

# Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών  
*Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος*

## Μεταπτυχιακή Διατριβή



Σύγκριση Εφαρμογής Τεχνολογιών ΑΠΕ μέσω  
Πολυκριτηριακής Ανάλυσης

Μπέλης Δημήτριος

Επιβλέπων Καθηγητής  
Γαρύφαλλος Αραμπατζής

Μάιος 2017

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών**

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών**

**Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος**

## **Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**Σύγκριση Εφαρμογής Τεχνολογιών ΑΠΕ μέσω  
Πολυκριτηριακής Ανάλυσης**

**Μπέλης Δημήτριος**

**Επιβλέπων Καθηγητής  
Γαρύφαλλος Αραμπατζής**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία του Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

**Μάιος 2017**



## Περίληψη

Σύμφωνα με τις τελευταίες έρευνες τα ενεργειακά αποθέματα στον πλανήτη φθίνουν, με αποτέλεσμα να γίνονται προσπάθειες για τον εντοπισμό νέων πηγών ενέργειας. Επιπλέον οι καύσεις των ορυκτών καυσίμων ρυπαίνουν ανεπανόρθωτα το περιβάλλον.

Μείζον πρόβλημα έχει μετατραπεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου λόγω της ενίσχυσης του από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Η χρήση συμβατικών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας βοηθάει στην αύξηση συγκέντρωσης των αέριων ρύπων όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>), το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) κ.α. Παράλληλα παρεμποδίζεται η διαφυγή της ηλιακής ακτινοβολίας που αντανακλάται από την επιφάνεια της Γης έξω από τα στρώματα της ατμόσφαιρας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η θερμοκρασία του πλανήτη να αυξάνεται ακόμα περισσότερο. Η συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου έχει μεγαλώσει δραματικά, ενώ και η παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα που οφείλεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό στην χρήση ορυκτών καυσίμων έχει αυξηθεί περισσότερο από 30% στην τελευταία 50ετία.

Λύση στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου αλλά και στην μείωση των ενεργειακών αποθεμάτων έρχονται να δώσουν οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Οι ΑΠΕ προσφέρουν μια εναλλακτική λύση και αποτελούν βασική προτεραιότητα για πολλές χώρες. Είναι γνωστό ότι είναι περιβαλλοντικά φιλικότερες από τα συμβατικά καύσιμα. Είναι ενδογενείς, προωθούν την ενεργειακή ανεξαρτησία όπως και συνεισφέρουν και στην δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Επιβάλλεται όμως να ξεπεράσουν κοινωνικούς, θεσμικούς αλλά και οικονομικούς φραγμούς καθώς επιδεικνύουν περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις (δέσμευση εκτάσεων γης, διαφοροποίηση τοπίου κλπ.). Αυτός ο πολλαπλός και διαφορετικός χαρακτήρας των ΑΠΕ, καθιστά δύσκολα την επιλογή ανάμεσα σε διαφορετικές προτάσεις εφαρμογών τους.

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι η αναφορά αλλά και ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και συγκεκριμένα αιολικών και φωτοβολταϊκών σταθμών. Γίνεται ανάλυση τεσσάρων σεναρίων – περιπτώσεων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με στόχο την σύγκριση

περιβαλλοντικών επιπτώσεων αιολικών και φωτοβολταϊκών σταθμών, μέσω πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Για την αξιολόγηση των δύο τεχνολογιών ΑΠΕ χρησιμοποιήθηκαν: α) ενεργειακά κριτήρια, β) περιβαλλοντικά κριτήρια γ) οικονομικά κριτήρια και δ) κοινωνικά κριτήρια. Σε πρώτη φάση προσδιορίστηκαν οι επιπτώσεις των έργων ΑΠΕ στο ανθρωπογενές και φυσικό περιβάλλον ενώ σε δεύτερη φάση οι κοινωνικές και οικονομικές τους επιπτώσεις. Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της πολυκριτηριακής ανάλυσης, καθώς και τα συμπεράσματα που προκύπτουν.

Λέξεις Κλειδιά: ΑΠΕ, Πολυκριτηριακή Ανάλυση, Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας,

## Summary

According to the latest research, the world's energy stocks are dwindling, and efforts are being made to identify new sources of energy. In addition, combustion of fossil fuels is irreversibly polluting the environment.

A major problem has been the greenhouse effect due to its enhancement from human activity. The use of conventional fuels for the production of energy helps to increase the concentration of gaseous pollutants such as carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), thio dioxide (SO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>) etc. At the same time, solar radiation escapes from the surface of the Earth outside the atmospheric layers. As a result, the planet's temperature is rising even further. The concentration of greenhouse gases has grown dramatically, while the production of carbon dioxide, which is largely due to the use of fossil fuels, has increased more than 30% in the last 50 years.

A solution to tackling the greenhouse effect as well as reducing energy supplies comes from Renewable Energy Sources (RES). RES offers an alternative and is a key priority for many countries. They are known to be more environmentally friendly than conventional fuels. They are endogenous, they promote energy independence as they also contribute to the creation of new jobs. However, they need to overcome social, institutional and economic barriers as they show environmental and social impacts (land plots, landscape diversification, etc.). This multiple and different characteristic of RES makes it difficult to choose between different application suggestions.

The purpose of this postgraduate dissertation is to report and analyze the environmental impacts of Renewable Energy Sources and in particular wind and photovoltaic power stations. An analysis is made of four scenarios - cases of power stations aiming to compare the environmental impacts of wind and photovoltaic plants through multi-criteria analysis.

For the evaluation of both RES technologies, the following criteria are used: a) energy criteria, b) environmental criteria c) economic and d) social criteria. Firstly, the effects of RES projects on manmade and natural environment are analysed. Secondly, the social and economic impacts are investigated. Finally, the results of the multi criteria analysis are discussed and the some conclusions are presented.

Keywords: RES, Multi-criteria analysis, Regulatory Authority for Energy

## **Ευχαριστίες**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών «Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος» του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ, Γαρύφαλλο Αραμπατζή για τη σημαντική καθοδήγηση που μου προσέφερε.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογενειά μου και κυρίως την γυναίκα μου για την υπομονη που είχε σε όλη την διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.



# Περιεχόμενα

Περίληψη .....	iii
Summary .....	v
Κεφάλαιο 1.....	1
Εισαγωγή.....	1
1.1 Καταγραφή Προβλήματος.....	3
1.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα ΑΠΕ .....	6
1.3 Σκοποί και Στόχοι.....	8
1.4 Διασαφηνίσεις – Προσδιορισμός και διατύπωση κεντρικών εννοιών .....	9
1.4.1 Ο Ρόλος της ΡΑΕ .....	11
1.4.2 Ο Ρόλος του ΕΠΧΣΑΑ-ΑΠΕ.....	12
Κεφάλαιο 2.....	15
Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	15
2.1 Εισαγωγή.....	16
2.2 Ιστορική Αναδρομή .....	17
2.3 Ιστορική Αναδρομή – Ηλιακή Ενέργεια .....	18
2.4 Θεωρητικό Πλαίσιο .....	20
2.4.1 Ηλιακή Ενέργεια.....	20
2.4.2 Αιολική Ενέργεια.....	21
2.4.3 Πολυκριτηριακή Ανάλυση.....	24
2.5 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	29
2.5 Η Διεθνής πραγματικότητα .....	33
2.5.1 Αιολική Ενέργεια.....	33
2.5.2 Ηλιακή Ενέργεια.....	35
2.6 Ελληνική Πραγματικότητα .....	38
2.6.1 Αιολική Ενέργεια.....	40
2.6.2 Ηλιακή Ενέργεια.....	44
2.7 Συμπεράσματα .....	47
Κεφάλαιο 3.....	49
Μεθοδολογία.....	49
3.1 Σκοπός – Στόχοι.....	49
3.2 Περίπτωση Μελέτης Αιολικού Σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ισχύος 39MW στους δήμους Βυτίνας και Κλείτορος του Νομού Αρκαδίας.....	50
3.2.1 Εκτίμηση και αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.....	53

3.3 Περίπτωση Μελέτης Φωτοβολταϊκού Σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ισχύος 39 MW στο Δήμο Μεγαλόπολης του Νομού Αρκαδίας .....	56
3.3.1 Εκτίμηση και αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.....	60
3.4 Περίπτωση Μελέτης Αιολικού Σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ισχύος 20 MW στους Δήμους Κασσωπαίων - Θιναλίου του Νομού Κέρκυρας .....	62
3.4.1 Εκτίμηση και αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.....	67
3.5 Περίπτωση Μελέτης Φωτοβολταϊκού Σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ισχύος 20 MW στο Δήμο Εσπερίων του Νομού Κέρκυρας .....	70
3.5.1 Εκτίμηση και αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.....	73
3.6 Πολυκριτηριακή Ανάλυση.....	75
3.6.1 Καθορισμός των κριτηρίων επιλογής .....	79
3.6.2 Η επιλογή των κριτηρίων απόφασης .....	81
Κεφάλαιο 4.....	100
Αποτελέσματα.....	100
Κεφάλαιο 5.....	102
Επίλογος.....	102
Παράρτημα Α .....	106
Βιβλιογραφία .....	108
Διεθνής.....	109
Ελληνική .....	116
Πηγές από το Διαδίκτυο.....	117

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι η ενέργεια είναι απαραίτητη προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα ζωής με την παροχή βασικών αναγκών, όπως η θερμότητα, το φως και η ενέργεια για μεταφορές. Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί την ενέργεια είτε όπως υπάρχει στη φύση σε διάφορες μορφές (ηλιακή, αιολική κ.α.) είτε μετατρέποντας την με τη βοήθεια μηχανών σε θερμική ενέργεια, ηλεκτρική ενέργεια, ώστε να ικανοποιήσει τις σύγχρονες ανάγκες του. (Koenemann, 2009).

Με την πρόοδο της οικονομίας και την ανάπτυξη του βιοτικού επιπέδου οι απαιτήσεις σε ενέργεια συνεχώς αυξάνονται, με αποτέλεσμα η παραγωγή ενέργειας να αποτελεί ένα από τα κύρια προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι κοινωνίες σήμερα. Το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιείται στις μέρες μας προέρχεται από συμβατικές πηγές ενέργειας όπως είναι το πετρέλαιο, η βενζίνη και ο άνθρακας οι οποίοι είναι πεπερασμένοι και θα εξαντληθούν σύντομα λόγω της αυξανόμενης ζήτησης. (Goodchild, 2003; Tsani, 2010). Η χρήση της ενέργειας σχετίζεται αφενός μεν με την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής αφετέρου με μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα. Προβλήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψιν αν στοχεύουμε σε ένα βιώσιμο ενεργειακό μέλλον με ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Loring, 2007).

Αιτία αυτών είναι οι τεράστιες καταστροφές των οικοσυστημάτων, η των δασών και καταστροφή των τροπικών δασών, ερημοποίηση, απονέκρωση υδάτινων συστημάτων, εξάντληση φυσικών πόρων, αύξηση της αέριας ρύπανσης και της ρύπανσης του εδάφους, με εκτεταμένες συνέπειες στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη ευημερία (Abbott, 2010). Οι βασικοί τομείς των περιβαλλοντικών προβλημάτων μπορούν να ταξινομηθούν ως ακολούθως (Dincer, 1999; Omer, 2007):

- Σημαντικά περιβαλλοντικά ατυχήματα
- Ρύπανση των υδάτων και θαλάσσια ρύπανση
- Χρήσεις γης και χωροθέτηση των επιπτώσεων
- Ακτινοβολία και ραδιενέργεια
- Διαχείριση απορριμμάτων
- Διάθεση στερεών αποβλήτων
- Επικίνδυνοι ατμοσφαιρικοί ρύποι
- Ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα
- Όξινη βροχή
- Μείωση στρατοσφαιρικού όζοντος

Οι συνέπειες αυτών των προβλημάτων είναι ήδη αισθητές, με την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη (φαινόμενο του θερμοκηπίου και παγκόσμια κλιματική αλλαγή), την τήξη των πάγων στους πόλους, ακραία καιρικά φαινόμενα, προβλήματα υγείας από τη δημιουργία του νέφους, εξάντληση των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων και υποβάθμιση των ανανεώσιμων, έλλειψη ειδών διατροφής στις χώρες του τρίτου κόσμου και αύξηση των θανάτων από αστία και έλλειψη νερού, θάνατος της υδατοπανίδας σε λίμνες και κλειστές θάλασσες λόγω του ευτροφισμού των υδάτων. Επίσης, ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκλήθηκαν από τα ορυκτά καύσιμα είναι η ρύπανση του αέρα (Diaz et al., 2006). Ωστόσο, παρατηρείται ότι ακόμη και σήμερα τα κράτη εξακολουθούν να χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα παρά τις συνολικές επιπτώσεις για την κοινωνία και τα οικοσυστήματα, και η κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων αυξάνεται ανεξάρτητα από τις αρνητικές επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. (Elliott, 2007).

Για όλους αυτούς τους λόγους το ενδιαφέρον των επιστημόνων και της πολιτείας κατευθύνονται προς την εφαρμογή και χρήση τεχνολογιών που ενσωματώνουν «φιλικές στο περιβάλλον» μορφές ενέργειας. Η λύση στα προβλήματα του περιβάλλοντος βασίζεται στην προσαρμογή της αιεφόρου ανάπτυξης, η οποία έχει στενή σχέση με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), οι οποίες συνδέονται άμεσα με θετικά αποτελέσματα για το περιβάλλον, την οικονομία και την ευημερία των πολιτών (Agterbosch et al, 2009; Bell et al, 2005).

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος, τα ποτάμια, η εσωτερική θερμότητα από το εσωτερικό του φλοιού της γης και ακόμη τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, είναι πηγές ενέργειας που η προσφορά τους δεν εξαντλείται. Υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον και είναι οι πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος σχεδόν αποκλειστικά, μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, οπότε και στράφηκε στην εντατική χρήση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων. Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών που το δυναμικό τους σε αξιοποιήσιμες μορφές ενέργειας, παρουσιάσθηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1973 και παγιώθηκε την επόμενη δεκαετία, μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο πρωταρχικός υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, καθώς σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων. (Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, 2007)

Οι ανανεώσιμες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπως η αιολική ενέργεια και η φωτοβολταϊκή αποτελούν το μείζον μερίδιο των σημερινών εγκαταστάσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και οι προβλέψεις δείχνουν τη συνεχιζόμενη ανάπτυξη τους στο μέλλον. Σε ορισμένες χώρες, όπως η Γερμανία ή η Δανία, το μερίδιο της αιολικής ενέργειας έχει ήδη φθάσει σε σημαντικά επίπεδα. (Gersema and Wozabal, 2017)

## **1.1 Καταγραφή Προβλήματος**

Το ενεργειακό ζήτημα έχει ποικίλες διαστάσεις, οι οποίες συνδέονται αιτιωδώς μεταξύ τους. Παράλληλα, η ανάγκη για ενεργειακή αυτάρκεια των κρατών και απεξάρτηση από εισαγόμενα καύσιμα και ιδίως από χώρες με ασταθείς πολιτικές και κοινωνικές καταστάσεις, καθώς και η ανάγκη για αποκεντρωμένη ανάπτυξη και τόνωση της τοπικής απασχόλησης ενισχύει την αντίληψη για αλλαγή και κυρίως βελτίωση του σημερινού παγκόσμιου ενεργειακού σκηνικού. Η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονται από την κατανάλωση των συμβατικών μη ανανεώσιμων πόρων για την παραγωγή ενέργειας αποτελούν μια σημαντική απειλή για

το περιβάλλον και τη βιώσιμη ανάπτυξη επηρεάζοντας ποικιλοτρόπως την ποιότητα ζωής μας αλλά και την ίδια τη ζωή του πλανήτη (Szarka, 2006) Οι κλιματικές αλλαγές αποτελούν μια από τις μεγαλύτερες απειλές της ανθρωπότητας και οφείλονται κατά κύριο λόγο στις εκπομπές των «αερίων του θερμοκηπίου» από την κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων. Έχουν ήδη ισχυρές επιδράσεις σε παγκόσμιο επίπεδο, στα οικοσυστήματα στους υδάτινους πόρους και στις παράκτιες περιοχές (Akpinar et al., 2008).

Για την επίλυση των προβλημάτων που αυτό δημιουργεί, απαιτούνται συγκεκριμένες και άμεσες πολιτικές: οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) μπορούν να αποτελέσουν μία από τις λύσεις και πλέον, η ανάγκη για περαιτέρω στροφή στις ΑΠΕ μοιάζει περισσότερο επιτακτική από ποτέ. Οι κύριες μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως η ηλιακή ενέργεια, η υδροηλεκτρική, η βιομάζα, η γεωθερμική ενέργεια, η κυματική ενέργεια και η αιολική ενέργεια, είναι σε θέση να παρέχουν καθαρή και αποδοτική ενέργεια με τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών και αντικαθιστούν τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα σε τέσσερις κύριους τομείς: την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τη θέρμανση και ψύξη, τα καύσιμα και την αγροτική ενεργειακή κατανάλωση (Abulfotuh, 2007)

Η μείωση της κατανάλωσης των ορυκτών καυσίμων με τη χρήση νέων τεχνολογιών των ΑΠΕ συμβάλλει στην βραδύτερη εκδήλωση πέραν του φυσικού του φαινομένου του θερμοκηπίου και των ακραίων καιρικών φαινομένων ως αποτέλεσμα αυτού. Συμβάλλουν έτσι στην ικανοποίηση στόχων διεθνών συμβάσεων και κοινοτικών οδηγιών που έχει υπογράψει η χώρα μας και είναι δεσμευτικές με πρόβλεψη κυρώσεων αν δεν τηρηθούν (Albergaria, et al, 2006).

Η εισαγωγή των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα της χώρας μας, δεν αποτελούν πανάκεια, αφού δεν στερούνται κάποιων περιβαλλοντικών επιπτώσεων και δεν είναι πάντα άμεσα ενεργειογόνες και διαθέσιμες. Όλες οι ΑΠΕ μπορούν να χρησιμοποιούνται επ' άπειρον αλλά με πολύ συγκεκριμένο ρυθμό. Δεν μπορούν να υποστηρίξουν οποιοδήποτε ανθρώπινο πληθυσμιακό μέγεθος, ούτε κοινωνία που μεγεθύνεται πληθυσμιακά με ταχύτατους ρυθμούς.

Παρ' όλα αυτά μπορούν να παράσχουν την ενεργειακή βάση για τη βιώσιμη κοινωνία του μέλλοντος. Είναι άφθονες, ποικίλες, χωρικά διάσπαρτες, αποκεντρωμένες, συμβάλλουν

στην απεξάρτηση από τους εξαντλήσιμους ενεργειακούς πόρους και καθώς μάλιστα δεν ρυπαίνουν ποιοτικά και ποσοτικά όσο οι συμβατικές πηγές, προστατεύουν έμμεσα το περιβάλλον και φαίνονται να είναι η συμφερότερη περιβαλλοντικά λύση. Δημιουργούν θέσεις εργασίας, μέσω της χρησιμοποίησής τους προστατεύεται το κλίμα του πλανήτη (μείωση εκπεμπόμενων ρύπων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου), εμποδίζουν έμμεσα την ανάπτυξη πυρηνικών όπλων, δε βάζουν σε κίνδυνο βασικές ανθρώπινες ελευθερίες και δικαιώματα και προάγουν την αποκέντρωση αποφάσεων και εξουσιών. Πρόκειται για εγχώριες πηγές ενέργειας, οι οποίες συνεισφέρουν έτσι στην εθνική ενεργειακή ανεξαρτητοποίηση και στην ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού. Επίσης, δεν επηρεάζονται από το διεθνές οικονομικό περιβάλλον ειδικότερα των τιμών, γεγονός που δίνει μεγαλύτερη ασφάλεια και σταθερότητα

Η Ελλάδα έχει ένα μεγάλο πλεονέκτημα που αφορά στη διαθεσιμότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, λόγω της γεωγραφικής της θέσης. Το δυναμικό των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα - κυρίως το αιολικό δυναμικό και η ηλιακή ακτινοβολία - έχει αξιολογηθεί τα τελευταία 30 χρόνια με εκατοντάδες σταθμούς μέτρησης. Τα αποτελέσματα αυτών των σταθμών δείχνουν ότι η Ελλάδα πρέπει να τοποθετηθεί μεταξύ των πλουσιότερων χωρών του κόσμου, όσον αφορά τις διαθέσιμες πηγές πρωτογενούς ενέργειας (Kotroni et al, 2014). Οι ετήσιες μέσες ταχύτητες ανέμου άνω των 10 m/s συχνά μετριοούνται κυρίως στην νησιωτική χώρα, ενώ η ετήσια παγκόσμια ακτινοβολία καταγράφεται υψηλότερη από 1900 kWh/m<sup>2</sup> Το δυναμικό στην ελληνική επικράτεια (κυρίως στα νησιά) από τη μία πλευρά υπερβαίνει την ετήσια ηλεκτρική θερμική και μηχανική ζήτηση ενέργειας και, από την άλλη πλευρά, μπορεί να είναι ένα θεμελιώδες εξαγωγίμο προϊόν ικανό να γίνει ο μοχλός για την ανάκαμψη της ελληνικής εθνικής οικονομίας. (Katsaparakakis and Christakis, 2016)

Ως εκ τούτου, η στροφή από τα ορυκτά καύσιμα προς τις ΑΠΕ θα μπορούσε να είναι μια καλή εναλλακτική λύση για την Ελλάδα (Duic et al., 2013). Συγκεκριμένα για την Ελλάδα, πέρα από αυτούς τους λόγους, υπάρχει και η πίεση από την Ευρωπαϊκή Ένωση εξαιτίας της κοινοτικής οδηγίας 2001/77/ΕΚ "Για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας" (OJ L283/27.10.2001). Αυτή προβλέπει στο παράρτημα της για την Ελλάδα ενδεικτικό στόχο κάλυψης από ΑΠΕ, περιλαμβανομένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων, σε ποσοστό της ακαθάριστης κατανάλωσης ενέργειας κατά το έτος 2010 ίσο με 20,1% . Ο

στόχος αυτός είναι συμβατός με τις διεθνείς απαιτήσεις της χώρας που απορρέουν από το Πρωτόκολλο του Κυότο που υπογράφηκε το Δεκέμβριο του 1997 στη σύμβαση – πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος. Το πρωτόκολλο του Κυότο προβλέπει για την Ελλάδα συγκράτηση του ρυθμού αύξησης κατά το έτος 2010 του CO<sub>2</sub> και άλλων αερίων που επιτείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά 25% σε σχέση με το έτος βάση 1990. Με δεδομένο ότι κατά το έτος 2010 η ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται ότι θα έχει φθάσει τις 72 TWh υφίσταται ανάγκη συμμετοχής των εν λόγω μη συμβατικών ενεργειακών πηγών σε επίπεδο τάξης 14 TWh .

Οι ΑΠΕ έχουν τη δυνατότητα να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην προμήθεια «καθαρής» ενέργειας σε μεγάλα τμήματα του πληθυσμού παγκόσμια. Παρόλο όμως που πολλές εφαρμογές τους είναι πλέον οικονομικά βιώσιμες, οι ΑΠΕ δεν έχουν ακόμη αναπτυχθεί σε σημαντικό βαθμό εξαιτίας διάφορων εμποδίων – φραγμών που δυσκολεύουν την αξιοποίησή τους σε μεγάλη κλίμακα. Τα εμπόδια αυτά περιλαμβάνουν τεχνολογικές δυσκολίες, φραγμούς της αγοράς (π.χ. ασυνεπείς μηχανισμούς τιμολόγησης), θεσμικούς, ρυθμιστικούς και κοινωνικο-πολιτικούς περιορισμούς. Επιπλέον, οι ΑΠΕ ενώ συνοδεύονται από εθνικά και υπερεθνικά οφέλη, επιφέρουν συνήθως σημαντικές τοπικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις με κόστος που καλείται να αναλάβει η τοπική κοινωνία. Έτσι, πέραν των άλλων, (βελτίωση της τεχνολογίας, ανάπτυξη νέας, κλπ) προϋπόθεση για τη διάχυσή τους αποτελεί η δημιουργία διαφορετικών σχεδιαστικών εργαλείων που θα περιλαμβάνουν πολλαπλά κριτήρια απόφασης, διαφορετικές απόψεις – προοπτικές, αξίες ποικίλων συμμετεχόντων (πολιτικοί λήπτες αποφάσεων, επιχειρήσεις, μη κυβερνητικές οργανώσεις, τοπική αυτοδιοίκηση, περιφερειακές αρχές), αποκέντρωση στη λήψη των αποφάσεων, και μακροχρόνιους σχεδιαστικούς ορίζοντες.

## **1.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα ΑΠΕ**

Οι τεχνολογίες ΑΠΕ είναι φιλικές στο περιβάλλον, δεν εκπέμπουν αέριους ρύπους και επομένως συμβάλλουν τόσο στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης όσο και στην μείωση της παγκόσμιας θέρμανσης του πλανήτη. Η μείωση των εκπομπών στην ατμόσφαιρα αποτελεί το κυριότερο περιβαλλοντικό όφελος από την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και επομένως ελάττωση των επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών (Strachen et al., 2006)



Επιπλέον, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρέχουν άφθονη ενέργεια που συνδέεται με την κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη μιας χώρας αφού η χρήση τους συμβάλλει στην ενεργειακή ανεξάρτηση μιας χώρας από εισαγόμενες πηγές ενέργειας και στην επιθυμητή βελτίωση της ποιότητας ζωής των ανθρώπων με ελάχιστους περιβαλλοντικούς και οικολογικούς κινδύνους (Szarka, 2006; Hoen et al., 2011).

Συγκεκριμένα μπορεί να συμβάλει στην ενεργειακή ανεξαρτησία των μικρών χωρών συμβάλλοντας στην ανάπτυξη της οικονομίας τόσο μέσω της ενεργειακής ανεξάρτησης όσο και ότι παράγουν ενέργεια σύμφωνα με τις ανάγκες του τοπικού πληθυσμού, εξαλείφοντας την ανάγκη για τεράστιους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τη μεταφορά της παραγόμενης ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις. Επιπλέον, μπορεί να παρέχει νέες ευκαιρίες απασχόλησης ιδιαίτερα σε αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές και την ενίσχυση της τοπικής παραγωγής (Asif and Muneer, 2007; Munday et al, 2011). Η ανάπτυξη και η υλοποίηση έργου ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις αγροτικές περιοχές μπορεί να δημιουργήσει ευκαιρίες απασχόλησης και, κατά συνέπεια, να ελαχιστοποιήσει τη μετανάστευση προς τις αστικές περιοχές (Bergmann et al, 2008).

Ωστόσο, οι ΑΠΕ έχουν και κάποια μειονεκτήματα τα οποία εντοπίζονται κυρίως στη διακύμανση του ενεργειακού τους δυναμικού κατά τη διάρκεια της ημέρας του μήνα και του έτους. Επίσης στο σχετικά υψηλό κόστος έρευνας και εγκατάστασης των έργων. Οι ΑΠΕ μπορούν να προκαλέσουν και κάποιες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Για παράδειγμα οι ανεμογεννήτριες προκαλούν περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με το θόρυβο, την πρόσκρουση των πτηνών, την οπτική όχληση, ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, καταστροφή βιοτόπων, υποβάθμιση της χρήσης γης όπως διατυπώθηκαν και ανησυχίες σχετικά με υποηχητικό θόρυβο των ανεμογεννητριών, οι οποίες συγκρινόμενες με τις αντίστοιχες των συμβατικών πηγών ενέργειας θεωρούνται δευτερεύουσες (Warren et al., 2005).

Ο σχετικά μικρός συντελεστής ενεργειακής απόδοσης που γενικά τις διακρίνει, δεδομένου ότι η ενεργειακή ροή δεν είναι πάντα σταθερή διαχειρίσιμη, πολλών δε μάλλον προβλέψιμη, ώστε να χρησιμοποιηθούν ως αποκλειστικά συστήματα ενεργειακού εφοδιασμού. Η απόδοση εξαρτάται από παράγοντες όπως η εποχή, οι κλιματικές

συνθήκες, το γεωγραφικό μήκος, και πλάτος κλπ. με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται σημαντικές διακυμάνσεις κατά περιόδους. (Leung and Young, 2012).

Το γεγονός πως ακριβώς λόγω χαμηλής απόδοσης, συχνά απαιτούνται εγκαταστάσεις ΑΠΕ σε ευρεία γεωγραφική επιφάνεια με συνοδά έργα μεγάλης κλίμακας επιφέροντας εκτεταμένες αλλαγές χρήσης γης. (Hastik et al, 2015). Αυτό ενέχει μεγάλο οικονομικό κόστος (Nomura et al, 2004) αλλά και ενδεχόμενο περιβαλλοντικό κόστος, καθώς έχουν διατυπωθεί κατά καιρούς προβληματισμοί σχετικά με τους κινδύνους που ενέχουν οι αλλαγές χρήσης γης σε ευρεία κλίμακα για την οικολογική ισορροπία. (Stuhlberger, 2010)

### **1.3 Σκοποί και Στόχοι**

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η σύγκριση των αιολικών και φωτοβολταϊκών σταθμών, μέσω πολυκριτηριακής ανάλυσης, κυρίως ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους και σε δεύτερη φάση ως προς τις κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις της κάθε περιοχής.

Για την επίτευξη αυτού του σκοπού αναλύονται τέσσερις μελέτες περιπτώσεων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται δύο μελέτες περιπτώσεων στο Νομό Αρκαδίας (ηπειρωτική χώρα), αιολικού και φωτοβολταϊκού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ισχύος 39 MW έκαστος και δύο μελέτες περιπτώσεων στο Νομό Κέρκυρας (σύστημα διασυνδεδεμένων νησιών), αιολικού και φωτοβολταϊκού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ισχύος 20 MW έκαστος.

Η ανάγκη για ολοκληρωμένη προσέγγιση του θέματος μέσω της πολυκριτηριακής ανάλυσης απαιτεί να ληφθούν υπόψη μία σειρά από ενεργειακά, περιβαλλοντικά, οικονομικά, και κοινωνικά κριτήρια. Τα κριτήρια αυτά μεταφράστηκαν σε μια ενιαία κλίμακα. Στην πρώτη περίπτωση δόθηκε μεγαλύτερη βαρύτητα στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ενώ στη δεύτερη περίπτωση στις κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις.

Το θέμα που παρουσιάζεται είναι ένα ζήτημα που αφορά άμεσα στο περιβάλλον και την ανάπτυξη. Η προώθηση της αιολικής και ηλιακής ενέργειας και η χωροθέτηση των

αντίστοιχων έργων συνδέεται αδιαμφισβήτητα με τις αναπτυξιακές διαδικασίες, δεδομένου ότι αποτελούν τμήμα του ενεργειακού ζητήματος, που όπως προαναφέρθηκε, σχετίζεται με πληθώρα οικονομικών, κοινωνικών, πολιτικών και περιβαλλοντικών υποθέσεων. Επιπλέον, η ενέργεια αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ανάπτυξης, τουλάχιστον όπως την αντιλαμβάνεται ο σύγχρονος άνθρωπος.

Οι ΑΠΕ μπορούν να χαρακτηρισθούν κατ' αρχήν ως δραστηριότητες φιλικές προς το περιβάλλον, εν τούτοις δεν στερούνται παντελώς επιπτώσεων σε αυτό. Οι επιπτώσεις αυτές διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος της εκάστοτε χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας ΑΠΕ, ενώ μπορεί να εκτείνονται τόσο στο ανθρωπογενές (πόλεις, οικισμούς και εν γένει οικιστικές περιοχές) όσο και στο φυσικό περιβάλλον (τοπίο, χλωρίδα και πανίδα, κ.ά.) των περιοχών εγκατάστασης, καθώς και στις γειτνιάζουσες παραγωγικές δραστηριότητες, όπως ο τουρισμός, η γεωργία κ.ά. Για τις δεδομένες τεχνολογικές συνθήκες, οι ΑΠΕ μοιάζουν να αποτελούν την προσφορότερη περιβαλλοντικά λύση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με τις συμβατικές

## **1.4 Διασαφηνίσεις – Προσδιορισμός και διατύπωση κεντρικών εννοιών**

- **Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ):**

Ως ανανεώσιμη ενέργεια ορίζεται η ενέργεια που παράγεται αποκλειστικά από φυσικούς πόρους, όπως το ηλιακό φως, ο άνεμος, τα κύματα, οι παλίρροιες και η γεωθερμία, που αναπληρώνονται φυσικά σε ένα χρονικό διάστημα μερικών ετών. Τα βασικά τους χαρακτηριστικά είναι ότι είναι ήπιες μορφές ενέργειας, ανεξάντλητες και φιλικές στο περιβάλλον (Lund, 2007).

- **Ηλιακή ενέργεια**

Η ηλιακή ενέργεια ορίζεται ως η ενέργεια που προέρχεται από την ακτινοβολία του Ήλιου υπό τη μορφή θερμότητας και φωτός. Το ηλιακό φως και η θερμότητα από τον Ήλιο μετασχηματίζονται και απορροφούνται από το περιβάλλον με πλήθος τρόπων. Ο Ήλιος είναι η πηγή όλων των ΑΠΕ στον πλανήτη, αφού η βιομάζα, ο άνεμος, τα κύματα κτλ.

προέρχονται από διαδικασίες μετασχηματισμού της ηλιακής ενέργειας σε άλλες μορφές (Panwar, et al., 2011)

- Αιολική ενέργεια

Ως αιολική ενέργεια χαρακτηρίζεται η ενέργεια που προέρχεται από τον άνεμο, ήτοι η ενέργεια που προκύπτει από την οριζόντια μετακίνηση αέριων μαζών. Η αιολική ενέργεια ουσιαστικά απορρέει από την ηλιακή ενέργεια, καθώς οι μετακινήσεις αυτές εμφανίζονται λόγω της περιστροφικής κίνησης του πλανήτη. (Cushman-Roisin, and Beckers, 2011) Η ενέργεια που περικλείει ο άνεμος, η ποιότητά και η ποσότητα της εξαρτάται από ένα πλήθος παραμέτρων όπως η ταχύτητα, η διεύθυνση, ο τυχόν στροβιλισμός των αέριων μαζών ή τοπικές αναταράξεις λόγω εμποδίων. (Chaudhry and Hughes, 2012)

- Φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν άμεσα την ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική. Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και στη χώρα μας κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα τόσο κατά τη καλοκαιρινή όσο και κατά την χειμερινή περίοδο. Οι πρώτες εφαρμογές ηλεκτροπαραγωγής από φωτοβολταϊκά συστήματα δοκιμάστηκαν στο διάστημα, όπου και εξακολουθούν να τροφοδοτούν με ενέργεια τους δεκάδες δορυφόρους. Η αποοκλιμάκωση του κόστους τέτοιων συστημάτων και οι τεχνολογικές βελτιώσεις έχουν καταστήσει τους φωτοβολταϊκούς συλλέκτες μια προσιτή, ανταγωνιστική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας. Το μεγαλύτερο βέβαια πλεονέκτημα εντοπίζεται στο γεγονός ότι τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι τελείως παθητικά: δεν εκπέμπουν κανένα ρύπο ή ακτινοβολία και η λειτουργία τους αφήνει πρακτικά ανεπηρέαστο το περιβάλλον. Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από φωτοβολταϊκούς συλλέκτες, οι οποίοι συνδυάζονται σε γεννήτριες, δηλαδή ηλεκτρονικά συστήματα που διαχειρίζονται την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, και μονάδες αποθήκευσης όταν πρόκειται για αυτόνομα συστήματα. Οι σημερινές αποδόσεις των φωτοβολταϊκών συστημάτων κυμαίνονται μεταξύ 5% και 17%, ανάλογα με την τεχνολογία κατασκευής των συλλεκτών, η οποία μπορεί να είναι πολυκρυσταλλική, μονοκρυσταλλική ή άμορφη. Η τελευταία συνοδεύεται από τις μικρότερες αποδόσεις αλλά από το σαφώς χαμηλότερο κόστος. (Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, 2007)

- Αιολικά Πάρκα

Οι άνεμοι, δηλαδή οι μεγάλες μάζες αέρα που μετακινούνται με ταχύτητα από μία περιοχή σε κάποια άλλη, οφείλονται στην ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της Γης από την ηλιακή ακτινοβολία. Η κινητική ενέργεια των ανέμων είναι τόση που, με βάση τη σημερινή τεχνολογία εκμετάλλευσής της, θα μπορούσε να καλύψει πάνω από δύο φορές τις ανάγκες του πλανήτη σε ηλεκτρική ενέργεια. Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας χάνεται στα βάθη της ιστορίας. Ο εγκλωβισμός, κατά τον Όμηρο, των ανέμων στον ασκό του Αιόλου αντιπροσωπεύει ακριβώς την ανάγκη των ανθρώπων να διαθέτουν τους ανέμους στον τόπο και χρόνο που οι ίδιοι θα ήθελαν. Για πολλές εκατοντάδες χρόνια η κίνηση των πλοίων στηριζόταν στη δύναμη του ανέμου, ενώ η χρήση του ανεμόμυλου ως κινητήριας μηχανής εγκαταλείπεται μόλις στα μέσα του προηγούμενου αιώνα. Είναι η εποχή που εξαπλώνονται ραγδαία τα συμβατικά καύσιμα και ο ηλεκτρισμός, ο οποίος φτάνει ως τα πιο απομακρυσμένα σημεία. Η πετρελαϊκή κρίση στις αρχές της δεκαετίας του 70, φέρνει ξανά στο προσκήνιο τις ΑΠΕ και την αιολική ενέργεια. Στο διάστημα μέχρι σήμερα, σημειώνεται μια αλματώδης ανάπτυξη, κάτι που ενισχύεται και από την επιτακτική ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος. Γίνεται πλέον συνείδηση σε όλο και μεγαλύτερο μέρος του κοινού, πως ο άνεμος είναι μια καθαρή και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Τα σύγχρονα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αφορούν κυρίως μηχανές με απλά υποσυστήματα που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια και ονομάζονται ανεμογεννήτριες (Α/Γ). μεταφορικά, πρόκειται για μικρούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με «καύσιμη ύλη» τον άνεμο. Υπάρχουν πολλά είδη Α/Γ, τα οποία κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες: αφενός στις Α/Γ με οριζόντιο άξονα, ο δρομέας των οποίων είναι τύπου έλικος και στις οποίες ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται ώστε να βρίσκεται παράλληλα προς τον άνεμο και αφετέρου τις Α/Γ με κατακόρυφο άξονα που παραμένει σταθερός. Το αιολικό πάρκο είναι ένας σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αποτελούμενο από συστοιχίες ανεμογεννητριών. Η θέση που μπορεί να φιλοξενηθεί, θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από αξιόλογο αιολικό δυναμικό, δηλαδή μεγάλη διάρκεια και μέση ή μεγάλη ένταση ανέμων. (Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, 2007)

#### **1.4.1 Ο Ρόλος της ΡΑΕ**

Για την αντιμετώπιση των χρονοβόρων προβλημάτων σχετικά με την διαδικασία αδειοδότησης έργων ΑΠΕ έγινε προσπάθεια απλούστευσης της διαδικασίας

αδειοδότησης σύμφωνα με τον Ν.3851/2010 (ΦΕΚ.Α'85). Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, για την εγκατάσταση και λειτουργία ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, απαιτείται η έκδοση ή υπογραφή σχετικών αδειών και συμβάσεων. Αυτές χορηγούνται από τους αρμόδιους φορείς, κατόπιν αιτήσεως που συνοδεύεται από τα απαραίτητα δικαιολογητικά και μελέτες. Γενικά, τα βήματα που απαιτούνται είναι τα εξής (Μελέτη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 2012):

1. Έκδοση Άδειας Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας- ΡΑΕ).

