



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης Master Thesis

«Οι επιδράσεις της εγκατάστασης αιολικών πάρκων σε περιβαλλοντικό, οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο»

«The environmental, economic and social impacts of building wind farms»

Νικόλαος Σάλεχ / Nikolaos Salech

A.M. / R.N. : 20271

Ειδικές Εκδόσεις / Special Publications:

No. «2020418»

Αθήνα, 2022
Athens, 2022



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης Master Thesis

«Οι επιδράσεις της εγκατάστασης αιολικών πάρκων σε περιβαλλοντικό, οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο»

«The environmental, economic and social impacts of building wind farms»

Νικόλαος Σάλεχ / Nikolaos Salech

A.M. / R.N. : 20271

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Δρ. Αντωνίου Βαρβάρα,
«Δρ. Γεωλόγος, Ε.Δ.Ι.Π. ΕΚΠΑ»

Δρ. Σκούρτσος Εμμανουήλ,
«Επικ. Καθηγ. ΕΚΠΑ»

Δρ. Κράνης Χαράλαμπος,
«Αναπλ. Καθηγ. ΕΚΠΑ»

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	i
Περίληψη	iii
Abstract	iv
Ευχαριστίες.....	v
Κατάλογος Εικόνων	vi
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	1
1.1. Εισαγωγή στην Ενέργεια	1
1.2. Εισαγωγή στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).....	1
1.2.1. Αιολική Ενέργεια.....	2
1.2.2. Ηλιακή Ενέργεια	2
1.2.3. Γεωθερμική Ενέργεια	3
1.2.4. Υδραυλική Ενέργεια	3
1.2.5. Ενέργεια από τη Θάλασσα	3
1.2.6. Βιομάζα.....	4
1.3. Εισαγωγή στην Αιολική Ενέργεια	5
1.3.1. Η Αιολική Ενέργεια στην Ελληνική Επικράτεια	6
1.3.2. Η Αιολική Ενέργεια στον Υπόλοιπο Κόσμο.....	8
Κεφάλαιο 2. Ανεμογεννήτριες	10
2.1. Είδη Ανεμογεννητριών	10
2.2. Η δομή των Ανεμογεννητριών	12
2.3. Στοιχεία Λειτουργίας των Ανεμογεννητριών.....	14
Κεφάλαιο 3. Αιολικοί Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΣΠΗΕ)	16
3.1. Εισαγωγή στους Αιολικούς Σταθμούς Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας	16
3.2. Τύποι Αιολικών Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας	19
3.2.1. Χερσαίοι Αιολικοί Σταθμοί	19
3.2.2. Παράκτιοι Αιολικοί Σταθμοί.....	20
3.2.3. Υπεράκτιοι Αιολικοί Σταθμοί	20
3.3. Η Λειτουργία των Αιολικών Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας	22
Κεφάλαιο 4. Οι Επιδράσεις σε Περιβαλλοντικό Επίπεδο	24
4.1. Οι Θετικές Επιδράσεις στο Περιβάλλον	25
4.2. Οι Αρνητικές Επιδράσεις στο Περιβάλλον	26
Κεφάλαιο 5. Οι Επιδράσεις σε Οικονομικό Επίπεδο.....	33
5.1. Οι Θετικές Επιδράσεις στην Οικονομία.....	33
5.2. Οι Αρνητικές Επιδράσεις στην Οικονομία	34

Κεφάλαιο 6. Οι Επιδράσεις σε Κοινωνικό Επίπεδο	38
6.1. Οι Θετικές Επιδράσεις στην Κοινωνία	38
6.2. Οι Αρνητικές Επιδράσεις στην Κοινωνία.....	40
Κεφάλαιο 7. Τελικά Συμπεράσματα - Προτάσεις.....	46
Βιβλιογραφία	52

Περίληψη

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί μείζονα πρόβλημα για την υφήλιο, καθώς η ενέργεια είναι ο βασικός παράγοντας από τον οποίο εξαρτώνται όλες οι ανθρώπινες δραστηριότητες.

Η αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας που παρατηρείται στην εποχή μας, δημιουργεί ενεργειακή κρίση στον πλανήτη. Σχεδόν το σύνολο των κρατών της Γης, αναγνωρίζει ότι βιώσιμη λύση στο ζήτημα υπάρχει και αυτή σχετίζεται με τη διάδοση και χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ).

Από το σύνολο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), ίσως η πιο διαδεδομένη και πιο ανεπτυγμένη στην εποχή μας, είναι η αιολική ενέργεια. Όμως, όπως και οι λοιπές ΑΠΕ, έτσι και η αιολική έχει τη θετική και την αρνητική πλευρά της. Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας γίνεται με την εγκατάσταση χερσαίων, παράκτιων ή υπεράκτιων αιολικών πάρκων, η εγκατάσταση των οποίων έχει επιδράσεις στο περιβάλλον, στην οικονομία και στην κοινωνία, δηλαδή στην καθημερινή ζωή των πολιτών.

Τα τελευταία χρόνια στη χώρα μας, οι διαδικασίες έκδοσης άδειας εγκατάστασης και λειτουργίας αιολικών πάρκων έχουν επιταχυνθεί κατά πολύ προσελκύοντας το ενδιαφέρον πληθώρας κατασκευαστικών εταιρειών για αιολικές επενδύσεις, δημιουργώντας σημαντικά ερωτήματα ως τις επιδράσεις που προκαλούνται.

Στην παρούσα εργασία, αντικείμενο της μελέτης θα αποτελέσει η ανάλυση και η περιγραφή της δομής και της λειτουργίας μίας ανεμογεννήτριας καθώς και η περιγραφή της λειτουργίας των αιολικών σταθμών.

Επίσης, θα παρουσιαστούν οι θετικές και οι αρνητικές επιδράσεις από τη χωροθέτηση, την εγκατάσταση και τη λειτουργία των Αιολικών Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΣΠΗΕ).

Με γνώμονα το περιβάλλον, την οικονομία και την κοινωνία θα καταλήξουμε σε συμπεράσματα και προτάσεις σχετικά με την επίδραση της αιολική ενέργειας στην καθημερινότητα των ανθρώπων.

Λέξεις κλειδιά: Αιολικά Πάρκα, Επιδράσεις, Περιβάλλον, Οικονομία, Κοινωνία

Abstract

Electricity generation is a major problem for the world, as energy is the key factor on which all human activities depend.

The growing demand for energy that we notice nowadays, creates an energy crisis on the planet. Almost all the countries of the Earth recognize that there is a viable solution to the problem and this is related to the spread and use of renewable energy sources (RES).

Of all the renewable energy sources (RES), perhaps the most widespread and most developed one in our time, is wind energy. However, like other RES, wind energy has both its positive and negative sides. Wind energy is exploited through the installation of onshore, coastal or offshore wind farms, the installation of which has effects on the environment, the economy and society, in other words on the daily lives of citizens.

In recent years in our country, the procedures for issuing permissions for the installation and operation of wind farms have accelerated greatly, attracting the interest of many construction companies for wind investments, creating important questions as to the effects caused.

Also, the subject of the study will be the analysis and the description of the structure and the operation of a wind turbine as well as the description of the operation of the wind farms.

In the present thesis, the positive and negative effects from the installation, location and operation of the Wind Power Plants (WPP) will be presented.

Based on the environment, the economy and society, we will come to conclusions about the impact of wind energy on people's daily lives.

Key words: Wind Farms, Impacts, Environment, Economy, Society

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια, κα Αντωνίου Βαρβάρα, για τη στήριξη και την καθοδήγηση που μου παρείχε στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας. Με βοήθησε επικοινωνητικά, σε κάθε βήμα της διαδικασίας και με στήριξε ηθικά στις δυσκολίες που παρουσιάστηκαν.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, ιδιαίτερας τη σύζυγο μου, τους γονείς μου και τους φίλους μου, που με στήριξαν ηθικά σε όλη αυτήν την πορεία και με βοήθησαν όποτε τους χρειάστηκα, ώστε να καταφέρω να πραγματοποιήσω αυτό το εγχείρημα.

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1.	Χάρτης αιολικού δυναμικού Ελλάδας	6
Εικόνα 2.1.	Βασικοί τύποι ανεμογεννητριών	10
Εικόνα 2.2.	Μηχανικά μέρη ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα	13
Εικόνα 3.1.	Εργασίες εγκατάστασης αιολικού πάρκου σε αρχικό στάδιο	17
Εικόνα 3.2.	Ο πρώτος αιολικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρώπης στην Κύθνο	18
Εικόνα 3.3.	Χάρτης εν λειτουργία αιολικών πάρκων στην Ελλάδα	19
Εικόνα 3.4.	Το φθηνότερο και μεγαλύτερο υπερράκτιο αιολικό πάρκο του κόσμου βρίσκεται στην Ολλανδία.....	21
Εικόνα 3.5.	Αιολικό πάρκο και γραμμές διασύνδεσης	23
Εικόνα 4.1.	Εθνικοί ενεργειακοί και περιβαλλοντικοί στόχοι για την περίοδο 2021-2030, στο πλαίσιο των Ευρωπαϊκών πολιτικών	26
Εικόνα 4.2.	Όρνιο που βρέθηκε νεκρό έπειτα από πρόσκρουση στις ανεμογεννήτριες.....	27
Εικόνα 4.3.	Απόβλητα αιολικού πάρκου	31
Εικόνα 5.1.	Σύγκριση κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αιολικής εγκατάστασης με άλλες τεχνολογίες.....	35
Εικόνα 6.1.	Εικαστική προβολή για το πώς θα φαίνονται οι τεράστιες ανεμογεννήτριες από τους παραδοσιακούς οικισμούς της Μάνης	44
Εικόνα 6.2.	Συγκέντρωση κατά της εγκατάστασης ανεμογεννητριών στην οροσειρά της Δίρφους στην Εύβοια.....	45

Κεφάλαιο 1.

Εισαγωγή

1.1. Εισαγωγή στην Ενέργεια

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι συνυφασμένες με την ενέργεια. Χάρη στην ενέργεια ο άνθρωπος εξασφαλίζει τη θέρμανση, το φως, κινεί τα οχήματα, λειτουργεί τις μηχανές καταφέροντας με αυτόν τον τρόπο, να βελτιώνει το βιοτικό του επίπεδο (Ανδρίτσος, 2008).

Αν και τα αποτελέσματα της χρήσης της ενέργεια δύνανται να γίνουν εύκολα αντιληπτά γύρω μας, η έννοια της είναι δύσκολο να προσδιοριστεί εντελώς. Ένας ορισμός ο οποίος προσεγγίζει στο μέγιστο βαθμό την έννοια της ενέργειας από φυσική άποψη είναι ο ακόλουθος: «ενέργεια είναι η ικανότητα ενός σώματος ή συστήματος να παράγει έργο». Ο πλανήτης μας προμηθεύεται σχεδόν όλη την ενέργεια που απαιτείται από τον ήλιο (Κατσαπρακάκης, 2015).

Η κατανάλωση ενέργειας, ωστόσο, επηρεάζει το περιβάλλον, με απόρροια, σε περιπτώσεις που ο άνθρωπος ξεπερνάει το μέτρο, να διαταράσσεται η οικολογική σταθερότητα του πλανήτη (Ανδρίτσος, 2008).

Η ενεργειακή κρίση που παρατηρείται ολοένα και περισσότερο στην εποχή μας, μετά τη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας, καθώς και τη διεθνή αναγνώριση του πεπερασμένου των συμβατικών πηγών ενέργειας έχει οδηγήσει στην ταχύτερη διάδοση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Στη γρήγορη εξάπλωση των ΑΠΕ συντελεί και η συγκέντρωση επικίνδυνων ουσιών στην ατμόσφαιρα, καθώς και η υποβάθμιση του περιβάλλοντος, γεγονός που οδηγεί με μαθηματική ακρίβεια στην υποβάθμιση της ποιότητας ζωής των πολιτών. Έχοντας υπόψιν τα προαναφερθέντα ζητήματα, μια σημαντική μερίδα επιστημόνων εισηγείται την εκμετάλλευση των ΑΠΕ (Θυμάκης & Τσουνής, 2013).

1.2. Εισαγωγή στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) είναι διάφορες μορφές ενέργειας που ο άνθρωπος παράγοντας δύναται να εκμεταλλευτεί. Προέρχονται από ποικίλες φυσικές διαδικασίες, όπως τον αέρα, το νερό και τον ήλιο. Εκτός από ΑΠΕ έχουν και άλλες παρόμοιες ονομασίες όπως ήπιες μορφές ενέργειας, νέες πηγές ενέργειας, πράσινη ενέργεια και άλλες. Είναι μη συμβατικές πηγές ενέργειας, δηλαδή δεν απαιτείται η εξόρυξη (μη ορυκτές) για την παραγωγή ενέργειας. Στα διάφορα είδη ΑΠΕ εντάσσονται η αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, η ενέργεια από τη θάλασσα (ενέργεια από την

παλίρροια, από τη δράση των κυμάτων, από τους ωκεανούς και από την ανάμειξη γλυκού και θαλασσινού νερού) και τέλος η ενέργεια από τη βιομάζα (ενέργεια από τα εκλυόμενα αέρια και υλικά από τους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, από τις εγκαταστάσεις των βιολογικών καθαρισμών και από τα βιοαέρια) (Αντωνιάδης, 2020).

Τα συγκεκριμένα είδη ενέργειας χαρακτηρίζονται ως ήπια για δύο σημαντικούς λόγους. Ο πρώτος λόγος έχει να κάνει με την καθαρότητα και τη φιλικότητα των μορφών αυτών ενέργειας ως προς το περιβάλλον, καθώς δεν αποδεδμεύουν στην ατμόσφαιρα, στο έδαφος – υπέδαφος και στο νερό υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και λοιπά ραδιενεργά απόβλητα. Ο δεύτερος λόγος σχετίζεται με τον τρόπο εκμετάλλευσής τους, αφού δεν χρειάζεται να προβούμε σε περιβαλλοντικές επεμβάσεις, όπως η καύση, η εξόρυξη και η άντληση, ενώ το μόνο που απαιτείται είναι η αξιοποίηση της προϋπάρχουσας ενέργειας που μας προσφέρεται από το φυσικό μας περιβάλλον (Αντωνιάδης, 2020).

Στην Ευρώπη, θεωρείται ότι οι ΑΠΕ έχουν εδραιωθεί. Ένα από τα πολλά παραδείγματα που αποδεικνύουν αυτή την εδραίωση, αποτελεί η Ισλανδία, όπου η ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση καλύπτεται σε ποσοστό σχεδόν 80% από τη γεωθερμική ενέργεια. Στη χώρα μας, ωστόσο, με το έντονο ανάγλυφο, με την ηλιοφάνεια κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια του χρόνου και με τους ισχυρούς ανέμους που πνέουν σε αρκετές περιοχές τα ποσοστά είναι αρκετά πιο χαμηλά (Θυμάκης & Τσουνής, 2013).

1.2.1. Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια που σχετίζεται με τον άνεμο και οφείλεται στη μετατόπιση των αέριων μαζών της ατμόσφαιρας. Η μετατόπιση αυτή είναι συνέπεια της μετατροπής του 2% της ενέργειας που εκπέμπεται από τον ήλιο. Η εκμετάλλευσή της συναντάται σε ποικίλες εφαρμογές, όπως η φόρτιση μπαταριών, η παραγωγή θερμότητας και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Απώτερος, βέβαια στόχος είναι η ελάττωση των εκπομπών επικίνδυνων ουσιών για την ατμόσφαιρα, που προκαλούνται από την καύση ορυκτών καυσίμων (Ασημακοπούλου, 2019). Περισσότερα για αυτό το είδος ΑΠΕ θα αναφερθούν στην συνέχεια.

1.2.2. Ηλιακή Ενέργεια

Η ακτινοβολία από τον ήλιο είναι εκμεταλλεύσιμη για την παραγωγή ηλεκτρική ενέργειας δια μέσου θερμικών και φωτοβολταϊκών συστημάτων. Στα θερμικά συστήματα, η εκμετάλλευση περιλαμβάνει τη συγκέντρωση της ενέργειας από την ακτινοβολία του ήλιου με σκοπό την παραγωγή θερμότητας, είτε για θέρμανση νερού, είτε για την κίνηση αμοστροβίλων, λόγω του θερμού ατμού. Στα φωτοβολταϊκά συστήματα, η ακτινοβολία του ήλιου μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια δια μέσου φωτοβολταϊκών πάνελ είτε συστοιχιών που σχηματίζουν ένα φωτοβολταϊκό πάρκο (Γεμενή & Μπιτσόλας, 2013).

Η ηλιακή ενέργεια παρουσιάζει μια πληθώρα πλεονεκτημάτων. Οι τεχνολογίες που απαιτούνται για την αξιοποίησή της, είναι φιλικές προς το περιβάλλον. Επιπλέον, επειδή η πηγή ενέργειας είναι ο ίδιος ο ήλιος, πρόκειται για μια ανεξάντλητη πηγή. Ακόμη, αξίζει να αναφερθεί, η ποικιλία καθώς και η δυνατότητα επέκτασης των εφαρμογών της ηλιακής ενέργειας, οι οποίες δεν απαιτούν περαιτέρω ενίσχυση του δικτύου διανομής. Τέλος, στα πλεονεκτήματα συμπεριλαμβάνονται η αθόρυβη λειτουργία, το μηδενικό κόστος παραγωγής καθώς και η μεγάλη διάρκεια ζωής. Το μοναδικό, ίσως, μειονέκτημα της συγκεκριμένης μορφής ενέργειας

είναι το υψηλό κόστος κατασκευής των διάφορων εφαρμογών αξιοποίησης ηλιακής ενέργειας (Γεμενή & Μπιτσόλας, 2013).

