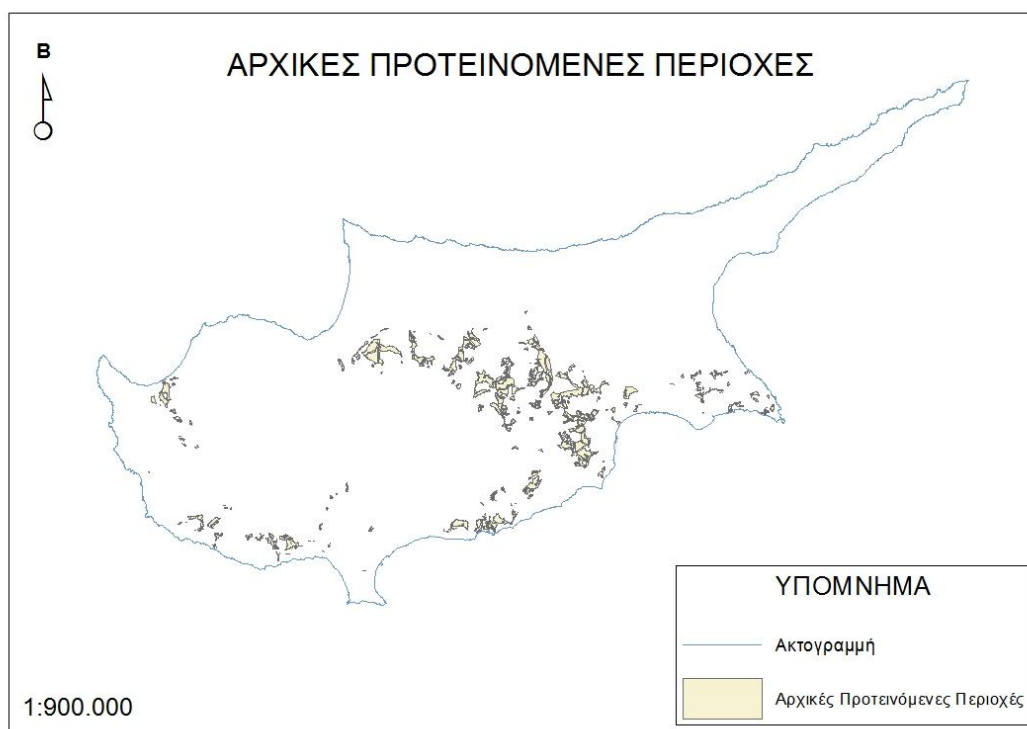
- Τελικές Ζώνες Επιρροής



Χάρτης 4.12: Τελικές Ζώνες Επιρροής

4.5.6 Τελικές Προτεινόμενες Περιοχές

Το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας, περιλαμβάνει την αφαίρεση των δυο επιπέδων, των ζωνών αποκλεισμού από τις ζώνες επιρροής. Με τον τρόπο αυτό επιλέγονται οι τελικές περιοχές στις οποίες, επιτρέπεται η χωροθέτηση του φωτοβολταϊκού πάρκου, πληρώνοντας όλα τα κριτήρια που έχουν τεθεί. Μέσω τις διαδικασίας Analysis Tools – Overlay - Erase, γίνεται η αφαίρεση των ζωνών αποκλεισμού από τις ζώνες επιρροής και αποδίδονται έτσι οι αρχικές προτεινόμενες περιοχές (Χάρτης 4.13).

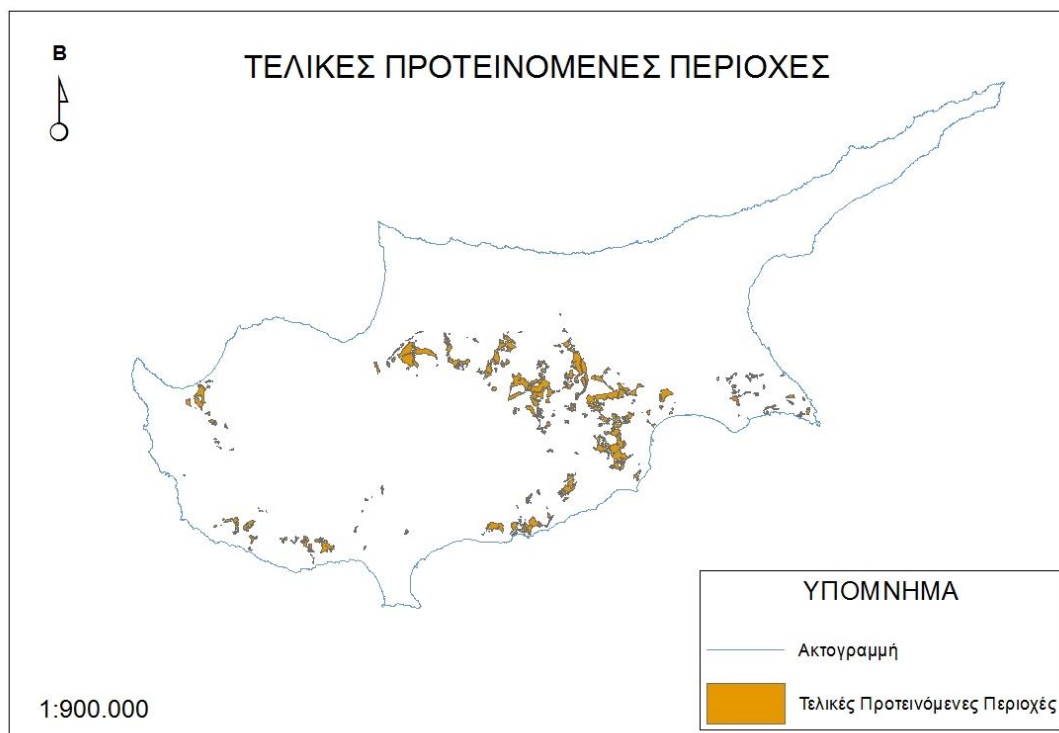


Χάρτης 4.13: Αρχικές Προτεινόμενες Περιοχές

Όπως διακρίνεται στον παραπάνω χάρτη, από τις αρχικές προτεινόμενες περιοχές υπάρχουν πολλά κατακερματισμένα πολύγωνα τα οποία καλύπτουν πολύ μικρή έκταση. Οι περιοχές αυτές είναι ακατάλληλες για να χωροθετηθεί ένα φωτοβολταϊκό πάρκο. Οι εκτιμήσεις που αφορούν την κατάλληλη έκταση που πρέπει να έχει μια περιοχή ώστε να τοποθετηθεί ένα τέτοιο πάρκο ποικίλουν. Στην περίπτωση της συγκεκριμένης διπλωματικής, όπου εξετάζονται φωτοβολταϊκά πάρκα με δυναμικό ίσο ή μεγαλύτερο με 100kw και σύμφωνα με την βιβλιογραφία, το ασφαλές εμβαδόν των τελικών προτεινόμενων περιοχών θα πρέπει να είναι ίσο ή μεγαλύτερο από 4000τ.μ.