2. Ταυτόχρονα (παραλληλισμός διαδικασιών) αιτήσεις για: • Διατύπωση Προσφοράς Σύνδεσης του σταθμού παραγωγής στο Σύστημα ή σε Δίκτυο (αρμόδιος Διαχειριστής – ΔΕΗ ή ΔΕΣΜΗΕ). • Περιβαλλοντική Αδειοδότηση ή Απαλλαγή (Περιφέρεια). • Άδεια Επέμβασης σε δάσος ή δασική έκταση, εφόσον απαιτείται, ή γενικά των αναγκαίων αδειών για την απόκτηση του δικαιώματος χρήσης της θέσης εγκατάστασης του έργου (Περιφέρεια).

Ο ρόλος της ΡΑΕ είναι καθοριστικός καθώς εκχωρεί άδειες σύμφωνα με τις δυνατότητες των ΑΠΕ και είναι υπεύθυνη να παρακολουθεί τη διασφάλιση πρόσβασης τρίτων στο δίκτυο της χώρας όπως και τη λειτουργία του διασυνδεδετικού εμπορίου εισαγωγών και εξαγωγών. Επίσης έχει γνωμοδοτική αρμοδιότητα στη χορήγηση αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα (Μελέτη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 2012).

#### **1.4.2 Ο Ρόλος του ΕΠΧΣΑΑ-ΑΠΕ**

Για την επίτευξη των εθνικών και κοινοτικών στόχων για τις ΑΠΕ, το ζήτημα της χωροθέτησής τους είναι κρίσιμο. Και τούτο διότι, αν και τα έργα ΑΠΕ μπορεί να χαρακτηρισθούν κατ' αρχήν ως δραστηριότητες φιλικές προς το περιβάλλον, εν τούτοις δεν στερούνται παντελώς επιπτώσεων σε αυτό. Οι επιπτώσεις αυτές διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος της εκάστοτε χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας ΑΠΕ (αιολική, υδροηλεκτρική, γεωθερμική, ηλιακή ενέργεια κ.λπ.), ενώ μπορεί να εκτείνονται τόσο στο ανθρωπογενές (πόλεις, οικισμούς και εν γένει οικιστικές περιοχές) όσο και στο φυσικό

περιβάλλον (τοπίο, χλωρίδα και πανίδα, κ.ά.) των περιοχών εγκατάστασης, καθώς και στις γειτνιάζουσες παραγωγικές δραστηριότητες, όπως ο τουρισμός, η γεωργία κ.ά. Για την πρόληψη, την άμβλυση και την αποτροπή των επιπτώσεων αυτών απαιτείται η καθιέρωση σαφών κανόνων χωροθέτησης των έργων ΑΠΕ, ώστε αφενός να μειωθούν οι αβεβαιότητες και οι συγκρούσεις χρήσεων γης που συχνά αναφύονται επί του πεδίου και αφετέρου να ικανοποιηθούν οι ευρύτερες ανάγκες προστασίας του περιβάλλοντος και η βιώσιμη ανάπτυξη των περιοχών υποδοχής τους. (Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, 2007)

- Προσδιορισμός των επιπτώσεων από τις ρυθμίσεις του Ειδικού Πλαισίου για τη χωροθέτηση των αιολικών εγκαταστάσεων

Το ποσοστό χερσαίας έκτασης με ανεπαίσθητο αντίκτυπο ανθρωπογενών δραστηριοτήτων θα υποστεί κάποια μείωση, από τα αιολικά πάρκα που ενδέχεται να εγκατασταθούν σε θέσεις που σήμερα έχουν παραμείνει «άβατες» κυρίως στις κορυφογραμμές ορεινών όγκων. Οι εγκαταστάσεις αυτές και τα συνοδά έργα οδικής πρόσβασης, ενδέχεται επίσης να επηρεάσουν τις οικοσυστημικές σχέσεις που έχουν διαμορφωθεί στις περιοχές αυτές. Οι επιρροές αυτές θεωρούνται κατ' αρχήν προς την αρνητική κατεύθυνση, κυρίως με βάση το εξής σκεπτικό: Στις περιοχές που έως τώρα έχουν παραμείνει ανεπηρέαστες από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, τα οικοσυστήματα έχουν βρει φυσικά σημεία ισορροπίας, μέσω ανταγωνιστικών και συμβιωτικών σχέσεων μεταξύ των ειδών. Η διατάραξη που συνοδεύει την εγκατάσταση ανεμογεννητριών, ενδέχεται να απομακρύνει το τοπικό οικοσύστημα από την ισορροπία αυτή, ενδεχόμενο που είναι σχετικά ανεπιθύμητο. Βέβαια, τα φυσικά οικοσυστήματα έχουν τη δυνατότητα να ισορροπούν σε νέα σημεία αρκετά γρήγορα, αλλά αυτή η μεταβολή της ισορροπίας ενδέχεται να αποβεί εις βάρος κάποιων από τα είδη, κυρίως της πανίδας. Τα αιολικά πάρκα ενδέχεται να επηρεάζουν τις παραμέτρους διαβίωσης της ορνιθοπανίδας. Είτε με την πρόκληση θνησιμότητας λόγω συγκρούσεων είτε μέσω άλλων μονοπατιών επίδρασης, οι πληθυσμοί και οι συνθήκες διαβίωσης ορισμένων ειδών των πτηνών είναι πιθανόν να επιδεινωθούν. Η χωροθέτηση των αιολικών πάρκων, ως παράγοντας πρόωθησης της καθαρής ενέργειας, αναμένεται να συνοδεύεται από μειώσεις στις συγκεντρώσεις SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> και άλλων ρύπων της ατμόσφαιρας που εκπέμπονται από τους παραδοσιακούς τομείς ενεργειακής παραγωγής. Οι μειώσεις αυτές είναι σαφώς θετικές για το περιβάλλον και αναμένονται ως έμμεσο αποτέλεσμα

της μερικής υποκατάστασης ποσοστού της βασιζόμενης στα ορυκτά καύσιμα ενεργειακής παραγωγής από αιολική ενέργεια. Για τους ίδιους λόγους αναμένονται βελτιώσεις στους δείκτες εκπομπών των πιο πάνω ρύπων, αλλά και στην οικο-αποτελεσματικότητα της ενεργειακής παραγωγής. · Επίσης για τους ίδιους λόγους, αναμένεται μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, η οποία μεταφράζεται σε θετική μεταβολή των δεικτών εκπομπής άνθρακα κατ' άτομο, αλλά και ανά μονάδα του ΑΕΠ. · Η παρείσδυση των ανεμογεννητριών στο οπτικό πεδίο, αναμένεται να μεταβάλλει ορισμένα τοπία. Η τρέχουσα αισθητική δεν είναι εξοικειωμένη με την όψη των ανεμογεννητριών· για το λόγο αυτό η μεταβολή καταγράφεται ως αρνητική. (Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, 2007)

- Προσδιορισμός των επιπτώσεων από τις ρυθμίσεις του Ειδικού Πλαισίου για τη χωροθέτηση των Φωτοβολατικών εγκαταστάσεων

Οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, καλύπτουν σημαντικές εκτάσεις που ενδέχεται να επηρεάσουν τη διαθέσιμη στη βλάστηση γη. Η επίπτωση είναι μάλλον τοπικού επιπέδου, αλλά δεν μπορεί να αποκλεισθεί μια ευρύτερη εξάπλωσή της σε ελαφρώς υπερτοπικό επίπεδο, μετά από αυξημένη συσσώρευση πολλών εγκαταστάσεων στην ίδια περιοχή. Η χωροθέτηση των λοιπών κατηγοριών έργων ΑΠΕ, ως παράγοντας προώθησης της καθαρής ενέργειας, αναμένεται να συνοδεύεται από μειώσεις στις συγκεντρώσεις SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> και άλλων ρύπων της ατμόσφαιρας που εκπέμπονται από τους παραδοσιακούς τομείς ενεργειακής παραγωγής. Οι μειώσεις αυτές είναι σαφώς θετικές για το περιβάλλον και αναμένονται έμμεσο αποτέλεσμα της μερικής υποκατάστασης ποσοστού των ορυκτών καυσίμων στην ενεργειακή παραγωγή από καθαρότερες τεχνολογίες. Για τους ίδιους λόγους αναμένονται βελτιώσεις στους δείκτες εκπομπών των πιο πάνω ρύπων, αλλά και στην οικο-αποτελεσματικότητα της ενεργειακής παραγωγής. Μια περιορισμένη σε μέγεθος αντίρροπη τάση στη μείωση των εκπομπών, δημιουργείται από τις καύσεις στις εγκαταστάσεις βιομάζας, αλλά η επίδραση της είναι τοπική και όχι αρκετή για να ακυρώσει τις θετικές επιδράσεις στους δείκτες εκπομπής. · Επίσης για τους ίδιους λόγους, αναμένεται μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, η οποία μεταφράζεται σε θετική μεταβολή των δεικτών εκπομπής άνθρακα κατ' άτομο, αλλά και ανά μονάδα του ΑΕΠ. Και εδώ, η αντίρροπη τάση μείωσης των εκπομπών, από τις καύσεις στις εγκαταστάσεις βιομάζας και βιοαερίου είναι υπαρκτή, αλλά το τελικό ισοζύγιο



μεταβολών είναι σαφώς θετικό. (Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων,2007)

## Κεφάλαιο 2

# Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

## 2.1 Εισαγωγή

Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Η θέρμανση εργασιακών χώρων και κατοικιών, η παραγωγή αγαθών και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κυρίως μέσα από βιομηχανικές μονάδες αποτελούν τους κύριους κλάδους κατανάλωσης και με την πρόοδο της οικονομίας και την άνοδο του επιπέδου ευημερίας, η ενεργειακή ζήτηση αυξάνεται ολοένα. Σήμερα το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιείται προέρχεται από τις ορυκτές – συμβατικές πηγές ενέργειας με βάση τον άνθρακα. Η κατανάλωση συμβατικής ενέργειας (άνθρακας, πετρέλαιο και φυσικό αέριο) από τη μία πλευρά έχει ως αποτέλεσμα σοβαρά προβλήματα ρύπανσης του περιβάλλοντος, και από την άλλη πλευρά αντιμετωπίζει τον κίνδυνο της εξάντλησης.(Chang et al, 2003).

Δεδομένου ότι τα ορυκτά καύσιμα, όπως το πετρέλαιο και ο άνθρακας είναι εξαντλούνται, η ανάγκη για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) γίνεται όλο και πιο επιτακτική (Koroneos et al, 2003). Στην πράξη, ενώ οι τεχνολογικές αρχές σε άλλους τομείς εκσυγχρονίζονται, η σημερινή ενεργειακή παραγωγή παραμένει κατά βάση προσκολλημένη στην καύση οργανικών ενώσεων, μια παλιά και ρυπογόνο αρχή.

Η ενέργεια αποτελεί ζωτικό παράγοντα της παραγωγής για όλες τις χώρες. Οι παραδοσιακές πηγές ενέργειας, όπως το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και ο άνθρακας θεωρούνται οι πλέον αποτελεσματικές κινητήριες δυνάμεις της οικονομικής ανάπτυξης. (Ellabban et al, 2014). Κοινωνικές και οικονομικές εξελίξεις τα τελευταία πενήντα χρόνια έχουν αυξήσει ραγδαία τη ζήτηση για τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας (Aslan et al, 2014). Ωστόσο, η εξάρτηση του κόσμου σε παραδοσιακές πηγές ενέργειας έχουν επιφέρει πολλά παγκόσμια προβλήματα. Σήμερα, η ενεργειακή ανεξαρτησία και η ασφάλεια του εφοδιασμού, καθώς και οι διαταραχές των τιμών της ενέργειας, η μη ανανεώσιμη χαρακτηριστικά του πετρελαίου, του φυσικού αερίου και του άνθρακα ως πηγές ενέργειας και το ζήτημα της υπερθέρμανσης του πλανήτη θεωρούνται τα πιο θεμελιώδη παγκόσμια ζητήματα (Kocak, and Şarkgüneşi, 2017)

Από την άλλη πλευρά οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος τα ποτάμια, η εσωτερική θερμότητα από το εσωτερικό του φλοιού της γης και ακόμα και τα απορρίμματα τόσο γεωργικής όσο και οικιακής χρήσης, είναι πηγές ενέργειας που η προσφορά τους δεν εξαντλείται. 2. Για πολλές χώρες αποτελούν μια σημαντική εγχώρια σημαντική πηγή ενέργειας, με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό τους ισοζύγιο,, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού. Παράλληλα, συντελούν στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς η αξιοποίηση τους δεν το επιβαρύνει, αφού δεν συνοδεύεται από παραγωγή ρύπων ή αερίων που ενισχύουν τον κίνδυνο για κλιματικές αλλαγές.

Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) έχουν οριστεί οι ενεργειακές πηγές, οι οποίες υπάρχουν εν αφθονία στο φυσικό περιβάλλον. Είναι η πρώτη μορφή ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος πριν στραφεί έντονα στη χρήση των ορυκτών καυσίμων. Οι ΑΠΕ πρακτικά είναι ανεξάντλητες, η χρήση τους δεν ρυπαίνει το περιβάλλον ενώ η αξιοποίησή τους περιορίζεται μόνον από την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών που θα έχουν σαν σκοπό την δέσμευση του δυναμικού τους.

## 2.2 Ιστορική Αναδρομή

Με την αύξηση της ευαισθητοποίησης όσον αφορά τους κινδύνους της κλιματικής έχει παρατηρηθεί πολλές χώρες να έχουν προβεί σε ενέργειες με σκοπό την μετάβαση σε χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Ο σημαντικότερος τρόπος αφορά την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. (Panwar et al, 2011 ; Vries et al, 2007)

Στο Ρίο ντε Τζανέριο στη Διάσκεψη του 1992 του ΟΗΕ για το περιβάλλον συζητήθηκε για πρώτη φορά η προσπάθεια για την αντιμετώπιση της Κλιματικής Αλλαγής και η στρόφη προς τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Αργότερα το 1997 υπογράφηκε το Πρωτόκολλο του Κιότο. Πρόκειται μια δεσμευτική συμφωνία που έχει ως στόχο την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής. (Zahran et al, 2007).

Στην Ευρώπη η πρώτη προσπάθεια αποτυπώθηκε το 1996 με την έκδοση της Πράσινης Βίβλου για την Ενέργεια και το Μέλλον: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας όπου τέθηκαν οι προβληματισμοί για της ΑΠΕ και προσπάθησε να στρέψει τα κράτη-μέλη της ΕΕ να στραφούν προς αυτή την κατεύθυνση. Εν συνεχεία ακολούθησε η Λευκή Βίβλος της Επιτροπής για μία κοινοτική στρατηγική με τον ίδιο τίτλο με την οποία τονίστηκε η ανάγκη διαμόρφωσης κοινοτικής στρατηγικής στον τομέα των ΑΠΕ, με στόχο, την ασφάλεια της παροχής ενέργειας ταυτόχρονα με την προστασία του περιβάλλοντος. (European Commission, 1997)

Το 2005 η ΕΕ κάνει το πιο αποφασιστικό βήμα, μέσω της Πράσινης Βίβλου για μία «Ευρωπαϊκή Στρατηγική για την Αειφόρο, Ανταγωνιστική και Ασφαλή Ενέργεια», θέτοντας τις βάσεις της νέας ευρωπαϊκής ενεργειακής στρατηγικής. Σε αυτή την Πράσινη Βίβλο περιγράφεται αδρά ο τρόπος με τον οποίο η ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική θα μπορούσε να συμβάλει στη σταδιακή μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> στα κράτη-μέλη της

Μια σειρά από άλλα κράτη, όπως οι Η.Π.Α. και η Ιαπωνία, εφαρμόζουν δικές τους πολιτικές για τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου. Σημαντική είναι η προσπάθεια των διαφόρων περιβαλλοντικών οργανώσεων, οι οποίες έχουν αναλάβει πρωτοβουλίες με στόχο να ωθήσουν τις κυβερνήσεις ανά τον κόσμο προς επικύρωση του Πρωτόκολλου, αλλά και για να ενισχύσουν την ανάληψη δράσης προς την κατεύθυνση της αναχαίτισης της κλιματικής αλλαγής. Η συνολική συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον τομέα της ενέργειας έχει αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια και αναμένεται να συνεχίσει να αυξάνεται (Dincer, 2000). Ενδεικτικά, η συνολική παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές αυξήθηκε κατά 108% από το 2000 μέχρι το 2013 (από 748 GW σε 1560 GW). Σε αυτή την παγκόσμια προσπάθεια για στροφή στις ΑΠΕ, η ΕΕ διαδραματίζει πρωταγωνιστικό ρόλο (Vries and Petersen, 2009)

## **2.3 Ιστορική Αναδρομή – Ηλιακή Ενέργεια**

Οι από αρχαιοτάτων χρόνων γνωστές ενεργειακές πηγές όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια αποτελούν ανεξάντλητα (ανανεώσιμα) ενεργειακά αποθέματα, ενώ η χρήση τους είναι φιλική προς το περιβάλλον. (Herman, 2006). Αρχαιότερη μορφή εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας που ήταν αντιληπτή ως μια από τις καθαρότερες πηγές ενέργειας, ήταν τα ιστία (πανιά) των πρώτων ιστιοφόρων πλοίων και πολύ

αργότερα οι ανεμόμυλοι στην ξηρά οι οποίοι έδιναν κίνηση στις τεράστιες μολόπετρες, που άλεθαν το σιτάρι μετατρέποντάς το σε αλεύρι. Τη δύναμη του ανέμου χρησιμοποιούσαν οι μικρές αντλίες για να ανεβάσουν το νερό από τα πηγάδια (Ahmed et al., 2010). Το 1887-1929 κατασκευάστηκε από τον Charles F. Brush η πρώτη ανεμογεννήτρια με διάμετρο 17 μέτρα και 144 πτερύγια από ξύλο κέδρου. Παρά το μέγεθός της η γεννήτρια απέδιδε ισχύ μόνο 12kW. Αργότερα το 1939 στις ΗΠΑ εγκαταστάθηκε η ανεμογεννήτρια (Α/Γ) 1,25MW διαμέτρου 53μέτρων και λειτούργησε με επιτυχία για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα. Κατά τη διάρκεια του 2ου παγκοσμίου πολέμου, δανέζικη κατασκευαστική εταιρεία κατασκεύασε ανεμογεννήτριες με 2-3 πτερύγια. Το 1956-1957 εγκαταστάθηκε στο νησί Gadser της Δανίας η Α/Γ τριών πτερυγίων 200KW με 24 μέτρα διάμετρο, η οποία αποτέλεσε και το αρχικό σχέδιο πάνω στο οποίο βασίζονται οι σύγχρονες Α/Γ και λειτούργησε μέχρι το 1967. Την περίοδο 1970-1987 κυριάρχησαν οι μηχανές δανέζικου κυρίως τύπου. Στις ΗΠΑ οι έναρξη εφαρμογής των φοροαπαλλαγών για την εγκατάσταση Α/Γ, οδήγησαν σε σημαντική ανάπτυξη, ως αποτέλεσμα το 1980 έως το 1995 την εγκατάσταση 1.700 MW κυρίως στην Καλιφόρνια. Οι εγκαταστάσεις της αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη σημείωσαν υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης κυρίως μετά το 1987 μέχρι και σήμερα με ανάπτυξη σημαντικής τεχνογνωσίας από πολλές χώρες όπως η Ολλανδία, η Ισπανία, η Γερμανία (González et al., 2013). Σήμερα πάνω από 70 χώρες παράγουν σε κάποιο βαθμό αιολική ενέργεια, μεταξύ των οποίων και αναπτυσσόμενες χώρες όπως η Κίνα, το Μεξικό, το Ιράν, η Αίγυπτος, η Βραζιλία κ.α. Η εγκατεστημένη ισχύς στην Ινδία και η Κίνα είναι πολύ μεγάλη και κατέχουν την 4η και 5η θέση. Την 1η θέση κατέχει η Γερμανία με τις ΗΠΑ και την Ισπανία να βρίσκονται στην 2η και 3η θέση αντίστοιχα (IEA International Energy Agency, 2003). Στην Ελλάδα, στις αρχές της δεκαετίας 1980 εγκαταστάθηκε από την ΔΕΗ στην Κύθνο το πρώτο Αιολικό πάρκο με πέντε Α/Γ των 20KW. Το 1983 προστέθηκε στο σύστημα ένα αιολικό πάρκο και ένας φωτοβολταϊκός σταθμός 100KW. Αμέσως μετά ακολούθησαν στη Μύκονο 100 KW και στην Κάρπαθο 175 KW. Με το Νόμο για τις ΑΠΕ του 1994 δόθηκαν κίνητρα στον ιδιωτικό τομέα, με αποτέλεσμα να αρχίσουν σημαντικές ιδιωτικές εγκαταστάσεις Α/Γ κυρίως στην Εύβοια και την Κρήτη. Παρόλο το σημαντικό επενδυτικό ενδιαφέρον και τις αλληπάλλληλες νομοθετικές ρυθμίσεις, η ανάπτυξη των Α/Π δεν κατάφερε να απογειωθεί και να πλησιάσει τον στόχο για το 2010 που είναι περίπου 2.800MW έως 3.000MW.

## 2.4 Θεωρητικό Πλαίσιο

### 2.4.1 Ηλιακή Ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια φτάνει στην Γη από τον Ήλιο μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία εισέρχεται στην ατμόσφαιρα. Ένα μέρος απορροφάται από τα μόρια της ατμόσφαιρας, ένα δεύτερο διοχετεύεται εντός της ατμόσφαιρας και ένα τρίτο προσπίπτει στην επιφάνεια της. Η συνολική ακτινοβολία που φθάνει στην επιφάνεια της Γης είναι το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας που προέρχεται από αυτήν που διαχέεται στην ατμόσφαιρα. (Dep, 1977)

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση της ρύπανσης και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που ευθύνονται για την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, επίσης γνωστή ως παγκόσμια υπερθέρμανση. Επιπλέον, υποκαθιστώντας τη χρήση των ορυκτών καυσίμων, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν επίσης να παρέχουν ανεξαρτησία από τις εισαγωγές ενέργειας και, ως εκ τούτου, υποστηρίζουν μια αυτοσυντηρούμενη ενεργειακή οικονομία. Ειδικά η φωτοβολταϊκή τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει σε αυτές τις προσπάθειες για την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων, των οποίων οι επιπτώσεις μπορεί να έχουν εκτεταμένες οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Dennler and Brabec, 2008; Hermerschmid, et al, 2013; Palz, 1987)

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας συμβάλλει στην οικονομική ενίσχυση του κράτους, μέσω της φορολογίας από επενδύσεις του μεγάλου χρόνου ζωής των τεχνολογιών της ηλιακής ενέργειας, καθώς και την ανάπτυξη της τοπικής οικονομίας με τη δημιουργία θέσεων εργασίας. (Ασημακόπουλος, 2007α)

Η ηλεκτρική ενέργεια διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη της προσπάθειας για την επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης στις αναδυόμενες οικονομίες. Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας σε κατοικίες, εμπορικό και βιομηχανικό τομέα στις αναπτυσσόμενες χώρες (αναδυόμενες οικονομίες) είναι πιθανόν να αυξηθεί, τόσο λόγω της αύξησης του πληθυσμού, αλλά και λόγω της επέκτασης της εκβιομηχάνισης. Η ηλιακή ενέργεια είναι μείζονος σημασίας για τον τομέα της ενέργειας στις αναπτυσσόμενες ή αναδυόμενες οικονομίες, επειδή προσφέρει τη δυνατότητα παραγωγής ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας το φως του Ήλιου, ενός πόρου που είναι ευρέως και ελεύθερα διαθέσιμος στις περισσότερες, αν όχι όλες, τις αναπτυσσόμενες χώρες. Η

ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκά είναι σαφώς μία από τις πιο ελπιδοφόρες προοπτικές σε αυτά τα προβλήματα, δεδομένου ότι είναι μη ρυπογόνος ανανεώσιμη πηγή και διαθέσιμη σε όλες τις αναπτυσσόμενες οικονομικά χώρες. Η ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια έχει αναγνωριστεί ως η καλύτερη επιλογή για την επίσπευση της βιώσιμης ενεργειακής ανάπτυξης και τη μείωση της επίδρασης της αλλαγής του κλίματος (Damasen and Uhomoihi, 2012).

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών θα μπορούσε να αποτελέσει τη σημαντικότερη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, εάν το κόστος παραγόμενης ενέργειας ανά KWh μειωθεί περαιτέρω. Η μείωση του κόστους μπορεί είτε να επιτευχθεί από το χαμηλότερο κόστος των τρεχουσών εμπορικών τεχνολογιών ηλιακών κυττάρων, είτε από την ανάπτυξη νέων υλικών ηλιακών κυττάρων και τεχνολογιών. Στη δημοσίευση τους, οι συγγραφείς παρουσιάζονται ηχηρά υπέρ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών. Μάλιστα, προβλέπουν ότι μέχρι το 2050 οι ΗΠΑ θα παράγουν το 69% της ηλεκτρικής τους ενέργειας από ηλιακή ενέργεια (Ken, et al, 2008)

Τα ηλιακά ή φωτοβολταϊκά κύτταρα μετατρέπουν το ηλιακό φως απευθείας σε ηλεκτρισμό. Το φωτοβολταϊκό κύτταρο μπορούν να μετατρέψουν τόσο την άμεση όσο και την έμμεση ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω φωτοβολταϊκών κυψελών επιτυγχάνεται με διαφορετικές τιμές απόδοσης που κυμαίνονται μεταξύ 7% και 40% και προσδιορίζονται κυρίως από τον τύπο ημιαγωγικού υλικού από το οποίο παράγονται τα κύτταρα. (Guney. 2016)

#### **2.4.2 Αιολική Ενέργεια**

Άνεμος ονομάζεται οποιαδήποτε οριζόντια μετακίνηση της μάζας του αέρα και οφείλεται στη διαφορετική θερμοκρασία μεταξύ ισημερινού και πόλων (συνεχή κίνηση της μάζας του αέρα από τον ισημερινό προς τους πόλους και αντίστροφα), στην περιστροφή της γης (κίνηση ψυχρών επιφανειακών μαζών προς δυτικά και θερμών μαζών σε μεγαλύτερο ύψος προς ανατολικά), ανομοιομορφία θερμικής συμπεριφοράς ξηράς και θάλασσας, κ.α. Οι δυνάμεις που ενεργούν στην ατμόσφαιρα και δημιουργούν τους ανέμους είναι η δύναμη βαρύτητας, η δύναμη τριβής που οφείλεται στην ανομοιογένεια του γήινου ανάγλυφου, η δύναμη βαροθρομετρίας η οποία οφείλεται στη διαφορά πιέσεων μεταξύ δύο περιοχών, η οριζόντια εκτροπτική δύναμη (Coriolis) η οποία οφείλεται στην

περιστροφή της γης και η φυγόκεντρος δύναμη που εμφανίζεται όταν ο άνεμος περιστρέφεται γύρω από ένα κέντρο. Ο άνεμος ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή ηλεκτρισμού και στις μέρες μας η ενέργεια αυτή αξιοποιείται ολοένα και περισσότερο για την παραγωγή ηλεκτρισμού ιδιαίτερα σε περιοχές όπου φυσούν ισχυροί άνεμοι και αποτελείται από κατάλληλους μηχανισμούς και διατάξεις (Peterlin et al, 2008)

Η γνώση των χαρακτηριστικών του ανέμου είναι χρήσιμη για την εκτίμηση της ενέργειας που περικλείει ο άνεμος όπως επίσης και για την επιλογή της κατάλληλης θέσης εγκατάστασης Αιολικών συστημάτων. Επομένως είναι αναγκαία η γνώση των:

- Ταχύτητα του ανέμου
- Διεύθυνση του ανέμου
- Επικρατούσα στην περιοχή ανατάραξη
- Στροβιλισμό του ανέμου
- Τραχύτητα του εδάφους

Χαρακτηριστικά στοιχεία του ανέμου είναι η διεύθυνση και η έντασή του. Η διεύθυνση του ανέμου εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση της περιοχής, από τους προσανατολισμούς των τοποθεσιών, από την βλάστηση και από τα χαρακτηριστικά του εδάφους (λόφοι, βουνά, κοιλάδες, κτίρια κ.α.) και παίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή της θέσης εγκατάστασης αιολικών συστημάτων. Η τραχύτητα του εδάφους εκφράζει το είδος του εδάφους και επηρεάζεται από την πυκνότητα των εδαφικών χαρακτηριστικών π.χ. ανοικτές περιοχές χωρίς εμπόδια και έδαφος επίπεδο ή με πολύ ελαφριές κλίσεις έχει πολύ μικρή τραχύτητα και η ένταση του ανέμου εξαρτάται από το υψόμετρο του εδάφους (Dias et al, 2008).. Τα εμπόδια στο έδαφος συχνά δημιουργούν στροβίλους οι οποίοι επηρεάζουν τόσο την ισχύ που παρέχεται από τον άνεμο όσο και την όλη εγκατάσταση του συστήματος μιας αιολικής μηχανής.

Η αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια του ανέμου που προέρχεται από τη μετακίνηση αερίων μαζών της ατμόσφαιρας. Είναι ανεξάντλητη αφού ο ήλιος φροντίζει να υπάρχουν θερμοκρασιακές μεταβολές στις κατά τόπους περιοχές, είναι «καθαρή μορφή ενέργειας» αφού δεν εκπέμπει και δεν προκαλεί ρύπους και φιλική προς το περιβάλλον εφόσον η μετατροπή της σε ηλεκτρική δεν το επιβαρύνει. Σήμερα η αιολική ενέργεια είναι πλέον



μια ώριμη τεχνολογία και μπορεί να θεωρηθεί ως μια σημαντική συμβολή στη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, των αερίων του θερμοκηπίου και άλλων ρύπων όπως SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα συμβάλλοντας στην προστασία του περιβάλλοντος (Dincer, 2000) . Επίσης αποτελεί μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το «καύσιμο» είναι άφθονο, αποκεντρωμένο και δωρεάν. Προκειμένου η αιολική ενέργεια να είναι αποτελεσματική στην εφαρμογή της, θα πρέπει η εγκατεστημένη ισχύς να είναι σε περιοχές που η ταχύτητα του ανέμου είναι μεγάλη (Caralis et al, 2008). Η αξιοποίηση του ανέμου ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας περιλαμβάνει τη μετατροπή της ενέργειας που υπάρχει στις κινούμενες μάζες του αέρα σε ηλεκτρική ενέργεια. Στη σύγχρονη τεχνολογία αιολικής ηλεκτροπαραγωγής, η κινητική ενέργεια του ανέμου αποδίδεται μέσω ενός συστήματος περιστρεφόμενου δρομέα, άξονα μετάδοσης της κίνησης σε μια ηλεκτρογεννήτρια χαμηλής τάσης με τελικό αποτέλεσμα την μετατροπή της σε ηλεκτρική ενέργεια .Οι ανεμογεννήτριες απλά χρησιμοποιούν την κινητική ενέργεια του ανέμου, μετατρέποντάς της σε μηχανική αρχικά και στη συνέχεια σε ηλεκτρική. Εκμεταλλεύονται δηλαδή την ταχύτητα και την ισχύ του ανέμου και τη μετατρέπουν με τη βοήθεια κάποιων γεννητριών σε ηλεκτρικό ρεύμα (Dalili et al, 2009).

Η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική αρχικά και στη συνέχεια σε ηλεκτρική αφορά την εμπορική, μαζική εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, όπου συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών (αιολικό πάρκο-Α/Π) εγκαθίστανται και λειτουργούν σε μια συγκεκριμένη θέση, διοχετεύοντας το σύνολο της παραγωγής στο ηλεκτρικό σύστημα. Η αξιόπιστη εκτίμηση της ενέργειας του ανέμου μπορεί να συμβάλει στο μακροπρόθεσμο ενεργειακό σχεδιασμό με βάση τον υπολογισμό της απαιτούμενης δυναμικότητας της αιολικής ενέργειας Ένα μεγάλο αιολικό πάρκο μπορεί να αποτελείται από αρκετές εκατοντάδες μεμονωμένες ανεμογεννήτριες σε μια εκτεταμένη περιοχή. Ο πιο κρίσιμος παράγοντας για την επιλογή της υποψήφιας θέσης ενός αιολικού πάρκου είναι το υψηλό αιολικό δυναμικό, το οποίο υπολογίζεται αφού υπολογίζεται η ταχύτητα του ανέμου και η συχνότητα του ανέμου λεπτομερώς. Άλλοι σημαντικοί παράγοντες είναι η διαθέσιμη πρόσβαση, η τοπική ζήτηση και η ικανότητα σύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο (Palaiologou et al, 2011)

### 2.4.3 Πολυκριτηριακή Ανάλυση

Η αξία των επενδύσεων σε τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αυξήθηκε ραγδαία κατά την τελευταία δεκαετία ως αποτέλεσμα των πολιτικών πιέσεων για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των πολιτικών κινήτρων για την αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα. Καθώς αυξάνεται ο αριθμός των επενδύσεων, αυξάνεται και η ανάγκη μέτρησης των σχετικών κινδύνων κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, της κατασκευής και της λειτουργίας αυτών των τεχνολογιών. (Ioannou et al, 2017)

Ο σχεδιασμός με χρήση πολυκριτηριακής ανάλυσης έχει προσελκύσει την προσοχή των φορέων λήψης αποφάσεων για μεγάλο χρονικό διάστημα, λόγω της ικανότητάς της να εξετάζει αντικρουόμενα και υποκειμενικά κριτήρια, με αποτέλεσμα τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την αναγνώριση και την επιλογή των καταλληλότερων εναλλακτικών λύσεων, που θα λαμβάνουν υπόψη διάφορους παράγοντες και θα εκτιμούν επίσης τις προσδοκίες των υπευθύνων της λήψης αποφάσεων (Ishizaka and Labib, 2011; Vargas, 1990).

Η πολυκριτηριακή ανάλυση είναι μια μεθοδολογία η οποία αναπτύχθηκε για να χειριστεί την πολλαπλή διάσταση των 55 φυσικών και κοινωνικοοικονομικών φαινομένων που χαρακτηρίζουν τα χωρικά και τα φυσικά συστήματα. Η πολυκριτηριακή ανάλυση καλείται να συμβάλει στην εκτίμηση και λήψη πολιτικών αποφάσεων (Αραβώσης και Κούγκολος, 2003). Πρόκειται για την πιο συνηθισμένη περίπτωση ανάλυσης, στην οποία χρησιμοποιούνται συνήθως τεχνικές επικάλυψης (Overlay) μεταξύ πολλαπλών επιπέδων, με σκοπό την ανεύρεση της κοινής περιοχής που ορίζουν τα κριτήρια ή της περιοχής που αποκλείουν τα κριτήρια. Μέσα από μία σειρά διαφορετικών «φίλτρων», βάσει των επιθεμάτων, μπορεί να βρεθεί η περιοχή που ικανοποιεί όλα τα επιθυμητά κριτήρια (Malczewski, 1996).

Η διαδικασία λήψης αποφάσεων στην πολυκριτηριακή ανάλυση ακολουθεί πέντε διαδοχικά βήματα:

- τον ορισμό του προβλήματος,
- δημιουργία εναλλακτικών λύσεων.
- διατύπωση κριτηρίων για την εκτίμηση των εναλλακτικών επιλογών
- συλλογή των κρίσεων σχετικά με τη σημασία ή τη σχετική σημασία των κριτηρίων,

- κατάταξη των εναλλακτικών λύσεων. (Santos et al, 2017)

Η πολυκριτηριακή ανάλυση προϋποθέτει αφενός μεν τη διατύπωση των κριτηρίων που σχετίζονται με τη λήψη της απόφασης με ποσοτικούς όρους, αφετέρου δε 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 δύσκολα μπορούν να βαθμονομηθούν με ποιοτικούς όρους. Η δεύτερη προϋπόθεση ενέχει τον κίνδυνο υποτίμησης ή υπερτίμησης ορισμένων κριτηρίων σε σχέση με τα υπόλοιπα, με αποτέλεσμα τη διατύπωση μεροληπτικών συναρτήσεων χρησιμότητας, ανάλογα πάντοτε με τη βαρύτητα που δίνεται σε κάθε κριτήριο. Παρόλο που στη βιβλιογραφία προτείνεται 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).

Τα τελευταία 25 χρόνια οι μέθοδοι ΠΑ έχουν επιδείξει σημαντική ανάπτυξη η οποία ανακλάται στην πρόοδο των τριών κυρίων θεωρητικών τάσεων και των άλλων μεθόδων :

- A. της προσέγγισης που βασίζεται στη θεωρία της χρησιμότητας,
- B. των μεθόδων που βασίζονται στη δημιουργία σχέσεων υπεροχής (outranking relations) μεταξύ των εναλλακτικών δράσεων
- C. των μεθόδων αλληλεπίδρασης (Interactive methods) των υπόλοιπων μεθόδων
- D. διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης [Analytic Hierarchy Process AHP]

- A. Πολυκριτηριακή θεωρία χρησιμότητας (Multi Attribute Utility Theory - MAUT)

Στοχεύει στην κατασκευή ενός συστήματος αξιών (value system) που ενοποιεί την προτίμηση του Αποφασίζοντα σε σχέση με όλα τα κριτήρια επιλογής. Το προσδιοριζόμενο με αυτόν τον τρόπο σύστημα αξιών παρέχει ένα ποσοτικό μέτρο που οδηγεί τον εκάστοτε αποφασίζοντα στην τελική απόφαση. Η προσέγγιση αυτή έχει το πλεονέκτημά της κατάληξης σε ένα πλήρως ορισμένο μαθηματικά πρόβλημα αλλά σε πολλές περιπτώσεις δεν αναπαριστά με σαφήνεια την πραγματικότητα (Weber and Borcherding, 1993)

- B. Μέθοδοι Υπεροχής (Outranking Techniques)

Οι μεθοδολογίες αυτές βασίζονται πάνω στη δημιουργία σχέσεων υπεροχής μεταξύ των εναλλακτικών αποφάσεων, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα κριτήρια επιλογής (Roy, Hugonnard, 1982; Roy et al, 1986). Οι τεχνικές αυτές προέκυψαν ακριβώς μέσα από τις κριτικές των μεθόδων MAUT και επιτρέπουν σε κάποιες δράσεις να παραμένουν ασύγκριτες, όταν δεν υπάρχει επαρκής πληροφορία για την ακριβή κατάταξή τους. Υπονοείται, με αυτόν τον τρόπο, πως διαφορετικές αξίες παραμένουν μη συγκρίσιμες με το ίδιο μέτρο. Οι μέθοδοι ELECTRE (η σημαντικότερη κατηγορία των τεχνικών υπεροχής) χαρακτηρίζονται ως τεχνικές που κάνουν λιγότερες υποθέσεις σχετικά με την ιδιοσυγκρασία του αποφασίζοντα και την συγκρισιμότητα (comparability) των κριτηρίων, όμως δεν καταλήγουν πάντα σε σαφές αποτέλεσμα (Roy, Vincke, 1981; Salminen et al, 1998).