1.2.3. Γεωθερμική Ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια προέρχεται από το εσωτερικό του πλανήτη μας. Συγκεκριμένα αποτελεί θερμότητα που παράγεται, είτε μέσω ηφαιστειακών ροών, είτε μέσω ρωγμών πετρωμάτων του υπεδάφους. Αυτή τη μορφή ενέργειας μπορούμε να την εκμεταλλευτούμε σε περιοχές, όπου η θερμότητα ανυψώνεται με φυσικό τρόπο προς την επιφάνεια της γης. Η ενέργεια αυτή αναφέρεται ως υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας και αυτό εξαρτάται από τη θερμοκρασία των ρευστών υλικών που ανυψώνονται. Χρησιμοποιείται, είτε για θερμότητα (μέσης και χαμηλής ενθαλπίας), είτε για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (υψηλής ενθαλπίας). Αρκετές χώρες της υψηλίου έχουν υψηλό γεωθερμικό δυναμικό, όπως η Ισλανδία, η Κίνα, η ΗΠΑ και η Σουηδία και το αξιοποιούν κυρίως στην θέρμανση (Αμανατίδης, 2015).

Η γεωθερμία αποτελεί μια καθαρή πηγή ενέργειας και είναι ιδιαίτερα χρήσιμη και κερδοφόρα για τις περιοχές όπου συναντάται. Η ολοένα και καλύτερη αξιοποίησή της πλέον με τη χρήση των νέων τεχνολογιών επιφέρει, εκτός των οικονομικών και πολλά περιβαλλοντικά οφέλη. Βέβαια, απαιτείται μεγάλη προσοχή, καθώς τα γεωθερμικά ρευστά, όπως και τα δύσσομα αέρια που αναβλύζουν από αυτά, κατά την απόρριψή τους στο περιβάλλον ενδέχεται να προκαλέσουν περιβαλλοντικά ζητήματα και υποβάθμιση του τοπικού οικοσυστήματος (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 2006).

1.2.4. Υδραυλική Ενέργεια

Η υδραυλική ενέργεια είναι η μορφή ενέργειας, η οποία οφείλεται στην αξιοποίηση της αέναης κίνησης, και συνεπώς της κινητικής ενέργειας, του νερού. Η ενέργεια αυτή μετατρέπεται στη συνέχεια σε ηλεκτρισμό χάρη στη συμβολή ηλεκτρογεννητριών και στρόβιλων. Πρόδρομος της υδραυλικής ενέργειας είναι οι νερόμυλοι, καθώς και ο μηχανισμός με τον οποίο αντλούσαν νερό από τα πηγάδια. Πλέον, η εκμετάλλευση της υδραυλικής ενέργειας πραγματοποιείται στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια, τα οποία γενικά διαθέτουν μικρής κλίμακας συστήματα (Αμανατίδης, 2015).

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι από τις πιο διαδεδομένες μορφές ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, αν και δημιουργεί και αυτή πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως συμβαίνει κατά την εκτροπή ποταμών. Για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, απαιτείται η εκτροπή ενός φυσικού υδάτινου ρεύματος σε έναν σωλήνα. Έπειτα οδηγείται με αυξημένη πίεση σε στρόβιλο, ο οποίος με τη σειρά του, λόγω της περιστροφής του και με τη βοήθεια μιας ηλεκτρογεννήτριας δημιουργεί ηλεκτρική ενέργεια (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 2006).

1.2.5. Ενέργεια από τη Θάλασσα

Η θάλασσα αποτελεί μια τεράστια, ανεκμετάλλευτη ωστόσο, πηγή ενέργειας. Χάρη στη θάλασσα μπορούμε να παράγουμε ενέργεια από τα κύματα, από τις παλίρροιες, από τους ωκεανούς και από την ανάμειξη γλυκού και θαλασσινού νερού.

Συγκεκριμένα, η παραγωγή ενέργειας από τα κύματα απαιτεί την αξιοποίηση της κινητικής ενέργειας των κυμάτων που προσκρούουν στις ακτές. Αποτελεί μία από τις πιο

αξιόπιστες μορφές 'πράσινης' ενέργειας και δεν παρουσιάζει ουσιαστικά ζητήματα στην ενσωμάτωσή της στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο. Η ενέργεια παράγεται μέσω διάφορων τεχνολογιών, όπως παραγωγή σε συνδυασμό με λειτουργία μονάδας αφαλάτωσης. Η συγκεκριμένη μορφή ΑΠΕ χρησιμοποιείται ήδη στην Ελλάδα καθώς και σε αρκετές άλλες χώρες (Γαλάνης et al., 2012).

Η παραγωγή ενέργειας από την παλίρροια απαιτεί την αξιοποίηση της βαρύτητας (ήλιου και Σελήνης) που προκαλεί άνοδο της στάθμης του νερού. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το νερό, όταν φτάσει στο υψηλότερο σημείο πρέπει να αποταμιευτεί και για να επιστρέψει σε χαμηλότερη στάθμη είναι αναγκαίο να περάσει μέσα από τουρμπίνες. Έτσι, με αυτό τον τρόπο παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια.

Η παραγωγή ενέργειας από του ωκεανούς, βρίσκεται ακόμη σε ερευνητικό στάδιο, απαιτεί την αξιοποίηση της διαφοράς της θερμοκρασίας μεταξύ των ανωτέρων και κατώτερων υδάτινων στρωμάτων του ωκεανού.

Η παραγωγή ενέργειας από την ανάμειξη γλυκού και θαλασσινού νερού ονομάζεται ωσμωτική ή γαλάζια ενέργεια. Η ανάμειξη λοιπόν αυτή, απελευθερώνει σημαντικά ποσά ενέργειας και μπορούμε να την παράγουμε με τη χρήση μιας ημι-διαπερατής μεμβράνης. Αυτή απαιτείται, καθώς το γλυκό νερό του ποταμού χωρίζεται από το αλμυρό θαλασσινό νερό και στη συνέχεια το νερό του ποταμού περνάει μέσω αυτής παράγοντας ενέργεια (Αντωνιάδης, 2020).

1.2.6. Βιομάζα

Βιομάζα καλείται η πρόσφατη οργανική ύλη φυτών και ζώων, τα κατάλοιπα από την επεξεργασία των παραπάνω, τα λύματα των βιολογικών καθαρισμών των πόλεων, καθώς και τα απορρίμματα των ανθρώπων, που προορίζονται για αποθήκευση χημικής ενέργειας και εν συνεχεία σε μετατροπή αυτής σε άλλες μορφές ενέργειας (Γεμενή & Μπιτσόλας, 2013).

Τα πλεονεκτήματα της βιομάζας έχουν να κάνουν (α) με τη μη συνεισφορά της στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, γιατί ενώ κατά την καύση της παράγεται διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), κατά την παραγωγή της δεσμεύονται εξίσου μεγάλες ποσότητες του ρύπου αυτού, (β) με την αμελητέα ποσότητα διοξειδίου του θείου (SO₂) που παράγεται κατά την καύση της, αφού στη βιομάζα εμπεριέχεται ελάχιστη ποσότητα θείου, (γ) με την ενεργειακή ανεξαρτητοποίηση της χώρας και τέλος (δ) με την αύξηση των αγροτικών δραστηριοτήτων μέσω νέων εναλλακτικών καλλιεργειών.

Αντιθέτως, τα μειονεκτήματα της χρήσης της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας σχετίζονται με τη μεγάλη ποσότητά της και την περιεκτικότητά της σε υγρασία, με την παραγωγή της σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, με την αντιμετώπιση δυσκολιών κατά τη συγκέντρωση, μεταφορά και αποθήκευση της και τέλος με τον υψηλό κόστους εξοπλισμό και εγκαταστάσεων για την εκμετάλλευσή της (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 2006).

1.3. Εισαγωγή στην Αιολική Ενέργεια

Αιολική, όπως ήδη αναφέρθηκε, είναι η μορφή ενέργειας που παράγεται χάρη στην αξιοποίηση της ταχύτητας του ανέμου. Η ονομασία της, έχει τις ρίζες της στην ελληνική μυθολογία και οφείλεται στον θεό Αίοιο. Ο θεός αυτός, σύμφωνα με τους μύθους, είχε οριστεί από τον Δία ως ταμίας των ανέμων, τους φύλαγε μέσα στον ασκό του και τους απελευθέρωνε και κατεύθυνε κατά τη βούληση του Δία (Πέττας, 2020).

Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια έμμεση μορφή της ηλιακής ενέργειας, αφού ένα πολύ μικρό της ποσοστό, της τάξης κάτω του 2%, της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης, μετατρέπεται σε άνεμο. Αυτό οφείλεται, στη διαδικασία της πυρηνικής σύντηξης του υδρογόνου (H) σε ήλιο (He), που πραγματοποιείται στον πυρήνα του ήλιου. Η παραπάνω διαδικασία προκαλεί θερμά κύματα και κύματα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας προς πάσα κατεύθυνση. Παρόλο, που το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στον πλανήτη μας, είναι τόσο μικρό, συγχρόνως είναι και υπεραρκετό, ώστε να καλύψει το σύνολό σχεδόν των αναγκών μας σε ενέργεια (Tong, 2010).

Ο άνεμος είναι μορφή ενέργειας που οφείλεται στις εναλλαγές της ατμοσφαιρικής πίεσης. Αυτές οι εναλλαγές οφείλονται στην διαφορετική ένταση θέρμανσης της επιφάνειας της θάλασσας και της ξηράς από τον ήλιο. Για να γίνει πιο εύκολα αντιληπτό αυτό, ας αναλογιστούμε τον αέρα που θερμαίνεται κοντά στον ισημερινό, ανυψώνεται στην ατμόσφαιρα και στη συνέχεια κατευθύνεται προς τους δύο πόλους της γης. Η συγκεκριμένη κίνηση του ανέμου επηρεάζεται από την περιστροφή της γης, που είναι πολύ έντονη στις τροπικές περιοχές και μηδενική στους πόλους και από την αναλογία της επιφάνειας της ξηράς προς την αντίστοιχη της θάλασσας. Σαν συνέπεια των προαναφερθέντων, δημιουργούνται καθορισμένα μοντέλα κίνησης των ανέμων (Ανδρίτσος, 2008).

Ο άνεμος είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με μηδενικό κόστος. Η χρήση του ανέμου για ενεργειακούς σκοπούς έχει παρατηρηθεί από τα παλιά χρόνια (άντληση από πηγάδια, ανεμόμυλοι) και πλέον τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η αιολική ενέργεια αν πληροί όλες τις περιβαλλοντικές προϋποθέσεις είναι μία νέα τεχνολογία οικονομικά συμφέρουσα για να παράγουμε ηλεκτρισμό (Αντωνιάδης, 2020).

Η ποσότητα του συνόλου της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης έχει υπολογιστεί περίπου $1,8 \times 1.011 \text{ MW}$ (Megawatt). Σε αιολική ενέργεια μετατρέπονται μόνο $3,6 \times 10^9 \text{ MW}$ (Megawatt), που αποτελούν, όπως έχει προαναφερθεί, το 2% περίπου της ηλιακής και ένα ποσοστό λίγο πάνω από το 30% της αιολικής διαχέεται έως ένα χιλιόμετρο πάνω από την επιφάνεια της γης. Επομένως, η αιολική ενέργεια που υπάρχει στη διάθεση μας είναι της τάξης των $1,26 \times 10^9 \text{ MW}$ (Megawatt) και την οποία έχουμε τη δυνατότητα να τη μετατρέψουμε σε άλλες μορφές ενέργειας. Αυτό το ποσό της διαθέσιμης αιολικής ενέργειας αντιπροσωπεύει 20 φορές τις παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες που έχουμε στις μέρες μας. Συνεπώς, μέσω της αιολικής ενέργειας θα ήταν δυνατόν, θεωρητικά, να υπερκαλυφθούν τα ετήσια ποσά κατανάλωσης ενέργειας του πλανήτη (Tong, 2010).

1.3.1. Η Αιολική Ενέργεια στην Ελληνική Επικράτεια

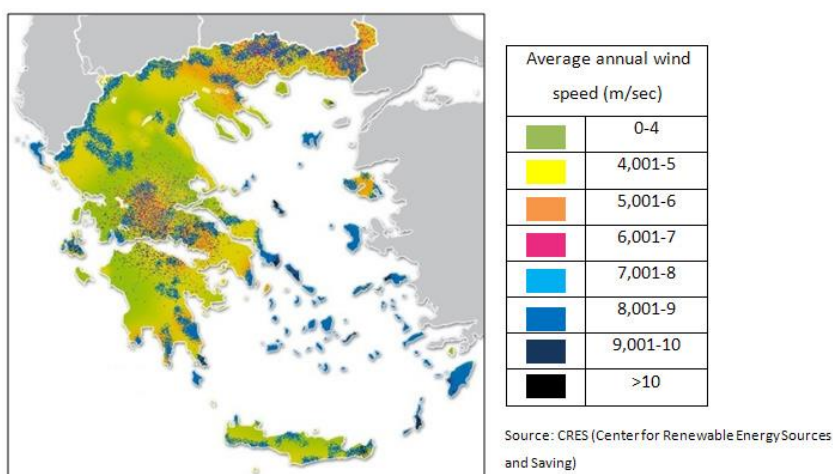
Έχει παρατηρηθεί ότι η αιολική ενέργεια στον ελλαδικό χώρο έχει αξιοποιηθεί πολλά χρόνια πριν, κυρίως μέσω των ανεμόμυλων, είτε για την άντληση νερού για ύδρευση και άρδευση από πηγάδια, είτε για το άλεσμα σιτηρών και δημητριακών.

Το πλήθος των ανεμόμυλων ήταν πολύ μεγάλο και ιδίως στις περιοχές που πλήττονται από συχνούς και ισχυρούς ανέμους. Τέτοιες χαρακτηριστικές περιοχές στην Ελλάδα αποτελούν τα νησιά του Αιγαίου, οι προσήνεμες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας, καθώς και περιοχές της ενδοχώρας με μεγάλο υψόμετρο. Αξίζει να αναφερθεί, ότι ακόμη και στις μέρες μας σχεδόν σε όλα τα νησιά του Αιγαίου υπάρχουν αρκετοί ανεμόμυλοι, οι οποίοι αξιοποιούνται για διάφορους λειτουργικούς σκοπούς (Μαλιάρα, 2020).

Στη χώρα μας, ο τύπος ανεμόμυλου που αναπτύχθηκε ευρέως είναι οριζόντιου άξονα και οι αναφορές για την κατασκευή των πρώτων ανεμόμυλων εντοπίζονται σε εκατοντάδες χρόνια προ Χριστού. Η σημερινή εικόνα του πλήθους των ανεμόμυλων είναι αισθητά μικρότερη σε σχέση και με το πρόσφατο παρελθόν (Φούντας & Μανώλης, 2007).

Η έναρξη των ενεργειών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω της αξιοποίησης της δύναμης του ανέμου, πραγματοποιήθηκαν το 1975 από τη ΔΕΗ με τη μέτρηση και καταγραφή ανεμολογικών δεδομένων σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Το έναυσμα για την πραγματοποίηση τέτοιου είδους δραστηριοτήτων αποτέλεσε η συχνή εμφάνιση ισχυρών ανέμων σε περιοχές της χώρας, πράγμα το οποίο είναι βασικό κριτήριο για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας στις περιοχές αυτές (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 2006).

Από πλευράς αιολικού δυναμικού (Εικόνα1.1.), η Ελλάδα συγκαταλέγεται στις πιο ευνοημένες χώρες, καθώς διαθέτει από τις πλέον πιο ισχυρές ταχύτητες ανέμου στην ήπειρό μας μετά από τη Μεγάλη Βρετανία και την Ιρλανδία. Το γεγονός αυτό, προσδίδει πολλαπλά κίνητρα για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, καθώς μέσω αυτής υπάρχει η δυνατότητα να καλυφθούν σε μεγάλο μέρος οι ανάγκες μας σε ηλεκτρισμό (Στυλιαρά, 2015).



Εικόνα1.1. Χάρτης αιολικού δυναμικού Ελλάδας

Πηγή. <https://www.energyproject.gr/layout/allmaps.jpg>

Το ποσό της αιολικού δυναμικού που είναι εφικτό να αξιοποιηθεί στην Ελλάδα, υπολογίζεται σε λίγο πάνω από τα 10.000 MW (Megawatt), υπό την απαραίτητη προϋπόθεση, οι άνεμοι να εμφανίζουν σχετικά υψηλές συχνότητες (άνω των 6 m/s). Η παραπάνω προϋπόθεση υφίσταται για δύο, κυρίως, λόγους που σχετίζονται με τον υπάρχοντα τεχνολογικό εξοπλισμό και με τον περιορισμό της χωροθέτησης εγκατάστασης μονάδων εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας. Αυτά 10.000 MW (Megawatt), αντιστοιχούν στο 13% περίπου των συνολικών ηλεκτρικών ενεργειακών αναγκών της χώρας μας. Σχεδόν όλο το σύνολο της ελληνικής επικράτειας παρουσιάζει μη αμελητέο αιολικό δυναμικό. Βέβαια, υπάρχουν περιοχές με ιδιαίτερα μεγάλο δυναμικό (άνω των 6,5 m/s), όπως η Εύβοια, η Κρήτη, τα νησιά του Αιγαίου, η Θράκη και η περιοχή της Λακωνίας, όπου οι συνθήκες ευνοούν τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων (Ζερβός, 2008).

Το υπάρχον θεσμικό πλαίσιο, που σχετίζεται με τις υποδομές εγκατάστασης και χωροθέτησης αιολικών πάρκων αναφέρει, ότι επιτρέπονται σε δασικές εκτάσεις, ενώ απαγορεύονται μόνο σε δάση και αναδασωτές εκτάσεις (απαγόρευση εντός των πυρήνων των εθνικών δρυμών, των αισθητικών δασών και των κηρυγμένων μνημείων της φύσης). Όμως, μετά από εγκεκριμένη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) εγκρίνει αιολικά πάρκα: α) σε περιοχές που έχουν κηρυχθεί αναδασωτές, στην περίπτωση που υφίσταται λόγος δημοσίου συμφέροντος, β) σε περιοχές που συμπεριλαμβάνονται εντός της ζώνης οικοτόπων Natura 2000, γ) σε απολιγνιτοποιημένες περιοχές του εθνικού παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας και δ) σε δασικές περιοχές που εκχερσώθηκαν ή παραχωρήθηκαν για γεωργική ή δενδροκομική καλλιέργεια, σύμφωνα με τη δασική και την αγροτική νομοθεσία. Επίσης, αποφάσεις του Συμβουλίου της Επικρατείας (ΣΤΕ) καταδεικνύουν ότι ακόμη και σε παρεμβάσεις εντός δασών που επιτρέπονται από τους νόμους, αυτές όσο δύναται πρέπει να περιορίζονται και αφού νωρίτερα έχει αποδειχθεί ότι οι συγκεκριμένες δεν προκαλούν αλλοίωση του δασικού πλούτου (Δούκας, 2021).