Με την βοήθεια του ArcMap10, γίνεται ο υπολογισμός εμβαδών των περιοχών που προήλθαν από την αφαίρεση των ζωνών αποκλεισμού από τις ζώνες επιρροής. Από το Spatial Statistics Tools – Utilities – Calculate Areas, επιλέγεται το επίπεδο στο οποίο βρίσκονται οι περιοχές. Ακολούθως το πρόγραμμα υπολογίζει και εμφανίζει τα αντίστοιχα εμβαδά σε ένα καινούργιο επίπεδο. Η επιλογή των ενδιαφερόμενων

περιοχών έγινε από το πεδίο Attributes του καινούργιου επιπέδου. Οι τελικές προτεινόμενες περιοχές με εμβαδόν ίσο ή μεγαλύτερο από 4000τ.μ. παρουσιάζονται στον πιο κάτω χάρτη (Χάρτης 4.14).

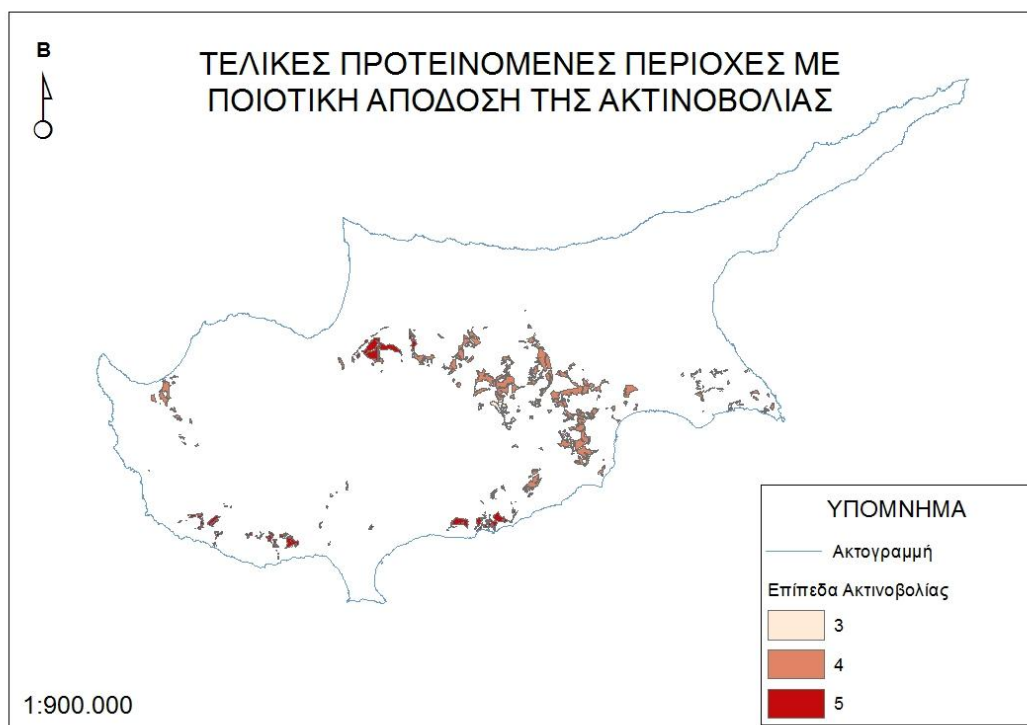


Χάρτης 4.14: Τελικές Προτεινόμενες Περιοχές

Στο τελευταίο κομμάτι του πρώτου σταδίου, οι τελικές προτεινόμενες περιοχές αποδόθηκαν χαρτογραφικά με ποιοτική διαφοροποίηση, ανάλογα με τα επίπεδα της ακτινοβολίας (Χάρτης 4.15).

Αρχικά, έγινε η ψηφιοποίηση των πέντε επιπέδων ακτινοβολίας που κάλυπταν την ελεύθερη περιοχή της Κύπρου και παράλληλα ενημερώθηκαν τα πολύγωνα που δημιουργήθηκαν ανάλογα με τα αντίστοιχα επίπεδα ακτινοβολίας (1-5). Ακολούθως, με τη χρήση της εντολής Union, τα πολύγωνα ενώθηκαν και δημιουργήθηκε στην ουσία το shape file με τα επίπεδα της ακτινοβολίας.

Έπειτα, και με τη βοήθεια του εργαλείου Identity του Overlay, έγινε χαρτογραφικά η τομή των τελικών προτεινόμενων περιοχών με τα επίπεδα ακτινοβολίας και ταυτόχρονα προέκυψαν οι ίδιες τελικές περιοχές με περισσότερα θεματικά πεδία. Η ποιοτική απόδοση, έγινε με την εξής διαδικασία: Δεξί κλικ στο καινούριο layer – Properties – Symbology – Categories – Unique Values – Add All Values.



Χάρτης 4.15: Τελικές προτεινόμενες περιοχές με ποιοτική απόδοση της ακτινοβολίας

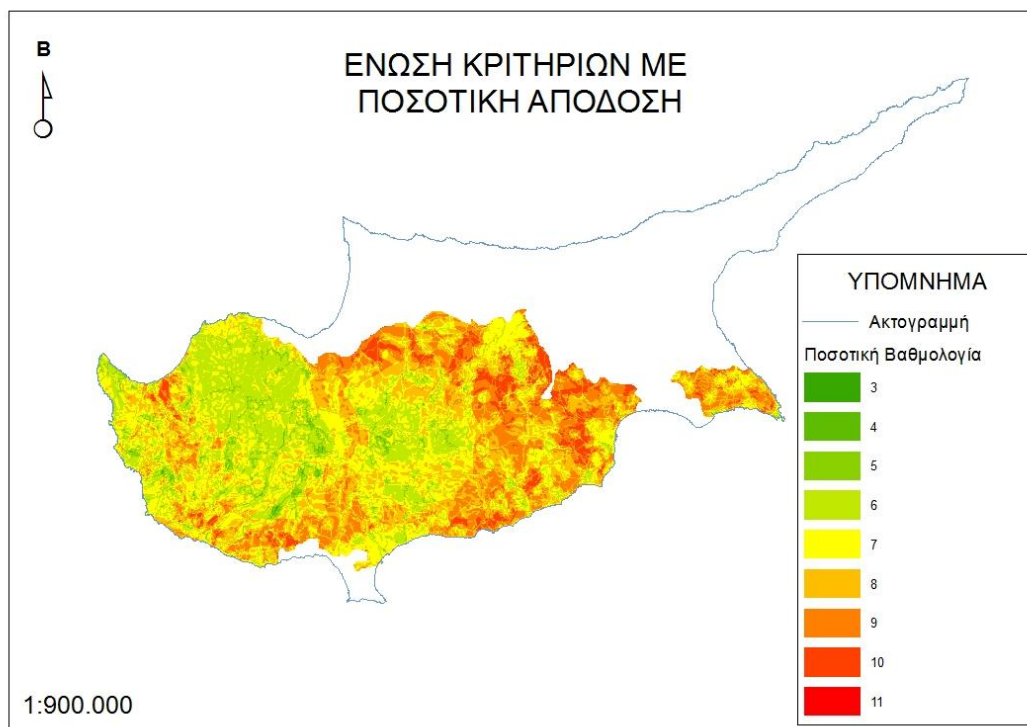
Όπως φαίνεται και στον πιο πάνω χάρτη, αποδόθηκαν μόνο οι τελικές περιοχές που ανήκαν στα τρία υψηλότερα επίπεδα, καθώς δεν συμπίπτανε με τα δύο χαμηλότερα επίπεδα ακτινοβολίας.