#### i) Η οικογένεια των μεθόδων ELECTRE

Η προσέγγιση των μεθόδων ELECTRE ξεκινά από τη διαισθητική προϋπόθεση ότι ο αποφασίζοντας δύναται να επιτύχει μόνο προσεγγιστικές συγκρίσεις μεταξύ των αποδόσεων των εναλλακτικών δράσεων. Η έννοια της υπεροχής (outranking) στερείται αξιωματικής βάσης, αλλά βασίζεται στην εκτίμηση διαφόρων παραμέτρων και στην εφαρμογή ενός αλγόριθμου απόφασης (Hokkanen, and Salminen, 1997). Ο αποφασίζων, σε συνεργασία με τον αναλυτή, προσδιορίζουν κάποια όρια, σύμφωνα με τα οποία επιτελείται η συγκριτική αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων (Rogers, Bruen, 1998). Η μέθοδος Electre επιτρέπει την εξέταση της αλληλεπίδρασης μεταξύ ορισμένων ζευγών κριτηρίων. (Bottero et al, 2017)

#### ii) Η οικογένεια των μεθόδων PROMETHEE

Η πολυπλοκότητα των μεθοδολογιών ELECTRE ώθησε τους ερευνητές στην αναζήτηση απλούστερων τεχνικών που να γίνονται ευκολότερα κατανοητές από μη ειδικούς λήπτες αποφάσεων. Έτσι αναπτύχθηκε η οικογένεια των μεθόδων PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations) που ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων υπεροχής (Brans et al, 1986). Είναι καλά προσαρμοσμένο σε προβλήματα όπου ένας πεπερασμένο αριθμός εναλλακτικών λύσεων πρέπει να ταξινομηθεί

λαμβάνοντας υπόψη διάφορα αντικρουόμενα κριτήρια. Με την PROMETHEE, οι εναλλακτικές λύσεις συγκρίνονται ανά ζεύγη για κάθε κριτήριο. Οι προτεινόμενες εναλλακτικές δράσεις συγκρίνονται στο ζεύγος και το αποτέλεσμα παρουσιάζεται σε ένα μοντέλο αξιολόγησης. (Strantzali et al, 2017)

### C. Οι μέθοδοι αλληλεπίδρασης

Η τρίτη οικογένεια μεθόδων είναι οι μέθοδοι αλληλεπίδρασης. Πρόκειται για διαδικασίες που αποτελούνται από διαδοχικά στάδια υπολογισμών και συζήτησης. Το στάδιο υπολογισμού επιτρέπει στον αναλυτή να επιλέξει το σημείο που θα ξεκινήσει η συζήτηση με τον Αποφασίζοντα. Έτσι ο τελευταίος δύναται να μελετήσει την πρόταση του αναλυτή και να παρέχει συμπληρωματικές πληροφορίες που θα οδηγήσουν στο επόμενο στάδιο υπολογισμών. Σκοπός της προσέγγισης αποτελεί η βελτίωση της κατανόησης του Αποφασίζοντα πάνω στο θέμα, έτσι ώστε η τελική απόφασή του να χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό συνέπειας. Ο στόχος των μεθόδων αλληλεπίδρασης είναι να διευκολύνουν την εύρεση μιας συμβιβαστικής λύσης. Η πλειοψηφία των μεθόδων αλληλεπίδρασης αφορά σε γραμμικά πολυκριτηριακά μοντέλα βελτιστοποίησης και αποσκοπούν στην επίλυση προβλημάτων που δεν περιλαμβάνουν διακριτές/ασυνεχείς εναλλακτικές επιλογές και όπου οι στόχοι είναι περισσότεροι του ενός. Η προσέγγιση της λύσης επιτυγχάνεται μέσα από επαναληπτικές διαδικασίες που οδηγούν σε: (α) ικανοποίηση του αποφασίζοντα όσο αφορά στο επίπεδο απόδοσης των επιλογών στα κριτήρια αξιολόγησης, (β) κατασκευή της συνάρτησης χρησιμότητάς του, έτσι ώστε η επιλογή της λύσης να επιτευχθεί μέσω μιας διαδικασίας μεγιστοποίησης της χρησιμότητας, ή (γ) συνδυασμό των δύο προηγούμενων μεθόδων (Korhonen, 1992)

### D. Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης [Analytic Hierarchy Process AHP]

Μία από τις πιο δημοφιλείς διαδικασίες που αφορούν τη μέθοδο πολυκριτηριακής λήψης αποφάσεων είναι η Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης [Analytic Hierarchy Process (AHP)] (Vaidya and Kumar, 2006 ; Saasty ,2008). Η βασική ιδέα της μεθόδου είναι να μετατραπούν υποκειμενικές εκτιμήσεις σχετικής σημασίας σε σύνολο συνολικών βαθμολογιών ή βαρών.(Ennaceur et al, 2016). Ο σκοπός της μεθόδου είναι να επιτρέψει

στον αποφασίζοντα να διαρθρώσει οπτικά ένα πρόβλημα πολλαπλών κριτηρίων, κατασκευάζοντας ένα ιεραρχικό μοντέλο που ουσιαστικά περιλαμβάνει τρία επίπεδα: στόχο, κριτήρια και εναλλακτικές λύσεις, (Rojas-Zerpa and Yusta, 2017). Η «διαδικασία αναλυτικής ιεραρχίας» (AHP) είναι μια δομημένη τεχνική για την οργάνωση και ανάλυση σύνθετων αποφάσεων, επιτρέποντας την ενσωμάτωση τόσο ποσοτικών όσο και ποιοτικών κριτηρίων στη διαδικασία αξιολόγησης. (Calabrese et al, 2016). Αν οι συγκρίσεις δεν είναι απολύτως συνεπείς, η μέθοδος παρέχει ένα μηχανισμό για τη βελτίωση της συνοχής (Vaidya and Kumar, 2006; Ribeiro, 1996).

Μία άλλη δημοφιλής διαδικασία πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι η μεθοδολογία Διατεταγμένου Σταθμισμένου Μέσου Όρου [Ordered Weighted Averaging (OWA)]. Η μέθοδος OWA παρέχει μια συνέχεια «ασαφών συντελεστών» (fuzzy operators) μεταξύ του λογικού AND (ασαφής τομή) και του λογικού OR (ασαφής ένωση). Το OWA αποτελεί ένα σταθμισμένο άθροισμα των διατεταγμένων κριτηρίων αξιολόγησης. Τα «διατεταγμένα βάρη» (order weights) επιτρέπουν τον έλεγχο του βαθμού του συνδυασμού μεταξύ των κριτηρίων, παρέχοντας κατά συνέπεια τον έλεγχο του βαθμού αισιοδοξίας (Yager, 1988; Xu and Da, 2002)

Πολλές πρόσφατες εφαρμογές πολυκριτηριακής ανάλυσης, δεν επικεντρώνονται απλώς στην επιλογή μεταξύ εναλλακτικών λύσεων αλλά γενικότερα στη διερεύνηση εναλλακτικών λύσεων, τη διευκόλυνση της επικοινωνίας, τη βελτίωση της μάθησης και την υποστήριξη της εξεύρεσης λύσεων από κοινού. (Marttunen et al, 2017)

Αν το αντίστοιχο πρόβλημα της απόφασης είναι τέτοιο που είναι δυνατό να βασιστεί η θεωρία της κοινωνικής ευημερίας και οι υποθέσεις της και εάν είναι διαθέσιμα τα δεδομένα για τη δημιουργία λειτουργιών κοινής ωφέλειας (πιθανά δεδομένα κινδύνου και ποιοτικά) τότε η MAUT είναι μια καλή επιλογή. . Εάν η συνεργασία με διαφορετικές ομάδες συμφερόντων είναι σημαντική για την περίπτωση η AHP παρέχει τις καλύτερες επιδόσεις.. Εάν τα κατώτατα όρια και οι περιορισμοί είναι κεντρικά για το πρόβλημα που αποτελεί αντικείμενο της έρευνας, πράγμα που σημαίνει ότι δεν υπάρχει δυνατότητα υποκατάστασης ορισμένων κριτηρίων, θα πρέπει να επιλεγεί ELECTRE. Εάν είναι απαραίτητη η πλήρης κατάταξη των συγκεκριμένων εναλλακτικών λύσεων ως αποτέλεσμα της ανάλυσης, πρέπει να εφαρμοστούν τα MAUT ή AHP. (Stefanovic et al, 2016)

## 2.5 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Οι εφαρμογές των μεθοδολογιών ΠΑ περιλαμβάνουν τομείς όπως ενέργεια, κατασκευές, υπηρεσίες, δημόσια πολιτική, μεταφορές, κλπ. Η χρήση τεχνικών ΠΑ παρουσιάζει μακρά ιστορία στον ενεργειακό σχεδιασμό και παρέχει ένα πλήρες και έγκυρο μεθοδολογικό πλαίσιο για την αξιολόγηση, κατηγοριοποίηση και επιλογή ενεργειακών έργων

Έτσι, οι Siskos, and Hubert (1983), εφαρμόζουν την πολυκριτηριακή μέθοδο απόφασης ELECTRE III για τη σύγκριση μακροπρόθεσμων εναλλακτικών ενεργειακών στρατηγικών. Σκοπός τους αποτελεί η δημιουργία ενός αυστηρά καθορισμένου πλαισίου διευκόλυνσης της διαδικασίας λήψης απόφασης, παρά η εύρεση καθολικής λύσης. Η μελέτη τους επιλέγει οικονομικά (πχ κόστος επένδυσης), ενεργειακά (πχ ενεργειακή κατανάλωση), περιβαλλοντικά (πχ εκπομπές CO<sub>2</sub>) και κοινωνικά (πχ επιπτώσεις στην ανεργία) κριτήρια και παρουσιάζει αναλυτικά τον τρόπο αποτίμησής τους καθώς και την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας των δεδομένων υπό το πρίσμα των μεθόδων ELECTRE.

Σύμφωνα με τους Ramanathan, and Ganesh (1995), η κατανομή των ενεργειακών πόρων είναι ένα πολυκριτηριακό πρόβλημα απόφασης δομημένο στη βάση ποσοτικών και ποιοτικών κριτηρίων. Η μέθοδος Goal Programming (GP) και η Analytic Hierarchy Process (AHP) αποτελούν συχνά πρακτικές επίλυσης τέτοιων προβλημάτων. Οι συγγραφείς προτείνουν ένα ολοκληρωμένο μοντέλο που ενοποιεί τις δύο αυτές τεχνικές και το εφαρμόζουν προσδιορίζοντας την καλύτερη κατανομή των ενεργειακών πόρων που δύνανται να χρησιμοποιούν τα νοικοκυριά της περιοχής Madras στην Ινδία. Εκτεταμένη ανάλυση ευαισθησίας κρίθηκε απαραίτητη για τον προσδιορισμό της μεταβολής της αποδοτικότητας των προτεινόμενων ενεργειακών πηγών σε πιθανές μελλοντικές αλλαγές του μοναδιαίου κόστους εκμετάλλευσής τους.

Οι Goumas et al (1999), επιλέγουν την πολυκριτηριακή μέθοδο ανάλυσης PROMETHEE II για την αξιολόγηση εναλλακτικών επενδυτικών σεναρίων ανάπτυξης ενός γεωθερμικού πεδίου χαμηλής θερμοκρασίας και οι Goumas, Lygerou (2000), παρουσιάζουν μία επέκταση της PROMETHEE II για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας των δεδομένων. Η συγκεκριμένη μέθοδος επιλέχθηκε λόγω της απλότητάς της (είναι εύκολα κατανοητή από τους λήπτες απόφασης) και της περιορισμένης πληροφορίας εισαγωγής που απαιτεί.

Οι Mourelatos et al (1998), προτείνουν ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για την ενσωμάτωση των ΑΠΕ σε κεντρικά ενεργειακά συστήματα και το εφαρμόζουν στο αυτόνομο ενεργειακό σύστημα της Κρήτης. Τα κριτήρια αξιολόγησης των εναλλακτικών επιλογών αποτελούνται από την ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής της ενέργειας, την ελαχιστοποίηση των παρεμβάσεων στο υπάρχον ενεργειακό σύστημα και τη μεγιστοποίηση της περιφερειακής οικονομικής ανάπτυξης.

Οι Rozakis et al (1997), αποτιμούν ένα ολοκληρωμένο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για αγροτικές περιοχές, βασιζόμενο στην εκμετάλλευση συμβατικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν αφορούν: (α) στο βέλτιστο συνδυασμό των ΑΠΕ για την επίτευξη οικονομικής βιωσιμότητας του συστήματος, (β) στις επιπτώσεις στο αγροτικό εισόδημα και την τοπική ανάπτυξη, και (γ) στην αξιολόγηση εναλλακτικών ενεργειακών διαχειριστικών πρακτικών.

Οι Nijkamp, and Vreeker (2000), παρουσιάζουν μία μεθοδολογία για την αξιολόγηση εναλλακτικών αναπτυξιακών στρατηγικών σε επίπεδο περιφέρειας, δίνοντας έμφαση στη μεταχείριση της αβεβαιότητας. Σχηματίζουν τρία αναπτυξιακά σενάρια για την περιοχή Songkhla Hat Yai της νοτίου Ταϊλάνδης και έπειτα τα αξιολογούν. Τα αναλυτικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται (ποιοτική προσέγγιση του συστήματος, χρήση οριακών τιμών των κατωφλίων και το πολυκριτηριακό μοντέλο flag) συνεισφέρουν στην εκτίμηση της αειφορικής δυναμικότητας των αναπτυξιακών επιλογών, ακόμη και στην περίπτωση ποιοτικής πληροφoρίας.

Οι Manzini, and Martinez (1999), παρουσιάζουν μία μεθοδολογία για την αξιολόγηση εναλλακτικών ενεργειακών τεχνολογιών τελικής χρήσης σύμφωνα με τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις. Η προτεινόμενη μεθοδολογία δύναται να αποτελέσει κατάλληλο εργαλείο πολιτικής, επιτρέποντας στους Αποφασίζοντες να αναγνωρίσουν και να ποσοτικοποιήσουν τη σχέση μεταξύ διαθέσιμης ενέργειας, χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας και περιβαλλοντικών παραγόντων και να σχεδιάσουν ένα πλαίσιο για την ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ενεργειακών τεχνολογιών τελικής χρήσης. Η σημαντικότερη δυσκολία που προκύπτει κατά την εφαρμογή της μεθόδου είναι η έλλειψη δεδομένων που υποδεικνύουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των διαφορετικών ενεργειακών τεχνολογιών τελικής χρήσης. Το γεγονός αυτό μειώνει την αξιοπιστία της συγκεκριμένης μεθοδολογίας.



Σύμφωνα με τον Cho (1999), κύρια επίτευξη των πολυκριτηριακών μοντέλων βελτιστοποίησης αποτελεί ο συμβιβασμός αντικρουόμενων στόχων. Τέτοια προβλήματα δεν επιδέχονται μία και μοναδική λύση, μιας και αυτή συνήθως δεν υπάρχει. Αντίθετα τα μοντέλα αυτά αναζητούν την καλύτερη λύση συμβιβασμού μεταξύ αντικρουόμενων συμφερόντων. Όταν οι προτιμήσεις του Αποφασίζοντα δεν είναι σαφώς καθορισμένες, αλληλεπιδρούσες διαδικασίες προσφέρονται σαν μία λειτουργική προσέγγιση της λύσης των μοντέλων. Ο συγγραφέας προτείνει μία μέθοδο πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης για τη λύση ενός προβλήματος συμβιβασμού τριών στόχων. Η προτεινόμενη μεθοδολογία εφαρμόζεται στην περίπτωση μίας επαρχίας της Νοτίου Κορέας, συμβιβάζοντας τη μεγιστοποίηση της οικονομικής ανάπτυξης, την ελαχιστοποίηση της παραγόμενης περιβαλλοντικής ρύπανσης και την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας.

Οι Mirasgedis and Diakoulaki (1997), συγκρίνουν το παραγόμενο εξωτερικό κόστος κατά τη λειτουργία σταθμών παραγωγής ενέργειας, με τα αποτελέσματα μίας πολυκριτηριακής ανάλυσης, κατά την οποία οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις υπολογίζονται ποσοτικά ή ποιοτικά. Αναγνωρίζονται ομοιότητες και διαφορές των δύο κατατάξεων και αναλύονται στη βάση των κύριων χαρακτηριστικών της κάθε προσέγγισης. Σύμφωνα με τους ίδιους, οι πολυκριτηριακές αναλυτικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται συχνά για την αξιολόγηση εναλλακτικών ενεργειακών πηγών ή τεχνολογιών, ανάλογα με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούν. Τα αποτελέσματα τέτοιων ερευνών υποδεικνύουν ότι οι συμβατικές πηγές ενέργειας, οι οποίες κρατούν και το μεγαλύτερο μερίδιο της παγκόσμιας ενεργειακής αγοράς, προκαλούν και τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η ασυμφωνία μεταξύ του οικονομικού και του περιβαλλοντικού συστήματος αξιών οφείλεται στην αδυναμία του σύγχρονου μηχανισμού της αγοράς να ενσωματώσει την αξία των περιβαλλοντικών αγαθών. Έτσι η τιμή της ενέργειας δεν περιλαμβάνει το κόστος που αναλαμβάνει η κοινωνία από τις επιπτώσεις της παραγωγής, όπως αυτό αναγνωρίζεται από τις φθορές που υφίσταται η ανθρώπινη υγεία και το κοινωνικό και φυσικό περιβάλλον (καλλιέργειες, δάση, οικοσυστήματα, αρχαιολογικά μνημεία, κλπ)

Εν τούτοις, οι Hanley and Nevin (1999), αναπτύσσουν δύο οικονομικές μεθόδους για την αξιολόγηση τριών εναλλακτικών επιλογών ανάπτυξης ΑΠΕ για μία περιοχή της Σκωτίας. Η μελέτη των οικονομικών επιπτώσεων στην τοπική κοινωνία προσδιορίζει όλες τις πιθανές οικονομικές επιπτώσεις που θα προκαλέσει η ανάπτυξη των ΑΠΕ στη

συγκεκριμένη περιφέρεια. Η μέθοδος της εξαρτημένης αξιολόγησης (Contingent Valuation Method) εφαρμόζεται για την εκτίμηση των προτιμήσεων του ντόπιου πληθυσμού σχετικά με τα τρία σενάρια ανάπτυξης των ΑΠΕ.

Ο Matsuhashi (1997), εφαρμόζει μία πολυκριτηριακή μεθοδολογία εύρεσης της βέλτιστης λύσης ενός προβλήματος αστικού σχεδιασμού. Τα κριτήρια αξιολόγησης των εναλλακτικών δράσεων αποτελούνται από την ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης, τη μεγιστοποίηση των ανοικτών χώρων μέσα στην πόλη και την ελαχιστοποίηση των αστικών χώρων στην περιφέρεια. Ο Αποφασίζων επιλέγει δύο τιμές για κάθε κριτήριο. Μία τιμή που θέλει να προσεγγίσει (aspiration level) και μία που θέλει να αποφύγει (reservation level). Έπειτα εφαρμόζεται ένα γραμμικό μοντέλο προγραμματισμού και προσδιορίζεται μία λύση Pareto σύμφωνα με τις δύο προεπιλεγμένες ακραίες τιμές. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Αποφασίζοντα, ο οποίος επιλέγει νέες κατώτατες και ανώτατες τιμές για τα κριτήρια. Η επαναληπτική διεργασία συνεχίζεται μέχρι ο Αποφασίζων να βρει μία λύση που να τον ικανοποιεί. Πολλοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί συγκεκριμένα με την εφαρμογή των μεθοδολογιών ΠΑ σε θέματα ανάπτυξης ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή.

Οι Georgoroulou et al (1998) σχεδιάζουν ένα ομαδικό πολυκριτηριακό σύστημα αποφάσεων για την εκμετάλλευση των ΑΠΕ, στηριζόμενο στη μέθοδο PROMETHEE II, και το εφαρμόζουν στην περίπτωση του Ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, στο διασυνδεδεμένο δίκτυο. Τα εναλλακτικά σενάρια διείσδυσης των ΑΠΕ διαμορφώνονται από τους αναλυτές και αξιολογούνται από τους άμεσα ή έμμεσα εμπλεκόμενους στη διαδικασία απόφασης.

Σε παρόμοιο κλίμα, οι Georgoroulou et al (1997) προτείνουν μία πολυκριτηριακή προσέγγιση, σύμφωνα με τη μέθοδο ELECTRE III, για τη ενίσχυση της διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης. Στο άρθρο αναλύονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των νησιωτικών δικτύων και φωτίζονται τα προβλήματα που προκύπτουν κατά την αναζήτηση της συμβιβαστικής λύσης. Επίσης, και για την περίπτωση της διαχείρισης των ενεργειακών δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας, οι μεθοδολογίες ΠΑ προσφέρουν ένα στιβαρό αναλυτικό πλαίσιο διευκόλυνσης της λήψης απόφασης. Η επιλογή των κατάλληλων ενεργειακών πηγών για την εξασφάλιση της προσφοράς ενέργειας, στο ελάχιστο κόστος σύμφωνα με μια σειρά από περιβαλλοντικούς και τεχνικούς περιορισμούς έχει απασχολήσει πρόσφατα πολλούς ερευνητές (Mavrotas et al, 2003).

Όσον αφορά στις πολυκριτηριακές μεθοδολογίες προγραμματισμού, και παρόλη την περιορισμένη καταλληλότητα στα προβλήματα σχεδιασμού, λόγω των μη ρεαλιστικών προτάσεων στις οποίες συχνά καταλήγουν, αρκετοί ερευνητές έχουν εφαρμόσει τέτοιες μεθοδολογίες σε θέματα ενεργειακής και περιβαλλοντικής διαχείρισης (Ozelkan and Duckstein, 1996; Tkach and Simonovic, 1999).

## 2.5 Η Διεθνής πραγματικότητα

Η Ευρωπαϊκή Ένωση με 28 κράτη μέλη θέλει να αναλάβει πρωτοποριακό ρόλο στη μετάβαση προς ένα βιώσιμο ενεργειακό σύστημα βασισμένο κυρίως στην ισχυρή επέκταση της αιολικής και ηλιακής ενέργειας. Το μερίδιο της αιολικής και ηλιακής ενέργειας στην καθαρή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκε σε 12% στην ΕΕ για το έτος 2014, ενώ οι μεμονωμένες χώρες φθάνουν σε πολύ υψηλότερη διείσδυση, όπως η Δανία με 37% και η Πορτογαλία με 27%. Μεταξύ 2009 και 2014 η παραγωγή αιολικής ενέργειας στην ΕΕ αυξήθηκε από 122,5 TWh σε 223,8 TWh, ενώ η παραγωγή ηλιακής ενέργειας αυξήθηκε από 14,0 TWh σε 82,5 TWh. (Buttler et al, 2016)

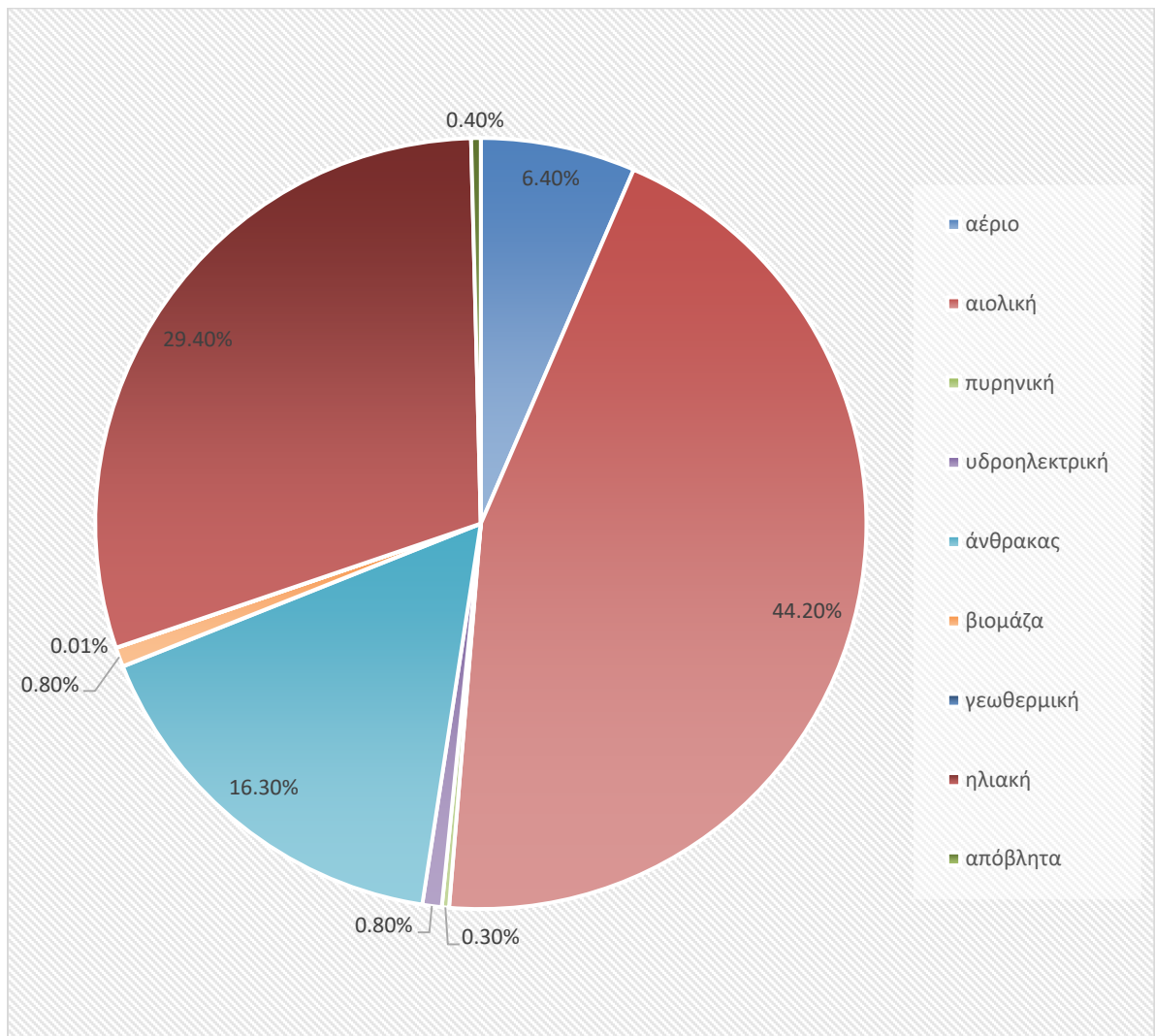
### 2.5.1 Αιολική Ενέργεια

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η υδροηλεκτρική, αιολική, ηλιακή, βιομάζα, γεωθερμική και η κυματική μπορούν να παράσχουν βιώσιμες ενεργειακές υπηρεσίες, βασιζόμενες στη χρήση των ευρέως διαθέσιμων εγχώριων πόρων παρέχοντας σήμερα κάπου μεταξύ 15% και 20% τοις εκατό της συνολικής ενεργειακής ζήτησης παγκοσμίως (IEA International Energy Agency, 2006). Από το 1997 που υπογράφηκε το Πρωτόκολλο του Κιότο, οι επενδύσεις σε ΑΠΕ αυξάνονται παγκοσμίως με ταχείς ρυθμούς. Το 2009 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανεμογεννητριών (Α/Γ) παγκοσμίως ήταν 94 GW περίπου, σε αντίθεση με μόνο 7,5 GW που ήταν 10 χρόνια πριν. Η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι η πρωτοπόρος δύναμη στον τομέα αυτό, κατέχοντας πάνω από 60% του παγκόσμιου δυναμικού σε παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ (EWEA, 2013). Συγκεκριμένα στα τέλη του 2007, η εγκατεστημένη ισχύς διεθνώς πλησίασε τα 94.000MW, με την Ευρωπαϊκή Ένωση να κατέχει το 61% της συνολικής ισχύος. Το 1997, όταν η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε τη Λευκή Βίβλο με στόχο 40 GW αιολικής ενέργειας έως το 2010, υπήρχαν

4,8 GW εγκατεστημένης ισχύος αιολικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Μέχρι το τέλος του 2011, είχε ανέλθει σε 94 GW και πληρούσαν το 6,3% της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Η Ευρωπαϊκή Ένωση Αιολικής Ενέργειας (EWEA) αναμένει 230 GW εγκατεστημένης ισχύος έως το 2020 και 400 GW έως το 2030. Η αιολική ενέργεια ετοιμάζεται να γίνει 28 η κύρια τεχνολογική δύναμη στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Αναμένεται ότι η αιολική ενέργεια να είναι το κλειδί της τεχνολογίας έως το 2050, παρέχοντας το 31,6% έως 48,7% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη (EWEA, 2013). Κατά τη διάρκεια του 2012, είχαν εγκατασταθεί 12.744 MW αιολικής ενέργειας σε όλη την Ευρώπη. Από τα 11.895 MW εγκατεστημένης στην ΕΕ, τα 10.729 MW ήταν στην ξηρά και 1.166 MW στην ανοικτή θάλασσα. Οι επενδύσεις σε Αιολικά πάρκα στην ΕΕ ήταν μεταξύ €12,8δισ. και €17.2δισ. Από την άποψη των ετήσιων εγκαταστάσεων, η Γερμανία κατέχει την μεγαλύτερη αγορά το 2012, εγκαθιστώντας 2.415 MW ισχύς αιολικής ενέργειας, των οποίων 80 MW (3,3%) είναι στην θάλασσα. Το Ηνωμένο Βασίλειο ήρθε δεύτερο με 1.897 MW, ακολουθούμενη από την Ιταλία με 1.273 MW, την Ισπανία (1.122 MW), τη Ρουμανία (923 MW), την Πολωνία (880 MW), τη Σουηδία (845 MW) και τη Γαλλία με (757 MW) (EWEA, 2013). Αν η αιολική ενέργεια αξιοποιηθεί πλήρως μπορεί να καλύψει το 25% των αναγκών την Ευρώπης σε ηλεκτρική ενέργεια. (Boyle, 1999)

Το 2015 στην Ευρωπαϊκή Ένωση εγκαταστάθηκε νέα παραγωγή ισχύος 28.9 GW. Η αιολική ενέργεια ήταν η τεχνολογία με το μεγαλύτερο ποσοστό : 12,8 GW που αντιστοιχεί στο 44% όλων των νέων εγκαταστάσεων. Δεύτερη η ηλιακή ενέργεια με 8.5 GW ΚΑΙ 29% σε σχέση με το σύνολο των εγκαταστάσεων ενώ τρίτη η επιλογή του άνθρακα με 4.7 GW(16%). (EWEA Wind Energy Association, 2015)



Διάγραμμα 2.1: Εγκατεστημένη ισχύς στην Ε.Ε. το 2015 (EWEA Wind Energy Association, 2015)

### 2.5.2 Ηλιακή Ενέργεια

Ο τομέας των φωτοβολταϊκών (PV) είναι ένας από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες τεχνολογίες των ΑΠΕ και αναμένεται να διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στην παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο μέλλον (Fyfe, 1990; Lewis and Nocera, 2006). Ωστόσο, παράγοντες όπως η συνεχιζόμενη οικονομική και χρηματοπιστωτική κρίση, η ενοποίηση του κλάδου, η εξισορρόπηση της παγκόσμιας αγοράς και η πολιτική αστάθεια, αποτελούν βαρίδια στις πολιτικές δεσμεύσεις των κρατών για τις ΑΠΕ και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής (El-Ashry, 2013). Στηριζόμενη στα ελκυστικά πολιτικά κίνητρα (εγγυημένα τιμολόγια δικτύου (FIT), φορολογικές ελαφρύνσεις κ.α., η

συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών έχει πολλαπλασιαστεί κατά 37 φορές μέσα σε δέκα χρόνια, σημειώνοντας ετησίως ποσοστό αύξησης 44% (Gielen, 2012).

Ανάμεσα σε όλες τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η ηλιακή ενέργεια είναι η πιο άφθονη και κατέχει το μεγαλύτερο δυναμικό πηγής ενέργειας στον κόσμο. Οι ηλιακές ακτινοβολίες που φθάνουν στην επιφάνεια της γης ποικίλουν από 0,06 KW/m<sup>2</sup> στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη έως 0,25 KW/m<sup>2</sup> σε χαμηλά γεωγραφικά πλάτη. Ειδικότερα η φωτοβολταϊκή ενέργεια έχει τεράστιες δυνατότητες τόσο από τεχνική άποψη όσο και από πλευράς βιώσιμων λύσεων για τις ενεργειακές απαιτήσεις του πλανήτη (Hermann, 2006).

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που προέρχονται κυρίως από την ηλιακή ενέργεια κερδίζουν έδαφος κατά τη διάρκεια των τελευταίων λίγων χρόνων και τώρα αρχίζουν να συμβάλλουν ουσιαστικά στην παγκόσμια σύνθεση ενεργειακών πηγών (Renewables global status report,, 2013).

Η ηλιακή ενέργεια με τη μορφή της άμεσης μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας (φωτοβολταϊκά) είναι ήδη πολύ δημοφιλής σε χώρες όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Γερμανία, η Ιταλία και η Ιαπωνία. Οι τεράστιες δυνατότητες της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών είναι προφανώς πολύ ευνοϊκή σε χώρες με υψηλή ακτινοβολία, όπως την περιοχή της Μεσογείου. Είναι σαφές ότι οι τεχνολογίες φωτοβολταϊκών είναι ταχέως αναπτυσσόμενες και αναδυόμενες και ότι υπάρχει ένα ευρύ χαρτοφυλάκιο των τεχνολογιών αυτών, οι οποίες πρόκειται να πρωταγωνιστούν στην παγκόσμια αγορά των ΑΠΕ στο εγγύς μέλλον (Makrides, et al., 2010)

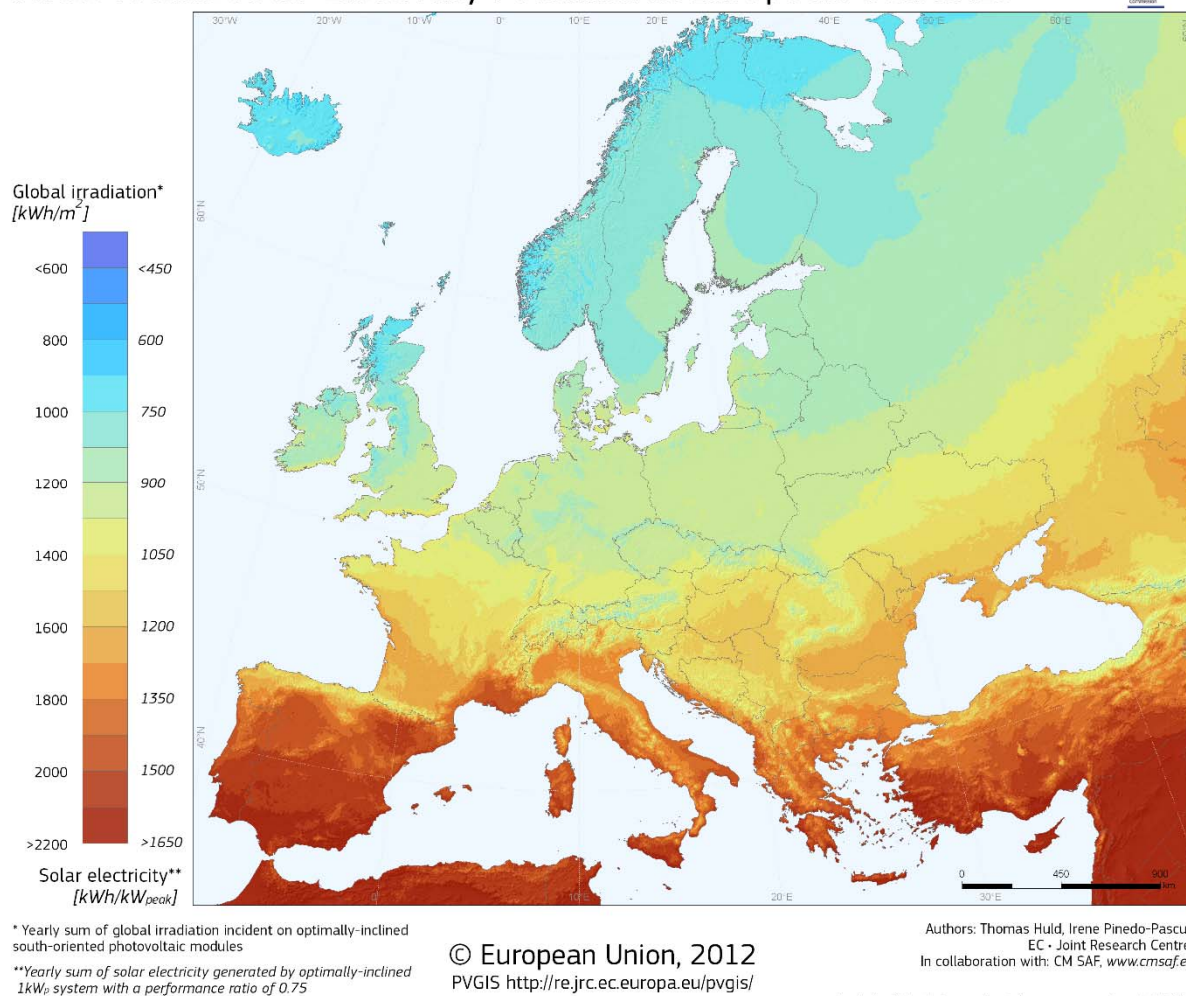
Σε ό,τι αφορά την ΕΕ, η ηλιακή ενέργεια είναι μια βασική επιλογή τεχνολογίας που μπορεί να συμβάλει καταλυτικά στην απεξάρτηση από τις συμβατικές μορφές ενέργειας στον ενεργειακό εφοδιασμό. Οι ηλιακοί πόροι στην Ευρώπη είναι άφθονοι και, σε συνδυασμό με τη ραγδαία αναπτυσσόμενη ηλιακή τεχνολογία, η ηλιακή ενέργεια επιβάλλεται να αποτελέσει αναπόσπαστο και καθοριστικό κομμάτι στον αειφόρο ενεργειακό σχεδιασμό των χωρών της ΕΕ και, όπως προβλέπεται σύντομα, θα κατακτήσει τη μερίδα του λέοντος στον τομέα των ΑΠΕ στην ΕΕ. Ο τομέας των φωτοβολταϊκών έχει επεκταθεί γρήγορα στην Ευρώπη με υψηλά ποσοστά ετήσιας ανάπτυξης, με το ποσοστό να φτάνει στο 40% το χρόνο από το 2000. Με μια συσσωρευτική εγκατεστημένη ικανότητα περίπου 51 GW από φωτοβολταϊκά, η ΕΕ οδηγεί με περισσότερο από 70% της συνολικής παγκόσμιας ηλιακής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά (69 GW). Η

βιομηχανία των φωτοβολταϊκών το 2011 παρείχε περισσότερες από 300.000 θέσεις εργασίες στην Ευρώπη και προβλέπεται ότι υπάρχει η δυνατότητα να αυξηθεί πάνω από 2 εκατομμύρια ως το 2020 (De Santi, et al., 2013). Χαρακτηριστικά στη Γερμανία, με σχετικά μικρότερο ηλιακό δυναμικό από τις χώρες της νότιας Ευρώπης, η φωτοβολταϊκή βιομηχανία ανθεί: αυτή η χώρα έχει καταστεί πρωτοπόρος στην υιοθέτηση των φωτοβολταϊκών, λόγω των αποτελεσματικών κινήτρων πολιτικής (Lüthi, 2010).