Ακόμη, η μακροχωροθέτηση και η μικροχωροθέτηση αιολικών σταθμών συντελούν στον μετριασμό διάφορων επιπτώσεων, όπως την υποβάθμιση οικότοπων άγριων πτηνών. Η μακροχωροθέτηση αποτελεί μέτρο που σχετίζεται με τον σχεδιασμό της χωροθέτησης ενός αιολικού έργου, διατηρώντας το φυσικό πλούτο και αποφεύγοντας προστατευόμενες περιοχές. Η μικροχωροθέτηση είναι ένα μέτρο που αφορά τη δομή ενός αιολικού σταθμού, δηλαδή το είδος των αιολικών μηχανών που θα εγκατασταθούν και τη διάταξη τους εντός του πάρκου (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2020).

Επιπλέον, με πρόσφατο σχέδιο νόμου, προβλέπεται για τις διαδικασίες αδειοδότησης αιολικών έργων, και λοιπών ΑΠΕ, απλούστευση και ταχύτητα, διότι θεωρείται πως με το συγκεκριμένο πλαίσιο θα εκπληρωθούν νωρίτερα οι στόχοι που έχουν τεθεί για την παραγωγή ενέργειας ως το 2030. Στο νέο νομοσχέδιο αναφέρεται: α) ελάττωση του χρόνου που απαιτείται για την αδειοδότηση (μικρότερος των 24 μηνών), με την ελάττωση των ενεργειών που απαιτούνται για την αδειοδότηση από 7 σε 5 και με τον περιορισμό των υποβαλλόμενων δικαιολογητικών από 91 σε 54, β) πραγματοποίηση των ενεργειών αδειοδότησης αποκλειστικά με ηλεκτρονικό τρόπο και γ) ταχύτερη ολοκλήρωση έργων που δε ξεπερνούν τα 12 GW (Gigawatt) (Σκρέκας, 2021).

Ωστόσο, η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στην Ελλάδα παρουσιάζει αντικειμενικά μεγάλες δυσκολίες που σχετίζονται με τη χωροθέτηση, με τη μεταφορά και την εγκατάσταση των αιολικών μηχανών, με τις τεχνολογικές

υποδομές, καθώς και με την όχι και τόση μεγάλη εμπειρία των επενδυτών και των κατασκευαστών για ένα τέτοιου μεγάλου μεγέθους έργο (Θυμάκης & Τσουνής, 2013).

Η συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύς στην Ελλάδα, το 2021, έφτασε τα 4.374 MW (Megawatt) και ο εκτιμώμενος στόχος για το 2030 έχει καλυφθεί σε ποσοστό ελάχιστα μικρότερο του 50%. Ο αριθμός των εν λειτουργία ανεμογεννητριών ανέρχεται στις 2.720. Η περιφέρεια της Στερεάς Ελλάδας καλύπτει σχεδόν το 1/3 της πανελλήνιας εγκατεστημένης ισχύος και ακολουθείται από την Πελοπόννησο, την ανατολική Μακεδονία και Θράκη, τη δυτική Ελλάδα, την Κρήτη και τις λοιπές περιφέρειες της χώρας μας (HWEA, 2021).

1.3.2. Η Αιολική Ενέργεια στον Υπόλοιπο Κόσμο

Από τα τέλη της δεκαετίας του '70 έχει ξεκινήσει η λειτουργία των πρώτων ανεμογεννητριών ανά τον κόσμο με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρική ενέργειας. Από τότε και μέχρι τη σημερινή εποχή πολλές χώρες έχουν εγκαταστήσει ανεμογεννήτριες παράγοντας αξιόλογα ποσά ισχύος (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 2006).

Σύμφωνα με το Παγκόσμιο Συμβούλιο Αιολικής ενέργειας (Global Wind Energy Council) και την ετήσια του αναφορά σχετικά με τα στατιστικά δεδομένα της αιολικής ενέργειας ανά τον κόσμο, ανακλύπτει ότι η εγκατεστημένη ισχύς στο σύνολό της παγκοσμίως κατά το έτος 2020 οριακά δεν ξεπερνούσε τα 750 GW, παρουσιάζοντας αύξηση κατά περίπου 4,5% από το 2019.

Τα πρωτεία στην ανάπτυξη της παγκόσμιας αιολικής βιομηχανίας κατέχει η ανατολική Ασία με ποσοστό συμμετοχής που κυμαίνεται στο 60% των νέων βιομηχανικών μονάδων για τη χρονιά του 2020. Η ανατολική Ασία ακολουθείται από τη βόρεια Αμερική με 18%, από την Ευρώπη με 16%, από τη λατινική Αμερική με 5% και τέλος την Αφρική και τη Μέση Ανατολή με 1%.

Οι δύο πρώτες αγορές παγκοσμίως, για το 2020, στην επιπλέον εγκατεστημένη ισχύ ήταν η Κίνα (56%) και οι ΗΠΑ (18%). Οι παραπάνω χώρες συγκέντρωσαν ποσοστό άνω του 70% της νέας εγκατεστημένης ισχύος. Τέλος, αξιόλογο μερίδιο νέας ισχύος παγκοσμίως κατέχουν η Βραζιλία, η Ολλανδία και η Γερμανία (Global Wind Energy Council (GWEC), 2021).

Η εγκατεστημένη ισχύς, παγκοσμίως, παρουσιάζει εντυπωσιακή αύξηση, με τις χώρες της Ευρώπης να κατέχουν σημαντικό μερίδιο στην άνοδο αυτή. Οι πρώτες κατασκευές ανεμογεννητριών ξεκίνησαν στον ευρωπαϊκό χώρο, με την τεχνογνωσία των Δανών που ήταν πρωτοπόροι. Μέχρι τις αρχές της νέας χιλιετίας, η συντριπτική πλειοψηφία των μεγάλων κατασκευαστικών εταιρειών ανεμογεννητριών είχαν ως έδρα την Ευρώπη. Βέβαια, τα τελευταία χρόνια η είσοδος της Κίνας έχει αλλάξει πολύ τα προηγούμενα δεδομένα, όμως η Ευρώπη παραμένει σταθερά δεύτερη στην αγορά αιολικής ενέργειας παγκοσμίως (Κορωναίος, 2012).

Στον ευρωπαϊκό χώρο, είναι χαρακτηριστικό πλέον, ότι η αιολική ενέργεια χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό. Σύμφωνα με τα δεδομένα της Ευρωπαϊκής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας (EWEA) για το έτος 2015 σημειώθηκε αύξηση της τάξης του 6,3% στις νέες εγκαταστάσεις σε σχέση με το προηγούμενο έτος. Το συγκεκριμένο έτος, η ισχύς από τις εν λειτουργία εγκαταστάσεις μπορούσε να καλύψει το 11,4% των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης ενός έτους με φυσιολογικές καιρικές συνθήκες (Σιμιδαλάς & Σταμόπουλος, 2018).

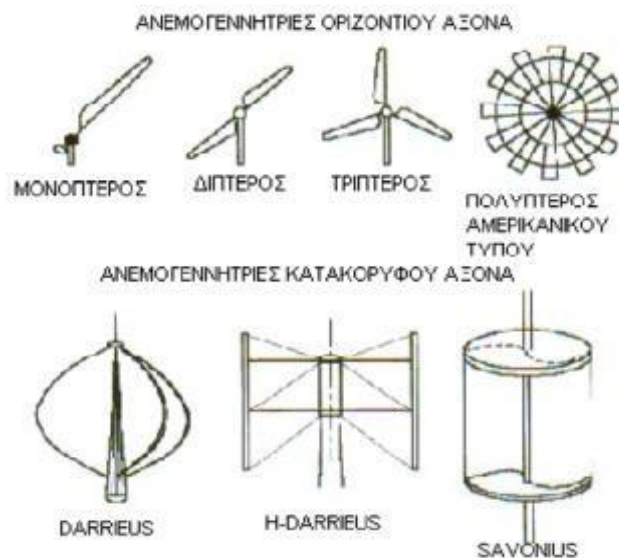
Τα κράτη – μέλη της Ε.Ε. κατέχουν πάνω από το 90% των εγκατεστημένων μονάδων στην Ευρώπη. Αυτό μας δείχνει ότι αποτελεί κεντρική πολιτική της Ένωσης η προώθηση της αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας. Βάση στοιχείων, το 10% περίπου της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ε.Ε. προέρχεται από την αιολική ενέργεια. Οι χώρες με τη μεγαλύτερη συμμετοχή στην εκμετάλλευση της ενέργειας από τον άνεμο είναι η Γερμανία, η Γαλλία, η Μεγάλη Βρετανία και η Ισπανία. Όμως, αν αναλογιστούμε ότι στη Δανία η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της αιολικής ξεπερνά κατά πολύ το 20%, ίσως πρέπει να τη συμπεριλάβουμε ανάμεσα στις χώρες αυτές. Σε θεωρητικό πλαίσιο, η πλήρης εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη παρέχει τη δυνατότητα υπερκάλυψης των ενεργειακών αναγκών των πολιτών (Θυμάκης & Τσούνης, 2013).

Κεφάλαιο 2.

Ανεμογεννήτριες

2.1. Είδη Ανεμογεννητριών

Η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας αποτελεί βασικό κομμάτι του κλάδου της σύγχρονης μηχανικής. Χάρη στην πρόοδο της τεχνολογίας, έχουν σχεδιαστεί και υλοποιηθεί κατασκευαστικά ποικίλες αιολικές μηχανές, γνωστές ως ανεμογεννήτριες, με καθεμία περίπτωση να χρήζει ιδιαίτερης ανάλυσης. Οι ανεμογεννήτριες λοιπόν, είναι αιολικές μηχανές που μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου, σε ηλεκτρική ενέργεια. Σε πρώτη φάση, οι αιολικές μηχανές, με βάση τα μηχανικά – τεχνικά χαρακτηριστικά τους, δύναται να διαχωριστούν σε δύο μεγάλα είδη: σε αυτές οριζόντιου άξονα και στις ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα (Εικόνα2.1.). Το είδος που είναι, πλέον, πιο διαδεδομένο είναι οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα (Κορωναίος, 2012).



Εικόνα2.1. Βασικοί τύποι ανεμογεννητριών

Πηγή. ΤΕΙ Κρήτης - Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος

Στις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα (HAWT - horizontal axis wind turbine), ο δρομέας είναι ένας τύπος έλικα, ο οποίος είναι μονίμως προσανατολισμένος παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου. Στις ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα (VAWT - vertical axis wind turbine), ο δρομέας διατηρείται πάντοτε σταθερός με κάθετο προσανατολισμό ως προς την επιφάνεια του εδάφους (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 2006).

Οι υπερσύγχρονες ανεμογεννήτριες έχουν κατασκευαστεί με απώτερο, μοναδικό, σχεδόν, σκοπό τη μετατροπή της αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Όσον αφορά τα μεγέθη των αιολικών μηχανών που χρησιμοποιούνται στην εποχή μας υπάρχουν μηχανές που παράγουν κάποιες δεκάδες Watt και άλλες που παράγουν σημαντικά ποσά MW (Megawatt), γεγονός που μας αποδεικνύει την ύπαρξη ποικιλίας τέτοιων μηχανών. Η αποδοτικότητα των ανεμογεννητριών εξαρτάται από το μέγεθός τους και από την δύναμη του αέρα. Το ύψος μιας ανεμογεννήτριας μέτριας ισχύος φτάνει περίπου τα 50 μέτρα, ενώ μιας σύγχρονης ανεμογεννήτριας μεγάλης ισχύος φτάνει τα 100 μέτρα (Ζερβός, 2008).

Επομένως, για την επιλογή εγκατάστασης μίας ανεμογεννήτριας πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τρεις βασικοί παράγοντες: α) οι ενεργειακές ανάγκες που επιθυμούμε να καλυφθούν από την αιολική μηχανή, β) το αιολικό δυναμικό της περιοχής, όπου έχουμε κατά νου να κάνουμε την εγκατάσταση και γ) η σχέση μεταξύ του κόστους κατασκευής και της απόδοσης του έργου (Κορωναίος, 2012).

Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, έχουν τον άξονά τους παράλληλα με την επιφάνεια της γης. Αυτού του είδους ανεμογεννήτριες μπορούν να διαθέτουν ένα, δύο, τρία ή ακόμη και πενήντα πτερύγια. Λόγω της ύπαρξης του έλικα, αρκετοί παρομοιάζουν τις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα με ελικοφόρο αεροπλάνο (Καλδέλλης & Καββαδίας, 2001).

Ο προσανατολισμός των πτερυγίων μιας ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα, προς τον άνεμο που πνέει μπορεί να είναι, είτε ανάντη του ανέμου (υποβοήθηση από ανεμοδείκτη), είτε κατάντη του ανέμου (υποβοήθηση από ηλεκτρονικό σύστημα) (Ασημακοπούλου, 2019).

Οι ανεμογεννήτριες με ένα πτερύγιο δεν είναι τόσο διαδεδομένες για λόγους εξισορρόπησης και οπτικής αποδοχής. Οι μηχανές με δύο πτερύγια είναι για τους ίδιους λόγους μη δημοφιλής. Οι κατασκευές με τρία πτερύγια, είναι οι πιο εμπορικές και χρησιμοποιούνται ευρέως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι τελευταίες είναι και πιο σταθερές κατασκευές και πιο αποδοτικές από τις άλλες δύο. Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα με πολύ μεγάλο αριθμό πτερυγίων, θεωρούνται ισχυρότατες κατασκευές και συνήθως συναντώνται σε εφαρμογές που σχετίζονται με την άντληση νερού (Fleming & Proben, 1984).

Τα πλεονεκτήματα των ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα είναι ιδιαίτερα και σχετίζονται με τη σχετικά χαμηλή ταχύτητα εισόδου του αέρα, με την επίσης σχετικά εύκολη περιστροφή των πτερυγίων τους και με τον γενικά υψηλό συντελεστή ισχύος που διαθέτουν.

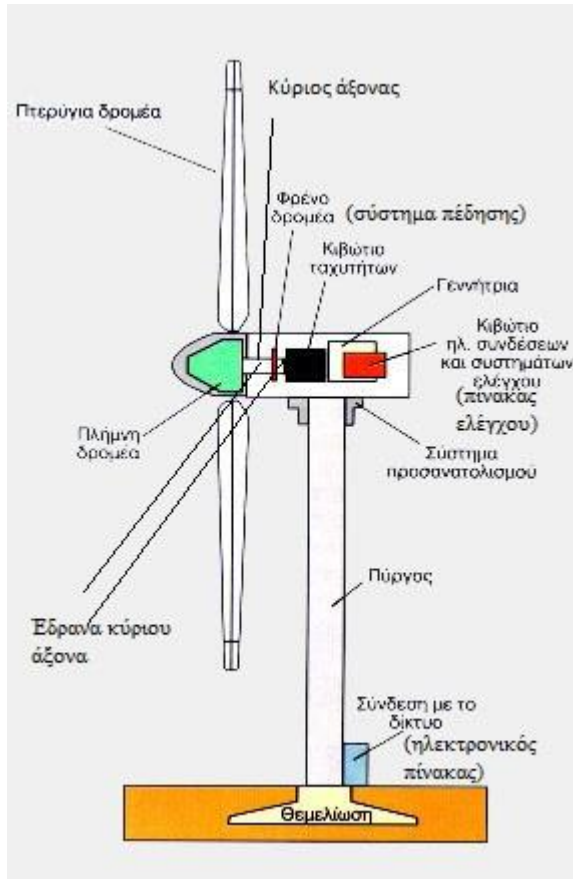
Τα μειονεκτήματα των αιολικών μηχανών οριζόντιου άξονα έχουν να κάνουν με τη θέση της γεννήτριας και του κιβωτίου ταχυτήτων, τα οποία βρίσκονται πάνω από τον πύργο, με αποτέλεσμα η κατασκευή και ο σχεδιασμός τους να είναι πολυδάπανοι και σύνθετοι (Mathew, 2006).

Από την άλλη, οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα δύνανται να αξιοποιούν τη δύναμη του ανέμου ανεξαρτήτως της κατεύθυνσης του και επιπλέον δίχως την υποχρεωτική ρύθμιση του δρομέα προς τη διεύθυνση του ανέμου. Αυτό το είδος ανεμογεννήτριας γυρίζει γύρω από τον κάθετο άξονα και προς την κατεύθυνση του ανέμου. Η παραγόμενη ενέργεια μεταφέρεται με τη βοήθεια του άξονα προς το έδαφος, στο οποίο είναι εγκατεστημένη η γεννήτρια, μέσω της οποίας πραγματοποιείται η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. (Καλδέλλης & Καββαδίας, 2001).

Οι αιολικές μηχανές κατακόρυφου άξονα παρουσιάζουν κάποια βασικά πλεονεκτήματα, που σχετίζονται με τη δυνατότητα χρήσης του ανέμου ανεξαρτήτως της κατεύθυνσής τους, αφού ο προσανατολισμός του δρομέα προς τον άνεμο γίνεται αυτόματα (Mathew, 2006). Οι σύγχρονες αιολικές μηχανές κατακόρυφου άξονα σχεδιάζονται με τον άξονα να περιστρέφεται απ' ευθείας στο έδαφος, όπου βρίσκεται και η γεννήτρια, με απώροια να μειώνεται το βάρος της κατασκευής και να γίνονται πιο εύκολα τα έργα συντήρησής τους (Καλδέλλης & Καββαδίας, 2001). Άλλα πλεονεκτήματα, έχουν να κάνουν με το ότι δεν απαιτείται ρύθμιση για τον περιορισμό της ισχύος και με το ότι τοποθετούνται πολύ κοντά στο έδαφος και όχι σε τεράστια ύψη. Όσον αφορά τα μειονεκτήματα τώρα, αυτά αφορούν τη χαμηλή αποδοτικότητα αυτών των ανεμογεννητριών και την έλλειψη ροπής κατά την εκκίνηση (Ασημακοπούλου, 2019).