4.6 Στάδιο 2: Αξιολόγηση Κατάλληλων Περιοχών - Σταθμισμένο Άθροισμα (Weighted Sum)

Στο δεύτερο στάδιο, γίνεται η σύγκριση των κριτηρίων αποτυπωμένα σε χάρτες, σε μορφή vector και raster. Ακολούθως, ο χάρτης των κριτηρίων υπό μορφή raster, βαθμονομείται αρχικά με ίσο βάρος για όλα τα κριτήρια ($weight=1$) και έπειτα με το άθροισμα των βαρών των κριτηρίων να είναι ίσο με εκατό ($weight=100\%$), ανάλογα με την σημαντικότητα των κριτηρίων.

Με τη βοήθεια λοιπόν του εργαλείου Dissolve του Generalization από το Data Management Tools, έγινε η ομαδοποίηση των κοινών εγγραφών του κάθε κριτηρίου, σε μία εγγραφή στη βάση. Έτσι, αφού η πιο πάνω διαδικασία έγινε και για τα δέκα κριτήρια όπως επίσης και για τα εμβαδά περιοχών μεγαλύτερα από 4000τ.μ. (11° κριτήριο), πραγματοποιήθηκε η ένωση όλων αυτών με τη χρήση της εντολής Union. Μετά, με την επιλογή start editing προστέθηκε άλλη μια στήλη στον πίνακα του καινούριου layer, η οποία ήταν η συνολική ποσοτική βαθμολογία των κριτηρίων για όλη την επιφάνεια της ελεύθερης περιοχής της Κύπρου. Πατώντας, δεξί κλικ στο καινούριο layer – Properties – Symbology – Quantities – και επιλέγοντας για value την “vathmologia”, ο χάρτης αποδόθηκε ποσοτικά όσο αφορά τα κριτήρια αξιολόγησης.

Όπως διαπιστώνεται στον πιο κάτω χάρτη (Χάρτης 4.16), όλα τα κριτήρια συμπίπτουν μαζί στις τελείως κόκκινες περιοχές, οι οποίες στην ουσία είναι οι τελικές προτεινόμενες περιοχές του πρώτου σταδίου, ενώ αξιοπρόσεκτο είναι το γεγονός ότι σε όλη την επιφάνεια ο μικρότερος αριθμός κριτηρίων ποσοτικά είναι τρία.



Χάρτης 4.16: Ένωση κριτηρίων με ποσοτική απόδοση

Στη συνέχεια, για τη μετατροπή των shape files των κριτηρίων υπό μορφή vector σε raster χρησιμοποιήθηκαν οι εντολές με την εξής σειρά: Conversion Tools – To Raster – Feature to Raster. Για input αρχεία χρησιμοποιήθηκαν τα καινούρια shape file των κριτηρίων μετά την εντολή Dissolve. Για το πεδίο (field) επιλέγηκε το σχήμα της περιοχής (Shape Area), ενώ για το μέγεθος του κελιού (cell size) ο αριθμός 100.

Ακολουθως, τα νέα αρχεία των κριτηρίων έγιναν “stretched”, δηλαδή το κάθε κριτήριο μετατράπηκε υπό μορφή μίας ενιαίας κλίμακας. Επόμενο βήμα ήταν η αναταξινόμηση της ενιαίας κλίμακας του κάθε κριτηρίου, η οποία επιτεύχθηκε με τη χρήση του εργαλείου Reclassify από το Spatial Analyst Tools. Η χρήση του Reclassify έγινε εις διπλούν για κάθε κριτήριο, γιατί η πρώτη αναταξινόμηση έδωσε ως αποτέλεσμα περισσότερες από δύο ομάδες, ενώ η δεύτερη έδωσε το επιθυμητό αποτέλεσμα (1=κατάλληλες περιοχές κριτηρίου και 0=ακατάλληλες περιοχές κριτηρίου).

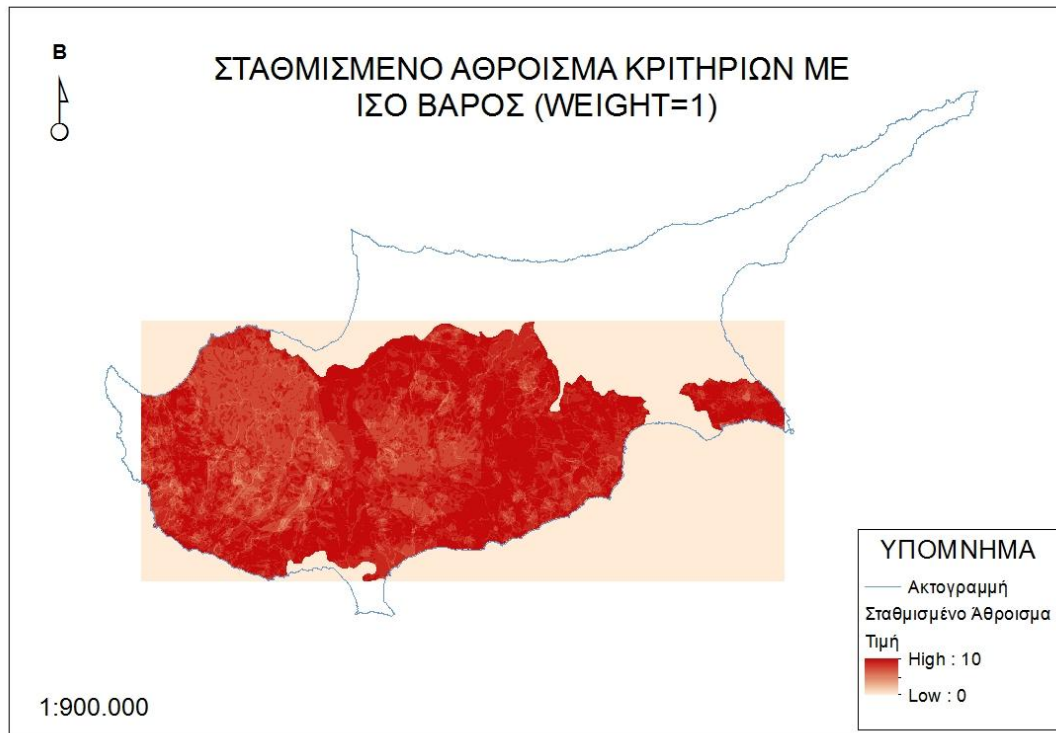
Τελευταίο βήμα στο δεύτερο στάδιο, ήταν η αξιολόγηση των κατάλληλων περιοχών με βάση το σταθμισμένο άθροισμα (weighted sum). Τα δέκα raster που αντιστοιχούσαν στα κριτήρια και δημιουργήθηκαν σύμφωνα με τις πιο πάνω παραγράφους, χρησιμοποιήθηκαν σαν αρχεία εισόδου (input), με τη χρήση της εξής εντολής κατά σειρά: Overlay – Weighted sum. Εδώ, έγινε επίσης η αφαίρεση των

περιοχών με εμβαδόν μικρότερο από 4000τ.μ. Ο πρώτος χάρτης σταθμισμένου αθροίσματος (Χάρτης 4.17) δημιουργήθηκε με ίσο βάρος για όλα τα κριτήρια (weight = 1), ενώ ο δεύτερος (Χάρτης 4.18) με άθροισμα βαρών όλων των κριτηρίων ίσο με εκατό (weight = 100%).