Η περιοχή της Μεσογείου είναι μια περιοχή στρατηγικής σημασίας για τις φωτοβολταϊκές αγορές και μπορεί δυναμικά να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην ενσωμάτωση και την αξιοποίηση της τεχνολογίας αυτής. Ιδίως η ηλιακή ακτινοβολία στην Ελλάδα είναι από τις υψηλότερες στην Ευρώπη (Εικόνα 2.1), με περισσότερο από 300 ημέρες του έτους ηλιόλουστου καιρού και μια ετήσια ακτινοβολία που φτάνει τα 2.000 KWh/m<sup>2</sup>, που είναι πολύ υψηλότερη από χώρες που κατέχουν πολύ υψηλό μερίδιο της φωτοβολταϊκής αγοράς, όπως η Γερμανία. (Makrides, et al., 2010; Zinsser, et al., 2007)

Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής δεδομένης της μείωσης του κόστους των τεχνολογιών παραγωγής ηλιακής ενέργειας και των φορολογικών κινήτρων και των εγγυημένων δανείων για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η παραγωγή ηλιακής ενέργειας διακρίνεται από ταχεία ανάπτυξη. Τα μοντέλα πρόβλεψης προβλέπουν ότι η ανάπτυξη θα συνεχιστεί για αρκετές δεκαετίες. (Herche, 2017)

## Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries



Εικόνα 2.1: Ηλιακό δυναμικό φωτοβολταϊκού ηλεκτρισμού των χωρών της Ευρώπης (Solar radiation and photovoltaic electricity potential country and regional maps for Europe, 2015)

## 2.6 Ελληνική Πραγματικότητα

Η συνεισφορά των ΑΠΕ στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο, ήταν της τάξης του 5,3% το 2006, σε επίπεδο συνολικής διάθεσης πρωτογενούς ενέργειας στη χώρα και της τάξης του 18%, σε επίπεδο εγχώριας παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας. Η παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας από ΑΠΕ το 2006 ήταν 1,8 Mtoe, ενώ στις αρχές της δεκαετίας του 90 ήταν 1,2 Mtoe. Εξ αυτών, 702 ktoe (δηλαδή 39%) οφείλονται στη χρήση βιομάζας στα νοικοκυριά, 230 ktoe περίπου στη χρήση βιομάζας στη βιομηχανία για ίδιες ανάγκες (συνολικό ποσοστό της βιομάζας 52%), 536 ktoe (30%) από την παραγωγή των



υδροηλεκτρικών, 146 ktoe (8,1%) από την παραγωγή των αιολικών, 109 ktoe (6%) από την παραγωγή των θερμικών ηλιακών συστημάτων, 11 ktoe από τη γεωθερμία και 33 ktoe από το βιοαέριο, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ηλεκτροπαραγωγή από τις κλασικές ΑΠΕ στην Ελλάδα (χωρίς τα μεγάλα υδροηλεκτρικά) αυξάνεται σημαντικά τα τελευταία χρόνια και είναι της τάξης του 3,3% της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Αφορά κυρίως σε αιολικά και μικρά υδροηλεκτρικά, και σε μικρότερο βαθμό στη βιομάζα, και στα φωτοβολταϊκά. Λαμβάνοντας υπόψη τα μεγάλα υδροηλεκτρικά, η ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ είναι 12,4% της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η εγκατεστημένη ισχύς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ήταν 3.894 MW στο τέλος του 2006. Ειδικότερα, τα 27 MW των αιολικών πάρκων το 1997, έφθασαν τα 745 MW στο τέλος του 2006. Τα μικρά υδροηλεκτρικά έφθασαν τα 108 MW στο τέλος του 2006 από τα 43 MW (όλα της ΔΕΗ) το 1997. Τέλος οι εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο ΧΥΤΑ και συμπαραγωγής από βιοαέριο λυμάτων (στα Λιόσια και την Ψυττάλεια) έχουν ηλεκτρική ισχύ 14 και 10 MW αντίστοιχα. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ το 2006, έφθασε τις 8, TWh περίπου και προήλθε κατά 79% από υδροηλεκτρικούς σταθμούς (6774 GWh), κατά 20% από αιολικά πάρκα (1691 GWh), κατά 1,1% (92 GWh) από βιοαέριο, ενώ υπήρχε και μία μικρή παραγωγή από φωτοβολταϊκούς σταθμούς. Η ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας την ίδια χρονιά ήταν 64,3 TWh. Για το 2006 η συνολική πρωτογενής παραγωγή θερμότητας ήταν της τάξεως των 44.000 TJ, προερχόμενη κυρίως από τη βιομάζα και σε μικρότερο ποσοστό από την ηλιακή ενέργεια και το βιοαέριο. (Χάρτης πορείας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, 2007)

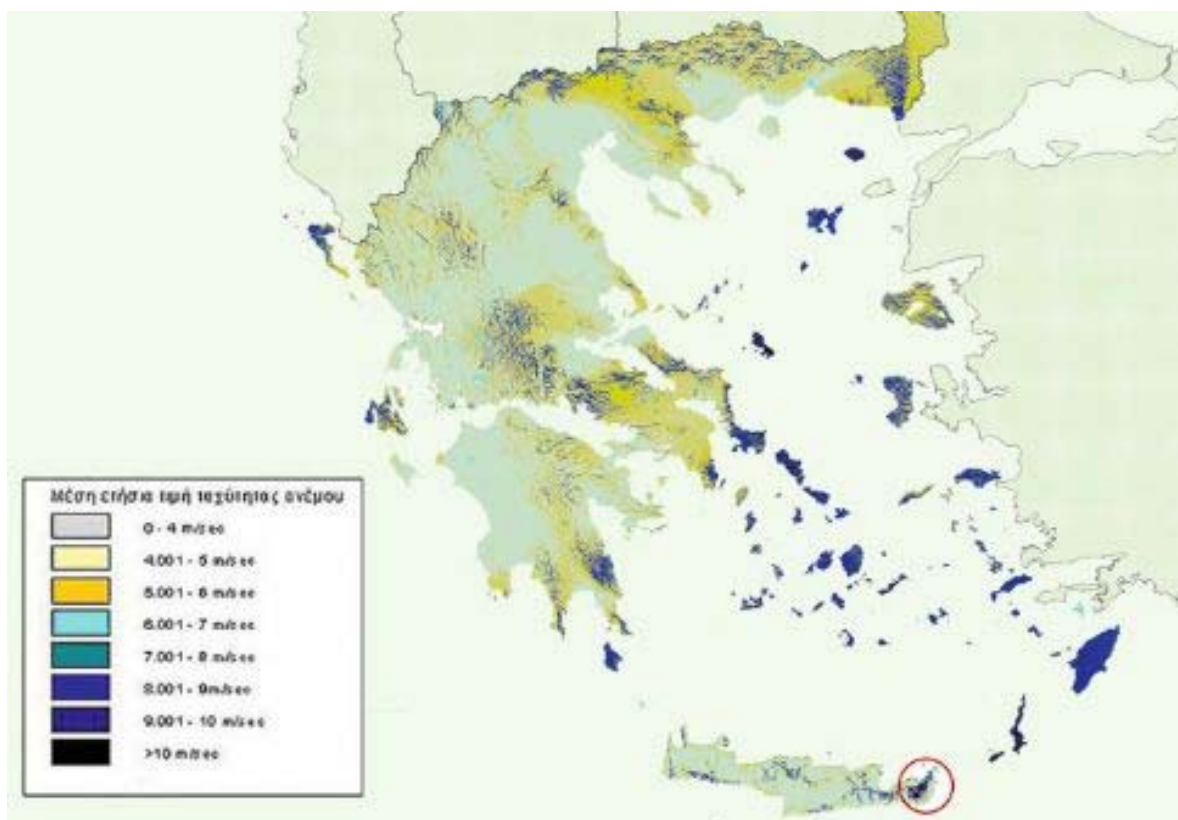
Πίνακας 2.1 Εξέλιξη εγκατεστημένης Ισχύς μονάδων ΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, 2009)

Τεχνολογία ΑΠΕ	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ΜΥΗΣ	42	45	45	50	59	64	77	95	158	180
Φ/Β	0	1	1	1	1	1	5	9	12	37
ΑΙΟΛΙΚΑ	226	270	287	371	472	491	749	846	1022	1140
ΒΙΟΜΑΖΑ	1	22	22	22	24	24	24	39	40	41
ΣΥΝΟΛΟ	269	338	355	444	556	581	855	989	1232	1398

### 2.6.1 Αιολική Ενέργεια

Το επενδυτικό κλίμα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα και κυρίως των ανεμογεννητριών (Α/Γ) είναι θετικό και συνεχίζει να αναπτύσσεται αφού ολοένα και περισσότεροι επενδυτές στοχεύουν να αυξήσουν την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ. Επιπλέον η Ελλάδα έχει σημαντικό ποσό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (π.χ. υδροηλεκτρική, αιολική, γεωθερμική, ηλιακή ενέργεια και βιομάζα) (Caralis et al, 2008). Η Ελλάδα έχει το συγκριτικό πλεονέκτημα να διαθέτει αξιόλογο αιολικό δυναμικό και επομένως πλεονεκτεί σχετικά με την παραγωγή ενέργειας από την συγκεκριμένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (Caralis et al., 2008). Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της Κρήτης όπου κατά τα έτη 2000-2002 το 10% του ηλεκτρισμού παράχθηκε από τα αιολικά πάρκα (Α/Π). Το ποσοστό αυτό αναμένεται να αυξηθεί, καθώς νέες επενδύσεις Α/Π και άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας βρίσκονται ήδη σε εξέλιξη. Τα αιολικά πάρκα στην Κρήτη συνεπάγονται μεταξύ των άλλων, την ετήσια εξοικονόμηση καυσίμων αξίας 2,6 εκατομμύρια ευρώ, ενώ ελαττώνουν την έκλυση 120.000τόνων CO<sub>2</sub> κάθε χρόνο. Το αιολικό δυναμικό της χώρας μας είναι γεωγραφικά διεσπαρμένο και οι περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό όπως φαίνεται στον παρακάτω χάρτη, είναι τα νησιά του

Αιγαίου, η νότια Εύβοια και η Σκύρος, η Ανατολική Πελοπόννησος και η Θράκη περιοχές που ήδη έχουν προσελκύσει μεγάλο αριθμό επενδυτών (Tabassum et al., 2013).

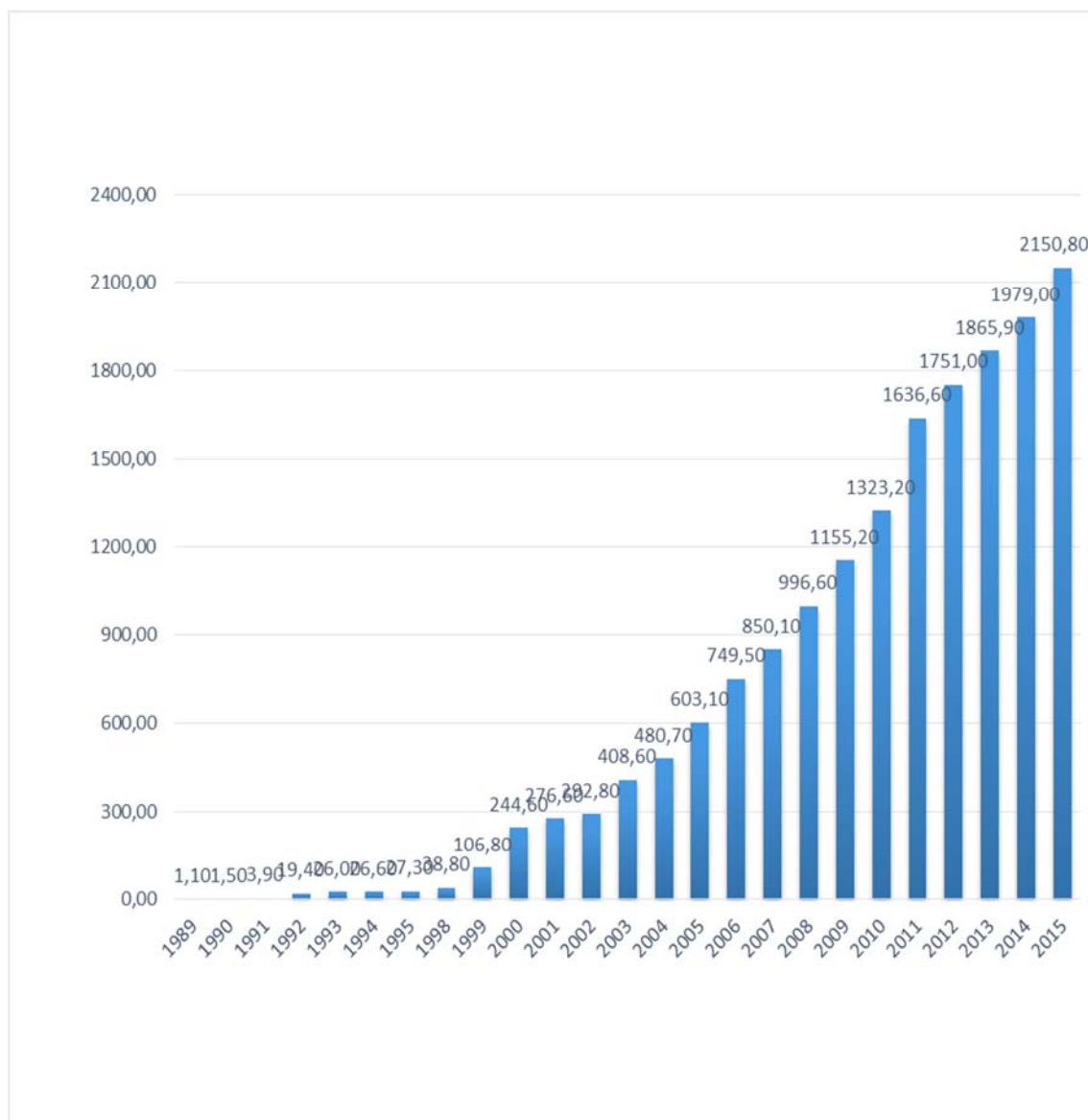


Εικόνα 2.2 Κατανομή μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου στην Ελλάδα (ΚΑΠΕ)

Χαρακτηριστικό των ιδιαίτερα ανεμωδών περιοχών, είναι η ανεπάρκεια της υποδομής μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας που κατασκευάστηκε πολύ πριν αναδυθεί η ανανεώσιμη ενέργεια ως βιώσιμη εναλλακτική λύση. Έτσι στις ηπειρωτικές περιοχές υψηλού αιολικού δυναμικού οι δυνατότητες επενδύσεων αιολικής ενέργειας έχουν περιοριστεί λόγω της ανεπάρκειας υποδομών για την σύνδεσή τους με το ηλεκτρικό δίκτυο. Τέτοιοι περιορισμοί υπάρχουν και στα νησιά με αποτέλεσμα το αιολικό δυναμικό να παραμένει ανεκμετάλλευτο (Bagiorgas et al, 2008)

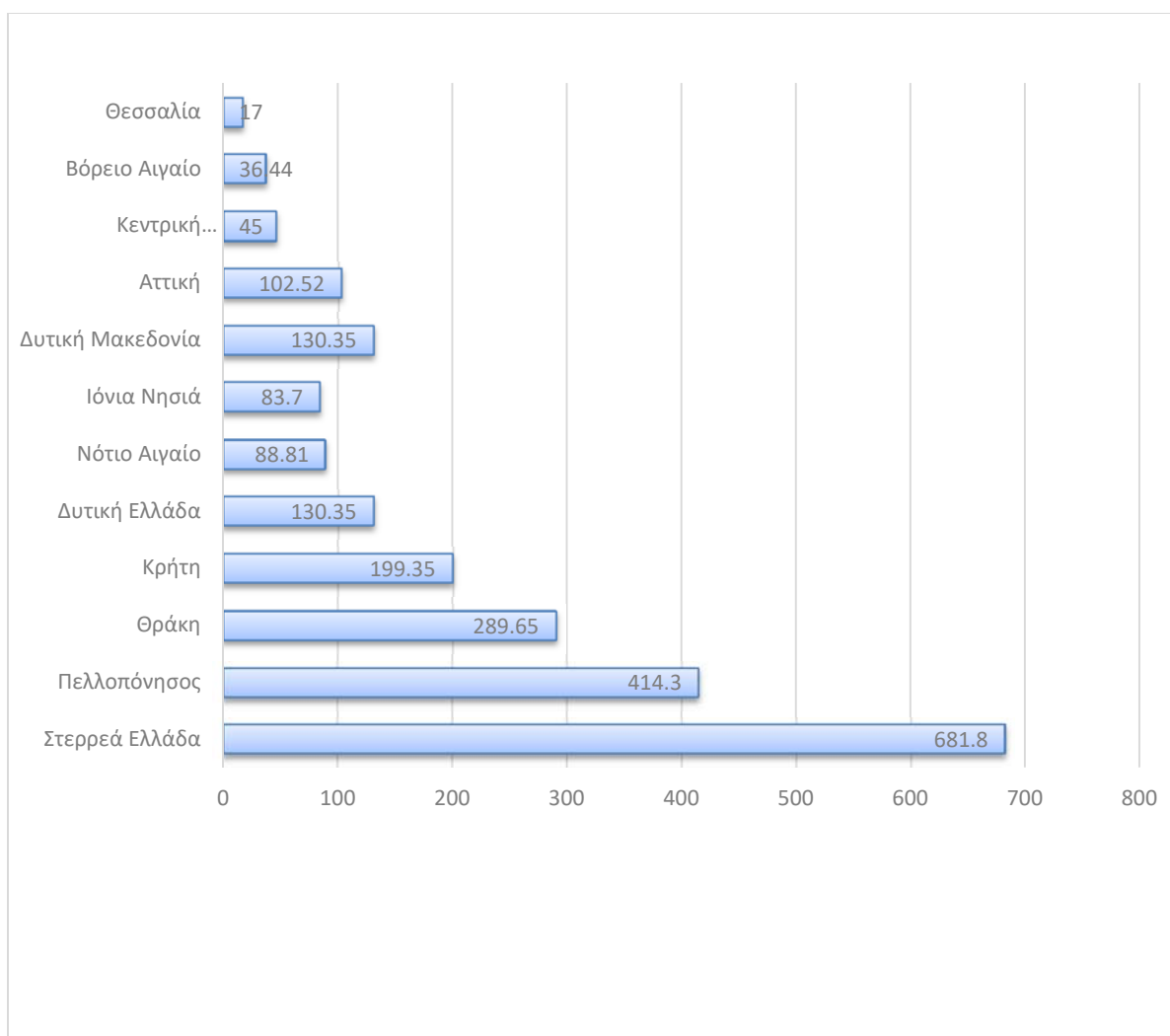
Η συνολική πρωτογενής παραγωγή ενέργειας από αιολική ενέργεια το 2007 ανήλθε σε 156 Mtoe, κάτι που κατατάσσει την Ελλάδα στην 11η θέση μεταξύ των κρατών – μελών της ΕΕ. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση Αιολικής Ενέργειας (EWEA), το 2008 προστέθηκαν 114 MW αιολικής ενέργειας στην χώρα, αυξάνοντας έτσι την συνολική ισχύ στα 985 MW.

Μια γενική εικόνα για την εξέλιξη και τη διανομή της εγκατεστημένης ισχύος στην Ελλάδα σύμφωνα με την Wind Energy Statistics (HWEA) φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 2. 2 Εξέλιξη της συνολικής εγκατεστημένης αιολικής ενέργειας (MW) ανά έτος την περίοδο 1987-2015 στην Ελλάδα (HWEA Wind Energy Statistics, 2015)

Παρατηρείται ότι κατά το τελευταίο έτος ο ρυθμός ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας στη χώρα μας ήταν περίπου μισός σε σύγκριση με αυτόν το 2006. Σήμερα η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι 2150,8 MW.

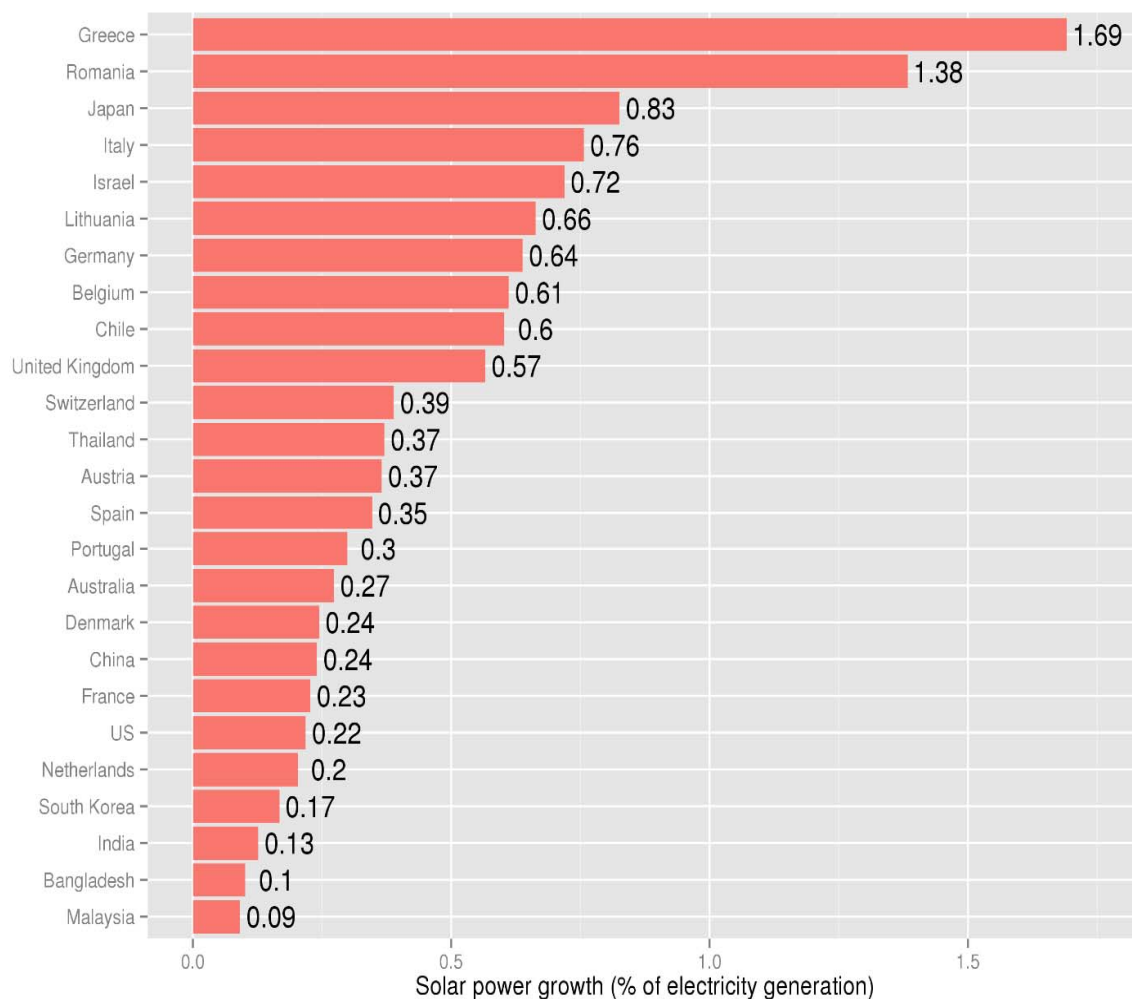


*Διάγραμμα 2.3 Χωρική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος αιολικών πάρκων έως το 2013 (HWEA Wind Energy Statistics, 2013)*

Παρατηρείται ότι η εγκατεστημένη ισχύς είναι μεγαλύτερη σε περιοχές όπου υπάρχουν υποδομές για τη σύνδεσή τους με το δίκτυο της ΔΕΗ, ενώ σε περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό όπως είναι τα νησιά και οι ηπειρωτικές περιοχές έχουν περιοριστεί λόγω της ανεπάρκειας υποδομών για την σύνδεσή τους με το ηλεκτρικό δίκτυο. Επιπλέον παρατηρείται ότι ακόμη και σήμερα στην ελληνική ύπαιθρο η χωροθέτηση εγκαταστάσεων αποτελεί ένα ιδιαίτερα ευαίσθητο θέμα που προκαλεί ποικίλες αντιδράσεις.

## 2.6.2 Ηλιακή Ενέργεια

Η Ελλάδα έχει ένα ευνοϊκό κλίμα αλλά και την κατάλληλη τοπογραφία για την χρήση ΑΠΕ. Σε σύγκριση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες η Ελλάδα έχει μια υψηλή ηλιακή ακτινοβολία με μεγάλη ηλιοφάνεια την μεγαλύτερη διάρκεια του έτους και ως εκ τούτου έχει ένα ισχυρό πλεονέκτημα για την αξιοποίηση της.



Data source: BP

Εικόνα 2.3: Ποσοστό αύξησης της ηλιακής ενέργειας (Carbon Counter)

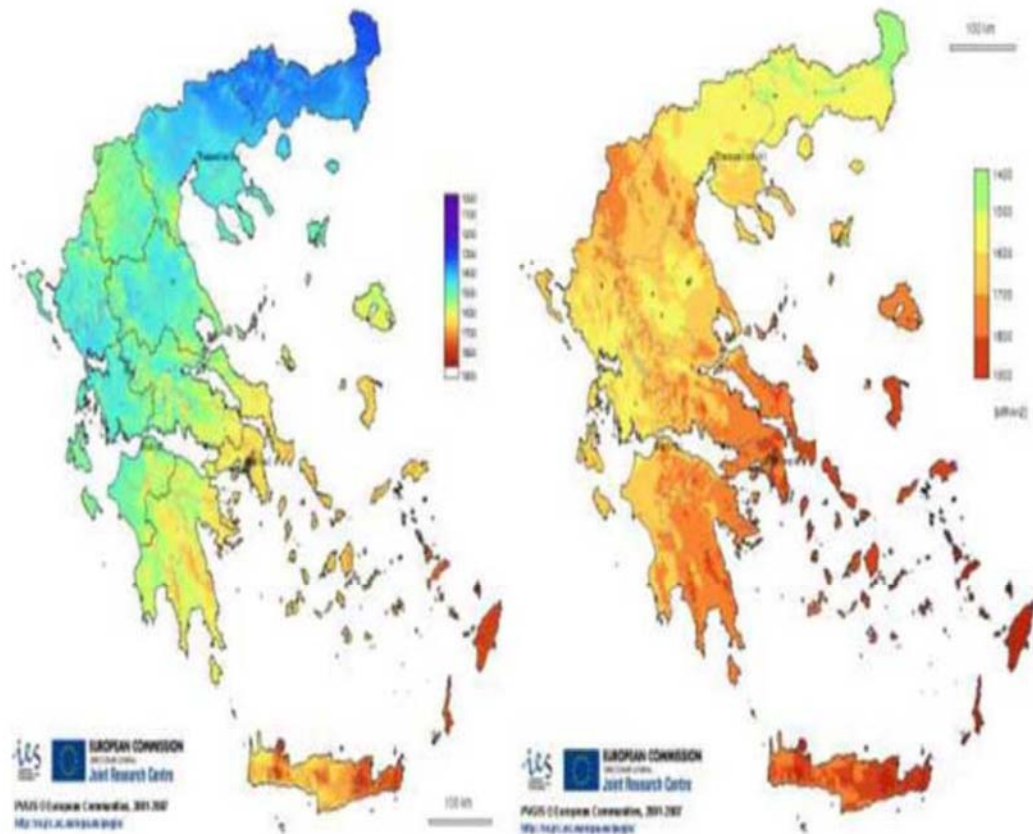
Η Ελλάδα σε σύγκριση με άλλες Ευρωπαϊκές χώρες διαθέτει υψηλή ηλιακή ακτινοβολία, με μεγάλη διάρκεια ηλιοφάνειας και επομένως εμφανίζει σημαίνον πλεονέκτημα για αποδοτικές ηλιακές εφαρμογές. Λόγω της μορφολογίας της υπάρχουν περιοχές τόσο στην ηπειρωτική όσο και στη νησιωτική χώρα, όπου η εγκατάσταση συστημάτων αυτού

του είδους είναι η πλέον ανταγωνιστική οικονομική λύση ακόμη και με τα σημερινά δεδομένα όπου το κόστος αγοράς των φωτοβολταϊκών είναι υψηλό. Η Ελλάδα υπήρξε πρωτοπόρος στον Ευρωπαϊκό χώρο στην ανάπτυξη των ηλιακών συστημάτων θέρμανσης νερού με αξιόλογη βιομηχανία από τη δεκαετία του 1970. Εν συνεχεία παρουσιάστηκε σημαντική υστέρηση στις φωτοβολταϊκές εφαρμογές σε σχέση με άλλες χώρες παρ' όλων των διαθέσιμων ιδανικών συνθηκών αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας.

Σύμφωνα με μελέτη η ημερήσια ποσότητα ηλιακής ενέργειας καθώς και τα μηνιαία και ετήσια ποσά υπολογίζονται με βάση μια βετή περίοδο μελέτης (2008-2013), προκύπτει μια μηνιαία κλιματολογία. Οι υψηλότερες συγκεντρωμένες μηνιαίες τιμές ηλιακής ενέργειας εντοπίζονται κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, στη Νότια Πελοπόννησο, στην Κρήτη και στις Κυκλάδες και υπερβαίνουν τα 250 kWh/m<sup>2</sup>. (Nikitidou et al, 2015)

Τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ελλάδα μέχρι το 2006 ήταν κυρίως ιδιωτικά αυτόνομα συστήματα σε απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν υπάρχει δίκτυο. Η αγορά που συνδέεται με το δίκτυο, εκτός από μερικά έργα επίδειξης, ήταν σχετικά μικρή μέχρι το 2006. Παρόλο που από το 1994 υπήρχε ένα νομικό πλαίσιο για την αγορά ΑΠΕ, η έλλειψη ενός σημαντικού καθεστώτος στήριξης για μεγάλο χρονικό διάστημα, η συμμετοχή πολλών δημόσιων υπηρεσιών να λάβουν μεγάλο αριθμό αδειών και η έλλειψη συγκεκριμένων κανονισμών για τους φορείς της αγοράς παρεμπόδιζε τη μεγαλύτερη εισαγωγή των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Η ετήσια εγκατεστημένη ισχύς των Φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα πριν από το νέο νόμο, με εξαίρεση τα προγράμματα επίδειξης και τα ερευνητικά έργα, δεν ξεπέρασε τα 200 έως 300 kWp. (Tselepis, 2012)

Οι χάρτες αυτοί αντιπροσωπεύουν την ετήσια ποσότητα ενέργειας (kWh/m<sup>2</sup> ) που προέρχεται από την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο καθώς και σε επίπεδο με τη βέλτιστη γωνία κλίσης και αφορούν διάστημα 10 ετών και συγκεκριμένα την περίοδο 1981-1990.



ΣΧΗΜΑ 1.3: Ετήσια ποσότητα ενέργειας ( $\text{kWh/m}^2$ ) που προέρχεται από την πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο  
 Πηγή European Research Centre

ΣΧΗΜΑ 1.4: Ετήσια ποσότητα ενέργειας ( $\text{kWh/m}^2$ ) που προέρχεται από την πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας σε επίπεδο με τη βέλτιστη γωνία κλίσης  
 Πηγή European Research Centre

Εικόνα 2.4: Ετήσια ποσότητα ενέργειας που προέρχεται από ηλιακή ενέργεια

Εύκολα λοιπόν μπορούμε να διακρίνουμε ότι ακόμη και στην περίπτωση που δεν έχουμε τη βέλτιστη γωνία κλίσης αλλά οριζόντιο επίπεδο, καμία περιοχή της Ελλάδας δεν υπολείπεται των  $1250 \text{ kWh/m}^2$ , ενώ το μεγαλύτερο μέρος της χώρας διαθέτει από  $1400$  έως  $1800 \text{ kWh/m}^2$ . Σε γενικές γραμμές, ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην Ελλάδα παράγει κατά μέσο όρο ετησίως περί τις  $1.150\text{-}1.400$  κιλοβατώρες ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ ( $\text{kWh}/\text{έτος}/\text{KW}$ ). Όπως είναι προφανές, στις νότιες και πιο ηλιόλουστες περιοχές της χώρας ένα φωτοβολταϊκό παράγει περισσότερο ηλιακό ηλεκτρισμό απ' ότι στις βόρειες.



## 2.7 Συμπεράσματα

Είναι φανερό πως σοβαρά περιβαλλοντικά και κοινωνικά προβλήματα καθώς και θέματα ασφάλειας και ενεργειακής επάρκειας εκδηλώνονται από την εκμετάλλευση των σύγχρονων συμβατικών ενεργειακών μέσων. Οι ΑΠΕ προσφέρουν μία υποσχόμενη εναλλακτική και η ανάπτυξή τους θεωρείται ως βασική προτεραιότητα για πολλές χώρες. Είναι γνωστό πως οι ΑΠΕ γενικά είναι περιβαλλοντικά φιλικότερες από τα συμβατικά καύσιμα. Επιπλέον, είναι ενδογενείς και έτσι προωθούν την ενεργειακή ανεξαρτησία, και σε αρκετές περιπτώσεις συνεισφέρουν στη δημιουργία θέσεων εργασίας για το τοπικό δυναμικό. Ωστόσο, επιβάλλεται να ξεπεράσουν τεχνολογικούς, θεσμικούς, κοινωνικούς και οικονομικούς φραγμούς, μιας και επιδεικνύουν τοπικές περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις – δέσμευση μεγάλων εκτάσεων γης, εκτεταμένη χρήση υδάτινων πόρων, αλλαγή του τοπίου, μεταβολή των παραδοσιακών τρόπων ζωής των κατοίκων της υπαίθρου, κλπ. Αυτός ο πολλαπλός χαρακτήρας των ΑΠΕ, καθιστά εξαιρετικά δύσκολη την επιλογή μεταξύ διαφορετικών αναπτυξιακών προτάσεων. Ωστόσο οποιαδήποτε προσπάθεια μοντελοποίησης των διαδικασιών του ενεργειακού σχεδιασμού οφείλει να λαμβάνει υπόψη της τις ιδιαίτερες συνθήκες των ενεργειακών συστημάτων και δικτύων καθώς και την εν γένει δυναμικότητά τους. Επιπλέον, η άσκηση πολιτικής σε θέματα ενέργειας περιλαμβάνει μακροπρόθεσμες δεσμεύσεις. Η διαδικασία της λήψης αποφάσεων πρέπει να βασίζεται σε συγκεκριμένες μεθοδολογίες, καθώς τα αποτελέσματα αυτών μπορεί να είναι μη αντιστρεπτά (π.χ. απώλεια πόρου, οικονομική αποτυχία του προγράμματος). Κρίνεται απαραίτητη η εσωτερικοποίηση των περιβαλλοντικών και μη εξωτερικοτήτων, έτσι ώστε η αξιολογητική διαδικασία να βασίζεται σε περισσότερο συγκρίσιμα και ακριβή δεδομένα. Στις προηγούμενες παραγράφους παρουσιάστηκαν οι σπουδαιότερες μεθοδολογίες ΠΑ για τη διευκόλυνση της λήψης των αποφάσεων σε περιβαλλοντικά-ενεργειακά προβλήματα, καθώς επίσης και η αναγκαιότητα για τη δημιουργία ενός ρυθμιστικού σχεδίου για την ολοκληρωμένη οργάνωση του ενεργειακού σχεδιασμού. Ωστόσο, παρά το διαθέσιμο μεγάλο αριθμό μεθόδων ΠΑ, οι συνθήκες υπό τις οποίες γίνεται η επιλογή τους αλλά και η λεπτομερής μεθοδολογία τους παρουσιάζονται, ακόμα, ελλιπείς με συνέπεια να απαιτείται, η προσαρμογή των προβλημάτων αξιολόγησης στη μέθοδο εκείνη που θεωρείται πιο κατάλληλη. Λύση στο παραπάνω ζήτημα πιστεύεται πως θα δοθεί με τη συστηματική κατηγοριοποίηση των προβλημάτων περιβαλλοντικής

αξιολόγησης σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τα κριτήρια που τίθενται και στη συνέχεια εφαρμογή εκείνης της μεθόδου που ανταποκρίνεται στα παραπάνω χαρακτηριστικά. Αυτή η πρακτική θα προσφέρει μια χρήσιμη ταξινόμηση των μεθόδων αξιολόγησης. Επίσης, η ποσοτικοποίηση και αντικειμενοποίηση των διεργασιών αξιολόγησης, καθώς και η εισαγωγή στιβαρών μαθηματικών εργαλείων για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας, θα ενισχύσουν την αξιοπιστία της συγκεκριμένης προσέγγισης συνθέτοντας ένα ολοκληρωμένο και διαυγές μεθοδολογικό εργαλείο. Στη συνέχεια παρουσιάστηκαν εφαρμογές των μεθόδων ΠΑ σε θέματα ενέργειας και περιβάλλοντος αλλά και γενικότερα σε δημόσια προβλήματα διαχείρισης. Οι τεχνικές της ΠΑ έχουν χρησιμοποιηθεί κατά κόρον στις ενεργειακές εφαρμογές και οι μέθοδοι υπεροχής όπως η ELECTRE και η PROMETHEE έχουν αποδειχθεί πολύτιμες στις περιπτώσεις όπου πρέπει να ληφθούν υπόψη περιβαλλοντικοί παράγοντες. Επιπλέον, η διεξόδυση των ΑΠΕ στα ενεργειακά συστήματα έχει πρόσφατα ερευνηθεί με τη χρήση τεχνικών πολυκριτηριακής ομαδικής λήψης απόφασης. Ωστόσο, πολιτικές, οικονομικές και θεσμικές αλλαγές είναι ουσιαστικές για την εφαρμογή περιβαλλοντικών και κοινωνικών θεωρήσεων στην ενεργειακή πολιτική. Τελικά το ζητούμενο στα πολυδιάστατα διαχειριστικά προβλήματα είναι ο συνδυασμός διαφορετικών ειδών πληροφοριών που θα οδηγήσει τελικά σε μια λύση. Οι πολυκριτηριακές μέθοδοι παρέχουν το πλαίσιο εργασίας για την συλλογή, την καταχώρηση και εν τέλει την ανάλυση όλων των σχετικών πληροφοριών καθιστώντας έτσι τη διαδικασία λήψης μιας απόφασης ανιχνεύσιμη και διαφανή.

# Κεφάλαιο 3

## Μεθοδολογία

### 3.1 Σκοπός – Στόχοι

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έχει ως σκοπό την συγκριτική αξιολόγηση αιολικού και φωτοβολταϊκού πάρκου σε δύο νομούς της Ελλάδος λαμβάνοντας υπόψη σημαντικά κριτήρια που θα αξιολογηθούν μέσω πολυκριτηριακής ανάλυσης. Τα αντικείμενα που θα παρουσιαστούν είναι η αναγνώριση της περιοχής μελέτης, η συλλογή των απαιτούμενων για την υλοποίηση της εργασίας δεδομένων και η παρουσίασή τους, ο προσδιορισμός των τεχνικών επεξεργασίας που προσδιορίζουν και επιλύουν το πρόβλημα και η υλοποίηση της επίλυσης στα κατάλληλα εργαλεία λογισμικού. Απαιτείται κριτική ανάλυση όλων των παραμέτρων του προβλήματος που προσδιορίζουν την επίλυση, έτσι ώστε το τελικό αποτέλεσμα να είναι το βέλτιστο δυνατό.

Τα κύρια στάδια ανάπτυξης περιλαμβάνουν:

- α. τη σύνοψη των ερευνητικών ερωτημάτων,
- β. την περιγραφή της περιοχής μελέτης,
- γ. την παρουσίαση των διαθέσιμων δεδομένων,
- δ. την παρουσίαση των τεχνικών επεξεργασίας σε επιλεγμένα εργαλεία λογισμικού.

Επιπλέον θα παρουσιαστεί αναλυτικά η διαδικασία επίλυσης που περιλαμβάνει δείκτες αιολικής έκθεσης, γεωγραφικούς δείκτες που είναι το αποτέλεσμα χωρικών σχέσεων και χωροθέτηση προσδιορισμό των ζωνών καταλληλότητας.

## 3.2 Περίπτωση Μελέτης Αιολικού Σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ισχύος 39MW στους δήμους Βυτίνας και Κλείτορος του Νομού Αρκαδίας

### *Περιοχή Μελέτης*

Το προτεινόμενο αιολικό πάρκο πρόκειται να εγκατασταθεί σε κορυφογραμμή μεταξύ των Δήμων Βυτίνας και Κλείτορος. Η θέση εγκατάστασης έχει μέσο υψόμετρο περίπου 1185 μέτρα από το επίπεδο της θάλασσας και αποτελείται από δημόσιες δασικές εκτάσεις χωρίς καλλιέργειες. Πρόσβαση υπάρχει μέσω της εθνικής οδού Τρίπολης - Πύργου μέχρι τη διασταύρωση για Μαγούλιανα στη συνέχεια μέσω της επαρχιακής οδού από τα Μαγούλιανα προς τη Λάστα και τέλος μέσω του υφιστάμενου δικτύου δασικών οδών το οποίο διατρέχει όλο το μήκος της κορυφογραμμής. Η θέση του πάρκου βρίσκεται εντός των γεωγραφικών ορίων των δήμων Βυτίνας και Κλείτορος. Ο δήμος Βυτίνας αποτελεί ένα δημοτικό διαμέρισμα που καταλαμβάνει έκταση 138.921 στρέμματα και έχει πληθυσμό 2.012 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2001 και ο δήμος Κλείτορος αποτελεί ένα δημοτικό διαμέρισμα έκτασης 151.070 στρεμμάτων και πληθυσμού 2.584 κατοίκων, σύμφωνα με την απογραφή του 2001. (Μπουργκούδη, 2009)

Ο αιολικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θα καταλάβει έκταση 400 στρεμμάτων περίπου, συμπεριλαμβανομένων και των εκτάσεων της εσωτερικής οδοποιίας και του χαντακιού όδευσης των καλωδίων. Πρέπει να σημειωθεί ότι σε αυτή την έκταση οι επεμβάσεις που θα γίνουν αφορούν ουσιαστικά στα τμήματα όπου θα γίνουν έργα οδοποιίας και στα τμήματα όπου θα διαμορφωθούν πλατείες για την ανέγερση των ανεμογεννητριών (Α/Γ), έκταση που αντιστοιχεί σε περίπου 220 στρέμματα.