2.2. Η δομή των Ανεμογεννητριών

Η ανθρωπότητα χρησιμοποιεί εδώ και πολλά χρόνια, διάφορες μηχανές. Οι ανεμογεννήτριες, ως μηχανές και αυτές, διαθέτουν μηχανικά μέρη. Το είδος της ανεμογεννήτριας, όπως ήδη αναφέρθηκε, που χρησιμοποιείται στο μέγιστο στην εποχή μας, είναι αυτό του οριζόντιου άξονα. Τα κυριότερα μηχανικά του μέρη (Εικόνα 2.2.) είναι ο δρομέας (πλήμνη και πτερύγια), το σύστημα μετάδοσης της κίνησης (έδρανα, κύριος άξονας, κιβώτιο ταχυτήτων), το σύστημα πέδησης (φρένο δρομέα), το σύστημα προσανατολισμού, ο πύργος στήριξης, η ηλεκτρική γεννήτρια με τους ελαστικούς συνδέσμους, τα θεμέλιά της, ο ηλεκτρονικός πίνακας (σύνδεση με το δίκτυο) και ο πίνακας ελέγχου (Fleming & Proben, 1984).



Εικόνα 2.2. Μηχανικά μέρη ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα

Πηγή. http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/images/wind.jpg

Ο δρομέας αποτελείται συνήθως από τρία πτερύγια, τα οποία είναι κατασκευασμένα από πολύ ενισχυμένο πολυεστέρα. Τα πτερύγια τοποθετούνται πάνω στην πλήμνη, είτε σε σταθερή βάση, είτε με δυνατότητα περιστροφής γύρω από τον διαμήκη άξονα τους.

Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, όπως αναφέρθηκε αποτελείται από τα έδρανα του κύριου άξονα, τον κύριο άξονα και το κιβώτιο ταχυτήτων, μέσω του οποίου προσαρμόζεται η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα. Η ταχύτητα περιστροφής είναι πάντοτε σταθερή όταν η αιολική μηχανή λειτουργεί κανονικά.

Το σύστημα πέδησης αποτελείται από ένα δισκόφρενο στον άξονα της γεννήτριας, το οποίο μπορεί να λειτουργήσει μηχανικά, ηλεκτρικά ή υδραυλικά για να σταματήσει τον κινητήρα σε περίπτωση ανάγκης.

Το σύστημα προσανατολισμού, είναι υπεύθυνο να βρίσκεται πάντοτε ο άξονας περιστροφής του δρομέα σε διεύθυνση παράλληλη με τον άνεμο.

Ο πύργος στήριξης είναι σχεδόν πάντα σωληνωτός και σε ελάχιστες περιπτώσεις από οπλισμένο σκυρόδεμα. Πάνω στον πύργο στηρίζεται όλη η ηλεκτρική και μηχανολογική εγκατάσταση.

Η ηλεκτρική γεννήτρια μπορεί να είναι επαγωγική ή σύγχρονη και να διαθέτει 4 ή 6 πόλους. Συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ελαστικών συνδέσμων και είναι η συσκευή στην οποία οφείλεται η μετατροπή της κινητικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η θέση της σχεδόν πάντοτε είναι πάνω στον πύργο της αιολικής μηχανής.

Ο ηλεκτρονικός πίνακας και ο πίνακας ελέγχου αποτελούν μαζί το σύστημα ελέγχου της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας. Μέσω αυτών, παρακολουθούνται, συντονίζονται και ελέγχονται όλες οι μηχανικές λειτουργίες, με σκοπό την εύρυθμη λειτουργία της ανεμογεννήτριας. Η θέση των πινάκων αυτών είναι συνήθως στη βάση στήριξης του πύργου (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 2006).

Τέλος, τα θεμέλια της ανεμογεννήτριας εξαρτώνται από το μέγεθός της και από την κατάσταση του εδάφους. Ανάλογα με τις γεωλογικές επικρατούσες συνθήκες, απαιτείται είτε βάση με πασσάλους, είτε βάση πλάκας. Και με τους δύο τρόπους θεμελίωσης απαιτείται κάποιο είδος διασύνδεσης μεταξύ του πύργου και των θεμελίων. Το είδος της διασύνδεσης μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις να καθορίσει το είδος της θεμελίωσης (Δρακάκη, 2012).

2.3. Στοιχεία Λειτουργίας των Ανεμογεννητριών

Η λειτουργία των ανεμογεννητριών είναι ακριβώς αντίθετη με τη λειτουργία των ανεμιστήρων. Ο ανεμιστήρας χρησιμοποιώντας ηλεκτρική ενέργεια παράγει αέρα, ενώ οι αιολικές μηχανές αξιοποιούν τον άνεμο για να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Με απλά λόγια, ο άνεμος περιστρέφει τα πτερύγια και αυτά με τη σειρά τους γυρίζουν τον άξονα και μέσω της ηλεκτρικής γεννήτριας παράγεται ηλεκτρισμός. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται μέσω συστήματος μετάδοσης και γραμμών διανομής σε υποσταθμούς και από κει, στη συνέχεια, στους καταναλωτές (Θυμάκης & Τσούνης, 2013). Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας θα περιγραφεί, αναλυτικότερα, στις επόμενες παραγράφους.

Και τα δύο είδη ανεμογεννητριών, διαθέτουν αεροτομές και αξιοποιούν τις αναπτυσσόμενες δυνάμεις με απώτερο στόχο την αυξημένη παραγωγή ισχύος από τον άνεμο. Παρόλα αυτά, τα δύο είδη ανεμογεννητριών, έχουν μερικές αξιολογές διαφορές στον τρόπο λειτουργίας τους.

Ο άξονας περιστροφής των ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα, είναι σταθερά προσανατολισμένος με τη διεύθυνση του ανέμου. Η γωνία πρόσπτωσης του αέρα στα πτερύγια, παραμένει σταθερή όσο περιστρέφονται τα πτερύγια, στην περίπτωση που έχουμε συγκεκριμένη ταχύτητα ανέμου και ταχύτητα περιστροφής. Ενώ, στις ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα, η γωνία πρόσπτωσης σε ένα συγκεκριμένο σημείο του πτερυγίου συνεχώς μεταβάλλεται.

Ένας, ακόμη, διαχωρισμός μεταξύ των ανεμογεννητριών, αφορά τη δυνατότητά τους να μεταβάλλουν το βήμα τους. Έτσι, έχουμε τις ανεμογεννήτριες μεταβλητού βήματος και τις ανεμογεννήτριες σταθερού βήματος. Οι μεταβλητού βήματος είναι πιο νέες τεχνολογικά και συνεπώς κοστίζουν περισσότερο, όμως ρυθμίζουν καλύτερα την ισχύ, μειώνουν τα αεροδυναμικά φορτία και κάνουν πιο εύκολη την εκκίνηση της μηχανής (Ζερβός, 2008).

Η ηλεκτρική γεννήτρια, είναι απαραίτητο να ψύχεται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της. Στην πλειοψηφία των ανεμογεννητριών, αυτό γίνεται με την ενσωμάτωση της ηλεκτρικής γεννήτριας σε έναν αγωγό που διαθέτει έναν μεγάλο ανεμιστήρα για την επίτευξη της ψύξης. Ωστόσο, ορισμένοι κατασκευαστές ανεμογεννητριών ψύχουν την ηλεκτρική γεννήτρια με νερό. Οι συγκεκριμένες ηλεκτρικές γεννήτριες κατασκευάζονται με συμπαγή τρόπο, γεγονός που προσφέρει το πλεονέκτημα της μεγαλύτερης ηλεκτρικής απόδοσης, απαιτώντας, ωστόσο, την ύπαρξη ενός κελύφους για να μην εμποδίζεται από τη θερμότητα το σύστημα ψύξης του νερού (Κορωναίος, 2012).

Η ισχύς εξόδου ενός στροβίλου είναι η συνάρτηση της πυκνότητας του αέρα, της περιοχής που σαρώνεται από τα πτερύγια του στροβίλου και του κύβου της ταχύτητας του ανέμου (Tabassum, Premalatha, Abbasi, & Abbasi, 2014).

Η απόδοση των ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα, επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, που σχετίζονται με το πλήθος των πτερυγίων, το σχήμα τους, την αεροτομή τους, το μήκος της χορδής του κάθε πτερυγίου και τη συστροφή μεταξύ πλήμνης και ακροπτερυγίου (Ζερβός, 2008).

Τέλος, επειδή πολύ συχνά εμφανίζονται δυσάρεστες συνέπειες όσον αφορά στην απότομη εκκίνηση λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας, όπως η μη σύνδεση της γεννήτριας στο ηλεκτρικό κύκλωμα την κατάλληλη στιγμή, οι σύγχρονες αιολικές μηχανές πραγματοποιούν ομαλή έναρξη λειτουργίας με τη χρήση ενός θυροστάτη, ο οποίος προκαλεί σύνδεση και αποσύνδεση σταδιακά στο ηλεκτρικό κύκλωμα με έναν τύπο ημιαγωγού συνεχών ανοιγμάτων-κλεισιμάτων, τα οποία ελέγχονται με ηλεκτρονικό τρόπο (Κορωναίος, 2012).

Κεφάλαιο 3.

Αιολικοί Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΣΠΗΕ)

3.1. Εισαγωγή στους Αιολικούς Σταθμούς Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας με σκοπό την παραγωγή μιας σημαντικής ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας, ισάξιας με την παραγωγή μέσω συμβατικών πηγών ενέργειας, προϋποθέτει την εγκατάσταση μεγάλου αριθμού ανεμογεννητριών. Όμως, η ύπαρξη προϋποθέσεων για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών σε μία περιοχή, καθιστά δύσκολη την εύρεση των κατάλληλων περιοχών. Αρχικά, χρειάζεται, οι περιοχές να διαθέτουν αξιοσημείωτο αιολικό δυναμικό, δεύτερον, για λόγους μείωσης του κόστους κατασκευής, να εκτείνονται σε μερικά τετραγωνικά χιλιόμετρα και τέλος, οι ανεμογεννήτριες απαιτείται να εγκαθίστανται σε ορισμένη απόσταση η μία από την άλλη, επιδιώκοντας την όσο δυνατόν, μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρισμού (Ζερβός, 2008).

Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, λαμβάνει χώρα στους Αιολικούς Σταθμούς Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΣΠΗΕ) ή, όπως είναι κοινώς γνωστά, στα αιολικά πάρκα. Ως Αιολικός Σταθμός Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΣΠΗΕ), ή αιολικό πάρκο, ονομάζεται η χερσαία, παράκτια ή υπεράκτια έκταση στην οποία έχει εγκατασταθεί μια συστοιχία ανεμογεννητριών με σκοπό τη μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε ηλεκτρική (Wikipedia, 2018) και η μετέπειτα διοχέτευση του στο ηλεκτρικό δίκτυο της περιοχής (Martínez, Sanz, Pellegrini, Jiménez, & Blanco, 2009).

Τα αιολικά πάρκα ως συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αποτελούνται από διάφορα τμήματα: τις ανεμογεννήτριες, τα θεμέλιά τους, τα έργα οδοποιίας, το σύστημα ηλεκτρικής διασύνδεσης, που εμπεριέχονται σε αυτό τα καλώδια, τους οικίσκους ελέγχου καθώς και τους υποσταθμούς ανύψωσης της τάσης. Στους αιολικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας οι ανεμογεννήτριες τοποθετούνται σε σειρά κατά μήκος της έκτασης, που έχει επιλεγεί για την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου, ενώ υπάρχει οδική σύνδεση μεταξύ τους καθώς και ηλεκτρική διασύνδεση (Κλειιάσου, 2016).

Για τη δημιουργία ενός αιολικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί μια σειρά από ενέργειες και εργασίες εγκατάστασης, που αφορούν στα έργα οδοποιίας, στη δημιουργία «πλατειών» και στα ηλεκτρικά δίκτυα (Εικόνα 3.1.).



Εικόνα 3.1. Εργασίες εγκατάστασης αιολικού πάρκου σε αρχικό στάδιο

Πηγή. <https://www.kefaloniapress.gr>

Όσον αφορά στα έργα οδοποιίας, αυτά περιλαμβάνουν την κατασκευή δρόμων πρόσβασης στις περιοχές εγκατάστασης των ανεμογεννητριών, ώστε να είναι δυνατή η προσέγγιση των οχημάτων που αναλαμβάνουν τη μεταφορά των τμημάτων των αιολικών μηχανών και την κατασκευή δρόμων εντός του αιολικού πάρκου (από ανεμογεννήτρια σε ανεμογεννήτρια) πλάτους περίπου 5 μέτρων. Βέβαια, σε δύσβατες και ορεινές περιοχές οι δυνατότητες διάνοιξης μεγάλων δρόμων περιορίζονται και σε αυτές τις περιπτώσεις επιλέγεται η εγκατάσταση αιολικών μηχανών μικρότερης ισχύος.

Η «πλατεία» μιας ανεμογεννήτριας, βρίσκεται στη βάση της και έχει έκταση σχεδόν ένα στρέμμα. Η δημιουργία της «πλατείας» είναι αναγκαία, καθώς στο συγκεκριμένο χώρο γίνεται η συναρμολόγηση του ρότορα, όπως και η ανέγερση της μηχανής. Για να πραγματοποιηθούν οι παραπάνω εργασίες, είναι απαραίτητο να αποψιλωθεί η έκταση της «πλατείας» και στη συνέχεια, χρειάζεται να γίνει συμπύκνωσή της, με χρήση σκυροδέματος, για να είναι ασφαλείς οι εργασίες που θα εκτελεστούν από γεραμούς και άλλα βαρέα μηχανήματα. Με το πέρας της εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας, υπάρχει η δυνατότητα επαναφοράς μεγάλου τμήματος της πλατείας στην πρότερα κατάσταση.

Τέλος, οι εργασίες που αφορούν στα ηλεκτρικά δίκτυα, πραγματοποιούνται προκειμένου να συνδεθούν οι ανεμογεννήτριες με το κέντρο ελέγχου ή υποσταθμό ανύψωσης τάσης και για να μεταφερθεί η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τον υποσταθμό στην γραμμή υψηλής τάσης της υπηρεσίας παροχής ηλεκτρικού ρεύματος. Για την πρώτη σύνδεση κατασκευάζεται υπόγειο δίκτυο μέσης τάσης (20.000 V) στο εσωτερικό του αιολικού πάρκου κατά μήκος των δρόμων που ενώνονται οι αιολικές μηχανές. Για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας κατασκευάζεται εναέριο δίκτυο υψηλής τάσης (140 KV) εκτός του αιολικού πάρκου (Λευθεριώτης, 2015).

Η πρώτη προσπάθεια δημιουργίας αιολικού πάρκου στην Ελλάδα καταγράφεται στο οροπέδιο Λασιθίου, στην ανατολική Κρήτη τη δεκαετία του 1950. Το συγκεκριμένο αιολικό πάρκο αποτελούταν πάνω από 10.000 από ανεμόμυλους, με ισχύ μεγαλύτερη των 5 MW. Ο λόγος κατασκευής του ήταν η άντληση νερού από τα πηγάδια του οροπεδίου με απώτερο σκοπό την άρδευση των καλλιεργειών. Σκεφτόμενοι τα περιορισμένα υλικά και την τεχνογνωσία που διέθεταν εκείνη την εποχή, μπορούμε να αναλογιστούμε τη σημασία του επιτεύγματος των κατοίκων της περιοχής (Χατζάκης, 2011).

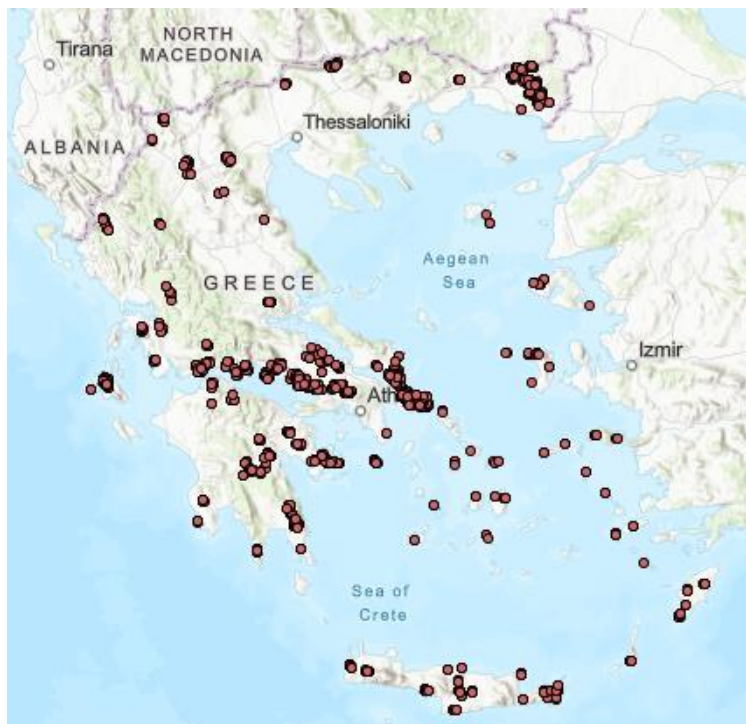
Με την πάροδο του χρόνου, και την ανάπτυξη της τεχνολογίας εγκαθίσταται το 1982 στο νησί της Κύθου (Εικόνα 3.2.) ο πρώτος αιολικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη, αποτελούμενος από πέντε ανεμογεννήτριες των 20 MW, οι οποίες κατασκευάστηκαν στην Ελλάδα. Το αιολικό πάρκο αυτό, κατάφερε να καλύψει περίπου το 25% των ενεργειακών αναγκών του νησιού (Φαίτατζόγλου, 2008).