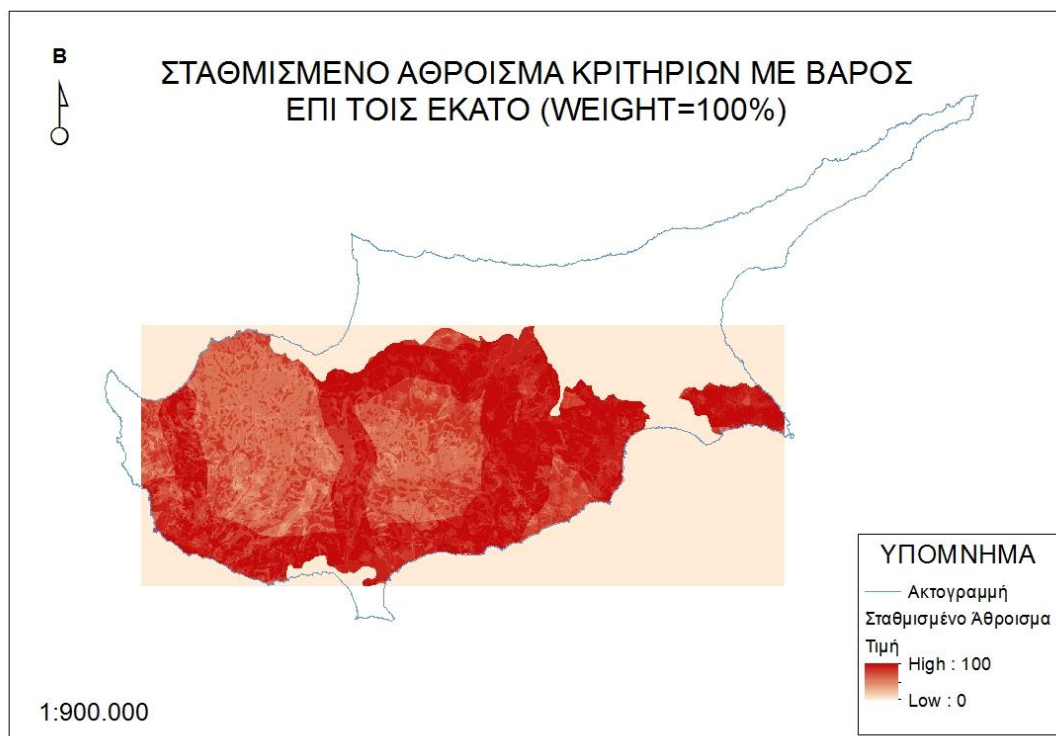
Δημιουργήθηκαν δύο χάρτες με διαφορετική βαθμονόμηση βαρών για την καλύτερη αξιολόγηση των τελικών προτεινόμενων περιοχών και παράλληλα για την εξαγωγή συμπερασμάτων καθώς στην ουσία επιτεύχθηκε το ίδιο αποτέλεσμα, ακολουθώντας διαφορετικό «μονοπάτι». Όσον αφορά τον δεύτερο χάρτη, θέλοντας οι τελικές προτεινόμενες περιοχές να είναι λειτουργικές και όσο το δυνατόν περισσότερο οικονομικές, επιλέγηκαν τα εξής αυθαίρετα βάρη επί τις εκατό:

- Δίκτυο ηλεκτροδότησης ΑΗΚ (20%)
- Κλήσεις εδάφους (16%)
- Κατηγορίες κάλυψης γης (10%)
- Προστατευόμενες περιοχές (10%)
- Ποταμοί (10%)
- Λίμνες (10%)
- Αρχαιολογικοί χώροι (6%)
- Οικισμοί (6%)
- Οδικό δίκτυο (6%)
- Υφιστάμενα φ/β πάρκα (6%)

Στη συγκεκριμένη περίπτωση και όπως φαίνεται και πιο πάνω, ενδεικνυόταν, τα λειτουργικά – οικονομικά κριτήρια να έχουν τα μεγαλύτερα ποσοστά βαρών. Τα περιβαλλοντικά κριτήρια κατατάσσονταν ψηλά στη λίστα βαρών, αλλά κάτω από τα λειτουργικά – οικονομικά, ενώ τα υπόλοιπα κριτήρια δεν λήφθηκαν και τόσο σοβαρά στα υπόψη, λαμβάνοντας έτσι τα μικρότερα ποσοστά βαρών κατά τη διαδικασία της εφαρμογής. Πιο κάτω παρουσιάζονται οι αντίστοιχοι χάρτες.

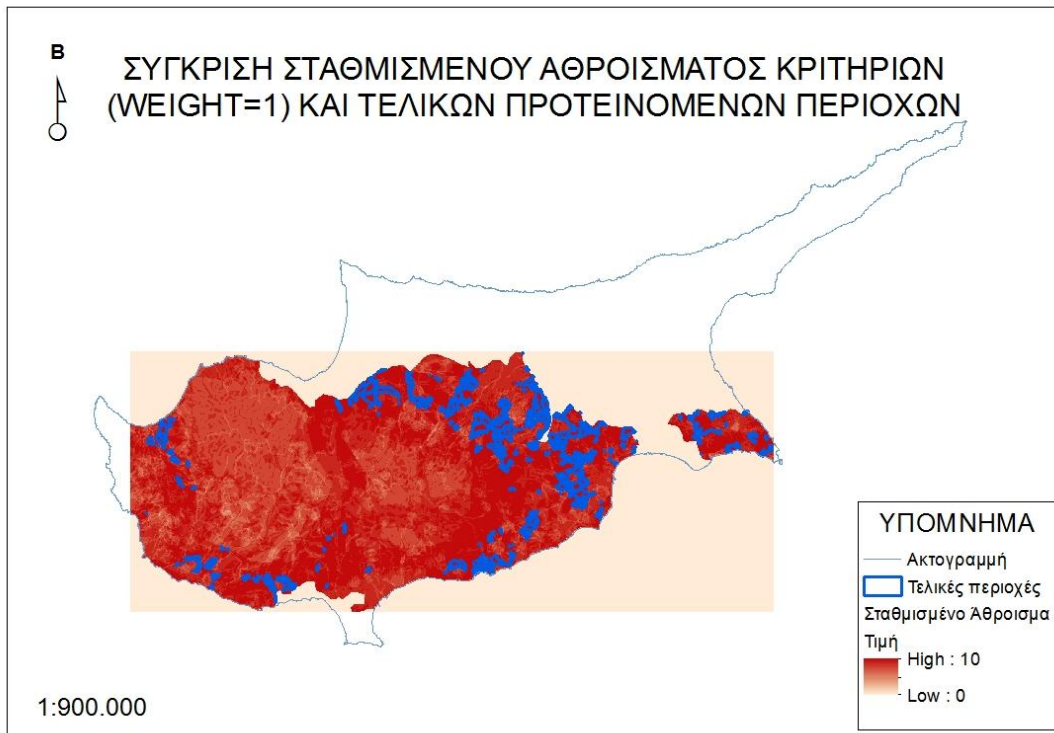


Χάρτης 4.17: Σταθμισμένο άθροισμα κριτηρίων με ίσο βάρος (*weight=1*)