Η πρωτογενής ενέργεια που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το προτεινόμενο έργο είναι η αιολική, δηλαδή ο άνεμος της περιοχής. Η μετατροπή της αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική γίνεται μέσω ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα. Ο κύριος εξοπλισμός θα είναι :

- A. Δεκατρείς (13) ανεμογεννήτριες (Α/Γ) ονομαστικής ισχύος 3000 k με διάμετρο πτερωτής 90m έκαστην

B. Δεκατρείς (13) πλατείες ανέγερσης επιφάνειας 50 m × 50 m.

Σε κάθε σημείο ανέγερσης Α/Γ θα γίνει διάνοιξη – διευθέτηση κατάλληλων πλατωμάτων, εμβαδού 2.500 m<sup>2</sup> περίπου, για την τοποθέτηση του πυλώνα, του θαλάμου και την συναρμολόγηση των πτερυγίων στο έδαφος επί της πλήμνης, πριν την τελική ανέγερση και εγκατάστασή τους στην τελική θέση.

Η κατασκευή του έργου θα αποτελέσει ένα πολύ σημαντικό επενδυτικό έργο στην περιοχή. Η αιολική ενέργεια ως μια μορφή ανανεώσιμης πηγής, διασφαλίζει την πορεία προς την βιώσιμη ανάπτυξη.

Το όφελος από τη λειτουργία του Α/Π θα είναι ανεκτίμητο για το περιβάλλον και την εθνική οικονομία, αφού ισοδυναμεί με την υποκατάσταση 20.635 ΤΙΠ (Τόνων Ισοδύναμου Πετρελαίου) και την επακόλουθη αποφυγή των άνω 70.000 τόνων ρύπων CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, HC και σωματιδίων ετησίως.

Χρησιμοποιώντας ένα πιο οικείο ανάλογο για να γίνει αντιληπτή η σημασία του έργου, αξίζει να αναφερθεί ότι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το Α/Π επαρκεί για την κάλυψη των οικιακών αναγκών περίπου 61.400 ανθρώπων, δηλαδή σχεδόν ολόκληρου του πληθυσμού της ευρύτερης περιοχής. Παράλληλα, θα αποφέρει σημαντικά οικονομικά οφέλη στο ελληνικό δημόσιο και κυρίως την τοπική αυτοδιοίκηση, μέσω των εσόδων από το καταβαλλόμενο αντάλλαγμα χρήσης γης και το αντισταθμιστικό τέλος του 3% των ακαθάριστων εσόδων αντίστοιχα. Τα κονδύλια αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη της περιοχής και να ενισχύσουν σημαντικά την τοπική δραστηριότητα.

Επιπλέον, το έργο θα δημιουργήσει νέες ευκαιρίες και θέσεις εργασίας, τόσο κατά την περίοδο κατασκευής, όσο και κατά την διάρκεια λειτουργίας του. Η υλοποίηση ενός Α/Π αυτής της κλίμακας είναι και τεχνικά ένα σημαντικό έργο, που θα χρειαστεί τη συνεισφορά των τοπικών εταιρειών για την εκτέλεση των εργασιών και την κατασκευή. Όσον αφορά στην περίοδο λειτουργίας του Α/Π, θα δημιουργηθούν νέες θέσεις εργασίας για τη συντήρηση του, οι οποίες θα καλυφθούν από κατοίκους της περιοχής. (ΡΑΕ)

✓ Οικονομικά Στοιχεία Έργου

Το συνολικό ύψος της επένδυσης ανέρχεται σε 44.423.754 €. Το κόστος του κυρίου εξοπλισμού, της λειτουργίας και συντήρησης του έργου καθώς και τα συνολικά ετήσια έσοδα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 3.1: Οικονομικά Στοιχεία Έργου, Περίπτωση 1η

Προϋπολογισμός Επένδυσης	Ευρώ
<b>Σύνολο Επένδυσης</b>	44.423.754
<b>Δαπάνες Εξοπλισμού</b>	39.514.973
<b>Άλλες Δαπάνες</b>	4.908.781
<b>Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας &amp; Συντήρησης</b>	1.005.871
<b>Συνολικά Ετήσια Έξοδα</b>	5.503.185

- Κατάσταση Περιβάλλοντος

Η θέση εγκατάστασης του σταθμού βρίσκεται σε υψόμετρο περίπου 1.300 μέτρων από το επίπεδο της θάλασσας σε περιοχή που κυριαρχούν τα ημιορεινά οικοσυστήματα. Στην περιοχή που θα εγκατασταθεί το Α/Π δεν υπάρχουν Ειδικές Φυσικές Περιοχές. Σε απόσταση μεγαλύτερη από 10 km ανατολικά της θέσης εγκατάστασης, υπάρχει η περιοχή NATURA «Όρος Μαίναλο» με κωδικό GR2520001. Μικρό τμήμα της περιοχής αποτελεί θεσμοθετημένο Καταφύγιο Άγριας Ζωής (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας)

Ο χαρακτήρας της προστατευόμενης περιοχής είναι κατά βάση ορεινός με εκτεταμένα δάση κωνοφόρων). Επίσης, υπάρχουν και αμιγή δάση των δύο ειδών και είναι τα περισσότερο εύρωστα στην Πελοπόννησο.

Στην περιοχή όπου θα εγκατασταθεί το Αιολικό Πάρκο υπάρχουν κυρίως μικρά πτηνά της Τάξης των Στρουθιόμορφων. Μεγαλύτερα πτηνά είναι περαστικά.

- Δημογραφικά Στοιχεία

Με βάση στοιχεία απογραφών από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας (ΕΣΥΕ) η δημογραφική εξέλιξη της περιοχής μελέτης παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα .

Πίνακας 3.2: . Δημογραφική Εξέλιξη Νομού Αρκαδίας (Πηγή: ΕΣΥΕ, απογραφές πληθυσμού)

	2001	2011
<b>Νομός Αρκαδίας</b>	132.052	102.035
<b>Δήμος Βυτίνας</b>	2012	1.116
<b>Δ.Δ. Κλείτορος</b>	2.584	1.406

### 3.2.1 Εκτίμηση και αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων

- ✓ **Κλιματικά και βιοκλιματικά χαρακτηριστικά**
- *Φάση Κατασκευής και Λειτουργίας*

Οι εργασίες κατασκευής του Αιολικού Πάρκου δεν θα επιφέρουν καμία μεταβολή στα κλιματικά και βιοκλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, εφόσον πρόκειται για τυπικό εργοτάξιο μικρής έκτασης και χρονικής διάρκειας, όπου δεν θα κατακλυσθούν εκτάσεις με νερό, δεν θα υπάρξουν αποξηράνσεις υδάτινων μαζών, ούτε και θα αλλάξουν ριζικά τις κλίσεις και τη μορφολογία ώστε να δημιουργηθούν νέα μικροπεριβάλλοντα.

- ✓ **Μορφολογικά και τοπιολογικά χαρακτηριστικά**
- *Φάση Κατασκευής*

Για την κατασκευή του Έργου θα πραγματοποιηθούν εργασίες επί των υφιστάμενων δασικών οδών και μονοπατιών, γεγονός που μειώνει τις όποιες διαταραχές στη μορφολογία και στο τοπίο, εφόσον δεν θα υπάρξει μεταβολή του ανάγλυφου ή των κλίσεων ή άλλων φυσιογραφικών χαρακτηριστικών της περιοχής.

Δεν θα αποξηλωθεί δενδρώδης βλάστηση (εφόσον δεν υπάρχει στην περιοχή μελέτης), οπότε οι οπτικές αντιθέσεις περιορίζονται στο ελάχιστο. Οι όποιες οχλήσεις στο τοπίο της περιοχής από το εργοτάξιο θα είναι προσωρινές και άμεσα αντιστρεπτές.

➤ *Φάση Λειτουργίας*

Η λειτουργία του Α/Π δεν τροποποιεί τα βασικά μορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης. Όσον αφορά το θέμα των τοπιολογικών χαρακτηριστικών που θα αλλάξουν με την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών, μελέτες έχουν δείξει την υποκειμενικότητα του θέματος, ανάλογα με το εάν ο «παρατηρήτης» είναι φίλα διακείμενος με τις ΑΠΕ ή όχι. Άλλωστε δεν υπάρχουν αξιόθεατα στην περιοχή μελέτης ώστε να προκύπτει θέμα παρεμπόδισης της «θέας». Αντίθετα, οι ανεμογεννήτριες με την τοπογραφική στοίχιση στο χώρο, την περιστροφή τους κλπ ενδέχεται να αποτελέσουν πόλο έλξης «θεατών»

- ✓ **Ανθρωπογενές περιβάλλον**
- **Χρήσεις γης**

➤ *Φάση Κατασκευής*

Οι εργασίες θα υλοποιηθούν σε δημόσια δασική έκταση και θα χρησιμοποιηθούν υπάρχοντες δημόσιοι δρόμοι - μονοπάτια πρόσβασης, οπότε δεν θα υπάρξουν επιπτώσεις στις χρήσεις γης κατά τη Φάση Κατασκευής του έργου.

➤ *Φάση Λειτουργίας*

Το Α/Π δεν θα επηρεάσει στο ελάχιστο τις χρήσεις γης κατά τη λειτουργία του.

- **Δομημένο περιβάλλον**
- *Φάση Κατασκευής και Λειτουργίας*

Δεν θα επηρεασθεί κανένα στοιχείο του δομημένου περιβάλλοντος.

- **Ιστορικό και πολιτιστικό περιβάλλον**
- *Φάση Κατασκευής και Λειτουργίας*

Δεν θα υπάρξει καμία εμπλοκή με ιστορικά μνημεία και πολιτιστικούς χώρους κατά την κατασκευή και λειτουργία του έργου.

- **Κοινωνικό - οικονομικό περιβάλλον - τεχνικές υποδομές**
- *Φάση Κατασκευής*



Δεν υπάρχουν οικισμοί κοντά στην περιοχή που θα εγκατασταθεί ο σταθμός και οι εργασίες του θα υλοποιηθούν έτσι ώστε να μην υπάρξουν διαταραχές στον κοινωνικό ιστό από τη Φάση Κατασκευής του έργου.

Δεν αναμένονται διαταραχές σε καμία οικονομική δραστηριότητα της περιοχής. Η τοπική οικονομία θα ωφεληθεί το χρονικό διάστημα που θα κατασκευασθεί το έργο, εφόσον θα απασχοληθούν τοπικές εργολαβικές εταιρείες και προσωπικό. Επίσης η κατασκευή του Α/Π δεν θα προκαλέσει μεταβολές στις τεχνικές υποδομές της περιοχής

➤ *Φάση Λειτουργίας*

Δεν θα υπάρχουν επιπτώσεις στο κοινωνικό – οικονομικό περιβάλλον από τη λειτουργία του έργου.

✓ **Ατμοσφαιρικό περιβάλλον**

➤ *Φάση Κατασκευής*

Οι κύριοι ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι αιωρούμενα σωματίδια (εκσκαφές, χωματισμοί, μεταφορικό έργο κλπ) και τυπικές εκπομπές μηχανών (NO<sub>x</sub>, CO) από το εργοτάξιο. Λόγω της μικρής χρονικής διάρκειας του εργοταξίου οι επιπτώσεις στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον είναι αμελητέες.

➤ *Φάση Λειτουργίας*

Οι αιολικοί σταθμοί είναι εγκαταστάσεις μηδενικών εκπομπών και έτσι δεν θα υπάρξουν αρνητικές επιπτώσεις στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον. Επιπλέον, το έργο θα συνεισφέρει στη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου. Στην αποφυγή εκπομπής ρύπων πρέπει να προστεθεί και η αποφυγή εκπομπής βασικών ρύπων της ενεργειακής βιομηχανίας όπως SO<sub>2</sub>, Σωματίδια κλπ.

✓ **Ακουστικό περιβάλλον, δονήσεις, ακτινοβολίες**

➤ *Φάση Κατασκευής*

Κατά τη διάρκεια των εργασιών θα δημιουργηθεί θόρυβος από τις εκσκαπτικές εργασίες, τις εργασίες θεμελίωσής και τη μεταφορά. Από τις εργασίες τοποθέτησης του υπογείου καλωδίου, ο μέγιστος αποδεκτός θόρυβος είναι στα 75dB σε απόσταση 1m από τα παράθυρα των οικιών που επηρεάζονται από το έργο. Το κριτήριο αυτό ικανοποιείται βάσει του είδους και της έκτασης των εργασιών. Επίσης κατά τη Φάση Κατασκευής του σταθμού δεν θα υπάρξουν ακτινοβολίες.

➤ *Φάση Λειτουργίας*

Ο θόρυβος που παράγεται από μια Α/Γ διακρίνεται στις εξής κατηγορίες:

- ◆ το μηχανικό θόρυβο που προέρχεται από την ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση (πολλαπλασιαστής στροφών, ηλεκτρογεννήτρια)
- ◆ τον αεροδυναμικό θόρυβο που προέρχεται από τα κινητά μέρη της Α/Γ (θόρυβος περιστροφής και θόρυβος τύρβης) ( Harrison, 2011).

### **3.3 Περίπτωση Μελέτης Φωτοβολταϊκού Σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ισχύος 39 MW στο Δήμο Μεγαλόπολης του Νομού Αρκαδίας**

Το προτεινόμενο έργο αφορά την εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού Συστήματος (Φ/Σ), ισχύος 39MW, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και πιο συγκεκριμένα, της ηλιακής ακτινοβολίας. Η θέση εγκατάστασης του έργου βρίσκεται σε απόσταση περίπου 700m νότια από τη πόλη της Μεγαλόπολης, 400m βορειοανατολικά του πρώην οικισμού Ανθοχωρίου και ανατολικά του ορυχείου επιφανειακής εκμετάλλευσης λιγνίτη Χωρεμίου. Οι κοντινότεροι οικισμοί εκτός της Μεγαλόπολης είναι η Βρυσούλα (περίπου 1km νοτιοανατολικά) και τα Περιβόλια (περίπου 1.1km ανατολικά). (Μπουργκούδη, 2009)

Η περιοχή βρίσκεται εκτός προστατευμένων περιοχών (NATURA 2000, Βιότοποι CORINE κ.α.) και δεν αποτελεί τοπίο ιδιαίτερου φυσικού κάλους.

Η μομάδα θα αποτελείται από 216.667 φωτοβολταϊκά πλαίσια (Φ/Π), τύπου μονοκρυσταλικού πυριτίου και κάθε ένα ονομαστικής ισχύος 180W. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς θα ανέρχεται σε 39MW. Τα Φ/Π θα είναι εγκατεστημένα σε συστοιχίες με νότιο προσανατολισμό, τοποθετημένα σε ελαφρού τύπου μμεταλλικές κατασκευές και με κλίση 26°.

Στόχος της επένδυσης είναι η αξιοποίηση του ηλιακού δυναμικού της περιοχής. Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί έναν ήπιο, καθαρό και ανεξάντλητο εγχώριο ενεργειακό πόρο που παρέχει ανεξαρτησία και σταθερότητα - ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία.

Η σημασία του έργου εστιάζεται σε τρία κυρίως σημεία:

- α) στην σπουδαιότητα αξιοποίησης του ηλιακού δυναμικού της περιοχής,
- β) στην ενίσχυση της διαθέσιμης ισχύος του συστήματος μεταφοράς που προέρχεται από την νότια Ελλάδα και
- γ) σε τοπικό επίπεδο, στην αξιοποίηση εδαφών στα οποία δεν μπορούν να εφαρμοσθούν αποδοτικά άλλες χρήσεις γης, όπως γεωργικής παραγωγής, λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους.

#### ✓ **Οικονομικά Στοιχεία του Έργου**

Το συνολικό ύψος της επένδυσης ανέρχεται σε 156.000.000 €. Το κόστος του κυρίου εξοπλισμού, της λειτουργίας και συντήρησης του έργου καθώς και τα συνολικά ετήσια έσοδα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.3: Οικονομικά Στοιχεία Έργου

<b>ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ</b>		<b>Ευρώ</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ</b>		156.000.000
<b>ΔΑΠΑΝΕΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>		150.550.000
<b>ΑΛΛΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ</b>		5.450.000
<b>ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ &amp; ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ</b>		230.000
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ</b>		15.300.508

✓ *Συσχέτιση του Έργου με άλλα Έργα ή Δραστηριότητες*

Η ευρύτερη περιοχή εγκατάστασης του έργου συγκεντρώνει δραστηριότητες υψηλής όχλησης, όπως τα ορυχεία και τις ατμοηλεκτρικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα το περιβάλλον να είναι ιδιαίτερα υποβαθμισμένο. Επίσης η εξορυκτική δραστηριότητα που παρατηρείται στη θέση εγκατάστασης του σταθμού και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εδάφους (χαλαρή συνοχή και μικρή καλλιεργητική παραγωγικότητα), καθιστούν περιορισμένες τις δυνατότητες αξιοποίησης του χώρου.

Η εγκατάσταση του Φ/Σ αποτελεί μια ιδανική περίπτωση για να ανακτήσει και να διατηρήσει ο χώρος μια ουσιαστική αξία, προσφέροντας στο κοινωνικό σύνολο πραγματικό όφελος. Ένας χώρος ουσιαστικά μη ανταποδοτικός καθίσταται οικονομικά αξιοποιήσιμος, και μάλιστα από μία ιδιαίτερα ήπιας οχλήσεως δραστηριότητα. Η παρουσία του Φ/Σ δεν αναμένεται να δημιουργήσει έντονες πιέσεις στο έδαφος, αφού η μεταλλική υποδομή κάθε φωτοβολταϊκής συστοιχίας αποτελεί ελαφρά κατασκευή και η αυτοματοποιημένη λειτουργία του Φ/Σ επιτυγχάνει περιορισμένες μετακινήσεις επί του χώρου. Επιπλέον, για την διάταξη των Φ/Π απαιτείται κατάλληλη διαμόρφωση του χώρου, η οποία θα περιλαμβάνει και δίκτυο απορροής των βρόχινων υδάτων, περιορίζοντας τη βασική παράμετρο διάβρωσης του εδάφους. Επίσης, η ανάπτυξη χαμηλής βλάστησης, περιμετρικά αλλά και εντός του χώρου, για την απόκρυψη του

έργου, συμβάλλει στην ενίσχυση του εδάφους αλλά και στην εν γένει ουσιαστική ανάπλαση του χώρου ώστε δυνητικά να γίνει ελκυστικό προς άλλες χρήσεις.

Συνοψίζοντας, το έργο αξιοποιεί έναν τοπικό ανεξάντλητο φυσικό πόρο, του οποίου η χρήση δεν προξενεί όχληση ή μόλυνση του περιβάλλοντος, αντιθέτως, συμβάλει στον περιορισμό της ρύπανσης, αφού υποκαθιστά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικές ρυπογόνες πηγές ενέργειας, με προφανές εθνικό όφελος.

#### ✓ **Περιγραφή του φυσικού περιβάλλοντος της περιοχής μελέτης**

##### ➤ *Βλάστηση – Χλωρίδα*

Η χλωρίδα στην Αρκαδία είναι πλούσια σε βοτανικά είδη. Χαρακτηριστικότερα είναι τα αείφυλλα, πλατύφυλλα, η ελιά, η λεύκα. Από τα ψυχανθή (τριφύλλι, κουκιά, φασόλια κτλ) και τα αγρωστώδη (σιτηρά) που ενδιαφέρουν ιδιαίτερα την κτηνοτροφία, υπάρχουν πολλά είδη.

##### ➤ *Πανίδα*

Η σημερινή άγρια πανίδα, κυρίως της ομοταξίας των θηλαστικών, έχει κατά πολύ ελαττωθεί, ενώ αντίθετα αυξήθηκε γενικά ο αριθμός των κατοικίδιων ζώων καθώς και των εντόμων και τρωκτικών, που αποτελούν παράσιτα του ανθρώπου, των ζώων και των καλλιεργειών.

#### ✓ *Ανθρωπογενές περιβάλλον*

##### ➤ *Χωροταξικός σχεδιασμός – χρήσεις γης*

Η εξεταζόμενη περιοχή αποτελεί ιδιωτική έκταση με κύρια χρήση την επιφανειακή εξόρυξη λιγνίτη για την τροφοδοσία μονάδων ηλεκτροπαραγωγής. Επιπλέον ορισμένα σημεία της ευρύτερης περιοχής περιστασιακά χρησιμοποιούνται και ως βοσκότοποι.

##### ➤ *Δομημένο περιβάλλον*

Η περιοχή εγκατάστασης του Φ/Σ βρίσκεται εκτός του πολεοδομικού ιστού της Μεγαλόπολης, καθώς και εκτός των ορίων των γύρω οικισμών, πολλοί από τους οποίους έχουν απαλλοτριωθεί ή και γκρεμιστεί.

##### ➤ *Κοινωνικό – οικονομικό περιβάλλον – τεχνικές υποδομές*

Η Μεγαλόπολη είναι ένα από τα σημαντικότερα ενεργειακά κέντρα της Ελλάδας. Από το 1965, όταν δημιουργήθηκε ο ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός της ΔΕΗ, η Μεγαλόπολη

γνώρισε αξιόλογη άνθηση οπότε και ο πληθυσμός της διπλασιάστηκε. Ένα μεγάλο μέρος του ενεργού πληθυσμού εργάζεται στον σταθμό και στα έργα της ΔΕΗ. Η τοπική οικονομία για ολόκληρη την περιοχή στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στην ενεργειακή δραστηριότητα. Τα τελευταία χρόνια, η Μεγαλόπολη έχει εξελιχθεί σε σύγχρονη πόλη, με αρκετές δημόσιες υπηρεσίες, τράπεζες, καθώς και πλούσιο εμπορικό κέντρο. Ακόμα διαθέτει Κέντρο Υγείας, σύγχρονο αθλητικό κέντρο και δύο στάδια, ένα κλειστό και ένα ανοικτό, οικολογικό πάρκο στον οικισμό Ψαθί και ξενοδοχεία εστιατόρια, ταβέρνες και χώρους διασκέδασης. Επίσης, αρκετά έργα ανάπλασης έχουν ολοκληρωθεί ή είναι σε εξέλιξη στην περιοχή.

### **3.3.1 Εκτίμηση και αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων**

#### *✓ Κλιματικά και βιοκλιματικά χαρακτηριστικά*

Η κατασκευή του Φ/Β σταθμού δε συνεπάγεται καμία αλλαγή στα κλιματολογικά και βιοκλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

#### *✓ Μορφολογικά και τοπιολογικά χαρακτηριστικά*

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι κατασκευές που επηρεάζουν την αισθητική, αφού καλύπτουν σχετικά μεγάλη επιφάνεια, ενώ επιτρέπουν σε περιορισμένο βαθμό την αντανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας. Επομένως είναι σκόπιμο να αποφεύγεται η εγκατάσταση τους σε περιοχές ιδιαίτερου φυσικού κάλλους ή άλλης ιδιάζουσας σημασίας. Ωστόσο, η αισθητική των Φ/Π γίνεται σταδιακά οικεία προς τους παρατηρητές.

Η περιοχή εγκατάστασης βρίσκεται εκτός προστατευμένων περιοχών και δεν αποτελεί τοπίο ιδιαίτερου φυσικού κάλλους. Επιπροσθέτως, δεν υπάρχουν γνωστοί αρχαιολογικοί χώροι, μνημεία ή αξιοθέατα και ο κοντινότερος οικισμός απέχει τουλάχιστον 700m. Δεδομένου ότι με την εγκατάσταση του Φ/Β σταθμού προβλέπονται συνοδευτικά έργα, όπως διαμόρφωση καναλιών απορροής των βρόχινων υδάτων και διαμόρφωση του χώρου με χαμηλή βλάστηση, αναμένεται μια ποιοτική ανάπλαση του ευρύτερου χώρου. Συνεπώς δεν προκύπτει αισθητική όχληση από την εγκατάσταση του Φ/Σ.

#### *✓ Ανθρωπογενές περιβάλλον*

##### *➤ Χρήσεις γης*

Η ευρύτερη περιοχή εγκατάστασης του έργου αποτελεί ιδιωτική έκταση με κύρια χρήση την επιφανειακή εξόρυξη του λιγνιτικού κοιτάσματος και την τροφοδότηση του για την λειτουργία των ατμοηλεκτρικών σταθμών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η συγκεκριμένη περιοχή αποτελεί χώρο απόθεσης των αγόνων της εξόρυξης, η οποία είναι διαβαθμισμένη σε τρία επίπεδα με μερική διαμόρφωση και ανάπλαση. Επίσης παροδικά χρησιμοποιείται και ως βοσκότοπος. Η τοποθέτηση των Φ/Π καθιστά αδύνατη κάθε άλλη χρήση της γης καθ' όλη την περίοδο λειτουργίας του Φ/Σ.

➤ *Δομημένο περιβάλλον*

Η εγκατάσταση του Φ/Σ στην περιοχή δεν πρόκειται να δημιουργήσει αλλαγές στα μορφολογικά χαρακτηριστικά του πολεοδομικού ιστού της Μεγαλόπολης, ούτε διάσπαση του πολεοδομικού χώρου κατά την διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών.

➤ *Ιστορικό και πολιτιστικό περιβάλλον*

Η εγκατάσταση και λειτουργία του σταθμού δεν θα έχει επίπτωση στο ιστορικό και πολιτιστικό περιβάλλον της περιοχής, καθώς δεν υπάρχει οπτική επαφή με κάποια περιοχή αρχαιολογικού ενδιαφέροντος.

✓ *Κοινωνικό – οικονομικό περιβάλλον – τεχνικές υποδομές*

Σύμφωνα με μελέτη του Συνδέσμου Εταιριών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ) που βασίζεται σε ανάλυση του κύκλου ζωής των φωτοβολταϊκών από το REPP (Renewable Energy Policy Project) στις ΗΠΑ το 2001, κάθε νέο MWp φωτοβολταϊκών δημιουργεί 69.650 εργατοώρες ή ισοδύναμα 37,8 εργατοέτη. Επομένως είναι προφανής η προσφορά των φωτοβολταϊκών στη δημιουργία θέσεων εργασίας [<http://helapco.gr/>].

Πιο συγκεκριμένα για το έργο, κατά την κατασκευή του θα δημιουργηθεί βραχυπρόθεσμα ένας αξιόλογος αριθμός θέσεων εργασίας. Η λειτουργία του Φ/Σ είναι αυτόματη, ωστόσο θα δημιουργηθούν λίγες θέσεις κυρίως για την φύλαξη του. Οι θέσεις αυτές θα καλυφθούν από κατοίκους της ευρύτερης περιοχής. Το έργο θα ενισχύσει το ενεργειακό δυναμικό της περιοχής. Η ενέργεια θα προέρχεται από μια ανανεώσιμη πηγή η οποία είναι ανεξάντλητη, ενισχύοντας την Εθνική Οικονομία αφού περιορίζεται η εφαρμογή άλλων συμβατικών μεθόδων με χρήση δαπανηρών και μη φιλικών προς το περιβάλλον πρώτων υλών (μαζούτ, λιγνίτης, κάρβουνο κλπ).

Το συγκεκριμένο έργο θα συνεισφέρει στην ενδυνάμωση της ενεργειακής αυτονομίας της χώρας και στην υποκατάσταση των χρησιμοποιούμενων πρώτων υλών με στόχο την

παραγωγή οικονομικότερης και κυρίως καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, η διαμόρφωση του χώρου εγκατάστασης θα επιτρέψει την ανάπλαση του χώρου, προσδίδοντας μια τονωτική ανάσα στην περιβαλλοντικά υποβαθμισμένη περιοχή. Έτσι ενισχύεται η ποιότητα της ζωής των κατοίκων σε τοπικό και υπερτοπικό επίπεδο.

- ✓ *Ατμοσφαιρικό περιβάλλον*
- *Αέριοι ρύποι*

Κατά τη φάση κατασκευής του έργου, αναμένεται μικρή αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, οφειλόμενη στους ρύπους των μεταφορικών οχημάτων και σκαπτικών μηχανημάτων.

Κατά τη φάση λειτουργίας του έργου δεν αναμένονται επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα, καθώς οι εγκαταστάσεις δεν εκπέμπουν αέριους ρύπους, ούτε εκλύουν οσμές. Επίσης, τα έργα σύνδεσης του σταθμού με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας δεν προκαλούν επιβάρυνση της ατμόσφαιρας.

### **3.4 Περίπτωση Μελέτης Αιολικού Σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ισχύος 20 MW στους Δήμους Κασσωπαίων - Θιναλίου του Νομού Κέρκυρας**

Περιοχή Μελέτης

Η προβλεπόμενη θέση εγκατάστασης του αιολικού πάρκου εκτείνεται σε τμήμα της κορυφογραμμής μεταξύ υψομέτρων 620-680 m, εντάσσεται στο ορεινό συγκρότημα του όρους Παντοκράτωρ και εκτείνεται στο Βορειοανατολικό τμήμα του Νομού Κέρκυρας.



Πιο συγκεκριμένα η προς εξέταση περιοχή βρίσκεται στην βόρεια Κέρκυρα και συγκεκριμένα στους Δήμους Κασσωπαίων και Θιναλίου του Νομού Κερκύρας και οριοθετείται από τους οικισμούς Περίθειας, Μεργουλάς, Παλαιόν χωρίον και Στρινύλας. Το έργο θα εγκατασταθεί σε χαρακτηριστική κορυφογραμμή, χωρίς σημαντική βλάστηση ή καλλιέργειες. (Μπουργκούδη,2009)

Βρίσκεται σε μέση απόσταση 700 μέτρα βόρεια του οικισμού Παλαιόν Χωρίον, 700 μέτρα νοτιοανατολικά της Περίθειας & 500 μέτρα δυτικά του συνοικισμού Μεργουλάς. Η συγκεκριμένη θέση χαρακτηρίζεται από έλλειψη καλλιεργειών με αραιή θαμνώδη βλάστηση κατά θέσεις και χρησιμοποιείται από τους κατοίκους των γειτονικών χωριών ως βοσκότοπος αιγοπροβάτων. Οι αποστάσεις της πλησιέστερης ανεμογεννήτριας έχουν ως εξής:

- Από οικισμούς:
  1. Από τον οικισμό Παλαιόν Χωρίον 700μ.
  2. Από τον οικισμό Περίθειας 700μ.
  3. Από τον οικισμό Μεργουλάς 500μ.
- Από το πλησιέστερο σημείο επαρχιακής οδού απόσταση 2700 μ.

Ο κύριος εξοπλισμός και τα βασικά έργα του ΑΣΠΗΕ θα είναι :

◆ Δέκα (10) ανεμογεννήτριες (Α/Γ) ονομαστικής ισχύος 2000 kW με διάμετρο πτερωτής 82m έκαστη

◆ Δέκα (10) πλατείες ανέγερσης επιφάνειας 50 m × 50 m

Οι Α/Γ θα είναι ονομαστικής ισχύος 2000 kW σε κατάλληλη απόσταση διαταγμένες μεταξύ τους ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα αεροδυναμικής σκίασης και υψηλής τύρβης του ανέμου και να βελτιστοποιείται η ενεργειακή απόδοσή τους μειώνοντας τη φθορά τους και αυξάνοντας το χρόνο ζωής της εγκατάστασης.

Ο αιολικός σταθμός χωροθετείται εντός Περιοχής Αιολικής Καταλληλότητας. Σύμφωνα με τα στοιχεία στην ιστοσελίδα της Ρ.Α.Ε., διαπιστώνεται ότι δεν υφίσταται υπέρβαση της μέγιστης πυκνότητας των πρωτοβάθμιων Ο.Τ.Α. (Δήμοι Κασσωπαίων και Θιναλίου) στους οποίους πρόκειται να εγκατασταθεί ο σταθμός, σύμφωνα με τα οριζόμενα στο ΕΠΧΣΑΑ – ΑΠΕ.

Στόχος της κατασκευής του έργου είναι η αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού της περιοχής για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Η συμβολή των αποκεντρωμένων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (αιολικά πάρκα) δεν περιορίζεται μόνο στα περιβαλλοντικά οφέλη, τα οποία είναι κυρίως η μείωση των αέριων εκπομπών (κυρίως CO<sub>2</sub>) λόγω της μείωσης της χρήσης των συμβατικών καυσίμων αλλά εξασφαλίζει και οικονομικά και πολιτικά οφέλη σε εθνικό επίπεδο.

✓ *Οικονομικά Στοιχεία του Έργου*

Το συνολικό ύψος της επένδυσης ανέρχεται σε 26.000.000 €. Το κόστος του κυρίου εξοπλισμού, της λειτουργίας και συντήρησης του έργου καθώς και τα συνολικά ετήσια έσοδα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.4: Οικονομικά Στοιχεία Έργου, Περίπτωση 2η

<b>ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ</b>	<b>Ευρώ</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ</b>	26.000.000
<b>ΔΑΠΑΝΕΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>	22.000.000
<b>ΑΛΛΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ</b>	4.000.000
<b>ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ &amp; ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ</b>	549.993
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ</b>	2.822.146

✓ *Περιγραφή του φυσικού περιβάλλοντος της περιοχής μελέτης*

Η περιοχή μελέτης καθώς και η ευρύτερη περιοχή δεν είναι ενταγμένη στο δίκτυο οικοτόπων Natura 2000 (περιοχές ειδικής διατήρησης της Κοινοτικής οδηγίας 92/43). Βόρεια και σε πολύ μεγάλη απόσταση από το έργο 6,5 χλμ. περίπου ευρίσκεται η περιοχή «ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑ ΑΝΤΙΝΙΟΤΗ» αποτελεί οικότοπο κοινοτικού ενδιαφέροντος pSCI/SPA σύμφωνα με την οδηγία 92/43/ΕΟΚ και έχει συμπεριληφθεί στις προτεινόμενες για ένταξη στο Ευρωπαϊκό Δίκτυο Προστατευόμενων περιοχών «ΦΥΣΗ 2000» με κωδικό GR 2230001. (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας *Βλάστηση – Χλωρίδα*)

Το μεγαλύτερο μέρος του νησιού καλύπτεται από ελαιώνες και δασικές εκτάσεις της διάπλασης των αείφυλλων πλατύφυλλων. Στην περιοχή μελέτης οι ελαιώνες καταλαμβάνουν τις χαμηλότερες, υψομετρικά, θέσεις, όπου υπάρχει ικανοποιητικό βάθος εδάφους. Στις επικλινέστερες, ξηρότερες και αβαθείς εκτάσεις, καθώς και στις κοίτες των ρεμάτων, απαντάται η ένωση των αείφυλλων πλατύφυλλων. Σημαντικό μέρος της περιοχής μελέτης, κυρίως στα μεγαλύτερα υψόμετρα, καταλαμβάνει η διάπλαση των φρύγανων της θερμο-Μεσογειακής ζώνης, η οποία εξαπλώνεται στα αποπλυμένα, λόγω της υπερβόσκησης και των επαναλαμβανόμενων πυρκαγιών, εδάφη. Τέλος σημειώνεται η ύπαρξη αρκετών εγκαταλελειμμένων αγροκτημάτων, τα οποία εντοπίζονται σε θέσεις με ικανοποιητικό βάθος εδάφους κυρίως σε μισγάγγειες, όπου παλαιότερα κατασκευάζονταν αναβαθμοί από ξηρολιθοδομή για τη δημιουργία επίπεδων επιφανειών και τη συγκράτηση του εδάφους. Η περιοχή εγκατάστασης του Α/Π, αποτελεί χορτολιβαδική έκταση που χρησιμοποιείται ως βοσκότοπος. Από την ανωτέρω περιγραφή του φυσικού περιβάλλοντος του άμεσου χώρου επέμβασης συμπεραίνεται ότι:

- ◆ Ο άμεσος χώρος επέμβασης χρησιμοποιείται περιστασιακά από την πανίδα, λόγω της έλλειψης θέσεων απόκρυψης
- ◆ Η μη ένταξη του άμεσου χώρου επέμβασης σε καμία θεσμοθετημένη προστατευόμενη περιοχή (Natura) συνηγορεί στην χαμηλή οικολογική του αξία
- ◆ Η θέση ίδρυσης του αιολικού πάρκου, δεν είναι ιδιαίτερου φυσικού κάλλους και η θέση των Α/Γ δε δημιουργεί σημαντικά προβλήματα στην αισθητική του τοπίου
- ◆ Κανένα σπάνιο ή προστατευόμενο είδος δεν παρατηρήθηκε στον άμεσο χώρο επέμβασης Όλα τα ανωτέρω αναφερόμενα συνηγορούν ότι οι επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον της περιοχής μελέτης από την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου και την κατασκευή των συνοδών είναι ασήμαντες

#### ➤ Πανίδα

Στην Κέρκυρα απαντάται ένας αξιόλογος αριθμός ειδών πανίδας. Τα θηλαστικά που συναντώνται είναι κυρίως η Αλεπού, ο Λαγός, το Κουνάβι, ο Σκαντζόχοιρος, ο Μαύρος Ποντικός, ο Σπιτοποντικός, η Νυχτερίδα, η Βίδρα κ.α. Από τα ερπετά ξεχωρίζουν οι χελώνες του γλυκού νερού που βρίσκονται σε όλους σχεδόν τους υγρότοπους, η χερσαία χελώνα, διάφορα είδη σαυρών και πολλά είδη φιδιών.

Η ιδιαίτερη γεωγραφική θέση του Νομού Κέρκυρας σε συνδυασμό με την πυκνή βλάστηση και την ποικιλία των οικοσυστημάτων συντελεί στην παρουσία πλούσιας ορνιθοπανίδας. Ιδιαίτερα κατά την μεταναστευτική περίοδο η παρουσία των πτηνών είναι πολυπληθής. Χωρίς να έχει καταγραφεί το σύνολο της ορνιθοπανίδας, μέχρι σήμερα έχουν αναφερθεί περισσότερα από 170 διαφορετικά είδη πτηνών, μερικά από τα οποία ανήκουν σε σπάνια είδη και προστατεύονται από διεθνείς συμβάσεις [<http://www.ornithologiki.gr/>].

Ιδιαίτερα στους κερκυραϊκούς υγρότοπους, κατά την μεταναστευτική περίοδο, ο αριθμός των πτηνών αυξάνεται εντυπωσιακά. Ορισμένα είδη όπως Σφυριχτάρι, Νανοσκαλίδρα, Δρεπανοσκαλίδρα κ.α. αριθμούν γύρω στα χίλια άτομα σε μία μόνο ημέρα, σε μία θέση παρατήρησης. Θα πρέπει να τονιστεί, ότι ο αριθμός του απειλούμενου με εξαφάνιση πανευρωπαϊκά Αγριοτσικνιά είναι ιδιαίτερα μεγάλος στη λιμνοθάλασσα Χαλικιοπούλου [<http://www.ornithologiki.gr/>].