Εικόνα 3.2. Ο πρώτος αιολικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρώπης στην Κύθνο

Πηγή. *Η Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα - Φαίτατζόγλου Κωνσταντίνος*

Από το 1982 μέχρι και τη σημερινή εποχή τα αιολικά πάρκα έχουν αλλάξει τεχνολογικά αρκετά και πλέον στην ελληνική επικράτεια είναι εγκατεστημένος ένας μεγάλος αριθμός αιολικών σταθμών (Εικόνα 3.3.).



Εικόνα 3.3. Χάρτης εν λειτουργία αιολικών πάρκων στην Ελλάδα

Πηγή. <https://eletaen.maps.arcgis.com>

Τέλος, ως στόχος των εκπονούμενων μελετών που αφορούν στην κατασκευή αιολικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνήθως ακολουθείται ένα από τα τρία παρακάτω σενάρια: α) προτεραιότητα στην όσο γίνεται μεγαλύτερη δυνατότητα εγκατεστημένης ισχύς, με αποδοχή απώλειας σημαντικής έκτασης φυσικού τοπίου, β) προσπάθεια για οπτική ισορροπία μεταξύ του φυσικού τοπίου και του αιολικού σταθμού, με την ενσωμάτωση των ανεμογεννητριών στην κλίμακα του τοπίου και γ) μελλοντική προστασία του φυσικού τοπίου από αντίστοιχες παρεμβάσεις. Στις περισσότερες περιπτώσεις, όσον αφορά στην Ελλάδα, προκρίνεται το δεύτερο σενάριο ακολουθούμενο από το τρίτο (Παυλής, 2019).

3.2. Τύποι Αιολικών Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Όπως έχει προαναφερθεί, Αιολικός Σταθμός Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας ονομάζεται μια συστοιχία από αιολικές μηχανές συνδεδεμένες μεταξύ τους, που έχουν ως σκοπό την παραγωγή ηλεκτρισμού και τη διοχέτευση του στο εθνικό ηλεκτρικό δίκτυο. Ανάλογα με τη θέση της έκτασης, στην οποία έχει εγκατασταθεί ο αιολικός σταθμός, διακρίνεται σε χερσαίο, παράκτιο ή υπεράκτιο.

3.2.1. Χερσαίοι Αιολικοί Σταθμοί

Οι χερσαίοι αιολικοί σταθμοί (onshore wind farms) είναι εγκατεστημένοι στην ξηρά και σε απόσταση μεγαλύτερη των τριών χιλιομέτρων από την κοντινότερη ακτογραμμή. Συνήθως κατασκευάζονται σε κορυφογραμμές ψηλών βουνών, διότι σε αυτές τις εκτάσεις ο άνεμος

εμφανίζει συχνά μεγάλες ταχύτητες, χωρίς να αποκλείεται η κατασκευή τους σε πεδινές εκτάσεις με εξίσου αξιόλογο αιολικό δυναμικό (Anderson, 2013).

Οι χερσαίοι αιολικοί σταθμοί έχουν σχετικά, χαμηλό κόστος κατασκευής, γεγονός που επιτρέπει τη μαζική εγκατάσταση ανεμογεννητριών σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα (μήνες). Επίσης, λόγω της μικρής απόστασης μεταξύ των αιολικών σταθμών και των αποδεκτών – καταναλωτών της ηλεκτρικής ενέργειας ελαχιστοποιείται η πτώση της τάσης κατά τη μεταφορά του ρεύματος.

Από την άλλη πλευρά, δεν εκλείπουν και τα μειονεκτήματα, όπως η αλλοίωση της ομορφιάς του φυσικού τοπίου, η διακεκομμένη παραγωγή ενέργειας λόγω διάφορων παραγόντων, όπως για παράδειγμα η επικράτηση νηνεμίας και τέλος, η ηχορύπανση που προκαλείται από τις αιολικές μηχανές στις κοντινές κατοικημένες περιοχές (NES Fircroft, 2021).

3.2.2. Παράκτιοι Αιολικοί Σταθμοί

Παράκτιοι αιολικοί σταθμοί (nearshore wind farms), ονομάζονται οι αιολικοί σταθμοί, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε απόσταση μικρότερη των τριών χιλιομέτρων από την ακτή προς την ξηρά ή σε απόσταση μικρότερη των δέκα χιλιομέτρων από την ακτή προς τη μεριά της θάλασσας.

Οι παράκτιοι αιολικοί σταθμοί, που έχουν εγκατασταθεί στην ξηρά, είναι το ίδιο επίσης διαδεδομένοι, όπως και οι χερσαίοι, μιας και χρησιμοποιούν την ίδια τεχνογνωσία.

Το μοναδικό μεγάλο πλεονέκτημα που έχουν οι παράκτιοι αιολικοί είναι ότι αξιοποιούν τους ισχυρούς ανέμους που αναπτύσσονται σε αυτές τις περιοχές, δημιουργία της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ θάλασσας και στεριάς.

Τα μειονεκτήματα των παράκτιων αιολικών, που είναι περισσότερα, αποτελούν οι δυσκολίες που παρουσιάζονται όσον αφορά στη στήριξη των ανεμογεννητριών εντός της θάλασσας, το υψηλό κόστος κατασκευής, διότι οι παραθαλάσσιες περιοχές έχουν μεγάλη αξία γης, η υποβάθμιση του τουριστικού προϊόντος των περιοχών αυτών και τέλος, η παρεμπόδιση της αλιείας και της ναυσιπλοΐας, στις περιπτώσεις όπου η εγκατάσταση βρίσκεται εντός της θάλασσας (Σιμιδαλάς & Σταμόπουλος, 2018).

3.2.3. Υπεράκτιοι Αιολικοί Σταθμοί

Υπεράκτιοι Αιολικοί Σταθμοί (offshore wind farms) (Εικόνα 3.4.) είναι οι σταθμοί εκείνοι, που εγκαθίστανται εντός της θάλασσας και βρίσκονται σε μεγαλύτερη απόσταση των δέκα χιλιομέτρων από την ακτογραμμή. Αν και η συγκεκριμένη τεχνολογία, που αποτελεί την τελευταία εξέλιξη στη χωροθέτηση αιολικών σταθμών, ήταν γνωστή πολλά χρόνια, η ιδέα αξιοποίησης του υπεράκτιου αιολικού δυναμικού αναπτύχθηκε, έντονα, τα τελευταία, σχεδόν, είκοσι χρόνια (Anderson, 2013).



Εικόνα 3.4. Το φθηνότερο και μεγαλύτερο υπεράκτιο αιολικό πάρκο του κόσμου βρίσκεται στην Ολλανδία

Πηγή. <https://kieferr.gr/wp-content/uploads/2016/07/ollandia-yperaktio-dong-131223.jpg>

Στους υπεράκτιους αιολικούς σταθμούς, οι άνεμοι παρουσιάζουν, συχνότερα, υψηλές ταχύτητες, επομένως έχουν μεγαλύτερο αιολικό δυναμικό με αποτέλεσμα την αυξημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, σε σύγκριση με τους άλλους σταθμούς. Οι ανεμογεννήτριες που εγκαθίστανται μπορούν να είναι ψηλότερες και μεγαλύτερης ισχύος και απόρροια αυτού είναι η πιο σταθερή και η πιο αποδοτική λειτουργία τους. Παρότι ο θόρυβος είναι μεγαλύτερος στους υπεράκτιους αιολικούς σταθμούς, οι αντιδράσεις είναι ελάχιστες, λόγω της απόστασης τους από κατοικημένες περιοχές. Επίσης, η λειτουργία των αιολικών μηχανών δεν παρεμποδίζεται από φυσικά εμπόδια, όπως παραδείγματος χάρη είναι οι λόφοι. Επιπλέον, αυτός ο τύπος αιολικού σταθμού, δεν επηρεάζει ούτε τη ναυσιπλοΐα, ούτε την αλιεία, ούτε τις προστατευόμενες περιοχές, διότι υπάρχει πληθώρα επιλογών που αφορούν τη χωροθέτησή τους. Όλα τα παραπάνω αποτελούν πλεονεκτήματα των υπεράκτιων αιολικών πάρκων (Λευθεριώτης, 2015).

Τέλος, τα μειονεκτήματα τους σχετίζονται με το κατασκευαστικό κόστος και τη χρήση των απαιτούμενων καλωδίων. Το κόστος των υπεράκτιων αιολικών σταθμών είναι τεράστιο, σχεδόν 90% μεγαλύτερο από μια γεννήτρια ορυκτού καυσίμου. Αυτό συμβαίνει, γιατί για να κατασκευαστεί ένα τέτοιο πάρκο, είναι απαραίτητη η κατασκευή μια τεράστιας πλατφόρμας. Επιπλέον, τα καλώδια που χρειάζονται, απαιτείται να διανύσουν τεράστιες αποστάσεις για να συνδεθούν σε μπαταρίες που βρίσκονται στην ακτή. Επιπλέον, σημαντικό πρόβλημα αποτελούν και οι συχνές πτώσεις τάσης και συνεπώς, η απώλεια ισχύος, λόγω του μεγάλου μήκους των καλωδίων (NES Fircroft, 2021).

3.3. Η Λειτουργία των Αιολικών Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η πιο σημαντική λειτουργία, που είναι απαραίτητη να εφαρμοστεί στα αιολικά πάρκα, είναι η σύνδεση των αιολικών μηχανών με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο. Βέβαια, είναι υπαρκτή και η περίπτωση ένας αιολικός σταθμός να λειτουργεί ανεξάρτητα από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο και αυτό μπορεί να συμβεί, είτε σε περιοχές που δεν ηλεκτροδοτούνται, είτε σε διάφορες ενεργειακές εφαρμογές, όπως είναι η παραγωγή θερμότητας (Τσιριγωτάκης, 2009).

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας για να λειτουργήσει ένα αιολικό πάρκο με μεγάλη αποδοτικότητα, όσον αφορά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, σχετίζεται με τον ρυθμό ανάπτυξης του ομόρρου της ανεμογεννήτριας καθώς και με την ενεργειακή της κατάσταση συγκριτικά με την κατάντη ανεμογεννήτρια. Παρόλο που υπάρχουν πολλές εφαρμογές για την αποδοτικότερη λειτουργία του αιολικού σταθμού, η πλειοψηφία αυτών βασίζονται στον ρυθμό ανάπτυξης του ομόρρου της αιολικής μηχανής. Ομόρρους ονομάζεται η αλλαγή που προξενείται στην αέρια μάζα από την κατάντη αιολική μηχανή. Εξαιτίας της αλλαγής αυτής, παρουσιάζεται ελάττωση της ταχύτητας του ανέμου συγκριτικά με τη γειτονική ανεμογεννήτρια. Αυτός ο ρυθμός, επηρεάζεται περισσότερο από την ώση. Ώση είναι μια δύναμη από τον δρομέα στο ρευστό, η οποία οφείλεται στην εξαγωγή ισχύος από την ροή και ενεργεί προς τη διεύθυνση του αδιατάρακτου ρεύματος (Παχύ, 2012).

Το κύριο στοιχείο της φύσης που απαιτείται για να λειτουργήσει ένας αιολικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο άνεμος. Τα πτερύγια των αιολικών μηχανών περιστρέφονται από τη δύναμη του αέρα και αυτά εκκινούν την ηλεκτρική γεννήτρια, η οποία παράγει ηλεκτρισμό. Βέβαια, λόγω της αστάθειας του ανέμου και των αλλαγών στην κατεύθυνση του, δημιουργούνται συχνά προβλήματα στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη γεννήτρια (Σιμιδαλάς & Σταμόπουλος, 2018).

Σε έναν αιολικό σταθμό, επίσης, είναι απολύτως αναγκαία η ύπαρξη δίπλα σε κάθε ανεμογεννήτρια ενός μετασχηματιστή. Ο συγκεκριμένος μετασχηματιστής, που είναι παρόμοιος με τους κοινούς μετασχηματιστές που υπάρχουν στις κολόνες μεταφοράς ηλεκτρισμού, μετατρέπει τη χαμηλή τάση της αιολικής μηχανής σε μέση τάση με σκοπό τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο (Θυμάκης & Τσουνής, 2013).

Ένα αιολικό πάρκο αποτελείται ουσιαστικά, από πολλές μικρές μονάδες και συστήματα (Εικόνα 3.5.). Οι γεννήτριες παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Αυτή μεταφέρεται μέσω καλωδίων στους μετασχηματιστές της ανεμογεννητριών. Εκεί γίνεται η μετατροπή στην τάση και εν συνεχεία το ρεύμα από το σύνολο των αιολικών μηχανών πηγαίνει στον κεντρικό υποσταθμό μέσης τάσης του αιολικού πάρκου και αποστέλλεται εν τέλει, στον υποσταθμό υψηλής τάσης του αιολικού σταθμού. Αφού το ρεύμα μετατραπεί σε υψηλής τάσης, διαχέεται στο κεντρικό δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της γραμμής διασύνδεσης υψηλής τάσης και φτάνει σε έναν άλλον υποσταθμό, όπου μετασχηματίζεται σε ρεύμα χαμηλής τάσης, ώστε να είναι αξιοποιήσιμο από τους καταναλωτές και τις διάφορες ηλεκτρικές μηχανές (Κανελλάς, 2016).



Εικόνα 3.5. Αιολικό πάρκο και γραμμές διασύνδεσης

Πηγή. <https://www.avgi.gr>

Η παραπάνω διαδικασία παρακολουθείται και ελέγχεται από μία κεντρική εγκατάσταση εντός του αιολικού πάρκου. Οι εργαζόμενοι εκεί, είναι υπεύθυνοι για τον γενικό έλεγχο των μηχανών και υποσταθμών του πάρκου, για τη ρύθμιση της βελτίωσης της απόδοσης των αιολικών μηχανών και για τη γρήγορη επίλυση τυχόν προβλημάτων και αστοχιών που ενδέχεται να προκύψουν (Σιμιδαλάς & Σταμόπουλος, 2018).

Κεφάλαιο 4.

Οι Επιδράσεις σε Περιβαλλοντικό Επίπεδο

Η ταχεία παγκόσμια οικονομική ανάπτυξη συνέβαλε και στη σημερινή ταχέως αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας. Ωστόσο, τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα, όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, τα οποία αποτελούν βασική πηγή ενέργειας από τη βιομηχανική επανάσταση, όχι μόνο έχουν αρχίσει να εξαντλούνται, αλλά αποτελούν και πηγή ανησυχίας σχετικά με τις σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις που έχουν στο περιβάλλον (Nazir, Wu, Li, & Zhang, 2017).

Ως εκ τούτου, η προσπάθεια ανάπτυξης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή, η αιολική και η υδροηλεκτρική, είναι επιτακτική (Leung & Yang, 2012). Μεταξύ αυτών των ανανεώσιμων πόρων, και σύμφωνα με τη διάσημη θεωρία «wedges game», η αιολική ενέργεια είναι μία από τις κορυφαίες λύσεις προτεραιότητας, καθώς είναι η μόνη που προσφέρει μια ώριμη τεχνική και πολλά υποσχόμενες εμπορικές προοπτικές, και τώρα εφαρμόζεται γενικά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα (Diesendorf & Elliston, 2018; Gonzalez, Ortego, Topham, & Valero, 2018).

Ωστόσο, οι εξελίξεις αυτές δεν είναι απαλλαγμένες από δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η κακή κατανόηση αυτών αποτελεί σοβαρή ανησυχία για τη βιομηχανία αιολικής ενέργειας, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες και στις οικολογικά ευάλωτες περιοχές (Gonzalez et al., 2018; Leung & Yang, 2012).

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας θα πρέπει να αξιολογείται ολιστικά επιτρέποντας τη σύγκριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων διαφορετικών ανανεώσιμων και μη-ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε διαφορετικά ενεργειακά συστήματα που εκπληρώνουν την ίδια λειτουργία και λαμβάνοντας υπόψη τα περιβαλλοντικά βάρη που εμφανίζονται σε διαφορετικά στάδια του κύκλου ζωής, από την εξαγωγή πρώτων υλών έως την παραγωγή, τη μεταφορά, τη χρήση και το τέλος του κύκλου ζωής τους (Lombardi, Mendeccka, & Carnevale, 2018).

Όταν αναφερόμαστε σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις, εννοούμε πιο συγκεκριμένα το δυναμικό οξέωσης, το δυναμικό ευτροφισμού, το παγκόσμιο δυναμικό θέρμανσης και την αθροιστική ενεργειακή ζήτηση, το φωτοχημικό δυναμικό δημιουργίας όζοντος, την ανθρωπίνη τοξικότητα και την οικολογική τοξικότητα ή χρήση γης (European Commission, 2010).

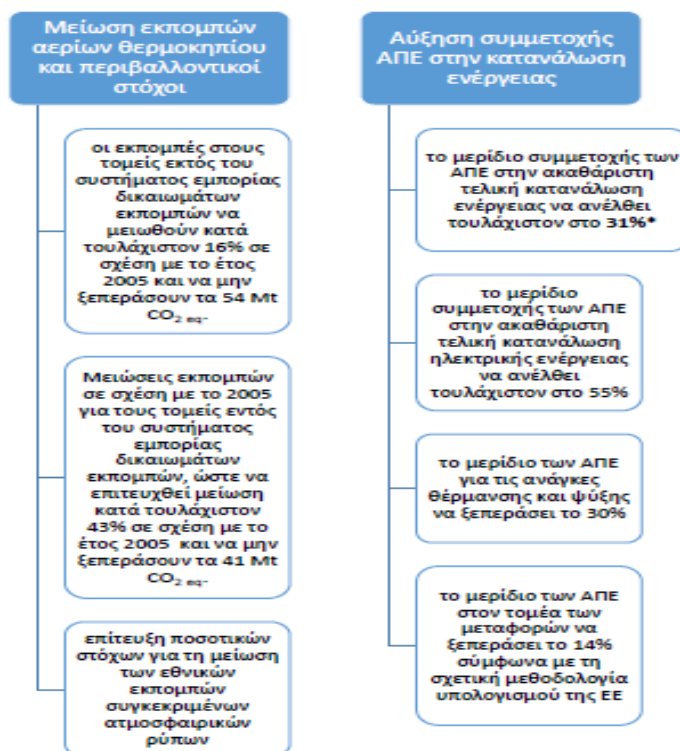
4.1. Οι Θετικές Επιδράσεις στο Περιβάλλον

Σύμφωνα με τις προβλέψεις του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, το 2040 το ήμισυ περίπου του συνολικού παγκόσμιου ενεργειακού εφοδιασμού θα προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Kralova & Sjöblom, 2010).