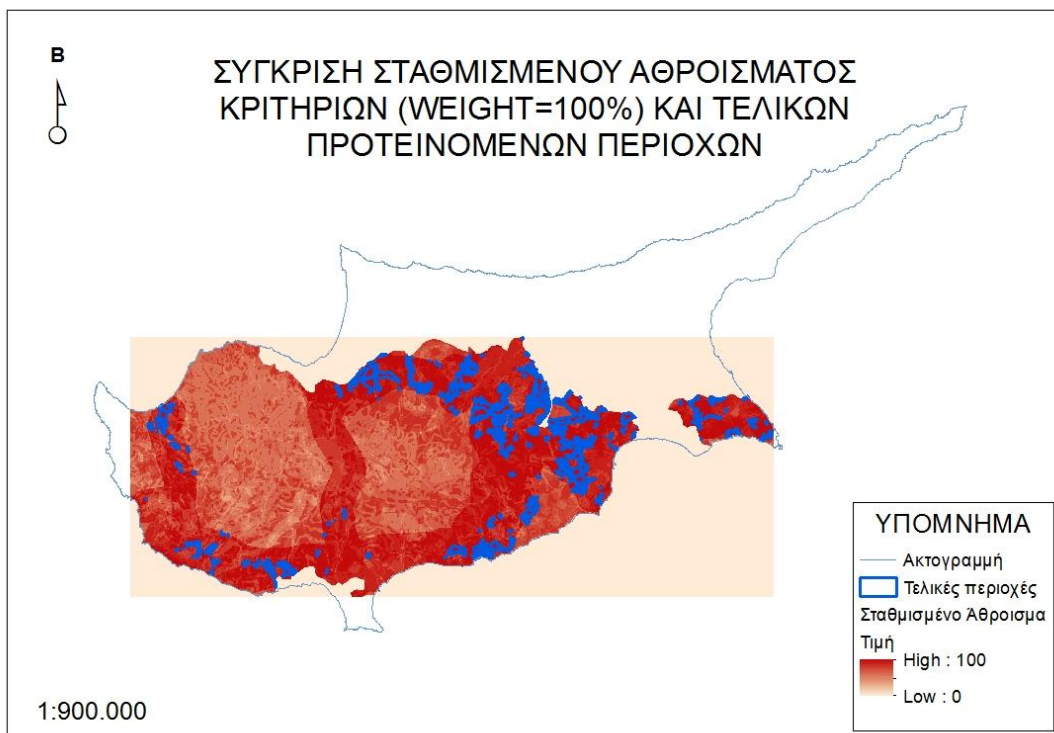


Χάρτης 4.18: Σταθμισμένο άθροισμα κριτηρίων με βάρος επί τοις εκατό (*weight=100%*)

Για την επαλήθευση του αποτελέσματος δημιουργήθηκαν οι επόμενοι δύο χάρτες, όπου στην ουσία εμφανίζεται το σταθμισμένο άθροισμα των κριτηρίων στις δύο περιπτώσεις, με ίσο βάρος και επί τοις εκατό, με τις τελικές προτεινόμενες περιοχές.



Χάρτης 4.19: Σύγκριση σταθμισμένου αθροίσματος κριτηρίων (weight=1) και τελικών προτεινόμενων περιοχών



Χάρτης 4.20: Σύγκριση σταθμισμένου αθροίσματος κριτηρίων (weight=100%) και τελικών προτεινόμενων περιοχών

Συμπερασματικά, οι χάρτες 4.19 και 4.20 εμφανίζουν τις τελικές προτεινόμενες περιοχές να συμπίπτουν με τις περισσότερο κόκκινες περιοχές του σταθμισμένου αθροίσματος των κριτηρίων, δηλαδή να «πέφτουν» εκεί επάνω όπου υπάρχει πληρότητα κριτηρίων.

4.7 Στάδιο 3: Αξιολόγηση Ενεργειακής Απόδοσης Κατάλληλων Περιοχών – Ανάλυση Εγγύτητας (Near)

Στο τρίτο και τελευταίο στάδιο της διαδικασίας της εφαρμογής γίνεται η αξιολόγηση των κατάλληλων περιοχών του πρώτου σταδίου με βάση την ενεργειακή τους απόδοση. Η ενεργειακή απόδοση προκύπτει κατά κύριο άξονα με τη χρήση της εντολής Near, του Proximity. Η συγκεκριμένη εντολή χρησιμοποιείται στην ουσία, για την εύρεση της απόστασης των κατάλληλων περιοχών από το δίκτυο ηλεκτροδότησης της ΑΗΚ, το οποίο μπορεί κάλλιστα εκτός από λειτουργικό – οικονομικό κριτήριο, να θεωρηθεί και ενεργειακό κριτήριο.

Όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας, αρχικά υπολογίστηκε η ενέργεια την οποία μπορούσε να παράξει η κάθε προτεινόμενη περιοχή. Έτσι, το εμβαδόν (shape area) της κάθε προτεινόμενης περιοχής πολλαπλασιάστηκε με ένα ποσοστό 60% (δηλαδή τη μέγιστη επιτρεπόμενη κάλυψη ενός τεμαχίου από φωτοβολταϊκά), όπως επίσης και με το αντίστοιχο επίπεδο ακτινοβολίας που πρόσπιπτε σε αυτό. Στην ουσία, για την κάθε παραγόμενη ενέργεια έγινε η πιο κάτω πράξη και, προστέθηκε στον πίνακα Attribute του επιπέδου των προτεινόμενων περιοχών του πρώτου σταδίου, μία καινούρια στήλη με το αντίστοιχο όνομα. Όλη η πιο πάνω διαδικασία έγινε με τη βοήθεια απλών εφαρμογών του πίνακα (Table Options).