Στις ορεινές περιοχές (περιοχή Παντοκράτορα) εμφανίζονται συχνά διαφορά γερακόμορφα, τα οποία μετακινούνται από τις απέναντι αλβανικές ακτές ακολουθώντας τα μεταναστευτικά πτηνά. Ορισμένες από τις βραχονησίδες που περιβάλλουν την Κέρκυρα είναι τόπος φωλιάσματος πτηνών (π.χ. η Περιστέρα και το Καπαρέλι είναι τόπος φωλιάσματος Αγριοπερίστερων και Γλάρων). Κατά τα λοιπά, εκτός από κοινά είδη στρουθιόμορφων, απαντώνται και τα αποδημητικά όπως το τρυγόνι, η μπεκάτσα, η τσίχλα, κλπ [<http://www.ornithologiki.gr/>].

- ✓ *Ανθρωπογενές περιβάλλον*
- *Χωροταξικός σχεδιασμός – χρήσεις γης*

Το προτεινόμενο έργο είναι συμβατό με τους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης των υποδομών ενέργειας που προωθείται από την επίσημη πολιτεία και πιο συγκεκριμένα αναφορικά με την μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, την ενίσχυση της ενεργειακής θέσης της Περιφέρειας και την προώθηση των ήπιων και ανανεώσιμων μορφών ενέργειας.

Επιπροσθέτως, τα δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας υπάρχουν σε μικρή απόσταση από την θέση εγκατάστασης των ανεμογεννητριών και δημιουργεί σημαντικές δυνατότητες επενδύσεων. Οι επενδύσεις που κατ' εξοχήν σχετίζονται με την ύπαρξη

υφιστάμενων γραμμών μεταφοράς είναι εκείνες της ηλεκτροπαραγωγής και ιδιαίτερα εκείνες της ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

### **3.4.1 Εκτίμηση και αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων**

- ✓ *Κλιματικά και βιοκλιματικά χαρακτηριστικά*
- *Φάση κατασκευής*

Οι σχετικές επιπτώσεις που θα προκληθούν (μορφολογία, βλάστηση κτλ) από την κατασκευή του αιολικού πάρκου είναι πολύ μικρής κλίμακας και οι αλλαγές στην υφιστάμενη μορφολογία, θα περιοριστούν στις άκρως απαραίτητες.

Έτσι οι επιδράσεις σε παραμέτρους όπως η αντανακλαστικότητα των επιφανειών, η εξατμισοδιαπνοή του εδάφους κτλ είναι ακόμα μικρότερες και μη ικανές να προκαλέσουν κλιματικές αλλαγές.

Κατόπιν όλων των παραπάνω, συμπεραίνεται ότι το προτεινόμενο έργο δεν θα επηρεάσει παραμέτρους που να σχετίζονται με το κλίμα της ευρύτερης περιοχής αλλά ούτε το χαρακτηριστικό μικροκλίμα αυτής της δασικής περιοχής.

- *Φάση λειτουργίας*

Δεν αναμένονται επιπτώσεις ούτε εκπεμπόμενοι ρύποι ικανά να προκαλέσουν την οποιαδήποτε μεταβολή του κλίματος τόσο της περιοχής μελέτης όσο και της ευρύτερης περιοχής.

Όπως όλα τα αιολικά πάρκα έτσι και το προτεινόμενο δεν επηρεάζει τον αέρα, ούτε προκαλεί εκπομπές στην ατμόσφαιρα, απλά εκμεταλλεύεται την κίνηση αερίων στρωμάτων, με αποτέλεσμα να μην επηρεάζει καθόλου τις κλιματολογικές συνθήκες.

- ✓ *Ανθρωπογενές περιβάλλον*
- *Χρήσεις γης*

Ο ευρύτερος χώρος επέμβασης χρησιμοποιείται σήμερα αποκλειστικά ως βοσκότοπος και για τον ίδιο σκοπό θα συνεχίσει να χρησιμοποιείται και στο μέλλον. Η μικρή έκταση που πρόκειται να καταλάβουν τα έργα δεν πρόκειται να επηρεάσει την κτηνοτροφική δραστηριότητα.

- *Δομημένο περιβάλλον*

Η μετακίνηση οχημάτων και ανθρώπων κατά την φάση κατασκευής του έργου ενδεχομένως να προκαλέσει προσωρινή ενόχληση στους παρακείμενους οικισμούς. Ενώ κατά την φάση λειτουργίας δεν θα έχει καμία επίπτωση στους οικισμούς της περιοχής.

➤ *Ιστορικό και πολιτιστικό περιβάλλον*

Στη περιοχή κατασκευής του έργου δεν υπάρχουν μνημεία πολιτιστικής και ιστορικής κληρονομιάς ώστε να επιφέρει μεταβολή στο πολιτιστικό περιβάλλον.

➤ *Κοινωνικό – οικονομικό περιβάλλον – τεχνικές υποδομές*

Το έργο θα επηρεάσει την οικονομία της περιοχής με θετικό τρόπο. Η εγκατάσταση του αιολικού πάρκου αναμένεται να δημιουργήσει μόνιμες και προσωρινές θέσεις εργασίας. Το μόνιμο προσωπικό θα είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση της καλής λειτουργίας του συστήματος (ανεμογεννήτριες, υποσταθμός, σύστημα συλλογής μετρήσεων και συστήματα εγκαταστημένα από τη ΔΕΗ), για την άμεση αποσύνδεση ή επανασύνδεση του Α/Π με το δίκτυο σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, καθώς και για την συντήρηση όλου του εξοπλισμού σύμφωνα με τα προβλεπόμενα. Πέραν αυτού, εργατικό δυναμικό της περιοχής θα χρησιμοποιηθεί κατά το στάδιο της εγκατάστασης του Α/Π για την εκτέλεση όλων των αναγκαίων έργων υποδομής. Αναμένεται λοιπόν ότι το έργο θα αποτελέσει, ιδιαίτερα κατά την φάση εγκατάστασης του Αιολικού Πάρκου, έναν τοπικό πόλο οικονομικής ανάπτυξης της γύρω περιοχής. Παράλληλα, θα υπάρξει μικρή αύξηση της χρήσης των τοπικών ξενοδοχειακών υποδομών, υποδομών εστίασης και λοιπών καταστημάτων από το εποχιακό και μόνιμο προσωπικό που θα απασχοληθεί στη φάση κατασκευής και λειτουργίας. Πρέπει επίσης να υπογραμμισθεί ότι το σχεδιαζόμενο έργο εντάσσεται πλήρως στις απαιτήσεις της αειφόρου ανάπτυξης που τίθενται από τις βασικές κατευθύνσεις της Ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής. Χάρη δε στο διαρκώς αυξανόμενο ενδιαφέρον του κοινού για περιβαλλοντικά θέματα και καθαρές ενεργειακές τεχνολογίες, το έργο αναμένεται να δώσει μεγαλύτερη ώθηση στον τουρισμό και να αποτελέσει ένα τοπικό πόλο ήπιας τουριστικής ανάπτυξης, αφού με την κατάλληλη διαφήμιση και προώθηση θα ελκύει επισκέπτες για εκπαιδευτικούς, ερευνητικούς και επιδεικτικούς σκοπούς, σχολικές εκδρομές κλπ

✓ *Ακουστικό περιβάλλον, δονήσεις, ακτινοβολίες*

➤ *Ακουστικό περιβάλλον*

Μικρή αύξηση του θορύβου θα παρατηρηθεί κατά τη φάση κατασκευής του έργου στις ζώνες των τεχνικών εργασιών (πλατείες ανέγερσης και διάνοιξη δρόμων πρόσβασης), θα

είναι δηλαδή χωρικά εντοπισμένη και χρονικά προσδιορισμένη και για τα έργα θεμελίωσης των Α/Γ, μιας και η εκσκαφή των θεμελίων θα γίνει με τη χρήση εκρηκτικών. Και σ' αυτή την περίπτωση ο παραγόμενος θόρυβος θα είναι χρονικά περιστασιακός.

Έτσι, κατά τη φάση κατασκευής δεν αναμένονται σημαντικές επιβαρύνσεις στο ακουστικό περιβάλλον της άμεσης και της ευρύτερης περιοχής, ιδιαίτερα αν συνυπολογιστεί το γεγονός ότι σήμερα έχουν επιτευχθεί σημαντικές βελτιώσεις όσον αφορά στην μείωση των εκπομπών θορύβου στην πηγή τους, δηλαδή στα μηχανήματα και στις άλλες εγκαταστάσεις.

Στη φάση λειτουργίας του έργου ο παραγόμενος θόρυβος περιορίζεται μόνο στη λειτουργία των ανεμογεννητριών. Ο θόρυβος αυτός δεν αναμένεται να είναι σημαντικά μεγάλος, ούτε προβλέπεται να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα σε είδη της περιοχής ή στους οικισμούς. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι σε τεχνολογικές μελέτες που έχουν εκπονηθεί από εκπαιδευτικά ιδρύματα και οργανισμούς (Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Υπουργείο Ενέργειας της Δανίας κλπ), η στάθμη θορύβου μιας σύγχρονης ανεμογεννήτριας δεν ξεπερνά τα 45,3 db σε ακτίνα 150 μέτρων. Ως εκ τούτου, δεν αναμένονται επιπτώσεις σε ανθρώπους ή οικισμούς που βρίσκονται στην περιοχή μελέτης.

Οι ανεμογεννήτριες είναι πλέον σύγχρονες, με προηγμένη τεχνολογικά σχεδίαση και πιστοποιημένες βάσει πολύ αυστηρών εθνικών και διεθνών προτύπων, στις οποίες έχουν ενσωματωθεί σύγχρονες τεχνολογίες που μειώνουν το θόρυβο (τόσο τον μηχανικό όσο και τον αεροδυναμικό). Συγκεκριμένα οι Α/Γ που θα εγκατασταθούν στο αιολικό πάρκο με τη λειτουργία τους [ΚΑΠΕ]:

- θα παράγουν θόρυβο που θα ανέρχεται περίπου σε 90-100 db(A) στην θέση εγκατάστασης και στο ύψος της πλήμνης, δηλαδή σε 65 μέτρα ύψος από την επιφάνεια του εδάφους. Σε απόσταση 160 μέτρων από την ανεμογεννήτρια και σε ύψος 2 μέτρων, όπως φαίνεται και στα δύο διαγράμματα που ακολουθούν, ο θόρυβος θα ανέρχεται περίπου σε 45 db(A). Αυτό αντιπροσωπεύει τα συνήθη επίπεδα θορύβου εντός των κατοικιών
- σε απόσταση μεγαλύτερη των 300 μέτρων από την ανεμογεννήτρια ο θόρυβος θα ανέρχεται περίπου σε 40 db(A), που καλύπτεται πλήρως (full masking) από τον θόρυβο που προκαλεί ο άνεμος στα φύλλα των δένδρων και των θάμνων (και

επομένως δεν τίθεται πρακτικά θέμα ενόχλησης σε απόσταση μεγαλύτερη των 300 μέτρων)

- σε απόσταση μεγαλύτερη των 500 μέτρων από την ανεμογεννήτρια ο θόρυβος θα ανέρχεται περίπου σε 35 db(A), σε απόσταση των 800 μέτρων σε 30 db (A) και σε απόσταση πάνω από 1000 μέτρα ο θόρυβος θα είναι χαμηλότερος των 30 db(A).

### **3.5 Περίπτωση Μελέτης Φωτοβολταϊκού Σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ισχύος 20 MW στο Δήμο Εσπερίων του Νομού Κέρκυρας**

#### Περιοχή Μελέτης

Ο χώρος εγκατάστασης του Φ/Β Πάρκου πρόκειται να εγκατασταθεί στη Βόρεια Κέρκυρα και συγκεκριμένα στο Δήμο Εσπερίων. Ο Φωτοβολταϊκός σταθμός θα εγκατασταθεί σε αγροτεμάχιο συνολικής επιφάνειας 400 περίπου στρεμμάτων. Το γήπεδο εγκατάστασης του σταθμού αποτελεί ιδιωτική έκταση, Ο χώρος εγκατάστασης του εξεταζόμενου Φ/Β Πάρκου βρίσκεται περίπου: 2,0 χλμ. νότια από τον γειτονικό οικισμό Σιδαρίου 1,0 χλμ. δυτικά από τους Καρουσάδες, και 38,0 χλμ. βορειοδυτικά από τη πόλη της Κέρκυρας. Ανατολικότερα βρίσκεται ο όρμος της Ρόδας στα παράλια του οποίου έχουν επεκταθεί οι οικισμοί της Ρόδας και της Αχαράβης. Δυτικότερα τα αμμώδη παράλια του νησιού, λόγω της διάβρωσης την οποία έχουν υποστεί, σχηματίζουν εντυπωσιακές παραλίες όπως η παραλία των «Περουλάδων». (Μπουργκούδη ,2009)



Γενικά, το μεγαλύτερο μέρος των βορείων παραλίων της Κέρκυρας είναι αμμώδες και ο πυθμένας της θάλασσας παρουσιάζει πολύ μικρή κλίση. Οι γειτονικοί οικισμοί είναι αρκετοί. Όσοι από αυτούς είναι παραλιακοί, μπορούν να χαρακτηριστούν τουριστικοί (π.χ. Ρόδα, Αρίλλας κ.λ.π.), ενώ οι υπόλοιποι εσωτερικοί οικισμοί συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού της περιοχής, κυρίως κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Οι πλησιέστεροι οικισμοί είναι οι Περουλάδες και η Μεσσαριά. Σημαντικό οικιστικό κέντρο στην περιοχή με αυξημένη δραστηριότητα, αποτελεί ο οικισμός Αγρός. Το απόλυτο υψόμετρο στον χώρο εγκατάστασης του εξεταζόμενου έργου είναι περίπου 12 m. (Μπουργκούδη, 2009)

Η πρόσβαση στον χώρο εγκατάστασης του Φ/Β Πάρκου από τον επαρχιακό δρόμο θα εξασφαλίζεται μέσω υφιστάμενου ασφαλτοστρωμένου δρόμου, ο οποίος εξυπηρετεί την περιοχή.

Η μονάδα θα αποτελείται από 114.286 φωτοβολταϊκά πλαίσια (Φ/Π), τύπου μονοκρυσταλικού πυριτίου και κάθε ένα ονομαστικής ισχύος 175W. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς θα ανέρχεται σε 20 MW. Τα Φ/Π θα είναι εγκατεστημένα σε συστοιχίες με νότιο προσανατολισμό, τοποθετημένα σε ελαφρού τύπου μεταλλικές κατασκευές και με κλίση 26°.

Η επένδυση για την κατασκευή και λειτουργία του Φωτοβολταϊκού Πάρκου θα συντελέσει στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς θα αξιοποιεί μία Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας για την παραγωγή ενός βασικού αγαθού κοινής ωφελείας. Η υλοποίηση του έργου θα συμβάλλει ουσιαστικά στην μεσομακροπρόθεσμη προστασία του περιβάλλοντος και στην αειφόρο ανάπτυξη της χώρας μας. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο πρωταρχικός υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, καθώς σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων. Κατά την παραγωγή ενέργειας που θα προέρχεται από το Φ/Β Σταθμό δεν θα εκλύεται διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και έτσι δεν θα ενισχύεται το “Φαινόμενο του Θερμοκηπίου”. Επιπλέον, η χρήση της ηλιακής ενέργειας συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα καρκινογόνα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ.). Οι ρύποι αυτοί επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία και το περιβάλλον.

#### ✓ **Οικονομικά Στοιχεία του Έργου**

Το συνολικό ύψος της επένδυσης ανέρχεται σε 85.000.000 €. Το κόστος του κυρίου εξοπλισμού, της λειτουργίας και συντήρησης του έργου καθώς και τα συνολικά ετήσια έσοδα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 3.5: Οικονομικά Στοιχεία Έργου, Πείπτωση 3η

ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ		Ευρώ
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ</b>		85.000.000
<b>ΔΑΠΑΝΕΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ</b>		81.650.000
<b>ΑΛΛΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ</b>		3.350.000
<b>ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ &amp; ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ</b>		172.000
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ</b>		7.846.422

✓ **Συσχέτιση του έργου με άλλα έργα ή δραστηριότητες**

Η τεχνοοικονομική απόδοση του εξεταζόμενου Φ/Β Πάρκου θα εξασφαλίζεται λόγω της αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία αποτελεί ανανεώσιμο φυσικό πόρο και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, ενώ τα Φωτοβολταϊκά Υποσυστήματα είναι αποδοτικά και λειτουργούν ακόμα και υπό δύσκολες συνθήκες (άνεμοι, χαλάζι, σκόνη κλπ). Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία στη χώρα μας κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα τόσο κατά τη θερινή όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο του έτους.

Στην ευρύτερη περιοχή του έργου δεν υπάρχουν δραστηριότητες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την κατασκευή και λειτουργία του έργου ή να επηρεαστούν από την υλοποίηση του εξεταζόμενου έργου.

✓ **Κατάσταση περιβάλλοντος**

➤ **Κλιματολογικά και Βιοκλιματικά χαρακτηριστικά**

Το κλίμα του νησιού της Κέρκυρας είναι μεσογειακό με ήπιο χειμώνα και δροσερό καλοκαίρι. Χαρακτηρίζεται από υψηλή υγρασία που οφείλεται στους νότιους και

βορειοδυτικούς ανέμους, οι οποίοι φυσούν όλο το χρόνο εκτός από τους τρεις καλοκαιρινούς μήνες.

➤ *Βλάστηση – Χλωρίδα*

Η επικρατούσα φυτοκάλυψη στην περιοχή εγκατάστασης του έργου, αλλά και στην ευρύτερη περιοχή αποτελείται από θαμνώνες σκληροφύλλων (Μεσογειακή Μακία).

Τη χλωρίδα στα νησιά του Ιόνιου την χαρακτηρίζουν οι φυτικές διαπλάσεις με τα μακί, την ελιά και τα εσπεριδοειδή. Ο δασικός πλούτος είναι ελάχιστος. Τα μόνα δέντρα που είναι αρκετά διαδομένα είναι η Χαλέπια Πεύκη, η οποία προμηθεύει ρητίνη και η κεφαλληνιακή ελάτη σε υψόμετρο πάνω από 900 μ στο βουνό Αίνος της Κεφαλληνίας. Τέλος στις παραλιακές αμμοθίνες φυτρώνουν αμμόφιλα είδη χλωρίδας, καθώς και αλόφυτα σε πλούσιες σε άλατα παραθαλάσσιες περιοχές.

Σε ότι αφορά πιο συγκεκριμένα τον Νομό Κερκύρας, λόγω των κλιματολογικών συνθηκών που κυριαρχούν στην ευρύτερη περιοχή, ευδοκιμούν κυρίως η ελιά και τα εσπεριδοειδή. Στη νήσο της Κέρκυρας η χλωρίδα χαρακτηρίζεται στο σύνολό της από Μεσομεσογειακή διάπλαση Αριάς (*Quercion ilicis*), τύπος βαλκανικός και ανατολικής Μεσογείου. Έτσι συχνά συναντάμε και δάση Χαλέπιου Πεύκης και Δρυός.

Στην περιοχή γύρω από την θέση εγκατάστασης του έργου, υπάρχουν εκτάσεις ελαιόδέντρων. Επίσης παρατηρούνται ιτιές και κυπαρίσσια. Πιο κοντά προς τη παραλία η περιοχή μπορεί να χαρακτηριστεί ανεκμετάλλευτη χέρσα γη. Ειδικότερα ένα τμήμα της έκτασης αποτελεί χέρσα γη, ενώ σε άλλο τμήμα της υπάρχουν κυπαρίσσια και ελαιόδεντρα.

➤ *Πανίδα*

Η περιοχή εγκατάστασης του Φ/Β Πάρκου δεν περιλαμβάνεται σε κάποιο σημαντικό τύπο φυσικού οικοσυστήματος, παρόλα αυτά, πλησίον του χώρου ρέει ο ποταμός Φόνισσα και ως εκ τούτου αναμένεται η ύπαρξη σημαντικών ή σπάνιων ειδών πανίδας και χλωρίδας.

### **3.5.1 Εκτίμηση και αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων**

➤ *Κλιματικά και βιοκλιματικά χαρακτηριστικά*

Η φύση των εργασιών που θα λάβουν χώρα κατά την φάση κατασκευής του έργου, αλλά και η φύση της λειτουργίας του, είναι τέτοια ώστε δεν θα προκληθεί καμία αλλαγή των κινήσεων του αέρα, της υγρασίας ή της θερμοκρασίας ή οποιαδήποτε αλλαγής στο κλίμα είτε τοπικά είτε σε μεγαλύτερη έκταση.

➤ *Μορφολογικά και τοπιολογικά χαρακτηριστικά*

Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών κατασκευής του Φ/Β Πάρκου δεν θα υπάρξουν αλλαγές στην τοπογραφία ή στα ανάγλυφα χαρακτηριστικά της επιφάνειας του εδάφους στην περιοχή εγκατάστασής του, λόγω του ότι το οικόπεδο εγκατάστασης του Φ/Β Πάρκου είναι στο μεγαλύτερο μέρος του επίπεδο με αποτέλεσμα να μην απαιτηθούν εκτεταμένες εργασίες ομαλοποίησης του εδάφους.

Όσον αφορά την πρόσβαση στις εγκαταστάσεις του Φ/Β Πάρκου, αυτή θα εξασφαλίζεται από υφιστάμενο δρόμο. Επιπλέον, για την διευκόλυνση της πρόσβασης στα Φ/Β Υποσυστήματα θα διαμορφωθούν εντός του χώρου εγκατάστασης διάδρομοι, το πλάτος των οποίων θα είναι μικρό (~ 10 m), ενώ οι κλίσεις του εδάφους στο οικόπεδο εγκατάστασης είναι ομαλές. Συνεπώς, δεν θα υπάρξουν έργα οδοποιίας που πιθανόν να προκαλούσαν ουσιαστικές μεταβολές στην τοπογραφία.

➤ *Ανθρωπογενές περιβάλλον*

• *Χρήσεις γης*

Ο Φ/Β σταθμός δεν θα προκαλέσει κάποια μεταβολή της παρούσας ή της προγραμματισμένης για το μέλλον χρήσης γης της γύρω περιοχής. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην συγκεκριμένη περιοχή εγκατάστασης του έργου δεν βρίσκονται καλλιεργήσιμες εκτάσεις ή βοσκοτόπια, ούτε αξιοποιείται σε κάποιο τομέα ανθρωπογενής δραστηριότητα.

➤ *Δομημένο περιβάλλον*

Το προτεινόμενο έργο θα εγκατασταθεί σε χώρο που βρίσκεται σε σημαντική απόσταση (~ 1,7 km) από τους πλησιέστερους οικισμούς του Σιδαρίου και Καρουσάδες. Η κατασκευή και λειτουργία του Φ/Β Πάρκου δεν θα επηρεάσει σε οποιονδήποτε βαθμό το δομημένο και οικιστικό περιβάλλον της ευρύτερης περιοχής.

➤ *Ατμοσφαιρικό περιβάλλον*

Κατά την φάση της κατασκευής του έργου θα δημιουργηθεί σκόνη, γεγονός όμως που δεν θα οδηγήσει σε υποβάθμιση της ατμόσφαιρας της περιοχής, αφενός λόγω της μικρής κλίμακας των εργασιών που θα πραγματοποιηθούν και αφετέρου λόγω του σύντομου χρονικού διαστήματος που θα απαιτηθεί για την ολοκλήρωση της κατασκευής του (αναμενόμενη διάρκεια: 6 μήνες).

- Επιπλέον, κατά την φάση της κατασκευής θα υπάρξουν εκπομπές αέριων ρύπων από τον μηχανοκίνητο εξοπλισμό που θα χρησιμοποιηθεί στις κατασκευαστικές εργασίες:
- οχήματα μεταφοράς προσωπικού, οικοδομικών υλικών και εξοπλισμού
- εργοταξιακά οχήματα / μηχανήματα
- οχήματα μεταφοράς του εξοπλισμού και των μηχανημάτων του Φ/Β Πάρκου.

Οι εκπομπές αυτές θα είναι ιδιαίτερα περιορισμένες αφενός λόγω του μικρού αριθμού μηχανοκίνητου εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του συγκεκριμένου έργου και αφετέρου λόγω της μικρής χρονικής διάρκειας της φάσης της κατασκευής.

- ✓ Ακουστικό περιβάλλον, δονήσεις, ακτινοβολίες
- Θόρυβος

Κατά την διάρκεια της κατασκευής του Φ/Β Πάρκου θα υπάρξει μία σχετική αύξηση της υπάρχουσας στάθμης θορύβου λόγω αφενός της διέλευσης των μηχανημάτων του εργοταξίου και αφετέρου των κατασκευαστικών εργασιών που θα λάβουν χώρα. Η αύξηση αυτή όμως θα είναι προσωρινή και αποσπασματική και θα εξαρτάται από την πορεία των πραγματοποιούμενων εργασιών. Παρόλα αυτά θα ληφθεί μέριμνα έτσι ώστε τα μηχανήματα που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή να είναι τελευταίας τεχνολογίας και κατά το δυνατόν αθόρυβα.

Κάτοικοι της ευρύτερης περιοχής δεν θα εκτεθούν σε υψηλές στάθμες θορύβου κατά την διάρκεια των κατασκευών, λόγω του ότι η περιοχή όπου θα λάβουν χώρα οι εργασίες βρίσκεται σε σημαντική απόσταση από τους πλησιέστερους οικισμούς.

### **3.6 Πολυκριτηριακή Ανάλυση**

Οι ΑΠΕ προσφέρουν μία υποσχόμενη εναλλακτική και η ανάπτυξή τους θεωρείται ως βασική προτεραιότητα για πολλές χώρες. Είναι γνωστό πως οι ΑΠΕ γενικά είναι περιβαλλοντικά φιλικότερες από τα συμβατικά καύσιμα. Επιπλέον, είναι ενδογενείς και έτσι προωθούν την ενεργειακή ανεξαρτησία, και σε αρκετές περιπτώσεις συνεισφέρουν στη δημιουργία θέσεων εργασίας για το τοπικό δυναμικό. Ωστόσο, επιβάλλεται να ξεπεράσουν τεχνολογικούς, θεσμικούς, κοινωνικούς και οικονομικούς φραγμούς, μιας και επιδεικνύουν τοπικές περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις – δέσμευση μεγάλων εκτάσεων γης, αλλαγή του τοπίου, μεταβολή των παραδοσιακών τρόπων ζωής των κατοίκων της υπαίθρου, κλπ. Αυτός ο πολλαπλός χαρακτήρας των ΑΠΕ, καθιστά εξαιρετικά δύσκολη την επιλογή μεταξύ διαφορετικών αναπτυξιακών προτάσεων.

Για την σύγκριση των δύο τεχνολογιών ΑΠΕ, αιολικών και φωτοβολταϊκών συστημάτων των τεσσάρων μελετών που αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, απαιτείται να ληφθούν υπόψη μία σειρά από τεχνολογικά, ενεργειακά, περιβαλλοντικά, οικονομικά, και κοινωνικά κριτήρια. Επιπλέον η πολυπλοκότητα της διαδικασίας ενισχύεται από την παρουσία πολλών αποφασιζόντων με αντικρουόμενες προτιμήσεις που σχηματίζουν τις ομάδες λήψης απόφασης. Η εγγενής πολυπλοκότητα του ενεργειακού σχεδιασμού και οι πολλαπλές επιπτώσεις των ενεργειακών πολιτικών καθιστούν τις Πολυκριτηριακές Αναλυτικές Μεθόδους ένα απαραίτητο διαχειριστικό εργαλείο για τη λήψη των αποφάσεων σε όλα τα παραπάνω επίπεδα.

Η χωρική ολοκλήρωση επιτυγχάνεται με την Ολοκληρωμένη Αποτίμηση των ΑΠΕ. Στην περίπτωση αυτή οι συγκεκριμένοι δείκτες που μετρούν τα κριτήρια απόφασης μεταβάλλονται σύμφωνα με το κάθε χωρικό επίπεδο. Για παράδειγμα, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης της επένδυσης είναι ο δείκτης υπολογισμού του οικονομικού κριτηρίου στο επίπεδο του έργου, ενώ το περιφερειακό και εθνικό ΑΕΠ και οι κατανομές τους θα επικρατούσαν στο περιφερειακό και εθνικό επίπεδο. Στο επίπεδο του έργου επικρατεί ανταγωνισμός μεταξύ διαφορετικών επενδυτικών πρακτικών ΑΠΕ. Στο περιφερειακό επίπεδο, οι συγκεκριμένες συνθήκες της κάθε περιοχής (τοπική κατάσταση του περιβάλλοντος, δυναμικό ΑΠΕ, πληθυσμός, υποδομές, κλπ) καθορίζουν και τους κατάλληλους δείκτες, ενώ στο εθνικό – υπερεθνικό επίπεδο κυριαρχεί η συνεισφορά της κάθε πιθανής δράσης στη μείωση του φαινομένου της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής. Συνέπεια όλων αυτών αποτελεί το γεγονός πως σε κάθε ξεχωριστό χωρικό επίπεδο επικρατεί μία διαφορετική διάταξη της πολυκριτηριακής εφαρμογής με τους

συμμετέχοντες, τις εναλλακτικές δράσεις και τους δείκτες να μεταβάλλονται αντίστοιχα. (Wimmler et al, 2015)

Πίνακας 3.6 : Δείκτες κριτηρίων στα διαφορετικά χωρικά επίπεδα (Wimmler et al, 2015)

Κριτήρια/Χωρική Ανάλυση	Τοπικό Επίπεδο	Περιφερειακό Επίπεδο	Υπερ.- Εθνικό Επίπεδο
<b>Ενέργεια</b>	Βαθμός εκμετάλλευσης του πεδίου, εξοικονομούμενοι τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου	Πλήρωση της περιφερειακής ζήτησης, κάλυψη εποχιακών μεταβολών	Μείωση εισαγωγών πετρελαίου, πλήρωση εθνικής ζήτησης, επίτευξη αυξημένης διαφοροποίησης στην προσφορά
<b>Οικονομία</b>	Ρυθμός αποπληρωμής της επένδυσης	Περιφερειακό ΑΕΠ και κατανομή	ΑΕΠ και κατανομή
<b>Περιβάλλον</b>	Ρύπανση υδάτινων πόρων, αέρα γης, αισθητική τοπίου	Χρήση γης, σύγκρουση με άλλες δραστηριότητες	Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> , δημιουργία όξινης βροχής, μείωση βιοποικιλότητας
<b>Κοινωνία</b>	Αριθμός θέσεων εργασίας	Μείωση της περιφερειακής ανεργίας	Μείωση της ανεργίας σε εθνικό επίπεδο
<b>Τεχνολογία</b>	Τεχνολογική επιτευξιμότητα	Σταθερότητα του δικτύου	Συμβατότητα με τα διεθνή ενεργειακά δίκτυα

Τα βάρη ( $w$ ) των κριτηρίων επιλογής ( $i$ ) μεταβάλλονται με το χρόνο:  $w_i = w_i(t)$

Στο στάδιο 'πριν την ανάπτυξη', η σημαντικότητα του κριτηρίου 'περιβαλλοντικές επιπτώσεις' πρέπει να κρατείται υψηλή, ενώ κατά τη διάρκεια της 'απογείωσης' και 'επιτάχυνσης' κυριαρχεί το κριτήριο της εξοικονόμησης ενεργειακών πηγών. Τέλος στο τελικό στάδιο (σταθεροποίηση) επικρατούν κοινωνικά και οικονομικά κριτήρια.

(Haralampopoulos and Polatidis, 2003)

Η χωρικά κατανομημένη φύση των ΑΠΕ σε συνδυασμό με το μικρό μέγεθος των μονάδων αξιοποίησής τους (σε σχέση με τους συμβατικούς θερμικούς σταθμούς παραγωγής), επιβάλλουν τη μερική μετακίνηση της διαδικασίας απόφασης από το εθνικό στο τοπικό επίπεδο και από ολόκληρο τον ενεργειακό τομέα σε κάθε ξεχωριστή δραστηριότητα. Αυτό συνεπάγεται μία αυξημένη απαίτηση για τη συμμετοχή των τοπικών κοινωνιών στη διαδικασία λήψης των αποφάσεων για θέματα ενεργειακής και περιβαλλοντικής διαχείρισης. Η κυριότερη αιτία αύξησης του ενδιαφέροντος για την αμεσότερη συμμετοχή του κοινού στη λήψη των αποφάσεων αναδύεται είτε από την ανάγκη εκπλήρωσης βασικών ανθρώπινων δικαιωμάτων σχετικά με τη δημοκρατία και τη διαφάνεια των διαδικασιών, είτε από την αναγνώριση πως η επιβολή ανεπιθύμητων πολιτικών επιλογών οδηγεί σε εκτεταμένες διαμαρτυρίες και μείωση της εμπιστοσύνης στους θεσμούς και στην κυβέρνηση.

Οι συμμετέχοντες συμπεριλαμβάνουν μεμονωμένα άτομα, κοινωνικές ομάδες, θεσμικά όργανα, και διοικητικές αρχές που δύνανται να επηρεάσουν έμμεσα ή άμεσα τη διαδικασία επιλογής. Όλοι αυτοί συνθέτουν ένα βασικό πλέγμα για τη δημιουργία και αξιολόγηση βραχυπρόθεσμων σεναρίων αλλά και στρατηγικών επιλογών ηλεκτροπαραγωγής, καθώς θα αντιδράσουν σε συγκεκριμένες προτάσεις σύμφωνα με το δικό τους σύστημα αξιών

Για την περίπτωση της Ελλάδας αναγνωρίζονται οι παρακάτω ενδιαφερόμενοι σχετικά με την ανάπτυξη των ΑΠΕ σε μία περιοχή:

◆ Η τοπική κοινωνία Δύναται να συμμετέχει άμεσα (ερωτηματολόγια, δημόσιες συζητήσεις, συνεντεύξεις) ή/και έμμεσα μέσω των εκπροσώπων της τοπικής και περιφερειακής αυτοδιοίκησης.



◆ Η κεντρική διοίκηση Η ίδια η φύση του ενεργειακού σχεδιασμού επιβάλλει τη συμμετοχή της κεντρικής διοίκησης (αρμόδια υπουργεία, ΔΕΗ, ΡΑΕ, ΚΑΠΕ – για την περίπτωση της Ελλάδας), καθώς η όποια απόφαση θα έχει επιπτώσεις στην παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας της περιοχής σε σχέση με το υπάρχον κεντρικό ενεργειακό δίκτυο.

◆ Οι πιθανοί επενδυτές Αυτοί αποτελούνται από τράπεζες, επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στους σχετικούς τομείς, και τοπικές αναπτυξιακές εταιρίες. Η συμμετοχή τους επιβάλλεται καθώς είναι αυτοί που θα παρέχουν τα απαραίτητα κεφάλαια για την ενεργοποίηση και συνέχιση των αναπτυξιακών έργων.

◆ Οι μη-κυβερνητικές οργανώσεις Ο ολόενα και περισσότερο ενισχυμένος ρόλος των μη κυβερνητικών οργανώσεων απαιτεί και τη δική τους συμμετοχή στις διεργασίες ενεργειακού σχεδιασμού, μιας και αυτός συνδέεται άμεσα με την ποιότητα του περιβάλλοντος της περιοχής και καθορίζει και θέματα ασφάλειας της προμήθειας ενέργειας.

Είναι αυτονόητο ότι η κάθε περίπτωση είναι διαφορετική και μόνο υπό τις εκάστοτε συνθήκες μπορεί να καθοριστεί η κατάλληλη ομάδα λήψης απόφασης σε τόσο περίπλοκα και ευαίσθητα θέματα πολιτικής. ( Haralamprooulos and Polatidis , 2003)

### **3.6.1 Καθορισμός των κριτηρίων επιλογής**

Για την αξιολόγηση των τεσσάρων μελετών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, το σύνολο των κριτηρίων αξιολόγησης περιλαμβάνει ενεργειακά, οικονομικά, κοινωνικά, και περιβαλλοντικά κριτήρια.

#### **➤ Ενεργειακά κριτήρια**

Προτείνεται η χρησιμοποίηση του αριθμού των τόννων ισοδύναμου πετρελαίου (tonnes of oil equivalent), ως μέτρο του βαθμού εκμετάλλευσης του ανανεώσιμου πόρου. Το μέγεθος αυτό εκφράζει την ποσότητα πετρελαίου που θα ήταν απαραίτητη για την παραγωγή ισοδύναμης ποσότητας ενέργειας. Στην περίπτωση χρήσης ανανεώσιμης ενεργειακής πηγής θεωρείται ότι πρακτικά η ενέργεια αυτή εξοικονομείται, καθώς αποφεύγεται η εισαγωγή του καυσίμου. Το κριτήριο αυτό είναι άμεσα μετρήσιμο και δύναται να χρησιμοποιηθεί κατευθείαν χωρίς καμία μετατροπή. Μπορεί επίσης να

αποτελέσει μέτρο ενεργειακής σύγκρισης έργων ανάπτυξης ΑΠΕ ανεξάρτητα από τη φύση του πόρου εκμετάλλευσης. (Browne et al, 2010)

➤ Οικονομικά κριτήρια

Τα οικονομικά κριτήρια (στο επίπεδο του έργου) εισάγονται μέσω της οικονομικής αξιολόγησης της επένδυσης. Στην περίπτωση αυτή η επενδυτική δραστηριότητα αξιολογείται μέσω του υπολογισμού του εσωτερικού βαθμού απόδοσης της επένδυσης (return-on-investment), που ουσιαστικά αποτελεί το λόγο των ετησίων κερδών προς την καθαρή επένδυση. Ο δείκτης αυτός είναι επίσης άμεσα μετρήσιμος, παρέχει δυνατότητα σύγκρισης διαφορετικής φύσης επενδύσεων και είναι κατανοητός από τους εκάστοτε αποφασίζοντες. Κατά περίπτωση δύναται να χρησιμοποιηθούν και άλλοι δείκτες όπως ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης ή η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης.

➤ Κοινωνικά κριτήρια

Τα κοινωνικά κριτήρια αποτελούνται ουσιαστικά από όλες τις παραμέτρους που έχουν επιπτώσεις στις κοινωνικές δομές, σχέσεις και δράσεις της περιοχής ανάπτυξης. Έτσι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του έργου, η αποδοχή της τοπικής κοινωνίας, οι συγκρούσεις με το τωρινό παραδοσιακό πρότυπο ζωής της περιοχής και οι επιπτώσεις στην απασχόληση αποτελούν παράγοντες κριτηρίων που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν κοινωνικοί. Για την αποφυγή συγχύσεων, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις εξετάζονται ως ξεχωριστό κριτήριο επιλογής και θεωρείται ότι η αποδοχή της τοπικής κοινωνίας εξαρτάται κυρίως από αυτές, καθώς και από τις νέες θέσεις εργασίας που δημιουργούνται για το δυναμικό της περιοχής. Οι αλλαγές στον τρόπο ζωής της περιοχής θεωρείται ότι εξετάζονται μέσω της ενσωμάτωσης της γνώμης της τοπικής κοινωνίας στη διαδικασία λήψης απόφασης. Κρίνεται σκόπιμη η αδιαστατοποίηση του δείκτη, ώστε να αποτελέσει μέτρο σύγκρισης μεταξύ περιφερειών και να λαμβάνει υπόψη του την υφιστάμενη δημογραφική κατάσταση της κάθε περιοχής. Αυτό γίνεται εφικτό μέσω της διαίρεσής του με τον αριθμό των ανέργων της εκάστοτε περιοχής, ή με τον υπολογισμό της μεταβολής των δεικτών απασχόλησης που θα προκαλέσει η ανάπτυξη του συγκεκριμένου έργου. (Haralampopoulos and Polatidis, 2003)

➤ Περιβαλλοντικά κριτήρια

Τα περιβαλλοντικά κριτήρια είναι, και λόγω της φύσης τους, τα πλέον δύσκολα να εκτιμηθούν. Η υψηλή αβεβαιότητα σε συνδυασμό με την έντονα ποιοτική και υποκειμενική φύση τους καθιστά δυσχερή των προσδιορισμό τους. Για τις ανάγκες όμως

της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης απαιτείται η αποδόμηση του περιβαλλοντικού κριτηρίου σε περισσότερες συνιστώσες. Κάθε τέτοια συνιστώσα θα πρέπει να μπορεί άμεσα να αποτιμηθεί και χαρακτηριστεί με βάση συγκεκριμένους δείκτες, εάν είναι δυνατόν αδιάστατους. (Faucheux, 2000)

### **3.6.2 Η επιλογή των κριτηρίων απόφασης**

Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά επτά (7) κριτήρια από τα οποία τα πέντε (5) είναι ποσοτικά και τα δύο (2) ποιοτικά, όπως παρουσιάζονται παρακάτω:

*Κριτήριο C1:* Ενεργειακό: Αποδίδεται ποσοτικά ως η ετήσια ποσότητα της ενέργειας που εξοικονομείται λόγω της χρήσης των έργων ΑΠΕ, σε Τόνους Ισοδύναμου Πετρελαίου (ΤΙΠ). Η φύση του κριτηρίου πέρα από ενεργειακή είναι επίσης οικονομική, αφού αντιπροσωπεύει την ποσότητα εισαγόμενου καυσίμου που εξοικονομείται, αλλά και περιβαλλοντική, αφού αυτή η ποσότητα συμβατικού καυσίμου που εξοικονομείται, αντιστοιχεί σε μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>.