Η ανάπτυξη της βιομηχανίας των ανεμογεννητριών εξελίσσεται γρήγορα τα τελευταία χρόνια και προβλέπεται ότι η τάση προόδου θα συνεχιστεί. Επιπλέον, η υπεράκτια αγορά αιολικής ενέργειας συνεχίζει να αναπτύσσεται σε όλες τις ανεπτυγμένες χώρες και το δυναμικό της προσελκύει το ενδιαφέρον των βιομηχανιών και των πολιτικών ηγετών (IEA Wind Technology Collaboration Programme, 2018).

Το γεγονός αυτό καθιστά την αιολική ενέργεια την προτιμώμενη επιλογή για τους σχεδιαστές και τις εθνικές κυβερνήσεις, οι οποίες επιδιώκουν τη διαφοροποίηση των ενεργειακών πόρων, τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), τη δημιουργία νέων βιομηχανιών και την παροχή νέων ευκαιριών απασχόλησης (Global Wind Energy Council (GWEC), 2021).

Όπως όλες οι ΑΠΕ, έτσι και η αιολική ενέργεια έχει μηδενική άμεση ατμοσφαιρική ρύπανση και μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των ρύπων, όπως φαίνεται και στους Εθνικούς ενεργειακούς και Περιβαλλοντικούς στόχους (Εικόνα 4.1.), αντικαθιστώντας τις τρέχουσες πηγές συμβατικής ενέργειας. Μόνο μια μικρή ποσότητα εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα απελευθερώνεται κατά τις φάσεις κατασκευής και συντήρησής της. Ωστόσο, αυτή η ποσότητα είναι πολύ μικρότερη από άλλες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα και μπορεί να απορροφηθεί από τα δέντρα με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, με αποτέλεσμα οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, οξειδίου του αζώτου και διοξειδίου του θείου, η εκπομπή των οποίων είναι υπεύθυνη για την όξινη βροχή, την υπερθέρμανση του πλανήτη που προκαλεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου, την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και τις διακυμάνσεις των καιρικών συνθηκών, μπορούν να μειωθούν. Επιπλέον δεν απελευθερώνονται υδράργυρος, σωματίδια ή οποιοδήποτε άλλο είδος ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η αιολική ενέργεια είναι ένα είδος ενέργειας ανεξάντλητο που μπορεί να συλλεχθεί είτε στην ηπειρωτική χώρα είτε στον ωκεανό (Saidur, Rahim, Islam, & Solangi, 2011; ΥΠΕΝ, 2019).



Εικόνα 4.1. Εθνικοί ενεργειακοί και περιβαλλοντικοί στόχοι για την περίοδο 2021-2030, στο πλαίσιο των Ευρωπαϊκών πολιτικών

Πηγή. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας

Σε έναν κόσμο που καταναλώνει όλο και περισσότερο νερό, ο έλεγχος της χρήσης του είναι ζωτικής σημασίας, καθώς είναι πολύτιμο. Οι συμβατικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής χρησιμοποιούν μεγάλες ποσότητες νερού για το τμήμα συμπύκνωσης του θερμοδυναμικού κύκλου, ενώ οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας από άνθρακα, το χρησιμοποιούν επίσης για τον καθαρισμό και την επεξεργασία των καυσίμων. Επομένως, η ποσότητα που καταναλώνεται μπορεί να είναι εκατομμύρια λίτρα την ημέρα. Μειώνοντας τη χρήση του, το νερό μπορεί να διατηρηθεί και να χρησιμοποιηθεί για άλλους σκοπούς. Η Ενεργειακή Επιτροπή της Καλιφόρνια εκτίμησε την ποσότητα κατανάλωσης νερού για συμβατικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής και διαπίστωσε ότι η χρήση του για τις ανεμογεννήτριες είναι χαμηλότερη από τις συμβατικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής και ηλιακής ενέργειας (Μάνου, 2019).

4.2. Οι Αρνητικές Επιδράσεις στο Περιβάλλον

Η αιολική ενέργεια θεωρείται φιλική προς το περιβάλλον σε σύγκριση με άλλες πηγές ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, εξακολουθεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη ζωή. Ειδικά, οι μελλοντικές μακροπρόθεσμες επιδράσεις, αν και αμελητέες, δεν μπορούν να απορριφθούν, εγείροντας επιπλέον ανησυχίες, συμπεριλαμβανομένου του υψηλού επιπέδου θορύβου που παράγεται από τα πτερύγια, της οπτικής όχλησης και την ασφάλεια της άγριας ζωής (θνησιμότητα πτηνών και νυχτερίδων και τη διαταραχή του βιοσυστήματος). Επιπλέον, οι άνθρωποι που είτε ζουν είτε εργάζονται κοντά σε ανεμογεννήτριες βιώνουν ή

υποφέρουν από χαμηλή ποιότητα ζωής, άγχος, διαταραχές ακοής και ύπνου και άλλα προβλήματα (Sarkodie & Strezon, 2019). Τέλος, στα πρωταρχικά περιβαλλοντικά ζητήματα που σχετίζονται με τη χρήση ανεμογεννητριών περιλαμβάνονται η χρήση γης, οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, τα απόβλητα των αιολικών πάρκων και το φαινόμενο της τοπικής κλιματικής αλλαγής (Tabassum, Premalatha, Abbasi, & Abbasi, 2014).

Αυτά τα ζητήματα μπορούν να ομαδοποιηθούν στις οικολογικές επιπτώσεις, στις επιπτώσεις στον άνθρωπο και στα θέματα που σχετίζονται με το κλίμα. Στις οικολογικές επιπτώσεις συγκαταλέγονται η ασφάλεια της άγριας ζωής και η διαταραχή του οικοσυστήματος, στις ανθρώπινες επιπτώσεις η χρήση γης, οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και τα απόβλητα τους και στα θέματα που σχετίζονται με το κλίμα η κλιματική αλλαγή (Mann & Teilmann, 2013). Ο θόρυβος και η οπτική όχληση συγκαταλέγονται εξίσου και κοινωνικές επιδράσεις και θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο.

Ξεκινώντας με τις οικολογικές επιδράσεις, οι ανεμογεννήτριες προκαλούν θνησιμότητα και κινδύνους διαταραχής στον κύκλο ζωής των πτηνών. Τα πουλιά (Εικόνα 4.2.) μπορούν να σκοτωθούν συγκρουόμενα με τις περιστρεφόμενες προπέλες μιας ανεμογεννήτριας ή μπορεί να υποστούν θανατηφόρους τραυματισμούς λόγω σύγκρουσης με πύργους στροβίλων ή άλλες κατασκευές εντός του αιολικού πάρκου, όπως ηλεκτροφόρα καλώδια και μετεωρολογικούς ιστούς (Drewitt & Langston, 2006).



Εικόνα 4.2. Όρνιο που βρέθηκε νεκρό έπειτα από πρόσκρουση στις ανεμογεννήτριες

Πηγή. WWF: Δημήτριος Βασιλάκης

Αν και η θνησιμότητα των πτηνών από φυτοφάρμακα ή συγκρούσεις με άλλες ανθρωπογενείς κατασκευές, συμπεριλαμβανομένων των υποδομών ορυκτών καυσίμων, είναι συνηθέστερη και εντονότερη, οι δυσμενείς επιπτώσεις των αιολικών πάρκων δεν μπορούν να αγνοηθούν, ειδικότερα δε σε περιπτώσεις όπου υπάρχει κίνδυνος εξαφάνισης σπάνιων ειδών (Sovacool, 2013).

Επειδή διαφορετικοί ερευνητές χρησιμοποιούν, αντίστοιχα, και διαφορετικές μεθόδους για τον υπολογισμό του ποσοστού θνησιμότητας των πτηνών που προκαλούνται από τις ανεμογεννήτριες, αλλά και λόγω των έντονων διαφοροποιήσεων εντός της εκάστοτε περιοχής, δεν είναι πάντοτε αντικειμενική η σύγκριση των ποσοστών αυτών μεταξύ τους (Korner-Nievergelt et al., 2011).

Εκτός αυτού, ο αριθμός των θανατηφόρων συγκρούσεων των πτηνών μπορεί να ποικίλλει ανάλογα και με τη θέση της εκάστοτε ανεμογεννήτριας και ως εκ τούτου, ακόμα και στην ίδια τοποθεσία, να εξακολουθούν να υπάρχουν διαφορές (de Lucas, Ferrer, Bechard, & Muñoz, 2012).

Οι παράγοντες που συμβάλλουν στη θνησιμότητα των πτηνών που προκαλούνται από ανεμογεννήτριες ποικίλουν. Ο σχεδιασμός και η διάταξη των ανεμογεννητριών, τα είδη των πτηνών που περνούν από τη συγκεκριμένη περιοχή και οι κλιματικές μεταβλητές είναι οι κυριότεροι από αυτούς. Η θνησιμότητα των πτηνών που προκαλούνται από τον δικτυωτό τύπο στροβίλου είναι υψηλότερη από αυτή που προκαλούνται από άλλους τύπους. Η τοποθεσία και η διάταξη του αιολικού πάρκου επηρεάζουν επίσης το ποσοστό θνησιμότητας των πτηνών. Η γωνία προσέγγισης μεταξύ της διαδρομής πτήσης ενός πτηνού και του προσανατολισμού του στροβίλου είναι καθοριστική για μια πιθανή σύγκρουση, ενώ το τελείωμα των χορδών τουρμπίνας, η άκρη του κενού στις χορδές και οι άκρες του συμπλέγματος των ανεμογεννητριών θεωρούνται τα πιο επικίνδυνα μέρη για τα πουλιά. Επιπλέον, αύξηση της θνησιμότητας παρατηρείται σε περιοχές όπου οι ανεμογεννήτριες βρίσκονται σε κορυφογραμμές ή κοντά στις διαδρομές μετανάστευσης των πτηνών (Holmstrom et al., 2011).

Στην πραγματικότητα, η θνησιμότητα των πτηνών βρέθηκε ότι σχετίζεται με τα είδη τους, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στη συμπεριφορά αναζήτησης ή στα χαρακτηριστικά πτήσης που παρουσιάζουν. Οι κακές καιρικές συνθήκες, όπως η ομίχλη, η βροχή, ο δυνατός άνεμος ή οι πολύ σκοτεινές νύχτες, μπορούν να μειώσουν την ορατότητα και το ύψος πτήσης των πτηνών με αποτέλεσμα οι συγκρούσεις να αυξάνονται. Οι εποχές και το κλίμα που επικρατεί κατά τη διάρκεια της καθεμιάς αποτελούν έναν επιπλέον παράγοντα, καθώς τα περισσότερα θανατηφόρα ή μη ατυχήματα συμβαίνουν τόσο κατά τους χειμερινούς όσο και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Drewitt & Langston, 2006).

Η εγκατάσταση και η λειτουργία των ανεμογεννητριών στους οικότοπους μπορεί να επηρεάσει τις πηγές σίτισης, αναψυχής και αναπαραγωγής των πτηνών. Για παράδειγμα, ο θόρυβος και τα ταραγμένα ρεύματα αέρα που παράγονται από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών μπορεί να τα τρομάξουν και να περιορίσουν την πρόσβασή τους σε μια περιοχή. Επιπλέον, η κατασκευή γραμμών ηλεκτροδότησης και δρόμων προς τα αιολικά πάρκα μπορεί να προκαλέσει τον αποπροσανατολισμό τους και την αποφυγή των συγκεκριμένων περιοχών, καθώς είναι πολύ πιθανό να έχει προκληθεί εκτεταμένος κατακερματισμός του οικότοπου και να αποτελούν πλέον πρόσφορο έδαφος για πιο άγρια ή εξωτικά είδη ζώων (Pruett, Patten, & Wolfe, 2009).

Οι αιολικές μηχανές επηρεάζουν και τις νυχτερίδες αν και είναι πιο πιθανό να ανταποκριθούν σε κινούμενα αντικείμενα. Ωστόσο, έχει παρατηρηθεί υψηλό ποσοστό θνησιμότητας νυχτερίδων κοντά σε αιολικά πάρκα. Οι θάνατοι των νυχτερίδων που σχετίζονται

με τις ανεμογεννήτριες επηρεάζουν τώρα σχεδόν το ένα τέταρτο όλων των ειδών νυχτερίδων στις Ηνωμένες Πολιτείες και στον Καναδά (Ellison, 2012).

Ωστόσο, οι ερευνητές δεν συμφωνούν για τους λόγους θνησιμότητας των νυχτερίδων. Οι μελέτες του Ινστιτούτου Έρευνας Ηλεκτρικής Ενέργειας (EPRI) (Institute Electric Power Research, 2019) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι νυχτερίδες σκοτώνονται κυρίως από την ξαφνική πτώση τους με μεγάλη δύναμη κοντά στα άκρα των στροβίλων, γεγονός που μπορεί να τους προκαλέσει εσωτερική αιμορραγία. Σύμφωνα με έρευνες οι νυχτερίδες θα μπορούσαν να έλκονται από τις εκπομπές υπερήχων και τα φώτα των ανεμογεννητριών, ενώ άλλες έρευνες αναφέρουν πως οι νυχτερίδες είναι πιθανό να αντιμετωπίζουν τις ανεμογεννήτριες ως δέντρα ή ως πηγή σίτισης λόγω ύπαρξης πλήθους εντόμων σε αυτές και να προσπαθούν να τις εξερευνήσουν (Dai, Bergot, Liang, Xiang, & Huang, 2015; Long, Flint, & Lepper, 2011).

Τα τελευταία χρόνια, όπου παρατηρείται η ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων μπορεί να έχουμε επιπτώσεις και στα θαλάσσια είδη, καθώς δημιουργείται ένας τεχνητός ύφαλος, ο οποίος επηρεάζει τη βιοποικιλότητα, ενώ με την κατασκευή θεμελίων ανεμογεννητριών εισάγονται επιπλέον αντικείμενα στο βυθό, προκαλώντας διαταραχές στη βενθική πανίδα και χλωρίδα (Dai et al., 2015).

Αντίστοιχα, οι δραστηριότητες συντήρησής τους, όπως η αντικατάσταση εξαρτημάτων ή η λίπανση, μπορεί να προκαλέσουν την είσοδο λαδιού ή αποβλήτων στο θαλασσινό νερό. Παρόλο που οι έρευνες εστιάζουν στις επιπτώσεις κυρίως εντός της φάσης κατασκευής, καθώς οι επιπτώσεις κατά τη φάση λειτουργίας αποδεικνύονται λιγότερο επικίνδυνες, τα θαλάσσια αιολικά πάρκα θα πρέπει να σχεδιάζονται προσεκτικά για να αποφευχθεί η εξαφάνιση σημαντικών βιοτόπων της θαλάσσιας ζωής (Bergström et al., 2014).

Όσον αφορά τώρα, στη διαταραχή του οικοσυστήματος, κατά την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου, ορισμένες δραστηριότητες, όπως η εκσκαφή θεμελίων και η κατασκευή δρόμων, μπορεί να επηρεάσουν το τοπικό βιοσύστημα. Με την αφαίρεση των επιφανειακών φυτών, το χώμα εκτίθεται στον ισχυρό άνεμο και στις βροχοπτώσεις, έχοντας ως αποτέλεσμα τη διάβρωση του εδάφους. Εκτός αυτού, τα λύματα και το πετρέλαιο από το εργοτάξιο μπορεί να εισχωρήσουν στο έδαφος προκαλώντας σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα, ενώ η χρήση βαριών μηχανημάτων μπορεί να διαταράξει την τοπική οικολογική ισορροπία και η ανάκαμψη του τοπικού περιβάλλοντος να διαρκέσει πολύ (Dai et al., 2015).

Το πρόβλημα με τη χρήση γης, ένα από τα βασικά επιχειρήματα που ακούγονται περισσότερο κατά της αιολικής ενέργειας, και γενικότερα των πράσινων μορφών ενέργειας, είναι ότι αυτά καταλαμβάνουν περισσότερο χώρο, σε σχέση με τις συμβατικές πηγές, για να παράγουν την ίδια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με μετρήσεις που έχουν διεξαχθεί, έχει αποδειχτεί πως χρειάζονται περίπου 200 - 5000 τετραγωνικά μέτρα ανά μεγαβατώρα εγκατεστημένης αιολικής ενέργειας, ενώ σε περίπτωση που χρησιμοποιηθούν μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες (με ισχύ μεγαλύτερη από 2 μεγαβάτ - MW), ο χώρος είναι μικρότερος. Σύμφωνα με ένα άτυπο κανόνα ο χώρος που καταλαμβάνει μια ανεμογεννήτρια με ισχύ 3 μεγαβάτ (MW), είναι ένα τετράγωνο 40 μέτρων επί 40 μέτρων ή 1600 τετραγωνικά μέτρα περιμετρικά από αυτήν (Möller, 2006). Στην περίπτωση των υπεράκτιων αιολικών πάρκων, αυτά απαιτούν σχετικά περισσότερο χώρο, επειδή τα πτερύγια των αιολικών μηχανών είναι μεγαλύτερα σε σχέση με αυτά των χερσαίων (Michel et al., 2007).

Στο ζήτημα των ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών, έχει παρατηρηθεί ότι αν και το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο μιας ανεμογεννήτριας είναι εξαιρετικά αδύναμο και περιορίζεται σε ένα μικρό εύρος, μπορεί να δημιουργήσει αξιοσημείωτες ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές (Katsaprakakis, 2012).