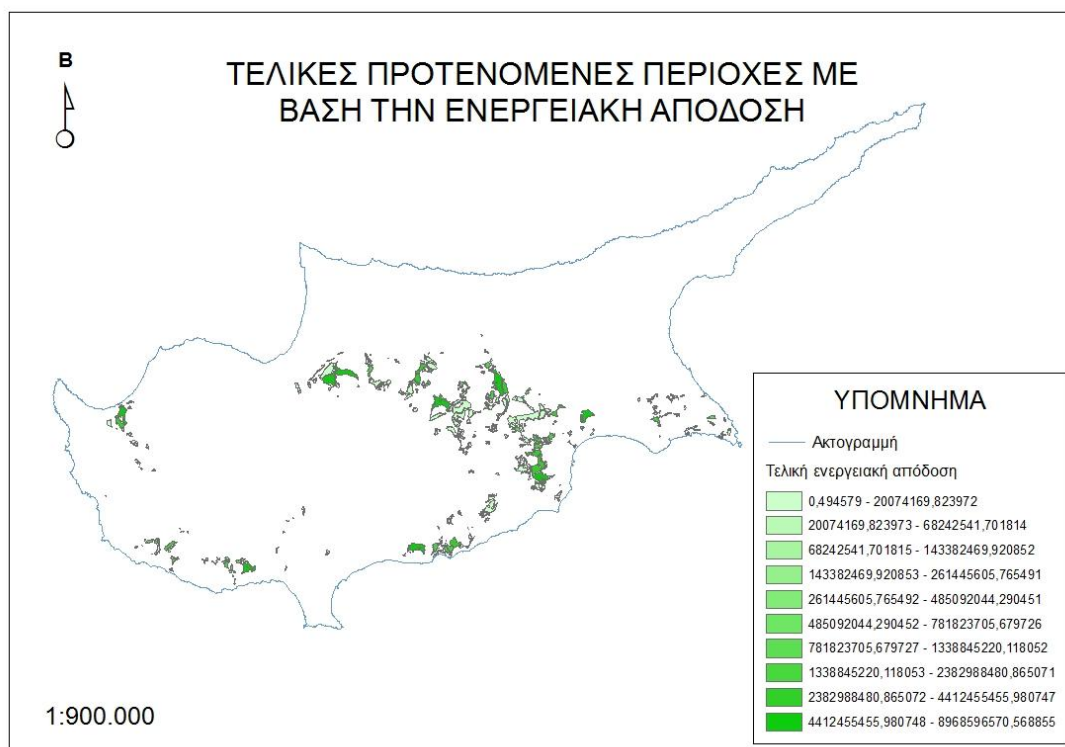
Παραγόμενη ενέργεια = [Εμβαδόν περιοχής * 60% (μέγιστη κάλυψη από Φ/Β) * Επίπεδο ακτινοβολίας]

Επόμενο βήμα, ήταν να βρεθούν οι αποστάσεις των προτεινόμενων περιοχών από το δίκτυο ηλεκτροδότησης της ΑΗΚ. Αυτό επιτεύχθηκε με τη χρήση της ανάλυσης της εγγύτητας, αλλιώς με τις εντολές του προγράμματος κατά σειρά: Analysis Tools – Proximity – Near.

Έτσι για κάθε τεμάχιο γης (προτεινόμενη περιοχή) υπολογίστηκε μια αντίστοιχη τιμή παραγόμενης ενέργειας σε kWh, όπως επίσης και η απόσταση του από το δίκτυο ηλεκτροδότησης. Αυτή η τιμή παραγόμενης ενέργειας, στη συνέχεια διαιρέθηκε με την απόσταση της κάθε περιοχής από το δίκτυο ηλεκτροδότησης ΑΗΚ (Near) στο τετράγωνο, και έτσι προέκυψε η ενεργειακή απόδοση της κάθε προτεινόμενης περιοχής. Ο τύπος της ενεργειακής απόδοσης, που αναγράφεται πιο κάτω, υπολογίστηκε πάλι με απλές εφαρμογές από τον πίνακα (Table Options) και οι τελικές μονάδες μέτρησης ήταν kWh/m².

Ενεργειακή απόδοση = Παραγόμενη ενέργεια κάθε περιοχής / R²
(όπου R = απόσταση κάθε περιοχής από το δίκτυο ΑΗΚ)

Τέλος, στον πιο κάτω χάρτη (Χάρτης 4.21) παρουσιάζονται οι τελικές προτεινόμενες περιοχές με βάση την ενεργειακή τους απόδοση, ομαδοποιημένες σε μια αύξουσα σειρά.



Χάρτης 4.21: Τελικές προτεινόμενες περιοχές με βάση την ενεργειακή απόδοση

Το αποτέλεσμα της διαδικασίας, και όπως φαίνεται και στον πιο πάνω χάρτη, ήταν η ανάδειξη ενός μεγάλου αριθμού τεμαχίων γης, τα οποία κατατάσσονται στην ομάδα περιοχών με την καλύτερη ενεργειακή απόδοση. Αυτές λοιπόν οι περιοχές παρατηρείται ότι είναι διάσπαρτες και εμφανίζονται σχεδόν σε όλες τις επαρχίες της ελεύθερης Κύπρου.

Αναλυτικά τα συμπεράσματα, τόσο του τρίτου σταδίου όσο και των προηγούμενων, παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Γενικά

Η προσέγγιση της μελέτης για τη δημιουργία φωτοβολταϊκών πάρκων ισχύς τουλάχιστον 100kw, στην ελεύθερη περιοχή της Κύπρου, έγινε κυρίως νομοθετικά και περιβαλλοντικά για τον προσδιορισμό της θέσης εγκατάστασης και ενεργειακά για την αξιολόγηση πιθανών μελλοντικών επενδύσεων.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, επιχειρήθηκε η ανάδειξη κατάλληλων περιοχών προς χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων στην Κύπρο, με βάση λειτουργικά - οικονομικά, πολιτιστικά, περιβαλλοντικά, οικιστικά όπως και κριτήρια δικτύων και υποδομών, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που τίθενται από το νομοθετικό πλαίσιο (Νόμος Περί Πολεοδομίας και Χωροταξίας, Εντολή 2/ Άρθρο 6/ 2006), σε περιβάλλον Γ.Σ.Π.

Αρχικά, στο πρώτο στάδιο επιλέχθηκαν οι προτεινόμενες θέσεις βάση των παραπάνω κριτηρίων, δημιουργώντας τις αντίστοιχες ζώνες αποκλεισμού για τις περιοχές που είναι ακατάλληλες, και τις ζώνες επιρροής για τις περιοχές που επιβάλλεται να εντάσσονται στο πλαίσιο της χωροθέτησης. Ακολούθως, στο δεύτερο στάδιο, έγινε η αξιολόγηση της καταλληλότητας των προτεινόμενων περιοχών λαμβάνοντας υπόψη το σταθμισμένο άθροισμα για κάθε κριτήριο. Η επιλογή των βαρών έγινε καθαρά για σκοπούς ενεργειακής αξιολόγησης των περιοχών. Παράλληλα, έγινε η σύγκριση των προτεινόμενων περιοχών του πρώτου σταδίου, με την αξιολόγηση των περιοχών μέσω των κριτηρίων του δεύτερου σταδίου, σε μια προσπάθεια επαλήθευσης του ιδίου αποτελέσματος. Τέλος, στο τρίτο στάδιο έγινε η αξιολόγηση των προτεινόμενων περιοχών του πρώτου σταδίου, με βάση την ενεργειακή απόδοση, και της οποίας το αποτέλεσμα ήταν η ανάδειξη περιοχών με υψηλή ενεργειακή απόδοση σχεδόν σε όλες τις επαρχίες της Κύπρου.