*Κριτήριο C2:* Οικονομικό: Ως οικονομικό κριτήριο ορίζεται ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης σε έτη.

*Κριτήριο C3:* Κοινωνικό: Πρόκειται για τον αριθμό των νέων σταθερών θέσεων εργασίας που προκύπτουν από κάθε σενάριο.

*Κριτήριο C4:* Περιβαλλοντικό: Η ποσότητα της καθαρής ετήσιας μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε τόνους.

*Κριτήριο C5:* Περιβαλλοντικό: Χρήση γης: Ποσοτικοποιείται ως η έκταση που καταλαμβάνεται από το σύνολο των εγκαταστάσεων σε κάθε σενάριο σε m<sup>2</sup>.

*Κριτήριο C6:* Περιβαλλοντικό: Ακουστικό περιβάλλον: Για την αποτίμησή του χρησιμοποιείται ποιοτική κλίμακα από 1 – 5 της διαβάθμισης των επιπέδων θορύβου, (όπου 5 = πολύ ησυχία, 1 = σοβαρή όχληση), η οποία θεωρείται πως ενσωματώνει το συνολικό μέγεθος των εγκαταστάσεων των σεναρίων.

*Κριτήριο C7:* Περιβαλλοντικό: Αισθητική υποβάθμιση: Για την αποτίμησή του χρησιμοποιείται ποιοτική κλίμακα από 1 – 5 (όπου 5 = καμία επίδραση, 1 = μεγάλη

επίδραση), η οποία θεωρείται πως ενσωματώνει το συνολικό μέγεθος των εγκαταστάσεων των σεναρίων.

Η αξιολόγηση των τεσσάρων περιπτώσεων (σενάρια) σχετικά με το σύνολο των κριτηρίων απόφασης παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.7: Αξιολόγηση σεναρίων σε σύγκριση με τα κριτήρια

Κριτήρια			Σενάρια			
			1	2	3	4
<b>C1</b>	Εξοικονομούμενο Καύσιμο	ΤΠΠ/Έτος	20.635	11.418	9.593	5.780
<b>C2</b>	Χρόνος Αποπληρωμής Επένδυσης	Έτη	6	9	7	8.5
<b>C3</b>	Αριθμός θέσεων εργασίας που δημιουργούνται κατά την λειτουργία του έργου		3	6	3	5
<b>C4</b>	Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	tn	70.008	38.738	32.548	19.610
<b>C5</b>	Έκταση που καταλαμβάνεται	m <sup>2</sup>	400.000	780.000	250.000	400.000
<b>C6</b>	Ακουστικό Περιβάλλον κατά τη λειτουργία του έργου	5=πολύ ησυχία, 1=σοβαρή όχληση	3	5	4	5
<b>C7</b>	Αισθητική υποβάθμιση	5=καμία επίδραση 1=μεγάλη επίδραση	2	3	2	3

Για τη διαστασιολόγηση οποιουδήποτε ενεργειακού συστήματος απαιτείται αρχικά αποσαφήνιση των παραγόντων που διέπουν το χώρο εγκατάστασης, τις ενεργειακές ανάγκες, καθώς και τις απαιτήσεις του φορέα που θα το αξιοποιεί.

Επομένως, αρχικά αναζητηθήκαν τα κλιματολογικά δεδομένα των περιοχών (ηλιακή ακτινοβολία, θερμοκρασία αέρα και εδάφους, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου).

Στη συνέχεια καθορίστηκαν κρίσιμες παράμετροι όπως:

1. Τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί (μμοντέλα φωτοβολταϊκών στοιχείων και μμοντέλα των Α/Γ)
2. Είδος αιολικού και φωτοβολταϊκού συστήματος (διασυνδεδεμένο ή αυτόνομο)

3. Βέλτιστη κλίση των Φ/Β στοιχείων για την επίτευξη μέγιστης παραγωγής ενεργειακού ποσο

4. Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (MW) του συστήματος και η ετήσια παραγόμενη ενέργεια (MWh/έτος)

5. Τιμολόγηση παραγόμενης ενέργειας (MWh), επιδότηση επί του αρχικού κόστους υλοποίησης του προγράμματος και ποσοστά δανειοδότησής του.

Αφού καθορίστηκαν οι κρίσιμες παράμετροι έγινε δυνατή η διαστασιολόγηση των συστημάτων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το ενεργειακό λογισμικό RETScreen που ανέπτυξε το Διεθνές Κέντρο Υποστήριξης Αποφάσεων Καθαρής Ενέργειας RETScreen. Το εν λόγω κέντρο αποσκοπεί στην ενίσχυση του ανθρώπινου δυναμικού σχεδιασμού, λήψης αποφάσεων και βιομηχανίας για την εφαρμογή έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ενεργειακής απόδοσης. Ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται μέσω της ανάπτυξης εργαλείων υποστήριξης αποφάσεων (π.χ. λογισμικό RETScreen) που μειώνουν το κόστος μελετών προ-σκοπιμότητας, της διάχυσης γνώσης βοηθώντας στη λήψη καλύτερων αποφάσεων, και μέσω εκπαίδευσης ανθρώπων στην βελτιωμένη ανάλυση της τεχνικής και οικονομικής βιωσιμότητας πιθανών έργων [González et al, 2014]

- *Αποτελέσματα του λογισμικού RETScreen της οικονομικής ανάλυσης (C2) για κάθε επένδυση*

Πίνακας 3.8: Περίπτωση 1η :Αιολικού Πάρκου στην περιοχή Δήμου Βυτίνας και Κλείτορος

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ</b>	
<b>Σύνολο Επένδυσης</b>	44.42.754 €
<b>Εγκατεστημένη Ισχύς Έργου</b>	39 MW
<b>Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια</b>	80.680,8 MWh/έτος
<b>Εξοπλισμός</b>	13 Α/Γ ισχύος 3 MW
<b>Επιδότηση</b>	40%
<b>Δάνειο</b>	42%
<b>Επιτόκιο Δανεισμού</b>	6%
<b>Διάρκεια Δανείου</b>	10 έτη
<b>Διάρκεια Ζωής Έργου</b>	20 έτη
<b>Τιμή ανά MWh</b>	80.14 €/MWh

Πίνακας 3.9 Περίπτωση 2η: Φωτοβολταϊκού Πάρκου στον Δήμο Μεγαλόπολης

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ</b>	
<b>Σύνολο Επένδυσης</b>	156.000.000€
<b>Εγκατεστημένη Ισχύς Έργου</b>	39 MW
<b>Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια</b>	44.644 MWh/έτος
<b>Εξοπλισμός</b>	216.667 Φ/Β πλαίσια ισχύος 180 W
<b>Επιδότηση 40%, με ανώτατο ποσό επιχορήγησης</b>	20.000.000€
<b>Δάνειο</b>	45%
<b>Επιτόκιο Δανεισμού</b>	5%
<b>Διάρκεια Δανείου</b>	15 έτη
<b>Διάρκεια Ζωής Έργου</b>	20 έτη
<b>Τιμή ανά MWh</b>	407.14 €/MWh

Πίνακας 3.10: Περίπτωση 3η: Αιολικού Πάρκου στους Δήμους Κασσωπαίων - Θιναλίου

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ</b>	
<b>Σύνολο Επένδυσης</b>	26.000.000€

<b>Εγκατεστημένη Ισχύς Έργου</b>	20 MW
<b>Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια</b>	37.510 MWh/έτος
<b>Εξοπλισμός</b>	10 Α/Γ ισχύος 2 MW
<b>Επιδότηση</b>	40%
<b>Δάνειο</b>	35%
<b>Επιτόκιο Δανεισμού</b>	5.5%
<b>Διάρκεια Δανείου</b>	10 έτη
<b>Διάρκεια Ζωής Έργου</b>	20 έτη
<b>Τιμή ανά MWh</b>	80.14 €/MWh

Πίνακας 3.11: Περίπτωση 4η: Φωτοβολατικού Πάρκου στο Δήμο Εσπερίων

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ</b>	
<b>Σύνολο Επένδυσης</b>	85.000.000€
<b>Εγκατεστημένη Ισχύς Έργου</b>	20 MW
<b>Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια</b>	22.600 MWh/ έτος
<b>Εξοπλισμός</b>	114.286 Φ/Β πλαίσια ισχύος 175 W
<b>Επιδότηση 40%, με ανώτατο ποσό επιχορήγησης</b>	20.000.000 €
<b>Δάνειο</b>	41%
<b>Επιτόκιο Δανεισμού</b>	5%
<b>Διάρκεια Δανείου</b>	15 έτη
<b>Διάρκεια Ζωής Έργου</b>	20 έτη
<b>Τιμή ανά MWh</b>	407.14 €/MWh

- *Ανάλυση ενεργειακού κριτηρίου (C1) – Εξοικονομούμενο καύσιμο (ΤΙΠ/έτος)*

Για να υπολογίσουμε τους Τόνους Ισοδύναμου Πετρελαίου (ΤΙΠ) για κάθε σενάριο χρησιμοποιούμε τον ενεργειακό συντελεστή για τον ηλεκτρισμό που είναι: 1 ΤΙΠ = 3910 kWh ή 3,91 MWh. Οπότε για κάθε περίπτωση μελέτης έχουμε τα παρακάτω αποτελέσματα:



Πίνακας 3.12: Αποτελέσματα Εξοικονόμησης Καυσίμου (ΤΙΠ)

<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (ΤΙΠ)</b>	
<b>Περίπτωση 1<sup>η</sup> : Αιολικό πάρκο ισχύος 39 MW</b>	20.635
<b>Περίπτωση 2<sup>η</sup> : Φωτοβολταϊκό πάρκο ισχύος 39MW</b>	11.418
<b>Περίπτωση 3<sup>η</sup> : Αιολικό πάρκο ισχύος 20MW</b>	9.593
<b>Περίπτωση 4<sup>η</sup> : Φωτοβολταϊκό πάρκο ισχύος 20MW</b>	5.780

- *Ανάλυση κοινωνικού κριτηρίου (C3) – Θέσεις εργασίας*

Πρόκειται για τον αριθμό των νέων σταθερών θέσεων εργασίας που προκύπτουν από την λειτουργία κάθε έργου οι οποίες θα καλυφθούν από κατοίκους της ευρύτερης περιοχής.

Εκτιμάται ότι για τη λειτουργία και συντήρηση των δεκατριών (13) Α/Γ που θα εγκατασταθούν στο αιολικό πάρκο ισχύος 39 MW στο νομό Αρκαδίας, θα απασχοληθούν συνολικά τρία (3) άτομα. Δύο ειδικευμένοι συντηρητές ηλεκτρολόγοι – ηλεκτρονικοί και ένας λογιστής με καθεστώς μερικής απασχόλησης.

Στην περίπτωση του αιολικού πάρκου ισχύος 20 MW, το οποίο θα αποτελείται από δέκα (10) Α/Γ θα απασχοληθούν επίσης συνολικά τρία (3) άτομα. Δύο ειδικευμένοι συντηρητές ηλεκτρολόγοι – ηλεκτρονικοί και ένας λογιστής με καθεστώς μερικής απασχόλησης.

Αντίθετα για την λειτουργία και συντήρηση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου απαιτείται μεγαλύτερος αριθμός ανθρώπινου δυναμικού σε καθημερινή βάση. Για το Φ/Β πάρκο ισχύος 39 MW στο νομό Αρκαδίας, το απαραίτητο προσωπικό ανέρχεται στα έξι (6) άτομα. Τρία άτομα για την φύλαξη του, τα οποία θα εργάζονται σε βάρδιες, δύο ειδικευμένοι συντηρητές ηλεκτρολόγοι – ηλεκτρονικοί και ένα άτομο το οποίο θα είναι υπεύθυνο για την διαχείριση του οικοπέδου.

Στην μελέτη περίπτωσης του Φ/Β πάρκου ισχύος 20 MW στο νομό Κέρκυρας θα απασχοληθούν συνολικά πέντε (5) άτομα. Τρία άτομα για την φύλαξη του, τα οποία θα

εργάζονται σε βάρδιες, ένα άτομο το οποίο θα είναι υπεύθυνο για την διαχείριση του οικοπέδου και ένας ειδικευμένος συντηρητής ηλεκτρολόγος – ηλεκτρονικός σε αντίθεση με το αιολικό πάρκο ισχύος 39 MW διπλάσιας ισχύος, όπου απαραίτητοι είναι δύο συντηρητές. (Ψωμας, 2005)

- *Ανάλυση περιβαλλοντικού κριτηρίου (C4) – Μείωση εκπομπών ΑΤΘ (tn)*

Η αποφυγή των αερίων του θερμοκηπίου (ΑΤΘ) που θα προκύψει από τη λειτουργία κάθε σταθμού, υπολογίστηκε με βάση τον παρακάτω πίνακα, σύμφωνα με τον οδηγό του Μέτρου 6.5 «Προώθηση συστημάτων ΑΠΕ, Συμπαραγωγής στο ενεργειακό σύστημα της χώρας – Εξοικονόμηση Ενέργειας» του Ε.Π.ΑΝ. που αφορά επενδύσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. (Υπουργείο Ανάπτυξης ,2005)

Πίνακας 3.13. Εκπομπές αερίων ρύπων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, αγοραζόμενης και πωλούμενης θερμικής ενέργειας (g ρύπου ανά kWh)

Περιοχή	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC	Σωματίδια
<b>ΣΤΑΘΜΟΙ</b>						
<b>Περιοχές που είναι διασυνδεδεμένες ή πρόκειται να διασυνδεθούν με το ηπειρωτικό ηλεκτρικό δίκτυο</b>	850	15,5	0,18	1,5	0,05	0,8
<b>Νησιά που δεν πρόκειται να διασυνδεθούν με το ηπειρωτικό ηλεκτρικό δίκτυο</b>	1062,5	19,4	0,18	1,5	0,005	1,0

Οπότε για κάθε περίπτωση μελέτης έχουμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

Πίνακας 3.14: Αποτελέσματα Μείωσης Εκπομπών ΑΤΜ (tn)

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΤΜ (tn)	
Περίπτωση 1 <sup>η</sup> : Αιολικό πάρκο ισχύος 39MW	70.008
Περίπτωση 2 <sup>η</sup> : Φωτοβολταϊκό πάρκο ισχύος 39MW	38.738
Περίπτωση 3 <sup>η</sup> : Αιολικό πάρκο ισχύος 20MW	32.548
Περίπτωση 4 <sup>η</sup> : Φωτοβολταϊκό πάρκο ισχύος 20MW	19.610

- *Ανάλυση περιβαλλοντικού κριτηρίου (C5) – Έκταση που καταλαμβάνεται*

- Αιολικά Πάρκα

Στο κριτήριο αυτό υπολογίζεται η έκταση που καταλαμβάνεται από το σύνολο των εγκαταστάσεων σε κάθε σενάριο σε m<sup>2</sup>.

Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των ανεμογεννητριών είναι 2,5 φορές τη διάμετρο της πτερωτής ανεμογεννήτριας ( $A = 2,5 D$ ).

Επίσης ως χώρος εγκατάστασης του αιολικού σταθμού νοείται το περιγεγραμμένο πολύγωνο που προσδιορίζεται με βάση τους κύκλους που έχουν κέντρο τις θέσεις των ανεμογεννητριών και ακτίνα έως και  $3,5xD$  όπου  $D$  η διάμετρος πτερωτής. Η ακτίνα  $3,5xD$  είναι η μέγιστη. Η ελάχιστη ακτίνα με κέντρο την θέση της ανεμογεννήτριας είναι  $1,5xR$ , όπου  $R$  είναι η ακτίνα της πτερωτής. (Ασημακόπουλος, 2007 β)

Το αιολικό πάρκο ισχύος 39 MW θα αποτελείται από 13 Α/Γ με διάμετρο πτερωτής 90m έκαστη. Με βάση τα παραπάνω στοιχεία υπολογίζεται ότι η ελάχιστη έκταση που καταλαμβάνεται για την εγκατάσταση του αιολικού σταθμού είναι 400.000 m<sup>2</sup>.

Αντίθετα ο αιολικός σταθμός ισχύος 20 MW θα περιλαμβάνει 10 Α/Γ, η διάμετρος των οποίων είναι 82m έκαστη, με αποτέλεσμα η ελάχιστη έκταση του σταθμού να είναι περίπου 250.000 m<sup>2</sup>.

- Φωτοβολταϊκά Πάρκα

Ο Φ/Β σταθμός ισχύος 39 MW θα αποτελείται από 216.667 μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πλαίσια, ονομαστικής ισχύος 180W έκαστο. Τα Φ/Π θα είναι εγκατεστημένα σε συστοιχίες με νότιο προσανατολισμό, τοποθετημένα με σταθερή κλίση. Για την πλήρη ανάπτυξη του εξοπλισμού του Φ/Σ και για την αποφυγή της σκίασης απαιτείται πραγματική επιφάνεια κάλυψης 780.000m<sup>2</sup> (περίπου 20 στρ. ανά MW).

Ο δεύτερος φωτοβολταϊκός σταθμός θα έχει εγκατεστημένη ισχύ 20 MW και θα αποτελείται από 114.286 μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πλαίσια ονομαστικής ισχύος 175W το καθένα. Η συνολική επιφάνεια των πλαισίων θα είναι περίπου 400.000 m<sup>2</sup>.

- *Ανάλυση περιβαλλοντικού κριτηρίου (C6) – Ακουστικό περιβάλλον*

Η εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου δεν αυξάνει, σε αισθητό βαθμό, τα επίπεδα θορύβου της εγγύτερης περιοχής. Οι σύγχρονες Α/Γ προκαλούν θόρυβο ύψους 44 περίπου db (A) σε απόσταση 200m, στα υπήνεμα της Α/Γ, για ταχύτητα ανέμου 8 m/s. Σημειώνεται ότι για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες των 8 m/s, ο θόρυβος που παράγεται από τις Α/Γ καλύπτεται από το θόρυβο που παράγεται από το περιβάλλον.

Το συγκεκριμένο επίπεδο θορύβου που αναφέρθηκε (44 db) αντιστοιχεί σε αυτό μιάς ήσυχης μικρής πόλης, και δεν αποτελεί βέβαια πηγή όχλησης. Δεδομένης δε της απαιτούμενης ελάχιστης απόστασης των Α/Γ από γειτονικούς οικισμούς (500m), το επίπεδο αυτό είναι ακόμη χαμηλότερο, της τάξης των 30-35 db, που αντιστοιχεί στο επίπεδο θορύβου ενός ήσυχου καθιστικού ή ψιθύρου, και που καλύπτεται πλήρως από φυσικές και τεχνικές πηγές θορύβου εγγύτερες προς τους οικισμούς. (Bastasch et al, 2006)

Ο αιολικός σταθμός ισχύος 39 MW θα κατασκευαστεί σε απόσταση 700 μέτρων από τον οικισμό Λάστα, ενώ δεν υπάρχει άλλος οικισμός σε ακτίνα τουλάχιστον 3 km από τη θέση του έργου, όπου βρίσκονται οι οικισμοί Βαλτεσινίκο και Μαγούλιανα. Σε ακόμα μεγαλύτερες αποστάσεις άνω των 4 km βρίσκεται η Βυτίνα, η Καμενίτσα και η Αμυγδαλιά.

Σε απόσταση 180 μέτρων ( $2 \times D$ , όπου  $D=90m$ ) στα υπήνεμα της Α/Γ όπου ο θόρυβος αναμένεται αυξημένος, θα ανέρχεται περίπου σε 50 dB(A). Σε απόσταση 3 φορές τη διάμετρο των πτερυγίων, η οποία είναι η ελάχιστη επιτρεπόμενη κάθε Α/Γ από την

πλησιέστερη μεμονωμένη οικοδομή, το επίπεδο θορύβου μειώνεται περαιτέρω στα 49 dB(A).

Το αιολικό πάρκο ισχύος 20 MW θα εγκατασταθεί σε απόσταση 700 μέτρων βόρεια του οικισμού Παλαιόν Χωρίον, 700 μέτρα νοτιοανατολικά της Περίθειας και 500 μέτρα δυτικά του συνοικισμού Μεργουλάς. Οι Α/Γ θα παράγουν θόρυβο που θα ανέρχεται περίπου σε 90-100 db(A) στην θέση εγκατάστασης και στο ύψος της πλήμνης, δηλαδή σε 65 μέτρα ύψος από την επιφάνεια του εδάφους. Σε απόσταση 164 μέτρων (2 x D, όπου D=82m) από την ανεμογεννήτρια και σε ύψος 2 μέτρων, ο θόρυβος θα ανέρχεται περίπου σε 45 db(A). Αυτό αντιπροσωπεύει τα συνήθη επίπεδα θορύβου εντός των κατοικιών.

Τα επίπεδα θορύβου διαβαθμίζονται ως εξής:

Πίνακας 3.15: Διαβάθμιση της κλίμακας των επιπέδων Θορύβου (db)

10 – 30 dB (A)	Πολύ ησυχία
30 – 50 dB (A)	Αρκετή ησυχία
50 – 70 dB (A)	Μάλλον δυνατή όχληση
70 – 100 dB (A)	Πολύ δυνατή όχληση
<100 dB (A)	Σοβαρή όχληση
135 dB (A)	Κατώφλι πόνου

- *Ανάλυση περιβαλλοντικού κριτηρίου (C7) – Αισθητική υποβάθμιση – Οπτική όχληση*
- Αιολικά Πάρκα

Κατ' αρχήν, είναι σαφές ότι η αισθητική μιας εγκατάστασης αιολικού πάρκου αποτελεί καθαρά υποκειμενικό παράγοντα, ο οποίος εξαρτάται όχι τόσο από την ίδια την εικόνα της εγκατάστασης, όσο από τη γενικότερη εικόνα που έχει διαμορφώσει ο παρατηρητής για τη χρήση της (π.χ. ως οικολογική πηγή ενέργειας, ως πηγή τοπικών αναπτυξιακών οφελών, κλπ).

Ειδικότερα, πρέπει να τονιστεί ότι ένα αιολικό πάρκο δεν εμποδίζει τη θέα. Η αρκετά μεγάλη απόστασή του από κατοικημένες περιοχές (ελάχιστη επιτρεπόμενη απόσταση από οικισμό : 500 m), σε συνδυασμό με τις σημαντικές υψομετρικές διαφορές μεταξύ του έργου και των γύρω οικισμών (εάν υπάρχουν), καθώς και η αραιή χωροθέτηση των Α/Γ σε απλές σ ειρές, περιορίζουν σε μεγάλο βαθμό την οπτική όχληση των κατοίκων.

Παράλληλα, οι περιορισμένες χρήσεις γης στην περιοχή ελαχιστοποιούν τις ευκαιρίες οπτικής επαφής με την εγκατάσταση, από κοντινές αποστάσεις. Μόνο οι τυχόν γεωργοί και κτηνοτρόφοι της περιοχής βλέπουν τις Α/Γ συχνότερα, χωρίς όμως να εμποδίζονται οι δραστηριότητές τους. Τέλος, σημειώνεται ότι τόσο το λευκό χρώμα των πτερυγίων, όσο και η κατασκευή ολόσωμων (σωληνωτών) πύργων στήριξης των Α/Γ, συντελούν στην καλύτερη εναρμόνισή τους με τον περιβάλλοντα χώρο.

Επίσης είναι σωστά καταγεγραμμένο ότι η μεγάλη πλειοψηφία των επισκεπτών των Αιολικών Πάρκων ενθουσιάζονται υπέρ αυτών. Ανεξάρτητες δημοσκοπήσεις επιβεβαιώνουν τους φόβους των ντόπιων κατοίκων που υπήρχαν στο στάδιο του σχεδιασμού αλλά τώρα έχουν αλλάξει και δείχνουν την υποστήριξη τους προς τα Αιολικά Πάρκα. Αλλά και έρευνες από άλλες Ευρωπαϊκές χώρες δείχνουν τα ίδια επίπεδα υποστήριξης. Συνεπώς οι αιολικοί σταθμοί προκαλούν κάποιες επιδράσεις στον περιβάλλοντα χώρο, όμως όταν αναλογισθούμε τις επιδράσεις των αντίστοιχων θερμοηλεκτρικών ή πυρηνικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στα οικοσυστήματα μιας περιοχής, οι επιδράσεις των Α/Γ μπορούν να θεωρηθούν αμελητέες.

- Φωτοβολταϊκά Πάρκα

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

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι κατασκευές που μπορούν να επηρεάσουν την αισθητική, αφού καλύπτουν σχετικά μεγάλη επιφάνεια, ενώ επιτρέπουν σε περιορισμένο βαθμό την αντανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας. Με αυτό το σκεπτικό είναι σκόπιμο να αποφεύγεται η εγκατάσταση τους σε περιοχές ιδιαίτερου φυσικού κάλλους ή άλλης ιδιαίτερης σημασίας. Ωστόσο, η αισθητική των Φ/Β σταθμών γίνεται με αργούς ρυθμούς οικεία προς τους παρατηρητές.

Η περιοχή εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού σταθμού στο νομό Αρκαδίας βρίσκεται εκτός προστατευμένων περιοχών και δεν αποτελεί τοπίο ιδιαίτερου φυσικού κάλλους. Επιπροσθέτως, δεν υπάρχουν αρχαιολογικοί χώροι, μνημεία ή αξιοθέατα και ο κοντινότερος οικισμός απέχει τουλάχιστον 700m. Είναι γεγονός ότι θα σημειωθεί κάποια αλλαγή στην αισθητική του τοπίου. Δεδομένου όμως ότι με την εγκατάσταση του Φ/Β

σταθμού προβλέπονται συνοδευτικά έργα, όπως διαμόρφωση καναλιών απορροής των βρόχινων υδάτων και διαμόρφωση του χώρου με χαμηλή βλάστηση, αναμένεται μια ποιοτική ανάπλαση του ευρύτερου χώρου, με αποτέλεσμα να βελτιωθεί η αισθητική του τοπίου σε μεγάλο βαθμό.

Το Φ/Β πάρκο στο νομό Κέρκυρας κατά την λειτουργία του δεν θα προκαλέσει κάποια ουσιαστική μεταβολή των φυσικών χαρακτηριστικών της περιοχής ούτε θα οδηγήσει σε αλλοίωση του τοπίου της περιοχής.

Επίσης θα πρέπει να επισημανθεί ότι λόγω:

- της σημαντικής απόστασης του οικοπέδου εγκατάστασης του Φ/Β Πάρκου από τους πλησιέστερους οικισμούς
- των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του ανάγλυφου της περιοχής εγκατάστασης
- του υψομέτρου (~ 12 m) του χώρου όπου θα πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση το Φ/Β πάρκο θα είναι αθέατο από τους πλησιέστερους οικισμούς που βρίσκονται περιμετρικά του χώρου εγκατάστασής του, ενώ επιπροσθέτως επισημαίνεται ότι η λειτουργία του δεν θα δημιουργεί ορατές αντανακλάσεις

### **3.6.1 Αξιολόγηση των σεναρίων ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις**

Για να μην επηρεαστεί η ανάλυση από τα μεγέθη και το εύρος μέτρησης κάθε κριτηρίου πρέπει όλα να μεταφραστούν σε μία κλίμακα. Το τελικό αποτέλεσμα επηρεάζουν σημαντικά όλα τα στοιχεία της μεθόδου μέτρησης των κριτηρίων. Ο Στόχος της μεθόδου είναι η πληρέστερη κατανόηση των επιπτώσεων των δύο τεχνολογιών.

Στον παρακάτω πίνακα όλα τα κριτήρια μεταφράστηκαν σε μια κλίμακα από 1 έως 5. Η τιμή max = 5, θεωρείται αυτή που έχει τις θετικότερες επιπτώσεις, ενώ η τιμή min = 1 αυτή με τις αρνητικότερες. Στην πρώτη περίπτωση δίνεται μεγαλύτερη βαρύτητα στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Με την μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης στην περίπτωση αυτή θα προσδιοριστεί η καλύτερη επιλογή σταθμού ΑΠΕ με τις μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Πίνακας 3.16: Αποδόσεις των σεναρίων ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις

			1	2	3	4
<b>C1</b>	Εξοικονομούμενο καύσιμο	Max=5 Min=1	5	4	3	2
<b>C2</b>	Χρόνος αποπληρωμής επένδυσης	Max=5 Min=1	5	2	4	3
<b>C3</b>	Αριθμός θέσεων εργασίας που δημιουργούνται κατά την λειτουργία του έργου	Max=5 Min=1	3	5	3	4
<b>C4</b>	Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	Max=5 Min=1	5	4	3	2
<b>C5</b>	Έκταση που καταλαμβάνεται	Max=5 Min=1	3	1	4	2
<b>C6</b>	Ακουστικό περιβάλλον κατά τη λειτουργία του έργου	Max=5 Min=1	3	5	4	5
<b>C7</b>	Αισθητική υποβάθμιση	Max=5 Min=1	2	3	2	3

### ***3.6.2 Αξιολόγηση των σεναρίων ως προς περιβαλλοντικές επιπτώσεις***

Στην πολυκριτηριακή ανάλυση απαιτείται εκτός από τα κριτήρια και τις μεθόδους μέτρησής τους να προσδιοριστεί και η σχετική βαρύτητα (σημαντικότητα) των κριτηρίων. Η αριθμητική έκφραση της σχετικής βαρύτητας κάθε κριτηρίου ονομάζεται συντελεστής βαρύτητας ( $w_i$ ). (Choo et al, 1999)

Τα κριτήρια έχουν συντελεστές βαρύτητας ανάλογους με τη σημαντικότητά τους:



Πίνακας 3.17: Συντελεστές Βαρύτητας κριτηρίων ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Εξοικονομούμενο καύσιμο	10.0%
Χρόνος αποπληρωμής επένδυσης	5.0%
Αριθμός θέσεων εργασίας που δημιουργούνται κατά την λειτουργία του έργου	5.0%
Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	35.0%
Έκταση που καταλαμβάνεται	15.0%
Ακουστικό περιβάλλον κατά τη λειτουργία του έργου	20.0%
Αισθητική υποβάθμιση	10.0%
Σύνολο	100.0%

Οι βαθμοί κάθε σεναρίου πολλαπλασιάζονται με τους αντίστοιχους συντελεστές βαρύτητας και αθροιζόμενοι αποτελούν το βαθμό σημαντικότητας του σεναρίου ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Το σενάριο με το μεγαλύτερο άθροισμα θα θεωρείται η καλύτερη επιλογή για την προστασία του περιβάλλοντος, διότι θα έχει τις μικρότερες επιπτώσεις σ' αυτό.

Πίνακας 3.18: Πολυκριτηριακή Ανάλυση: Αξιολόγηση των σεναρίων ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις

			Βαθμολογία Κριτηρίων				Σταθμισμένη Βαθμολογία			
			A1	A2	A3	A4				
Κριτήρια		Συντελεστές Βαρύτητας	1	2	3	4	1	2	3	4
		Wi	ai1	ai2	ai3	ai4	Wi*ai1	wi*ai2	wi*ai3	wi*ai4
<b>C1</b>	Εξοικονομούμενο καύσιμο	10.0%	5	4	3	2	0.500	0.400	0.300	0.200
<b>C2</b>	Χρόνος αποπληρωμής επένδυσης	5.0%	5	2	4	3	0.250	0.100	0.200	0.150
<b>C3</b>	Αριθμός θέσεων εργασίας που δημιουργούνται κατά την λειτουργία του έργου	5.0%	3	5	3	4	0.150	0.250	0.150	0.200
<b>C4</b>	Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	35.0%	5	4	3	2	1.750	1.400	1.050	0.700
<b>C5</b>	Έκταση που καταλαμβάνεται	15.0%	3	1	4	2	0.450	0.150	0.600	0.300
<b>C6</b>	Ακουστικό περιβάλλον κατά τη λειτουργία του έργου	20.0%	3	5	4	5	0.600	1.000	0.800	1.000
<b>C7</b>	Αισθητική υποβάθμιση	10.0%	2	3	2	3	0.200	0.300	0.200	0.300
		100.0%	Άθροισμα Sj				3.900	3.600	3.300	2.850

Καλύτερη επιλογή εμφανίζεται η κατασκευή του αιολικού σταθμού ισχύος 39 MW στην περιοχή Δήμου Βυτίνας και Κλείτορος και η χειρότερη ο φωτοβολταϊκός σταθμός ισχύος 20 MW στο Δήμο Εσπερίων (S1>S2>S3>S4, επειδή 3,9>3,6>3,3>2,85).

### **3.6.3 Αξιολόγηση των σεναρίων ως προς τις κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις της περιοχής**

Τα κριτήρια έχουν συντελεστές βαρύτητας ανάλογους με τη σημαντικότητά τους:

Πίνακας 3.19: Συντελεστές Βαρύτητας κριτηρίων ως προς τις κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις

Εξοικονομούμενο καύσιμο	35.0%
Χρόνος αποπληρωμής επένδυσης	25.0%
Αριθμός θέσεων εργασίας που δημιουργούνται κατά την λειτουργία του έργου	15.0%
Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	10.0%
Έκταση που καταλαμβάνεται	5.0%
Ακουστικό περιβάλλον κατά τη λειτουργία του έργου	5.0%
Αισθητική υποβάθμιση	5.0%
Σύνολο	100.0%

Πίνακας 3.20: Πολυκριτηριακή Ανάλυση: Αξιολόγηση των σεναρίων ως προς τις κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις

			Βαθμολογία Κριτηρίων				Σταθμισμένη Βαθμολογία			
			A1	A2	A3	A4				
Κριτήρια		Συντελεστές Βαρύτητας	1	2	3	4	1	2	3	4
		Wi	ai1	ai2	ai3	ai4	Wi*ai1	wi*ai2	wi*ai3	wi*ai4
<b>C1</b>	Εξοικονομούμενο καύσιμο	35.0%	5	4	3	2	1.750	1.400	1.050	0.700
<b>C2</b>	Χρόνος αποπληρωμής επένδυσης	15.0%	5	2	4	3	0.750	0.300	0.600	0.450
<b>C3</b>	Αριθμός θέσεων εργασίας που δημιουργούνται κατά την λειτουργία του έργου	25.0%	3	5	3	4	0.750	1.250	0.750	1.000
<b>C4</b>	Καθαρή ετήσια μείωση εκπομπών ΑΤΘ	10.0%	5	4	3	2	0.500	0.400	0.300	0.200
<b>C5</b>	Έκταση που καταλαμβάνεται	5.0%	3	1	4	2	0.150	0.050	0.200	0.100
<b>C6</b>	Ακουστικό περιβάλλον κατά τη λειτουργία του έργου	5.0%	3	5	4	5	0.150	0.250	0.200	0.250
<b>C7</b>	Αισθητική υποβάθμιση	5.0%	2	3	2	3	0.100	0.150	0.100	0.150
		100.0%	Άθροισμα Sj				4.150	3.800	3.200	2.850

Και στην περίπτωση Β, καλύτερη επιλογή εμφανίζεται η κατασκευή του αιολικού σταθμού ισχύος 39 MW στην περιοχή Δήμου Βυτίνας και Κλείτορος και η χειρότερη ο φωτοβολταϊκός σταθμός ισχύος 20 MW στο Δήμο Εσπερίων ( $S1 > S2 > S3 > S4$ , επειδή  $4,15 > 3,8 > 3,2 > 2,85$ ).

# Κεφαλαίο 4

## Αποτελέσματα

Από την πολυκριτηριακή ανάλυση των δύο παραπάνω περιπτώσεων, είναι εύκολο να διαπιστώσει κανείς ότι τα φωτοβολταϊκά πάρκα προϋποθέτουν μεγαλύτερες δαπάνες αλλά και έκταση γης για παραγωγή ηλεκτρισμού από ότι τα αιολικά ισάξιας ενεργειακής απόδοσης.

Οι ανεμογεννήτριες αποτελούν την πλέον ώριμη, μεταξύ των τεχνολογιών αξιοποίησης εκείνων των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (αιολική και ηλιακή) και παρουσιάζουν για την Ελλάδα το μεγαλύτερο ενδιαφέρον, είτε για λόγους οικονομικούς είτε και για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος.

Από τεχνικοοικονομικής άποψης, η αιολική ενέργεια 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, κοινωνικά και άλλα οφέλη από τη χρήση της αιολικής ενέργειας.

Από την εγκατάσταση και λειτουργία ενός αιολικού πάρκου παρατηρούνται θετικές και αρνητικές επιπτώσεις. Θετικές επιπτώσεις θα υπάρξουν από τη συνεισφορά στη μείωση των εκπομπών των αερίων ρύπων και στην αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών, ενώ αρνητικές από τις επεμβάσεις στο περιβάλλον της περιοχής. Είναι πιθανόν να προκύψουν κάποια τοπικά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως η αλλοίωση των τοπικών ενδιαιτημάτων και η σύγκρουση πτηνών σε ανεμογεννήτριες. Δυστυχώς, κάποιοι θάνατοι πουλιών αναπόφευκτα παρατηρούνται και το τοπικό περιβάλλον αλλοιώνεται. Εκείνο όμως που πρέπει να επισημανθεί είναι ότι η αλλοίωση του τοπικού περιβάλλοντος είναι αναπόφευκτη από την δημιουργία οποιασδήποτε μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είτε ανανεώσιμης είτε συμβατικής.

Η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου ικανού να ικανοποιήσει μεγάλη ζήτηση ενέργειας είναι εξαιρετικά δαπανηρή, με αποτέλεσμα η παραγόμενη κιλοβατώρα από φωτοβολταϊκά να είναι ακριβότερη, για τον καταναλωτή, από αυτή που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες. Επίσης, τα φωτοβολταϊκά πάρκα χρειάζονται πολύ μεγαλύτερες εκτάσεις γης από ότι οι ανεμογεννήτριες, οι οποίες θα πρέπει να είναι απογυμνωμένες από δένδρα και να είναι σε ανοικτό χώρο για να μη σκιάζονται από βουνά ή λόφους. Για το λόγο αυτό, το συνολικό κόστος κατασκευής τους είναι πολύ μεγαλύτερο και παράλληλα θα αλλοιώνονται μεγαλύτερες εκτάσεις γης, με αποτέλεσμα περισσότερα ενδιαφέροντα μικρών θηλαστικών και πουλιών να αλλοιωθούν ή να καταστραφούν.

Είναι φανερό πως και οι δύο ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εκτός από τις θετικές επιπτώσεις τους στο περιβάλλον παρουσιάζουν και κάποια μειονεκτήματα. Το γεγονός αυτό δεν θα πρέπει να λειτουργεί ανασταλτικά για την εγκατάσταση αυτών των τεχνολογιών, εφόσον μπορούν να λειτουργούν βιώσιμα στην χώρα μας. Αυτό όμως που πρέπει να κατανοήσει ο καθένας μας είναι ότι ένα κράτος για να έχει ένα υγιές και λειτουργικό ενεργειακό ισοζύγιο δεν μπορεί να βασίζεται μόνο σε μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, αλλά σε πολλές, έτσι ώστε το κόστος κατασκευής και λειτουργίας αλλά και η χρήση γης να μπορούν να ισορροπηθούν. Είναι επιτακτική ανάγκη να δημιουργηθεί στην Ελλάδα ένα ενεργειακό μωσαϊκό που θα αποτελείται τόσο από φωτοβολταϊκά πάρκα, όσο και από αιολικά και όχι αποκλειστικά από μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

# Κεφάλαιο 5

## Επίλογος

Η υποβάθμιση του περιβάλλοντος και η εξάντληση των συμβατικών, μη ανανεώσιμων καυσίμων αποτελεί ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει σήμερα ο πλανήτης μας. Το θέμα αυτό βρίσκεται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος Παγκόσμιων Οργανισμών, Κυβερνήσεων, Ερευνητικών Κέντρων, των ενδιαφερόμενων παραγωγών και χρηστών ενέργειας, αλλά και όλων των ενημερωμένων πολιτών.