Έπειτα από έρευνες, εντοπίστηκαν τρεις μηχανισμοί που μπορούν να επηρεάσουν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα των σταθμών τηλεόρασης, της κινητής τηλεφωνίας, ακόμη και των ραντάρ της πολεμικής και πολιτικής αεροπορίας. Τα εφέ κοντά στο πεδίο, τα φαινόμενα περίθλασης και τα αποτελέσματα αντανάκλασης ή σκέδασης. Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν έδειξαν ότι η περίθλαση στη ζώνη Fresnel και η επίδραση ανάκλασης ή σκέδασης που δημιουργούνται από τις ανεμογεννήτριες είναι οι κύριοι μηχανισμοί που υποβαθμίζουν την ραδιοφωνική απόδοση, καθώς οι πύργοι και οι λεπίδες των ανεμογεννητριών μπορούν να αποτελέσουν εμπόδιο και να προκαλέσουν παρεμβολές στις ασύρματες υπηρεσίες. Οι λεπίδες των ανεμογεννητριών διαμορφώνουν τα σήματα των ραδιοκυμάτων επηρεάζοντας πολλά ηλεκτρομαγνητικά συστήματα. Μπορεί να προκαλέσουν εφέ φαντασματοποίησης ή αλλιώς παραμόρφωση βίντεο, τα οποία είναι ωχρές σκιές στην οθόνη της τηλεόρασης, σφάλματα στα συστήματα πλοήγησης διαταράσσοντας τα μικροκύματα και δημιουργία ζωνών σκιάς που εμποδίζουν τα κύματα που εκπέμπονται από έναν πομπό σε έναν ραδιοφωνικό σταθμό. Μπορούν επίσης να προκαλέσουν ένα φαινόμενο περίθλασης με ένα προβλέψιμο μοτίβο παρεμβολών γύρω από τους πύργους των στροβίλων (Dai et al., 2015).

Επιπλέον, μερικές φορές μπορεί να αντανakλούν ραδιοκύματα λόγω των ανακλαστικών υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους, όπως είναι ο χάλυβας. Για τους λόγους αυτούς, οι λεπίδες των πιο σύγχρονων ανεμογεννητριών είναι αποκλειστικά κατασκευασμένες από συνθετικά υλικά, τα οποία έχουν ελαχιστοποιήσει τις επιπτώσεις στη μετάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (Katsaprakakis, 2012).

Ένα ακόμη ζήτημα που δημιουργεί πολλαπλά ερωτήματα αφορά στην αποκατάσταση ενός αιολικού πάρκου μετά την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής του. Η Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ) κάθε τέτοιου έργου προβλέπει ότι ο κατασκευαστής υποχρεούται να εφαρμόσει όλους τους όρους της και αυτούς, δηλαδή, οι οποίοι σχετίζονται με την απομάκρυνση των εγκαταστάσεων από την περιοχή και με την αποκατάσταση της εκτάσεως με αυτόχθονη βλάστηση, κάτι το οποίο ουσιαστικά, αποτελεί την επαναφορά της περιοχής στην αρχική της μορφή. Αυτές οι εργασίες, ωστόσο, είναι πολυδάπανες και τις επωμίζεται οικονομικά η εταιρεία εγκατάστασης, γεγονός που δημιουργεί οικονομικές δυσκολίες στις επιχειρήσεις αυτές έχοντας ως συνθήκη συνέπεια την αδυναμία εκτέλεσης των εργασιών άρα και τη μη αποκατάσταση της έκτασης του αιολικού πάρκου.

Στις ανεμογεννήτριες επίσης, συναντάται και ένα ειδικό σύνολο αποβλήτων και η ιδιαιτερότητα τους είναι κυρίως στα κατασκευαστικά μέρη που περιλαμβάνουν χημικές και επικίνδυνες ουσίες. Η διαρροή των επικίνδυνων αυτών ουσιών στο περιβάλλον, αποτελεί κίνδυνο για τη δημόσια υγεία. (Λαϊνάς, 2018).

Τέλος, το περιβαλλοντικό πρόβλημα, με το οποίο αναμένεται να έρθει αντιμέτωπος στο άμεσο μέλλον ο πλανήτης μας και αφορά τα απόβλητα των αιολικών πάρκων που δεν ανακυκλώνονται, απαιτεί άμεσες και κατάλληλες ενέργειες. Διαφορετικά, τα επόμενα χρόνια, λόγω της ολοκλήρωσης του κύκλου ζωής των ήδη εν λειτουργία αιολικών πάρκων, θα αυξηθούν

κατακόρυφα τα απόβλητα τους, με πιθανή τη δημιουργία αντίστοιχων χωματερών. Στην Ελλάδα, οι εταιρείες που ασχολούνται με την εγκατάσταση ΑΠΕ δεν έχουν την υποχρέωση να καταβάλλουν τέλος ανακύκλωσης με ότι αυτό συνεπάγεται για τα μελλοντικά απόβλητα (Ελαφρός, 2021; Λαϊνάς, 2018).

Μέχρι και πριν από μερικά χρόνια, η υγειονομική ταφή ήταν η κύρια τακτική που εφαρμόζονταν για τη διαχείριση των 'πράσινων' απόβλητων στη χώρα μας. Αυτή η διαχείριση, αποδείχτηκε ότι συνέβαλλε στη ρύπανση του περιβάλλοντος, είτε μέσω ροής νερού, είτε μέσω διαρροής αερίου από τα απόβλητα, λόγω της μη επαρκούς στεγανότητας των χώρων υγειονομικής ταφής. Βέβαια, σε μερικές περιπτώσεις παρατηρείται και η εγκατάλειψη αποβλήτων ανεμογεννητριών (Εικόνα 4.3.) στους χώρους των αιολικών πάρκων (Καλδέλλης, 2005).



Εικόνα 4.3. Απόβλητα αιολικού πάρκου

Πηγή. Γερμανικό περιοδικό *Wiso*

Σε άλλες χώρες, τα απόβλητα των ανεμογεννητριών διαχειρίζονται με την τακτική της αποτέφρωσης και της καύσης. Σημαντικό μείον της διαχείρισης αυτής, είναι οι υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων που περιέχονται στα αέρια που παράγονται κατά την καύση. Ιδιαίτερα, προκαλείται αυξημένη ρύπανση όταν οι καύσεις πραγματοποιούνται ανεξέλεγκτα και σε ανοιχτούς χώρους, καθώς σχηματίζονται βρωμιούχες ενώσεις και διοξίνες (Dimitrakakis, Janz, Bilitewski, & Gidaracos, 2009).

Στις προηγμένες χώρες, πριν τη διαδικασία της καύσης, αφαιρούνται από τις πλακέτες υλικά με σκοπό την ανάκτηση μετάλλων. Αν και η μέθοδος αυτή έχει χαμηλό κόστος, προξενεί περιβαλλοντικά προβλήματα και συνάμα αυξάνει τον κίνδυνο για την εμφάνιση προβλημάτων υγείας στους εργαζόμενους, που πραγματοποιούν τη διαδικασία αυτή (Ni et al., 2012).

Τέλος, αναφορικά με τα θέματα για την κλιματική αλλαγή – κρίση, υπάρχουν εικασίες πως με την αύξηση του αριθμού των αιολικών πάρκων, μπορεί να προκληθούν αλλαγές στο κλίμα κατά τόπους. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από το Γραφείο Στατιστικών Υδάτων στο Xilingo League, στην Εσωτερική Μογγολία, επιβεβαιώνουν τη χαμηλή βροχόπτωση και ως εκ τούτου την ύπαρξη έντονης ξηρασίας στις ζώνες εγκατάστασης ανεμογεννητριών. Επιπλέον, στην αιολική ζώνη του San Gorgonio στις ΗΠΑ, τα δεδομένα για τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στα αιολικά πάρκα, απέδειξαν ότι οι γιγάντιες ανεμογεννήτριες θα μπορούσαν να αλλάξουν τα τοπικά επίπεδα θερμότητας, προκαλώντας αύξηση της θερμοκρασίας τη νύχτα και μείωσή της την ημέρα (Nazir et al., 2019).

Είναι γεγονός, πως η αιολική παραγωγή δεν καλύπτει πάντοτε τις ενεργειακές ανάγκες, με αποτέλεσμα οι συμβατικές πηγές ενέργειας να λειτουργούν με μεταβαλλόμενο ρυθμό. Αυτό έχει αρνητικό αντίκτυπο στην απόδοση τους, με συνέπεια οι συμβατικές θερμικές μηχανές να απαιτούν περισσότερα καύσιμα για την εξισορρόπηση του ηλεκτρικού φορτίου. Η αυξημένη χρήση καυσίμων επιφέρει και την αύξηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα, επηρεάζοντας το κλίμα και αυτό είναι κάτι το οποίο αντιβαίνει στον στόχο λειτουργίας των αιολικών πάρκων, καθώς η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), που έχουν ως σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στοχεύουν στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

Σε πρόσφατη μελέτη (Charman, 2018), προσομοίωσαν την περιβαλλοντική επιρροή των ανεμογεννητριών αλλάζοντας τους συντελεστές οπισθέλκουσας εμφάνισης σε δύο διαφορετικά πρωτότυπα γενικής κυκλοφορίας, αποδεικνύοντας ότι η αιολική ενέργεια μπορεί να επιφέρει μελλοντικές κλιματικές αλλαγές, χωρίς ωστόσο να επιδρά σημαντικά στη μέση θερμοκρασία του σύμπαντος. Επιπρόσθετα, ορισμένοι μηχανικοί περιβάλλοντος εκφράζουν ανησυχίες σχετικά με τις πιθανές τοπικές αλλαγές του κλίματος που μπορεί να προκληθούν από την κυκλοφορία του αέρα προς τα κάτω και προς τα πάνω, καθώς η αστάθεια στην αντήχηση των στροβίλων μπορεί να τροποποιήσει την ταχύτητα του ανέμου στην επιφάνεια, μειώνοντας τα επίπεδα υγρασίας (Miller & Keith, 2018).

Σε άλλη μελέτη (Zhou et al., 2012), συγκεντρώθηκαν δορυφορικά δεδομένα οκτώ ετών σε περιοχές του κεντροδυτικού Τέξας εξοπλισμένα με 2.358 ανεμογεννήτριες και ανέφεραν αύξηση της θερμοκρασίας κατά 0,724 βαθμών Κελσίου στην περιοχή. Η μελέτη έδειξε επίσης ότι τη νύχτα, η αύξηση της θερμοκρασίας ήταν ακόμη πιο εμφανής. Λίγα χρόνια νωρίτερα είχε αποδειχτεί (Wang & Prinn, 2010) ότι, αν το 10% της παγκόσμιας ζήτησης ενέργειας προερχόταν από αιολική ενέργεια το 2100 η παγκόσμια θερμοκρασία θα αυξανόταν κατά 1 βαθμό Κελσίου.

Άλλες μελέτες αναφέρουν ότι τα αιολικά πάρκα είναι σε θέση να μεταβάλλουν το δυσμενές κλίμα μιας περιοχής, παρόλο που η επίδρασή τους είναι πολύ περιορισμένη. Έχει διαπιστωθεί ότι τα αιολικά πάρκα στην επαρχία Γκάνσου της Κίνας βοήθησαν στη μείωση της ταχύτητας του ανέμου κατά τόπους και στον μετριασμό των καταιγίδων. Ως εκ τούτου, ερευνάται και η δυνατότητα εφαρμογής σκόπιμων καιρικών τροποποιήσεων με την κατασκευή γιγάντιων αιολικών πάρκων (Fiedler & Bukovsky, 2011).

Κεφάλαιο 5.

Οι Επιδράσεις σε Οικονομικό Επίπεδο

Οι εξελίξεις στην παγκόσμια οικονομία δείχνουν ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο τα επόμενα χρόνια. Η οικονομική κρίση, λόγω της πανδημίας του COVID-19, και η κλιματική αλλαγή-κρίση, ευνοούν τις πολιτικές κινήσεις που βασίζονται, για την επίλυση των οικονομικών ζητημάτων, στις σύγχρονες ενεργειακές εγκαταστάσεις ΑΠΕ, καθώς θεωρείται ότι με αυτόν τον τρόπο θα επιτευχθεί η ζητούμενη ευημερία των πολιτών και η οικονομική ανάκαμψη της κάθε χώρας.

Έντονο ενδιαφέρον παρουσιάζει το οικονομικό αντίκτυπο των αιολικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις περιοχές, όπου η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας βρίσκεται σε έξαρση και ιδιαίτερα, στις περιοχές όπου είναι απομακρυσμένες από τις πόλεις και οι ρυθμοί ανάπτυξης βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα (Cirstea, 2015).

5.1. Οι Θετικές Επιδράσεις στην Οικονομία

Σύμφωνα με το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α., η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα αιολικά πάρκα προσφέρει τρία σημαντικά οικονομικά οφέλη. Το πρώτο, αναφέρεται στην παροχή εσόδων στους αγρότες και στους κτηνοτρόφους που παραχωρούν τις εκτάσεις τους, λόγω ενοικίου, καθώς και στα οικονομικά κέρδη από την απασχόληση των πολιτών των τοπικών κοινωνιών στην αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Παρόλο που τα έσοδα διαφοροποιούνται ανά περιοχή, τα αιολικά πάρκα παρέχουν στους πολίτες, οι οποίοι έχουν μισθώσει την ιδιότητά τους γη 3.000-6.000 \$/μεγαβάτ MW και απασχόληση. Δεύτερον, η λειτουργία ενός αιολικού σταθμού έχει χαμηλό κόστος, καθώς, σε αντίθεση με άλλους πόρους, δεν υπάρχει σχετικό κόστος καυσίμου στην παραγωγή αιολικής ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, τεράστιες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας από τα αιολικά πάρκα είναι δυνατόν να ενσωματωθούν με ελάχιστη αύξηση κόστους, της τάξης του 2% έως 5%, στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο, παρέχοντας ταυτόχρονα και σημαντική μείωση στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) (United States Department of Energy, 2015).

Τέλος, λόγω της ύπαρξης ανταγωνισμού, το κόστος κατασκευής του έχει σημειώσει αξιοσημείωτη μείωση. Αυτό συμβαίνει, γιατί όλο και περισσότερες χώρες προχωρούν σε τέτοιου είδους ενεργειακές επενδύσεις. Συνάμα, δημιουργείται ανταγωνισμός στην αγορά ηλεκτρικού ρεύματος και έχει παρατηρηθεί πτώση στις τιμές του, της τάξης του 60%. Όλα τα παραπάνω, οδηγούν σε αξιοποίηση πιο αποδοτικών τεχνολογιών αιολικής ενέργειας, όπως η επιλογή μεγαλύτερων πύργων και η χρήση οικονομικότερων τουρμπίνων, που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση στο κόστος εγκατάστασης έως και 50% από το 2009 (Liebreich, 2016).

Επιπλέον, στη μείωση τους κόστους κατασκευής των αιολικών πάρκων συντελεί, όσον αφορά στη χώρα μας, και η επιλογή ανεμογεννητριών που κατασκευάζονται στην Ελλάδα. Ήδη από το 2018, έχει ξεκινήσει τη λειτουργία του το πρώτο ελληνικό εργοστάσιο ανεμογεννητριών, με έδρα τη Μάνδρα Αττικής. Οι σύγχρονες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή, έχουν ως στόχο την επίτευξη της μέγιστης απόδοσης και διάρκειας ζωής σε συνδυασμό με την ελαχιστοποίηση των εργασιών συντήρησης. Η εγχώρια παραγωγή αιολικών μηχανών, εκτός από τη μείωση του κόστους εγκατάστασης, επιφέρει και μειώσεις στις τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος (ΑΠΕ-ΜΠΕ, 2018). Επίσης, μέσω της μέγιστης αποδοτικότητας των ανεμογεννητριών θα αυξηθεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, γεγονός που θα έχει ως συνέπεια την μείωση των εισαγωγών ρεύματος και ενδεχομένως, η Ελλάδα στο μέλλον, χάρη στο αυξημένο αιολικό δυναμικό, να εξαγεί 'πράσινη' ηλεκτρική ενέργεια (Παπασταματίου, 2018).

Όσον αφορά στα οικονομικά οφέλη της τοπική κοινωνίας, αυτά σχετίζονται με τα φορολογικά έσοδα, με τις θέσεις εργασίας και με την τουριστική δραστηριότητα. Εφόσον, τα οφέλη αυτά αποδοθούν στην τοπική κοινωνία, τότε, παρέχονται ευκαιρίες βελτίωσης των υποδομών και των συνθηκών ζωής στην περιοχή αυτή.

Τα φορολογικά έσοδα που προέρχονται από τη λειτουργία των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), αποτελούν σημαντική οικονομική στήριξη στις τοπικές κοινωνίες. Στη χώρα μας, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, η λειτουργία αιολικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας φορολογείται με ειδικό τέλος 3% επί του κύκλου εργασιών του εκάστοτε έργου και καταμερίζεται, τόσο στους πολίτες – καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας, όσο και στους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) των κοινωνιών όπου λειτουργεί το έργο (Υ.Α.Π.Ε., 2012).

Οι νέες θέσεις εργασίας που δημιουργούνται κατά την εγκατάσταση των αιολικών πάρκων, αφορούν στις εργασίες κατασκευής του αιολικού σταθμού και στις εργασίες δημιουργίας υποδομών για την μετέπειτα εγκατάσταση των ανεμογεννητριών. Το μεγαλύτερο ποσοστό των εργαζομένων στα αιολικά πάρκα, αποτελεί εργατικό δυναμικό τεχνολογικά εξειδικευμένο, το οποίο αξιοποιεί τις γνώσεις του και την εμπειρία του για την καλύτερη απόδοση του έργου (Μαλιάρα, 2020).