Γενικά με την εφαρμογή της μεθοδολογίας επιτεύχθηκε:

- Η ανάδειξη των περιοχών που ήταν κατάλληλες για την χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων στην Κύπρο, λαμβάνοντας υπόψη μια σειρά από κριτήρια τα οποία εξυπηρετούσαν όχι μόνο οικονομοτεχνικούς σκοπούς αλλά και περιβαλλοντικούς.
- Η απόρριψη των περιοχών εκείνων που ήταν ακατάλληλες για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων όπως οριζόταν από την νομοθεσία.
- Η αξιολόγηση της καταλληλότητας των προτεινόμενων περιοχών, εξετάζοντας τα βασικότερα κριτήρια που επηρεάζουν την χωροθέτηση από οικονομικής - λειτουργικής άποψης, με την μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης.
- Ο καθορισμός βαρών για κάθε κριτήριο, ανάλογα με την σημαντικότητα του, και με το σταθμισμένο άθροισμα των επιμέρους επιπέδων (Weighted Sum) επιτεύχθηκε η τελική αξιολόγηση της καταλληλότητας των περιοχών.
- Η σύγκριση διαφορετικών προσεγγίσεων αξιολόγησης.

- Η αξιολόγηση των κατάλληλων περιοχών με βάση την ενεργειακή τους απόδοση (Near), καταλήγοντας έτσι σε ένα πιο ολοκληρωμένο αποτέλεσμα.

Μέχρι σήμερα, η χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αντιμετωπίζεται στο πλαίσιο της γενικότερης αδειοδοτικής διαδικασίας τους, γεγονός που οδηγεί στην απρογραμματίστη και στην ανεξέλεγκτη διασπορά των εγκαταστάσεων. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να διαδραματίσει καταλυτικό ρόλο στην εξομάλυνση του σοβαρού ενεργειακού προβλήματος τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο όσο και σε τοπικό. Συμπερασματικά, η προώθηση και η ανάδειξη των κατάλληλων περιοχών για χωροθέτηση φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων κρίνεται επιτακτική.

5.2 Προβλήματα και Προτάσεις

Η πληρότητα των κριτηρίων που ενσωματώνονται στην ανάλυση ενός προβλήματος με πολλές αλληλοεπηρεαζόμενες παραμέτρους, επηρεάζει σε πολύ μεγάλο βαθμό την απόδοσή του. Επομένως, για να αποτελέσει αυτή η εργασία βάση για περαιτέρω ανάλυση, προτείνεται ο εμπλουτισμός των κριτηρίων, τόσο με αυτά που δεν χρησιμοποιήθηκαν λόγω αδυναμίας στην παρούσα μελέτη όσο και με πρόσθετα τεχνολογικά, ενδεχομένως σε μια μικρότερη κλίμακα, πραγματοποιώντας μια σημειακή χωροθέτηση φωτοβολταϊκών σταθμών.

Αναλυτικότερα, κριτήρια που αφορούν τις τηλεπικοινωνίες, τις διάσπαρτες τουριστικές μονάδες του νησιού, τις μεμονωμένες κατοικίες, καθώς και αισθητικά κριτήρια όπως ο θόρυβος και η οπτική όχληση, επίσης δεν λήφθηκαν υπόψη. Επιπρόσθετα για την μεγαλύτερη βιωσιμότητα των έργων προτείνεται ένας πιο ολοκληρωμένος και σαφής καθορισμός των τεχνολογικών δεδομένων των ηλιακών συστημάτων, ενώ δεν μελετήθηκαν τα τεχνικά στοιχεία και το κόστος των φωτοβολταϊκών πάνελ. Πέραν από τις κατηγορίες κάλυψης γης, τυχόν εμπόδια και ανώμαλες εξάρσεις του εδάφους ήταν αδύνατο να εντοπιστούν μέσω της μεθοδολογίας για αυτό και δεν λαμβάνονται υπόψη.

Από τις καταρχήν προτεινόμενες περιοχές της παρούσας διπλωματικής εργασίας, με τη χρήση των προαναφερθέντων κριτηρίων και με επιτόπιο έλεγχο, είναι δυνατή η σημειακή χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων, όχι μόνο χωροταξικά και περιβαλλοντικά, αλλά και τεχνολογικά βιώσιμη όπως επίσης και οικονομικά συμφέρουσα. Ταυτόχρονα η μελέτη δεν αξιολογεί την καταλληλότητα της σημειακής χωροθέτησης των φωτοβολταϊκών συστοιχιών μέσα σε κάθε προτεινόμενη περιοχή. Απλά αξιολογεί το σύνολο της έκτασης κάθε περιοχής εφόσον πληροί το ελάχιστο κριτήριο που τέθηκε. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα να μελετηθούν και να αξιολογηθούν συγκεκριμένες θέσεις μέσα σε κάθε περιοχή (σημειακά), υποδεικνύοντας την ακριβή θέση κάθε φωτοβολταϊκό πάνελ έτσι ώστε να αποδίδει στον μέγιστο δυνατό βαθμό αλλά ταυτόχρονα να αποτελεί και την πιο συμφέρουσα οικονομικά λύση.

Εν κατακλείδι, μια άλλη προοπτική προς εξέταση μπορεί να είναι η τροφοδότηση ενός οικισμού με ηλεκτρική ενέργεια από το φωτοβολταϊκό πάρκο που πρόκειται να