Η αναζήτηση της απαραίτητης ενέργειας από τον άνθρωπο, η επάρκεια των αποθηκών/πηγών της, η βέβαιη και ταχεία εξάντληση μερικών από αυτές, οι βέλτιστοι τρόποι εκμετάλλευσης και εξοικονόμησης της, τα οικονομικά, κοινωνικά και ηθικά προβλήματα που δημιουργούνται από την ανισοβαρή, άλλοτε αλόγιστη και άλλοτε ανεπαρκή χρήση της, καθώς και η μεγάλη και αυξανόμενη τα τελευταία χρόνια επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τους μηχανισμούς και τα συστήματα μετατροπής και μεταφοράς της ενέργειας, συνιστούν σήμερα το «ενεργειακό/περιβαλλοντικό» πρόβλημα, ένα από τα κρίσιμότερα προβλήματα του ανθρώπου.

Για τον λόγο αυτό, έχει ξεκινήσει μια παγκόσμια προσπάθεια για τη μείωση αυτών των επιπτώσεων, με την ορθολογική χρήση της ενέργειας και την εφαρμογή τεχνολογιών εξοικονόμησης της. Επίσης, με στόχο την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων αυτών, προωθείται η εκμετάλλευση φιλικών προς το περιβάλλον (και τον άνθρωπο) Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), συμβάλλοντας έτσι καθοριστικά στην αειφόρο ανάπτυξη.

Αν και είναι γνωστό ότι η Ελλάδα είναι μια χώρα με συγκριτικά πλεονεκτήματα ως προς τις μορφές ΑΠΕ, εντούτοις, δεν παρουσιάζει ποσοστό αξιοποίησης τους σε ικανοποιητικό βαθμό. Μεταξύ των παραγόντων που συμβάλλουν στη μη επιθυμητή αξιοποίηση των ΑΠΕ, μπορεί να αναφερθεί και η άγνοια - καχυποψία για την περιβαλλοντική συμβατότητα των έργων και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που αυτά επιφέρουν.



Βέβαια, σε παγκόσμιο επίπεδο, γίνεται όλο και πιο έντονα αποδεκτό το γεγονός, ότι η αύξηση της χρήσης των ΑΠΕ συνεισφέρει στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος και την αειφόρο ανάπτυξη σε αντίθεση και πάντα σε σύγκριση με τα προβλήματα που προκαλούνται από την εξόρυξη και χρήση συμβατικών καυσίμων. Στην Ελλάδα, ο στρατηγικός χωροταξικός σχεδιασμός ήταν ουσιαστικά απών με συνέπεια η οργάνωση του χώρου να έχει προκύψει ως αποτέλεσμα της σύζευξης αφενός, των δυνάμεων της αγοράς, και αφετέρου, των συνεπειών διαφόρων μη- συντονισμένων χωρικά πολιτικών οι οποίες συχνά έρχονταν εκ των υστέρων να νομιμοποιήσουν τα δεδομένα που παρήγαγαν οι πρώτες, διατηρώντας ένα συγκεκριμένο παραγωγικό και αναπτυξιακό μοντέλο. Ο χωροταξικός σχεδιασμός είναι μια έννοια πολυσήμαντη και πολυδιάστατη, του οποίου οι επιμέρους τομείς αλληλοεπηρεάζονται και εξελίσσονται δυναμικά. Επιδιώκει την οικονομική και κοινωνική συνοχή, συμβάλλει στην διατήρηση και στη συνετή διαχείριση των φυσικών πόρων και της πολιτιστικής κληρονομιάς και προωθεί την ισόρροπη και ολοκληρωμένη ανάπτυξη, λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε τόπου. Η πρόκληση του χωροταξικού σχεδιασμού είναι να αξιοποιήσει τις ευκαιρίες και τις δυνατότητες που παρουσιάζει κάποιος συγκεκριμένος χώρος και ταυτόχρονα να αντιμετωπίσει τις απειλές και τους κινδύνους που προκαλούνται κατά την αναπτυξιακή διαδικασία.

Από την εφαρμογή του ΕΠΧΣΑΑ-ΑΠΕ αναμένονται ορισμένες περιβαλλοντικές μεταβολές οι οποίες συνοψίζονται παρακάτω: Οι μεταβολές σε παράγοντες της ποιότητας του αέρα που συνδέονται με την εφαρμογή του Ειδικού Πλαισίου, αναμένεται να είναι θετικές. Με τη συμβολή του Πλαισίου, επιτυγχάνεται αποτελεσματικότερη προώθηση των ΑΠΕ, η οποία οδηγεί στην υποκατάσταση μέρους των ορυκτών καυσίμων από καθαρές πηγές στην ενεργειακή παραγωγή, με αντίστοιχες μειώσεις στις εκπομπές και τις συγκεντρώσεις των αέριων ρύπων.

Η εφαρμογή του Ειδικού Πλαισίου δεν πρόκειται να επηρεάσει με άμεσο τρόπο παραμέτρους της υγείας. Εμμέσως, οι βελτιώσεις στην ποιότητα του αέρα ως αποτέλεσμα της προώθησης των ΑΠΕ, αναμένεται να περιορίσουν τις σχετικές επιβαρύνσεις στους δείκτες υγείας.

Οι επιπτώσεις των αιολικών πάρκων στην πανίδα, εστιάζονται στα πτηνά και την ενδεχόμενη επιδείνωση των συνθηκών διαβίωσής τους. Όπως έχει αναφερθεί, τα αιολικά πάρκα είναι δυνατόν να επηρεάσουν με ορισμένους τρόπους τους πληθυσμούς και τις συνθήκες διαβίωσης της ορνιθοπανίδας. Τα πουλιά καθώς πετούν μερικές φορές

προσκρούουν σε κτίρια και άλλες σταθερές κατασκευές. Κύρια αιτία ανησυχίας στην περίπτωση των αιολικών πάρκων είναι οι πιθανές θανατώσεις πουλιών από πρόσκρουση σε Α/Γ αλλά και σε εναέρια καλώδια και άλλες εγκαταστάσεις που πλαισιώνουν τα αιολικά πάρκα. Ως δευτερεύοντα προβλήματα αναφέρονται επίσης η υποβάθμιση των ενδιαιτημάτων των πουλιών και η ενόχληση τους από την κατασκευή και τη λειτουργία των αιολικών πάρκων.

Οι πιθανές προσκρούσεις ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος των Α/Γ, την ταχύτητα περιστροφής των πτερυγίων και πολλούς άλλους παράγοντες που συνδέονται με τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά τους. Η σημασία του σωστού σχεδιασμού είναι πολύ σημαντική για την αποφυγή των παραπάνω προβλημάτων. Ωστόσο στην πλειονότητα των αιολικών πάρκων οι αρνητικές επιπτώσεις τους στους πληθυσμούς των πουλιών είναι από πολύ μικρές έως αμελητέες.

Όσον αφορά τις επιπτώσεις στο τοπίο, από την εφαρμογή του ΕΠΧΣΑΑ-ΑΠΕ, σχετίζονται κυρίως με την αιολική, αφού η ένταξη στο τοπίο των άλλων κατηγοριών έργων ΑΠΕ είτε είναι απροβλημάτιστη είτε μπορεί να επιτευχθεί πλήρως στο στάδιο της περιβαλλοντικής αδειοδότησης.

Η σφαιρικότητα των κανόνων χωροθέτησης για το τοπίο είναι πλήρης, οπότε δεν διαφαίνεται καμία αναγκαιότητα λήψης επιπλέον μέτρων για το ζήτημα αυτό. Επιπλέον, τα όρια που θέτουν οι κανόνες αυτοί είναι αρκετά αυστηρά, ανάγοντας την προστασία του τοπίου σε βασικό κριτήριο για τις δυνατότητες ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας. Αξιολογείται ότι και με ελαφρώς ελαστικότερα όρια, το τοπίο μπορεί να προστατευθεί αποτελεσματικά, μειώνοντας παράλληλα τις αναστολές που ενδέχεται να δημιουργηθούν στις προοπτικές της αιολικής ενέργειας. Η εκτίμηση αυτή βασίζεται σε τρεις λόγους:

- ◆ Το τοπίο δεν αποτελεί πρωτογενή περιβαλλοντική παράμετρο, αλλά οπτικό επιφανικό της σύνθεσης των φυσικών και τεχνητών στοιχείων του περιβάλλοντος. Ενώ πολλά εκ των φυσικών στοιχείων του περιβάλλοντος συμμετέχουν σε σύνθετες αλληλεπιδράσεις και η επιδείνωσή τους ενδέχεται να καταλήξει σε βλάβες αυτών των εξαρτημένων παραγόντων, το τοπίο δεν ασκεί τέτοιο ρόλο.

- ◆ Η μεταβολή που επιφέρουν οι ανεμογεννήτριες στο τοπίο, δεν είναι καταστροφικού τύπου. Ενώ άλλες ανθρωπογενείς επεμβάσεις μεταβάλλουν το τοπίο με αποψίλωση

ζωνών βλάστησης, ισοπέδωση εκτάσεων κ.ά., συνθέτοντας μια εικόνα βίαιης επέμβασης, οι οφειλόμενες στα αιολικά πάρκα αλλοιώσεις του τοπίου είναι προσθετικού τύπου: στην υπάρχουσα εικόνα προστίθεται και η θέα των ανεμογεννητριών, χωρίς μεταβολές στα υπόλοιπα στοιχεία της σύνθεσης.

◆ Τέλος, η προώθηση της αιολικής ενέργειας διαμέσου ευρωπαϊκών και εθνικών πολιτικών, δεν συνιστά αυτοσκοπό· στοχεύει στην επίτευξη συγκεκριμένων περιβαλλοντικών βελτιώσεων τόσο στην ποιότητα του αέρα όσο και στην αποτροπή της κλιματικής αλλαγής. Ενώ οι δεύτερες είναι μακροπρόθεσμες και παγκόσμιας εμβέλειας, οι βελτιώσεις στην ποιότητα του αέρα είναι αμεσότερες και άπτονται ζητημάτων της υγείας του πληθυσμού, ιδίως δε αυτού των μεγάλων αστικών κέντρων και των πόλεων που γειτνιάζουν με θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Πάντως, και οι δύο κατηγορίες περιβαλλοντικών βελτιώσεων είναι ιδιαίτερα σημαντικές.

Αυτοί οι τρεις λόγοι, καταλήγουν στη διαπίστωση ότι το τοπίο θα πρέπει να προστατευτεί από την προσθήκη των ανεμογεννητριών στη θέα, αλλά μέχρι του βαθμού εκείνου που δεν απομακρύνεται η έλευση των περιβαλλοντικών βελτιώσεων, οι οποίες αναμένονται ως αποτέλεσμα της περαιτέρω διεύδυσης της καθαρής ενέργειας.

Από τη χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών σταθμών, είναι πιθανή μια μικρή επιδείνωση των συνθηκών για τη χλωρίδα, εάν οι εκτάσεις που πρόκειται να καταληφθούν είναι σημαντικές για τη βλάστηση. Παράλληλα, από την κάλυψη μεγάλης έκτασης είναι πιθανές μικρές αλλοιώσεις στη χημεία του εδάφους, οι οποίες όμως, στο βαθμό που δεν θα προληφθούν από τα μέτρα για τη χλωρίδα, είναι εφικτό να αντιμετωπισθούν στο στάδιο έγκρισης των περιβαλλοντικών όρων. Για τους μικρής ισχύος και έκτασης φωτοβολταϊκούς σταθμούς, για τους οποίους ενδέχεται να μην απαιτείται έγκριση περιβαλλοντικών όρων, η επίπτωση στο έδαφος είναι αμελητέα. Συνεπώς στις περιπτώσεις εκείνες δεν είναι αναγκαία οποιαδήποτε μέτρα αντιμετώπισης.

Στα στάδια προσδιορισμού και χαρακτηρισμού των επιπτώσεων, διαπιστώθηκε ότι αναμένονται θετικές εξελίξεις σε μια τριάδα δεικτών, οι οποίοι αντιπροσωπεύουν πιέσεις των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων προς το περιβάλλον. Οι δείκτες που βελτιώνονται, είναι:

- ◆ οι εκπομπές NO<sub>x</sub> προς κατοικημένη έκταση,
- ◆ οι εκπομπές SO<sub>2</sub> προς την κατοικημένη έκταση και

♦ η οικο-αποτελεσματικότητα της ενεργειακής παραγωγής.

# Παράρτημα Α

Πίνακες

- 2.1 Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύς μονάδων ΑΠΕ
- 3.1 Οικονομικά Στοιχεία Έργου, Περίπτωση 1η
- 3.2: . Δημογραφική Εξέλιξη Νομού Αρκαδίας
- 3.3: Οικονομικά Στοιχεία Έργου, Περίπτωση 2η
- 3.4: Οικονομικά Στοιχεία Έργου, Περίπτωση 3η
- 3.5: Οικονομικά Στοιχεία Έργου, Περίπτωση 4η
- 3.6 :Δείκτες κριτηρίων στα διαφορετικά χωρικά επίπεδα
- 3.7: Αξιολόγηση σεναρίων σε σύγκριση με τα κριτήρια
- 3.8: Περίπτωση 1η :Αιολικού Πάρκου στην περιοχή Δήμου Βυτίνας και Κλείτορος
- 3.9 Περίπτωση 2η: Φωτοβολταϊκού Πάρκου στον Δήμο Μεγαλόπολης
- 3.10: Περίπτωση 3η: Αιολικού Πάρκου στους Δήμους Κασσωπαίων – Θιναλίου
- 3.11: Περίπτωση 4η: Φωτοβολταϊκού Πάρκου στο Δήμο Εσπερίων
- 3.12: Αποτελέσματα Εξοικονόμησης Καυσίμου (ΤΙΠ)
- 3.13. Εκπομπές αερίων ρύπων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, αγοραζόμενης και πωλούμενης θερμικής ενέργειας (g ρύπου ανά kWh)
- 3.14: Αποτελέσματα Μείωσης Εκπομπών ΑΤΜ (tn)
- 3.15: Διαβάθμιση της κλίμακας των επιπέδων Θορύβου (db)
- 3.16: Αποδόσεις των σεναρίων ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- 3.17: Συντελεστές Βαρύτητας κριτηρίων ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- 3.18: Πολυκριτηριακή Ανάλυση: Αξιολόγηση των σεναρίων ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- 3.19: Συντελεστές Βαρύτητας κριτηρίων ως προς τις κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις
- 3.20: Πολυκριτηριακή Ανάλυση: Αξιολόγηση των σεναρίων ως προς τις κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις

## **Διαγράμματα**

- 2.1 Εγκατεστημένη ισχύς στην Ε.Ε. το 2015
- 2.2 Εξέλιξη της συνολικής εγκατεστημένης αιολικής ενέργειας (MW) ανά έτος την περίοδο 1987-2015 στην Ελλάδα
- 2.3 Χωρική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος αιολικών πάρκων έως το 2013

## **Εικόνες**

2.1: Ηλιακό δυναμικό φωτοβολταϊκού ηλεκτρισμού των χωρών της Ευρώπης

2.2 Κατανομή μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου στην Ελλάδα

2.3 Ποσοστό αύξησης της ηλιακής ενέργειας

2.4 Ετήσια ποσότητα ενέργειας που προέρχεται από ηλιακή ενέργεια

## **Βιβλιογραφία**

# Διεθνής

- Abbott JA, (2010). The localized and scaled discourse of conservation for wind power in Kittitas County, Washington. *Soc Nat Resour* 23 pp.969–985
- Abulfotuh F. (2007). Energy efficiency and renewable technologies: the way to sustainable energy future. *Desalination*. 29 (193). pp. 275-282
- Agterbosch S, Meertens RM, Vermuelen WJV, (2009). The relative importance of social and institutional conditions in the planning of wind power projects. *Renew Sustain Energy Rev* 13 pp.393–405.
- Albergaria, R., & Fidelis, T., (2006). Transboundary EIA: Iberian experiences. *Environmental Impact Assessment Review*, 26 , pp . 614–632.
- Akpinar, A., Komurcu, M. I., Kankal, M., Ozolcer, I. H., Kaygusuz, K. (2008). Energy situation and renewables in Turkey and environmental effects of energy use. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12, pp.2013–2039.
- Asif, M., & Muneer T. (2007). Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, pp. 1388–1413.
- Aslan A, Apergis N, Yildirim S. (2014). Causality between energy consumption and GDP in the U.S.: evidence from wavelet analysis. *Frontiers in Energy* 8 pp.1-8
- Bagiorgas HS, Mihalakakou G, Matthopoulos D, (2008). A statistical analysis of wind speed distributions in the area of Western Greece. *Int J Green Energy* 5(1–2). pp. 120–137.
- Bastasch, M., van Dam, J., Søndergaard, B., Rogers, A. (2006). Wind Turbine Noise – An Overview. *Canadian Acoustics* 34:2, pp. 7–15.
- Bell D, Gray T, Haggett C, (2005). The ‘social gap’ in wind farm citing decisions: explanations and policy responses. *Environ Pollut* 14 pp.460–477
- Bergmann A, Colombo S, Hanley N. (2008) Rural versus urban preferences for renewable energy developments. *Ecological Economics*; 65 pp. 616–25.
- Bottero M, Ferretti V, Figueira J.R, Greco S, Roy B. (2015). Dealing with a multiple criteria environmental problem with interaction effects between criteria through an extension of the Electre III method. *European Journal of Operational Research*. 245 pp. 837-850
- Boyle G. (1998). *Renewable energy: Power for a sustainable future*. Oxford University Press: Oxford pp. 1-40
- Brans JP, Vincke Ph, Mareschal B. (1986). How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*. 24 pp. 228-238.
- Browne D, O'Regan B., Moles R., (2010). Use of multi-criteria decision analysis to explore alternative domestic energy and electricity policy scenarios in an Irish city-region, *Energy* 35. pp.518-528

- Butler A, Dinkel F., Frazn S., Spliethoff H. (2016), Variability of wind and solar power – An assessment of the current situation in the European Union based on the year 2014, *Energy* 106 pp. 147-161
- Calabrese A. Costa R. Levialdi N. Menichini T. (2016). A fuzzy analytic hierarchy process method to support materiality assessment in sustainability reporting. *Journal of Cleaner Production*. 121 pp. 248-264
- Caralis G., Perivolaris Y., Rados K., Zervos A., (2008). On the effect of spatial dispersion of wind power plants on the wind energy capacity credit in Greece. *Environmental Research Letters*, 3, pp. 3-15.
- Chaudhry, N. & Hughes L. (2012). Forecasting the reliability of wind-energy systems: A new approach using the RL technique. *Applied Energy*, 96, pp. 422-430
- Cho C.J. (1999). The economic-energy-environmental policy problem: An application of the interactive multiobjective decision method for Chungbuk Province. *Journal of Environmental Management*. 56(2). pp. 119-131
- Choo. E.U., Schonher B., Wedley W.C., (1999). Interpretation of criteria weights in multicriteria decision making. *Computers & Industrial Engineering* . 37 pp. 527-541
- Cushman-Roisin, & B., Beckers, J.M., (2011). Chapter 2 – The Coriolis Force. *International Geophysics*, 101, pp.41-75
- Dalili N, Edrisy A, Carriveau R, (2009). A review of surface engineering issues critical to wind turbine performance. *Renew Sustain Energy Rev* 13 pp.428–438.
- Damasen, P. I. & Uhomoibhi, J., (2012). Solar power generation for ICT and sustainable development in emerging economies. *Emerald*, 29(4), pp. 213-225
- Deb, S., (1977). Solar Energy - Its Nature and Possibilities as a Source of Power for Terrestrial Use. *IETE Journal of Research*, 23(11), pp 659-675
- Dennler, G. & Brabec, C. J., (2008). Socio-Economic Impact of Low-Cost PV Technologies. In: Christoph J. Brabec, ed. *Organic Photovoltaics - Materials, Device Physics and Manufacturing Technologies*. Weinheim: Wiley-VCH, pp. 531-566.
- Dias R., Mattos C., Balestieri J., (2006). The limits of human development and the use of energy and natural resources. *Energy Policy*, 34 ,pp.1026-1031
- Dincer I, (1999). Environmental impacts of energy. *Energy Policy*, 27, pp. 845-854
- Dincer I, (2000). Renewable Energy And Sustainable Development: A Crucial Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 4, pp 157-175
- Duic N., Guzovic Z., Kafarov V., Klemeš J., Mathiessen B., Yan J., (2013). Sustainable development of energy, water and environment systems. *Applied Energy*, 101, pp. 3-5.
- Ellabban O, Haitham Abu-Rub, Frede Blaabjerg. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 39 pp.748–764
- Elliot D., (2007). *Sustainable Energy: Opportunities and Limitations*, Palgrave Macmillan, Great Britain
- Ennaceur A. Elouedi Z. Lefevre E. (2016). Belief AHP Method — AHP Method with the Belief Function Framework. *International Journal of Information Technology & Decision Making*. 15 pp. 553



- European Commission. (1997). Energy for the future: Renewable Sources Of Energy. COM(97) 599 final
- EWEA Wind Energy Association, (2013). Wind in power 2012 European statistics.
- Faucheux S. (2000). Environmental Policy and Technological Change: Towards Deliberative Governance. *Innovation-Oriented Environmental Regulation* pp 153-171
- Georgopoulou E, Lalas D. Papagiannakis L. (1997). a Multicriteria Decision Aid approach for energy planning problems: The case of renewable energyNoption», *European Journal of Operational Research* 103 pp. 38-54.
- Georgopoulou E., Sarafidis Y., Diakoulaki D. (1998). Design and implementation of a group DSS for sustaining renewable energies exploitation», *European Journal of Operational Research* 109. pp 483-500.
- Gersema G. Wozabal D. (2017). An equilibrium pricing model for wind power futures. *Energy Economics*. 65.pp. 64-74
- Gielen, D., (2012). Renewable energy technologies: Cost analysis series: Solar Photovoltaics. Irena Working Paper, 1(4/5), pp. 1-45.
- González J. Serrano, Manuel B. Payán, J. Manuel R. Santos, Francisco GonzálezLongatt, (2013). A review and recent developments in the optimal wind-turbine micro-siting problem. Department of Electrical Engineering, University of Seville, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30, pp.133–144.
- Goodchild, M. F, (2003). Geographic information science and systems for environmental management. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 28, pp.493–519.
- Goumas M.G., Lygerou V.A., Papagiannakis L.E., (1999). Computational methods for planning and evaluating geothermal energy projects», *Energy Policy* 27 pp.147-154.
- Guney M.S. (2016). Solar power and application methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.57.pp. 776-785
- Hadjibiros, K., Katsiri, A., Andreadakis, D., Koutsoyiannis, D., Stamou, A., Christofides, A., Efstratiadis, A. & Sargentis, G. F., (2005). Multi-criteria reservoir water management. *Global Network for Environmental Science and Technology*, 7(3), pp. 386-394.
- Hanley N. & Nevin C. (1999). Appraising renewable energy developments in remote communities: the case of the North Assynt Estate, Scotland. *Energy Policy*. 27 (9). pp. 527-547
- Haralambopoulos, D., Polatidis, H., (2003) 'Renewable energy projects: structuring a multi-criteria group decision-making framework', *Renewable Energy*, 28. pp.961-973
- Harrison J.P. (2011). Wind Turbine Noise. *Bulletin of Science, Technology & Society* 31(4) pp. 256 –261
- Hastik, R., Basso, S., Geitner, C., Haida, C., Poljanec, A., Portaccio, A., Vrščaj, B., Walzer, C., (2015). Renewable energies and ecosystem service impacts. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 48, pp 608-623
- Herche W. (2017). Solar energy strategies in the U.S. utility market. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 77 pp. 590-595

- Herman W, (2006). Quantifying global exergy resources, *Energy* 31 pp.1685–1702
- Hermerschmidt, F, Pouloupatis, P. D., Partasides, G., Lizides, A., Hadjiyiannakou, S. & Choulis, S. A., (2013). Beyond solar radiation management - the strategic role of low-cost photovoltaics in solar energy production. *International Journal of Sustainable Energy*, 34(3-4), pp. 211-220
- Hoen B, Wiser R, Cappers P, Thayer M, Sethi G., (2011). Wind energy facilities and residential properties: the effect of proximity and view on sales prices. *J Real Estate Res* 33. pp. 279–316
- Hokkanen J, & Salminen P. (1997), Choosing a solid waste management system using multicriteria decision analysis, *European Journal of Operational Research*. 98 pp. 19-36.
- HWEA Wind Energy Statistics, (2013). Ελληνική Επιστημονική Ένωση για την αιολική ενέργεια, 2013. <http://eletaen.gr/hwea-wind-energy-statistics-2013>.
- IEA International Energy Agency, (2006). Renewable energy: RD&D priorities. Insights from IEA technology programmes.
- IEA International Energy Agency, (2003). Renewables for power generation status and prospects. IEA, Paris, France.
- Ioannou A, Angus A, Brennan F, (2017), Risk-based methods for sustainable energy system planning: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 74 pp. 602-615
- Ishizaka, A. & Labib, A., (2011). Review of the main developments in the analytic hierarchy process. *Expert Systems with Applications*, 38(11), pp. 14336-14345.
- Jamieson, D., (1991). The epistemology of climate change: Some morals for managers. *Society & Natural Resources: An International Journal*, 4(4), pp. 319-329
- J. Chang, Dennis Y.C. Leung, C.Z. Wu, Z.H. Yuan (2003). A review on the energy production, consumption, and prospect of renewable energy in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 7, pp.453–468
- Katsaprakakis D.A. Christakis D.G. (2016). The exploitation of electricity production projects from Renewable Energy Sources for the social and economic development of remote communities. The case of Greece: An example to avoid. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 54. pp. 341-349
- Ken, Z., Mason, J. & Fthenakis, V., (2008). A Solar Grand Plan. *Scientific American*, 298(1), pp. 64-73
- Koenemann, D., (2009). Competition is growing. *Sun & Wind Energy*, 6, pp. 112–115.
- Koçak E, & Şarkgüneşi. A (2017). The renewable energy and economic growth nexus in black sea and Balkan Countries. *Energy Policy* 100, pp. 51-57
- Koroneos Christopher, Spachos Thomas, Moussiopoulos Nikolaos, (2003). Exergy analysis of renewable energy sources. *Renewable Energy* 28 pp.295–310
- Korhonen, P., Moskowitz, H., Wallenius, J., (1992). Multiple criteria decision support – A review. *European Journal of Operational Research*, 63 pp.361-375.

- Kotroni V. Lagouvardos K. Lykoudis S. (2014). High-resolution model-based wind atlas for Greece. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 30. pp. 479-489
- Leung, L., Yang, Y., (2012). Wind energy development and its environmental impact: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, pp.1031-1039
- Loring J. M. (2007). Wind energy planning in England, Wales and Denmark: factors influencing project success. *Energy Policy* 35, pp.2648–2660
- Lund, H., (2007). Renewable energy strategies for sustainable development. *Energy*, 32(6), pp. 912-919.
- Lüthi, S., (2010). Effective deployment of photovoltaics in the Mediterranean countries: Balancing policy risk and return. *Elsevier*, 84(6), pp. 1059-1071.
- Makrides, G., Zinsser, B., Norton, M., Georghiou, G. E., Schubert, M. & Werner, J. H., (2010.) Potential of photovoltaic systems in countries with high solar irradiation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(2), pp. 754-762.
- Malczewski, J., (1996). A GIS-based approach to multiple criteria group decision making.. *International Journal of Geographical Information Systems*, 10(8), pp. 955-971.
- Manzini F. & Martínez M. (1999). Choosing an energy future: the environmental impact of end-use technologies. *Energy Policy*. 27(7). pp. 401-414.
- Marttunen M. Lienert J. Belton V. (2017). Structuring problems for Multi-Criteria Decision Analysis in practice: A literature review of method combinations. pp.1-17
- Matsushashi K. (1997). Application of Multi-Criteria Analysis to Urban Land-Use Planning. IIASA Interim Report. IIASA, Laxenburg, Austria: IR-97-091
- Mavrotas G. Diakoulaki G. Capros P. (2003). Combined MCDA–IP Approach for Project Selection in the Electricity Market. 120(1). pp. 159-170
- Mirasgedis S & Diakoulaki D. (1997). Multicriteria analysis vs. externalities assessment for the comparative evaluation of electricity generation systems. *European Journal of Operational Research*. 102 (2). pp. 364-379.
- Mourelatos A. Assimacopoulos D., Papagiannakis L. (1998). Large-scale integration of renewable energy sources an action plan for Crete. *Energy Policy*. 26(10) pp.751-763
- Munday M, Bristow G, Cowell R., (2011). Wind farms in rural areas: how far do community benefits from wind farms represent a local economic development opportunity? *J Rural Stud* 27 pp.1–12.
- Nijkamp P, & Vreeker R. (2000). Sustainability assessment of development scenarios: methodology and application to Thailand. *Ecological Economics*. 33 (1). pp.7-27
- Nikitidou E., Kazantzidis A., Tzoumanikas P., Salamalakis V., Bais A.F. (2015). Retrieval of surface solar irradiance, based on satellite-derived cloud information, in Greece. *Energy* 90 pp. 776-783
- Nomura, N., Akai, M., (2004). Willingness to pay for green electricity in Japan as estimated through contingent valuation method. *Appl Energy*, 78 (4) , pp. 453–463
- Omer M. A., (2007). Energy, environment and sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12, pp.2265–2300.

- Ouammi A , Sacile R Zejl Di , Mimet A Benchrifa R. (2010). Sustainability of a wind power plant: Application to different Moroccan sites. *Energy* 35, pp. 4226-4236
- Ozelkan E.Z. & Duckstein L. (1996). Analysing Water Resources Alternatives and Handling Criteria by Multi Criterion Decision Techniques. *Journal of Environmental Management* 48(1). pp .69-96.
- Panwar N.L. Kaushik S.C., Kothari S., (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15 pp.1513-1524
- Palz, W., (1987). Photovoltaic Power Generation: a 1987 Review. *International Journal of Solar Energy*, 5(5-6), pp. 289-310.
- Palaiologou P, Kalabokidis K, Haralambopoulos D, Feidas H, Polatidis H, (2011). Wind characteristics and mapping of power production in the Island of Lesbos, Greece. *Comp Geosci* 37(7) pp.962-972
- Peterlin, M., Kros, B., & Kontic, B., (2008). A method for the assessment of changes in environmental perception during an EIA process. *Environmental Impact Assessment Review*, 28, pp.533-545.
- Ramanathan R. Ganesh L.S. (1995). Energy alternatives for lighting in households: An evaluation using an integrated goal programming-AHP model. *Energy* 20(1). pp. 63-72
- Renewables global status report, (2013). Renewables global status report, Paris: REN21
- Ribeiro, R. A., (1996). Fuzzy multiple attribute decision making: A review and new preference elicitation techniques. *Fuzzy Sets and Systems*, 78(2), pp. 155-181.
- Rogers M, Bruen M. (1998). Choosing realistic values of indifference, preference and veto thresholds for use with environmental criteria within ELECTRE. *European Journal of Operational Research*. 107 pp.542-551.
- Rojas-Zerpa C.J. Yusta M.J., (2017), Application of multicriteria decision methods for electric supply planning in rural and remote areas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 52 pp. 557-571
- Roy, B. & Hugonnard, J.C. (1982.) Ranking of suburban line extension projects on the Paris metro system by a multicriteria method. *European Journal of Operational Research* 16 A, pp. 301-312.
- Roy B, Present M, Silhol D, (1986). A programming method for determining which Paris metro stations should be renovated, *European Journal of Operational Research* 24 pp. 318-334.
- Roy, B., Vincke, Ph., (1981). Multicriteria analysis: survey and new directions. *European Journal of Operational Research*, 8 pp.207-218.
- Rozakis S. Soldatos P.G. (1997). Evaluation of an integrated renewable energy system for electricity generation in rural areas. *Energy Policy* 25(3). pp.337-347
- Saaty, T. L., (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), pp. 83-98
- Salminen P, Hokkanen J, Lahdelma R. (1998). Comparing multicriteria methods in the context of environmental problems. *European Journal of Operational Research*. 104 pp.485-496.

- Santos M.J., Ferreira P. Araujo M. Portugal-Pereira J. Lucena A.F.P. Schaeffer R. (2017). Scenarios for the future Brazilian power sector based on a multi-criteria assessment. *Journal of Cleaner Production*. 1-13
- Siskos J, Hubert Ph, (1983). Multi-criteria analysis of the impacts of energy alternatives: A survey and a comparative approach, *European Journal of Operational Research* 13 pp.278-299.
- Stefanovic G. Milutinovic B. Vucicevic B. Dencic-Mihajlov K. Turanjanin V. (2016), A comparison of the Analytic Hierarchy Process and the Analysis and Synthesis of Parameters under Information Deficiency method for assessing the sustainability of waste management scenarios. *Journal of Cleaner Production*. 130 pp. 155-165
- Strachen, P. A., Lal, D., Malmborg, F., (2006). The evolving UK wind energy industry: critical policy and management aspects of the emerging research agenda. *European Environment*, 16 pp. 1-18.
- Strantzali E. Aravossis K. Livanos G.A (2017). Evaluation of future sustainable electricity generation alternatives: The case of a Greek island. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 76 pp. 775-787
- Stuhlberger, C., (2010). *Mining and Environment in the Western Balkans*. Vienna: UNEP
- Szarka, J., (2006). Wind power, policy learning and paradigm change. *Energy Policy*, 34, pp.3041-3048
- Tabassum-Abbasi, M. Premalatha, Tasneem Abbasi n, S.A. Abbasi, (2013). Windenergy: Increasing deployment, rising environmental concerns. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 31 pp.270-288.
- Tkach, R.J., & Simonovic, S.P., (1999). A new approach to multi-criteria decision making in water resources. *J. Geogr. Inform. Dec. Anal.* 1 (1) pp., 25-43.
- Tsani S., (2010). Energy consumption and economic growth: A causality analysis for Greece. *Energy Economics* 32, pp. 582-590.
- Tselepis S. (2012). The PV market in Greece. 27th EUPVSEC Frankfurt
- Vargas, L. G., (1990). An overview of the analytic hierarchy process and its applications. *European Journal of Operational Research*, 48(1), pp. 2-8.
- Vaidya, O. S. & Kumar, S., (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169(1), pp. 1-29
- Vries B, Detlef P. Van Vuuren, Monique M. Hoogwijk. (2007). Renewable energy sources: Their global potential for the first-half of the 21st century at a global level: An integrated approach. *Energy Policy* 35. pp.2590-2610
- Vries B, & Petersen A.C. (2009). Conceptualizing sustainable development An assessment methodology connecting values, knowledge, worldviews and scenarios. *Ecological Economics* 68, pp.1006-1019
- Warren CR, Lumsden C, O'Dowd S, Birnie RV, (2005). 'Green on green': public perceptions of wind power in Scotland and Ireland. *J Environ Plann Man* 48 pp. 853-875
- Weber, M., Borcherding, K., (1993). Behavioral influences on weight judgments in multiattribute decision making. *European Journal of Operational Research* 67 pp.1-12.

- Wimmeler, C., Hejazi, G., Fernandes E., Moreira C., Connors S., (2015). Multi-Criteria Decision Support Methods for Renewable Energy Systems on Islands. *Journal of Clean Energy Technologies* 3(3). pp.185-195
- Xu, Z. S. & Da, Q. L., (2002). The ordered weighted geometric averaging operators. *International Journal of Intelligent Systems*, 17(2), pp. 709-716.
- Yager, R. R., (1988). On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decision making. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernet*, 18(1), pp. 183-190.
- Zahran S, Kim E, Chen X, Lubell M. (2007). *Ecological Development and Global Climate Change: A Cross-National Study of Kyoto Protocol Ratification*. *Society and Natural Resources*, 20, pp. 37-55
- Zinsser, B., Makrides, G. Schmitt W Werner, J. H (2007). Annual energy yield of 13 photovoltaic technologies in Germany and Cyprus. In: *Proceedings of the 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference*. Stuttgart and Nicosia: Universität Stuttgart and University of Cyprus,, pp. 3114-3117.

## Ελληνική

- 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(19), σελ. 417-446
- Ασημακόπουλος, Γ., (2007). Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Ν. 2742/1999) Α' Φάση:Υποστηρικτική Μελέτη, Αθήνα: Ελληνική Δημοκρατία (α)
- Ασημακόπουλος, Γ., (2007). ΕΠΧΣ & ΑΑ για τις ΑΠΕ Αποκεντρωμένη Διοίκηση Ηπείρου - Δυτικής Μακεδονίας. 164-224 (β)
- Βασιλάκος Ν. Αιολική Ενέργεια: Μια σημαντική συμβολή για τη βιώσιμη ανάπτυξη και την απασχόληση στην χώρα μας. *Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών*
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, (2009), «Ετήσια Έκθεση 2009», Αθήνα, εκδόσεις ΚΑΠΕ, σελ. 17-18.
- Μελέτη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ΤREC, Διαπεριφερειακό συνεργατικό σχήμα για την ενέργεια, (2012). Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ) Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων (ΙΔΕΠ).
- Μπουργκούδη Α. (2009) Συγκριτική Αξιολόγηση Εφαρμογής Τεχνολογιών ΑΠΕ. Διπλωματική Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- Πολατίδης Η., (2003), *Ενεργειακή Ανάλυση και Λήψη Αποφάσεων: Ένα Πολυκριτηριακό Μεθοδολογικό Πλαίσιο*, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αιγαίου - Τμήμα Περιβάλλοντος

- Υπουργείο Ανάπτυξης. (2005). Προώθηση συστημάτων ΑΠΕ, Συμπαράγωγής στο ενεργειακό σύστημα της χώρας - Εξοικονόμηση Ενέργειας . Οδηγός Ενεργειακών Επενδύσεων
- Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων(2007). Στρατηγική Μελέτη Πειβαλλοντικών Επιπτώσεων του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Ενviroplan Μελετητική
- Ψωμας Σ. (2005). Η συμβολή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, Σ.Ε.Φ
- Χάρτης πορείας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (2007). Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας τον 21ο αιώνα: συμβολή στην ενίσχυση της αειφορίας . Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων Βρυξελες

## Πηγές από το Διαδίκτυο

- Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία. (<http://www.ornithologiki.gr/>)
- Ελληνικό Μητρώο Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου (<http://www.ghg.greekregistry.eu> )
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), (<http://www.cres.gr>)
- Κλιματολογικά στοιχεία από την ιστοσελίδα της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.), (<http://www.hnms.gr/hnms/greek/index.html>)
- Λογισμικό RETScreen, <http://www.etscreen.net>
- Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), (<http://www.rae.gr> )
- Στατιστικά στοιχεία από την ιστοσελίδα της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδος (Ε.Σ.Υ.Ε.), (<http://www.statistics.gr> )
- Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολατικών. (<http://helapco.gr/> )
- Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Το δίκτυο NATURA 2000 και προστατευόμενες περιοχές, (<http://www.minenv.gr/1/12/121/12103/g1210300/g1210300000.html>)
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=433&language=el-GR> )
- Carbon Counter (<https://carboncounter.wordpress.com/2015/06/23/is-there-a-solar-revolution-time-for-data-not-adjectives/> )
- Solar radiation and photovoltaic electricity potential country and regional maps for Europe, 2015. European Commission (joint research centre) <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eur.htm>