χωροθετηθεί. Η παρούσα διπλωματική δεν εξέτασε αυτή την προοπτική, για τον λόγο ότι τα υφιστάμενα φωτοβολταϊκά πάρκα εντάσσονται κατευθείαν στο τοπικό δίκτυο ηλεκτροδότησης της ΑΗΚ και δεν λειτουργούν αυτόνομα. Έτσι εάν το μελλοντικό φωτοβολταϊκό πάρκο έχει την δυνατότητα να λειτουργεί αυτόνομα, μπορεί να εξεταστεί η χωροθέτηση του κοντά σε έναν οικισμό, τον οποίο να τροφοδοτεί είτε εξολοκλήρου είτε ένα ποσοστό των συνολικών ενεργειακών του αναγκών. Σε αυτή την περίπτωση μεγάλη βαρύτητα θα πρέπει να έχουν οι απαιτούμενες ενεργειακές ανάγκες του οικισμού καθώς και απόσταση της προτεινόμενης περιοχής από αυτόν, ώστε να μην αυξάνεται το κόστος για μεγάλες γραμμές μεταφοράς.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Ανδρονίκου Ε. (2012). «Ανάπτυξη των ΑΠΕ και επιπτώσεις στην απασχόληση. Η περίπτωση της Κύπρου», Αθήνα, Ε.Μ.Π
- 2) Αραβώσης Κ. - Κούγκολος Α. (2003). «Ανάπτυξη μεθοδολογίας για την αξιολόγηση των εναλλακτικών μεθόδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με τη χρήση πολυκριτηριακής ανάλυσης», Σειρά ερευνητικών εργασιών (9)
- 3) Γεωργόπουλος Α. (1996). «Γη ένας μικρός και εύθραυστος πλανήτης», Αθήνα
- 4) Κουτελιδάκης Η. (2012). «Καθορισμός παραγόντων που επηρεάζουν την παραγόμενη ισχύ σε Φ/Β πάρκο 80kWp», Αθήνα, Ε.Μ.Π
- 5) Καβουρίδης Β. – Παυλουδάκη Φ. (2009). «Ο ρόλος των στερεών καυσίμων στην ευρωπαϊκή και παγκόσμια αγορά ενέργεια τον 21ο αιώνα»
- 6) Κοντογιάννης Α. (2013). «Χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων με τη χρήση γεωπληροφοριακών συστημάτων, εφαρμογή Ν. Άρτας», Αθήνα, Ε.Μ.Π
- 7) Κουτσόπουλος Κ. (2005α). « Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου», Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου
- 8) Κουτσόπουλος Κ. (2005β). « Εφαρμογές του Λογισμικού ArcGIS 9x με Απλά Λόγια», Αθήνα: Εκδόσεις Παπασωτηρίου
- 9) Κουτσόπουλος Κ. - Ανδρουλακάκης Ν. (2012). «Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών θεωρία και πράξη με χρήση του ArcGIS 10», Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου
- 10) Θανασούλα Α. (2010). «Χρήση ήπιων μορφών ενέργειας σε αγροτικές περιοχές – Η περίπτωση Φ/Β σταθμού μικρής ισχύος στο Ν. Ηλείας» , Αθήνα, ΕΜΠ
- 11) Μανιάτης Γ. (1996). «Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Γης – Κτηματολογίου», Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Ζήτη
- 12) Βαλτοπούλου Ε. (2012). «Μελέτη χωροθέτησης φωτοβολταϊκού πάρκου 100kw στο Πεντελικό Όρος με τη χρήση Γ.Σ.Π.», Αθήνα, Ε.Μ.Π
- 13) Ενεργειακό γραφείο Κυπρίων πολιτών (2010). «Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Κύπρο»
- 14) Ενεργειακό γραφείο Κυπρίων πολιτών (2011). «Αδειοδότηση εγκαταστάσεων τεχνολογιών (μικρών και μεγάλων) ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Κύπρο»
- 15) Νικολαΐδης & Συνεργάτες – Υπουργείο εμπορίου, βιομηχανίας και τουρισμού Κύπρου (2011). «Στρατηγική μελέτη εκτίμησης των επιπτώσεων στο περιβάλλον από

την εφαρμογή του σχεδίου δράσης της Κυπριακής Δημοκρατίας για την ανανεώσιμη ενέργεια, για την περίοδο 2010-2020»

16) Νικολάου Σ. (2013). «Χωροθετικός σχεδιασμός ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε περιβάλλον GIS – Η περίπτωση των αιολικών πάρκων στην Κύπρο», Αθήνα, Ε.Μ.Π

Διαδικτυακές Αναφορές

1) Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου,
<http://www.eac.com.cy>

2) European Commission (2009), Eurostat, Statistics,
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

3) Fact Book Renewable Energy,
<http://www.rwe.com/web/cms/mediablob/de/315842/data/0/3/RWE-Facts-Figures-December-2009-englisch-.pdf>

4) Ίδρυμα Ενέργειας Κύπρου (2010), «Χρήσεις Βιομάζας Ξυλείας – Εφαρμογές στον οικιακό τομέα»,
<http://www.cea.org.cy/TOPICS/Renewable%20Energy/biomass%20final.pdf>

5) Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας,
<http://www.cres.gr/kape/index.htm>

6) Υπηρεσία Ενέργειας Κύπρου, Εκπαιδευτικό πρόγραμμα για την ενέργεια, ΑΠΕ, Ηλεκτρισμός,
<http://www.cie.org.cy/sxoliko.html#>

7) Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου, Κλίμα, Κλιματολογικές πληροφορίες,
http://www.moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/DMLindex_gr/DMLindex_gr?OpenDocument

8) Ο Τομέας της ενέργειας στην Κύπρο (2009), Σόλων Κασίνης, Διευθυντής Υπηρεσίας Ενέργειας,
<http://www.mcit.gov.cy>

9) Οι ενεργειακές προκλήσεις της Κυπριακής Δημοκρατίας και οι προοπτικές, (2011), Σόλων Κασίνης,
[http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/F35CAD9F4226E424C225771B00546F25/\\$file/presentation_University%20of%20Nicosia_Oct.%202011.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/F35CAD9F4226E424C225771B00546F25/$file/presentation_University%20of%20Nicosia_Oct.%202011.pdf)

10) Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας Κύπρου,
<http://www.cera.org.cy>

11) Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου,
http://www.mof.gov.cy/mof/cystat/statistics.nsf/index_gr/index_gr?OpenDocument

12)Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων Κύπρου, Υδάτινοι πόροι,
http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/index_gr/index_gr?OpenDocument

13)Τμήμα Αρχαιοτήτων,
http://www.mcw.gov.cy/mcw/da/da.nsf/DMLindex_gr/DMLindex_gr?OpenDocument

14)Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης Κύπρου, Γεωλογία της Κύπρου,
http://www.moa.gov.cy/moa/gsd/gsd.nsf/dmlIntroduction_gr/dmlIntroduction_gr?OpenDocument

15)Τμήμα Δασών Κύπρου,
http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/DMLfaq_gr/DMLfaq_gr?OpenDocument&print

16)Τμήμα Δημοσίων Έργων,
http://www.mcw.gov.cy/mcw/pwd/pwd.nsf/index_gr/index_gr?opendocument

17)Τμήμα Κτηματολογίου και Χωρομετρίας Κύπρου,
http://www.moi.gov.cy/moi/dls/dls.nsf/dmlindex_gr/dmlindex_gr?OpenDocument

18)Υπουργείο Βιομηχανίας Εμπορίου και Τουρισμού, Κύπρος. Υπηρεσία ενέργειας,
<http://www.mcit.gov.cy>

19)Υπουργείο Γεωργίας και Φυσικών Πόρων Κύπρου, Υπηρεσία Περιβάλλοντος, « Δίκτυο Φύση2000»,
http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/index_gr/index_gr?opendocument

20)Υπουργείο Εξωτερικών Κύπρου, Γενικές πληροφορίες,
<http://www.mfa.gov.cy>

21)Υπουργείο Περιβάλλοντος Ελλάδας. Ενέργεια και ΑΠΕ,
<http://www.ypeka.gr>

22)Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (International Energy Agency),
<http://www.iea.org>

23)<http://www.energypoint.gr>

24)<http://eea.europa.eu>

25)<http://solargis.info>

26)Περί Πολεοδομίας και Χωροταξίας Νόμος, Εντολή 2/ Άρθρο 6/ 2006
http://www.cera.org.cy/main/data/articles/entoli2a_09.pdf