Η τουριστική δραστηριότητα σύμφωνα με έρευνες, που έχουν διεξαχθεί σε χώρες της βόρειας Ευρώπης, δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από την εγκατάσταση αιολικών σταθμών. Μόνο ένα μικρό ποσοστό της τάξης του 6% περίπου δεν θα επισκέπτονταν ένα φυσικό τοπίο, όπου έχουν εγκατασταθεί ανεμογεννήτριες. Από την άλλη, ένα σημαντικό ποσοστό, λίγο πάνω από το 60%, θα έδειχνε ενδιαφέρον να επισκεφτεί ένα αιολικό πάρκο, αρκεί να υπήρχε ένα οργανωμένο κέντρο πληροφόρησης (Broekel & Alfken, 2015).

5.2. Οι Αρνητικές Επιδράσεις στην Οικονομία

Η λειτουργία των αιολικών σταθμών εμπίπτει με την παράλληλη λειτουργία συμβατικών μονάδων παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς η παραγωγή ηλεκτρισμού από ένα αιολικό πάρκο μεταβάλλεται εξαιτίας της αστάθειας που παρουσιάζει ο άνεμος. Στις περιπτώσεις όπου υπάρχει νηνεμία, οι συμβατικές μονάδες μπαίνουν σε αυξημένη λειτουργία, ώστε να καλύψουν τις απαιτούμενες ενεργειακές ανάγκες. Αυτή η αυξομείωση στην ισχύ των συμβατικών μονάδων

απαιτεί την κατανάλωση περισσότερης ποσότητας καυσίμων, συγκριτικά με την περίπτωση που θα λειτουργούσαν με σταθερή ισχύ (οι συμβατικές μονάδες λειτουργούν με τον μέγιστο βαθμό αποδόσεως, όταν λειτουργούν με σταθερή ισχύ). Επομένως, λόγω των αυξομειώσεων στην ένταση του αέρα, οδηγούμαστε συνολικά στην αύξηση του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από όλες τις μονάδες (Gutiérrez-Martín, Da Silva-Álvarez, & Montoro-Pintado, 2013).

Η όλο και αυξανόμενη εγκατάσταση αιολικών πάρκων που παρατηρείται τον τελευταίο καιρό, δημιουργεί έναν ακόμη παράγοντα που αυξάνει το κόστος (Εικόνα 5.1.), τις δαπάνες που απαιτούνται για την ενσωμάτωση των αιολικών σταθμών στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο. Αυτό συμβαίνει, λόγω της υψηλής αξιοπιστίας που επιδιώκει να διατηρεί το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο, εξαιτίας των μεταβολών που παρουσιάζονται στην ηλεκτρική παραγωγή των αιολικών μονάδων. Η μεταβλητότητα της αιολικής παραγωγής, απαιτεί για την αξιοπιστία του κεντρικού ηλεκτρικού δικτύου, τη δέσμευση εφεδρικών συμβατικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, γεγονός που αυξάνει το κόστος (Albadi & El-Saadany, 2010).

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΑΙΟΛΙΚΑ	0,04–0,08 ευρώ ανά KWh
ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	0,03-0,05 ευρώ ανά KWh
ΛΙΓΝΙΤΗΣ	0,04-0,05 ευρώ ανά KWh
ΠΥΡΗΝΙΚΑ	0,06-0,08 ευρώ ανά KWh

Εικόνα 5.1. Σύγκριση κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αιολικής εγκατάστασης με άλλες τεχνολογίες

Πηγή. *Αιολική Ενέργεια - Κριτήρια Χωροθέτησης Αιολικών Πάρκων: Η Περίπτωση του Νομού Φλώρινας - Σόνια Παπαλαζαρίδου*

Η αιολική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως μια μεταβλητή ή διαλείπουσα τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμη, οι νέες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στις αιολικές μηχανές δεν εκμεταλλεύονται στο μέγιστο βαθμό το ποσό της ενέργειας που μπορεί να παραχθεί από τον άνεμο. Το ποσοστό της μέγιστης λειτουργικής ικανότητάς τους ανέρχεται περίπου στο 30% κατά έτος και αυτό συμβαίνει, επειδή ο άνεμος δεν έχει την ίδια ένταση την κάθε χρονική στιγμή. Επομένως, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται, από τις συστοιχίες αιολικών μηχανών, δεν μπορεί από μόνη της να καλύψει το σύνολο των ενεργειακών αναγκών των καταναλωτών.

Στην διακύμανση της απόδοσης ισχύος, που οφείλεται στις διαφορετικές εντάσεις του ανέμου, προστίθεται και το ζήτημα της χαμηλής πυκνότητας που παρουσιάζει η συγκεκριμένη ανανεώσιμη μορφή ενέργειας. Λόγω του χαμηλού επιπέδου πυκνότητας, σε ένα αιολικό πάρκο απαιτείται η εγκατάσταση μεγάλου αριθμού ανεμογεννητριών, σε ευνοϊκά σημεία, ως προς τον άνεμο, με σκοπό την αξιολογή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Επομένως, εφόσον η αιολική ενέργεια είναι μια αραιή πηγή ενέργειας, χωρίς σταθερή διαθεσιμότητα, ανακύπτει ένα σημαντικό ζήτημα για τη συνολική λειτουργία του κεντρικού ηλεκτρικού δικτύου. Συγκεκριμένα, οι υπόλοιπες μέθοδοι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας επιβάλλεται να αλλάζουν την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγουν, σύμφωνα με την παραγωγή από τα αιολικά πάρκα, ώστε η συνολική ηλεκτροπαραγωγή να διατηρείται σταθερή και ίση με τη ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας. Στην περίπτωση αυτή το ηλεκτρικό φορτίο εξισορροπείται από τις υπόλοιπες μονάδες παραγωγής, είτε είναι σε λειτουργία, είτε βρίσκονται σε εφεδρεία και είναι άμεσα έτοιμες για παραγωγή. Στη χώρα μας, υπάρχουν και χαρακτηριστικά παραδείγματα, όπως της Κύθνου, όπου οι αιολικές μηχανές σταματούν εντελώς τη λειτουργία τους, όταν παράγουν πολύ χαμηλή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας, με απώρροια οι ενεργειακές ανάγκες των πολιτών να καλύπτονται αποκλειστικά από τις συμβατικές πηγές ενέργειας (Κορωνάιος, 2012).

Σε ορισμένες περιπτώσεις, εξαιτίας της μεταβλητότητας της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας των αιολικών πάρκων, υπάρχει η πιθανότητα να κάνουν την εμφάνισή τους διάφορα φαινόμενα, όπως πτώση τάσης και συσκόπιση. Αυτό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα και βλάβες σε διάφορες ηλεκτρικές συσκευές των καταναλωτών, με αποτέλεσμα οι πάροχοι ηλεκτρικής ενέργειας να καταβάλλουν αποζημιώσεις προς αυτούς.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από έναν αιολικό σταθμό είναι πολύ δύσκολο, ακόμη και στην εποχή μας που υπάρχει αναπτυγμένη τεχνολογία, να αποθηκευτεί, με αποτέλεσμα να χάνεται η παραγόμενη ενέργεια στην περίπτωση που δεν αξιοποιηθεί άμεσα. Αυτό έχει ως συνέπεια, η μη αξιοποιήσιμη ενέργεια που δεν αποθηκεύτηκε, να απαιτείται να παραχθεί ξανά από έναν συμβατικό σταθμό πιθανότατα, όταν το ηλεκτρικό δίκτυο την χρειαστεί. Αυτό είναι φανερό, πως αυξάνει το κόστος παραγωγής του ηλεκτρικού φορτίου που αξιοποιείται.

Επιπλέον, στην ανάπτυξη των αιολικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, συντέλεσαν οι κρατικές οικονομικές ενισχύσεις. Οι ενισχύσεις αυτές σχετίζονται, τόσο με την επιδότηση για την κατασκευή του έργου, όσο και με την επιδότηση της τιμής, στην οποία πωλείται η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται. Οι δύο αυτές επιχορηγήσεις έπαυσαν να παρέχονται από το 2013, ανεβάζοντας κατά πολύ το κόστος εγκατάστασης ενός αιολικού πάρκου (Γκαράκης, 2021).

Επιπροσθέτως, για τα θεμέλια μίας ανεμογεννήτρια απαιτούνται περίπου πεντακόσια κυβικά μέτρα μπετόν, το οποίο θα απλωθεί σε μια έκταση, σχεδόν, 100 τετραγωνικών μέτρων, ώστε να είναι στη συνέχεια, δυνατή η ανέγερσή της. Άρα, γίνεται εύκολα αντιληπτό, πως το κόστος κατασκευής ολοένα και αυξάνεται. Τέλος, η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος, που παράγεται από τους αιολικούς σταθμούς, σε σύγκριση με τις τιμές των συμβατικών μονάδων ενέργειας, όχι μόνο δεν είναι μειωμένη, αλλά παρουσιάζει αύξηση από 130% έως 400%, φτάνοντας στον καταναλωτή (Πελεβάνη, 2020).

Τα αιολικά πάρκα των οποίων η περίοδος χρήσης έχει τελειώσει, παραμένουν σε πολλές περιπτώσεις, εγκαταλελειμμένα, χωρίς να γίνονται οι απαραίτητες εργασίες αποκατάστασης και επαναφοράς της γης στην πρότερα κατάσταση. Ο βασικός λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι ότι οι εταιρείες που είχαν εγκαταστήσει τον αιολικό σταθμό δεν αντέχουν οικονομικά το εξαιρετικά δαπανηρό κόστος των διεργασιών αυτών (Κλειάσου, 2016).

Οι θέσεις εργασίας που δημιουργούνται σε έναν αιολικό σταθμό στην πλειοψηφία τους είναι μικρής διάρκειας (όσο διαρκεί ο χρόνος κατασκευής του αιολικού πάρκου), ενώ υπάρχουν ελάχιστες μόνιμες θέσεις εργασίας, που είναι απειροελάχιστες σε σύγκριση με το οικονομικό μέγεθος του έργου. Οι ελάχιστες μόνιμες θέσεις, που αφορούν την τοπική κοινωνία, είναι κυρίως ανειδίκευτων υπαλλήλων, όπως φύλακες και καθαριστές (Κωνσταντέλου, 2009).

Σημαντική επίδραση για διάφορες τοπικές οικονομίες, κυρίως σε χώρες της νότιας Ευρώπης, μπορεί να αποτελέσει η μείωση της τουριστικής δραστηριότητας σε μερικές περιοχές, όπου το φυσικό τοπίο έχει αλλοιωθεί ριζικά από την εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Το οικονομικό αντίκτυπο στις περιοχές αυτές είναι αρνητικό, καθώς η επισκεψιμότητά τους περιορίζεται αισθητά (Κωνσταντέλου, 2009). Χαρακτηριστικό παράδειγμα, αποτελούν τα νησιά του Βορείου Αιγαίου (ιδιαίτερα η Λέσβος), όπου μέρος της τουριστικής κίνησης σχετίζεται με την παρατήρηση πουλιών και άλλων άγριων ειδών. Η εγκατάσταση αιολικών πάρκων, ωστόσο, επιδρά στην ποικιλία της χλωρίδας και της πανίδας, με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιείται η συγκεκριμένη δραστηριότητα (Dudley, 2012).

Τέλος, άλλη μία οικονομική επιβάρυνση που οφείλεται στα αιολικά πάρκα, έχει να κάνει με τα έργα επιδιόρθωσης του οδικού δικτύου. Αυτό είναι βέβαιο πως θα συμβεί, εξαιτίας των βαρέων οχημάτων που μεταφέρουν τμήματα των ανεμογεννητριών, αλλά και λόγω των βροχοπτώσεων, ιδίως κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Παυλής, 2019).

Κεφάλαιο 6.

Οι Επιδράσεις σε Κοινωνικό Επίπεδο

Αναμφίβολα, η εγκατάσταση ενός αιολικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, έχει αποδειχτεί ότι επηρεάζει την κοινωνία και ιδιαίτερως την τοπική κοινωνία εγκατάστασής του. Παρακάτω, παρουσιάζονται, αναλυτικά, τόσο οι θετικές, όσο και οι αρνητικές κοινωνικές επιδράσεις.

6.1. Οι Θετικές Επιδράσεις στην Κοινωνία

Ένα αιολικό πάρκο αποτελεί ένα τεράστιο έργο, το οποίο προκαλεί το ενδιαφέρον της κοινωνίας. Είναι κοινώς αποδεκτό, πως ένα αιολικό πάρκο επιδρά και με θετικό τρόπο την τοπική κοινωνία. Υπάρχουν αναφορές για επιδράσεις που σχετίζονται με τη δημιουργία ενεργειακών κοινοτήτων, με τις ανταποδοτικές προσφορές που παρέχονται από τις κατασκευαστικές εταιρείες. Αντίστοιχα θετικές αναφορές υπάρχουν για το πως ένας αιολικός σταθμός δεν δημιουργεί σημαντικά ζητήματα σχετικά με τον θόρυβο, με τη δημιουργία σκιών από τις ανεμογεννήτριες, με το φυσικό τοπίο και με τις αντιλήψεις που διαμορφώνουν περί αυτού οι τοπικές κοινωνίες.

Οι ενεργειακές κοινότητες είναι τοπικοί συνεταιρισμοί και έχουν συγκεκριμένο σκοπό δημιουργίας, ο οποίος σχετίζεται με τη δραστηριοποίηση του συνεταιρισμού στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Ένας τρόπος παραγωγής ηλεκτρισμού είναι με την κατασκευή και λειτουργία ενός αιολικού σταθμού, που θα βρίσκεται υπό την επίβλεψη των μελών της κοινότητας, είτε για να καλυφθεί ένα μέρος των αναγκών σε ενέργεια των μελών του συνεταιρισμού, είτε για να πουληθεί η ηλεκτρική ενέργεια στην επιχείρηση που διαχειρίζεται το κεντρικό δίκτυο. Με τη δημιουργία ενεργειακών κοινοτήτων, γίνεται, πλέον, ενεργή η συμμετοχή των πολιτών, της τοπικής αυτοδιοίκησης καθώς και των μικρών επιχειρήσεων μιας τοπικής κοινωνίας στην παραγωγή ηλεκτρισμού (Γρηγορίου, 2018). Άξια αναφοράς, αποτελεί η ανακοίνωση ενός τοπικού συνεταιρισμού για ένα μεγαλεπήβολο πρόγραμμα, που αφορά τη δημιουργία δύο ενεργειακών κοινοτήτων στην περιοχή της Αιτωλοακαρνανίας, με σκοπό την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας μέσω ανεμογεννητριών (ΕΑΣ Αγρινίου, 2018).

Οι διάφορες, ανταποδοτικές προσφορές των οργανισμών-εταιριών, που είναι αρμόδιες για την εύρυθμη λειτουργία του αιολικού σταθμού, αποτελούν μία θετική συνδρομή προς την τοπική κοινωνία. Καταρχάς, θα αναγκαστούν να κατασκευάσουν αρκετά χιλιόμετρα νέου ασφαλτόδρομου, καθώς και να βελτιώσουν σημαντικό μέρος του υπάρχοντος οδικού δικτύου και με αυτόν τον τρόπο, θα διευκολυνθεί η πρόσβαση πολιτών σε απομακρυσμένες περιοχές που, πιθανώς, να είναι και σπάνιας φυσικής ομορφιάς. Επίσης, λόγω της κατασκευής του πάρκου, αρκετοί εργαζόμενοι θα μείνουν σε καταλύματα της περιοχής, από τα καταστήματα της

οποίας θα προσφέρεται και η εξυπηρέτηση τους (διατροφή, αναλώσιμα και άλλα). Τέλος, η στήριξη της τοπικής κοινωνίας μπορεί να γίνει με τη δωρεά εξειδικευμένων οχημάτων, όπως πυροσβεστικά και με τη διάθεση ηλεκτρικών πολυμηχανημάτων για την καλύτερη εξυπηρέτηση των πολιτών στις δημόσιες υπηρεσίες, κινήσεις που συνηθίζουν οι οργανισμοί-εταιρείες (ΕΛΕΤΑΕΝ, 2018).

Ο ήχος από τις ανεμογεννήτριες δεν αποτελεί, πάντοτε, σημαντική επίπτωση, καθώς δεν γίνεται αντιληπτός σε όλες τις περιπτώσεις. Αυτό συμβαίνει, όταν οι ταχύτητες του άνεμου είναι μεταξύ 3-8 m/s, αλλά και τότε ο ήχος ακούγεται μόνο προς την πλευρά της διεύθυνσης του ανέμου. (Pedersen & Larsman, 2008). Ο θόρυβος που εκπέμπεται από τις ανεμογεννήτριες μπορεί να προέρχεται είτε από την κίνηση των πτερυγίων (αεροδυναμικός), είτε από τα μηχανικά μέρη (μηχανικός) της αιολικής μηχανής. Ο μηχανικός θόρυβος, πλέον, έχει μειωθεί σε ορισμένο βαθμό, διότι χρησιμοποιούνται μονωτικά ή αντικραδασμικά υλικά. Ο αεροδυναμικός θόρυβος, επίσης, μπορεί να περιοριστεί με κάποια βελτιωμένη αεροδυναμική σχεδίαση των πτερυγίων. Στις σύγχρονες ανεμογεννήτριες, ο θόρυβος, πιθανώς, να γίνεται αντιληπτός μόνο στις περιπτώσεις που έχει υποστεί βλάβη κάποιο μηχανικό εξάρτημα, φαινόμενο που παρατηρείται αρκετά συχνά (Saidur et al., 2011).

Μία ανεμογεννήτρια, ενώ λειτουργεί, δημιουργεί σκιές που οφείλονται, είτε στην περιστροφική κίνηση των πτερυγίων, είτε στην αντανάκλαση του ήλιου πάνω στον πύργο της αιολικής μηχανής. Αυτό το φαινόμενο, γίνεται να περιοριστεί με το να κατασκευάζονται πτερύγια πιο εξελιγμένα ως προς την ομαλότητά τους και με την επικάλυψη αυτών καθώς και του στροβίλου με ειδικά υλικά που μειώνουν το φαινόμενο της ανάκλασης (Saidur et al., 2011). Επίσης, για την όσο δύναται, μείωση του φαινομένου της εμφάνισης σκιών, συστήνονται δύο τρόποι παρέμβασης: οι αιολικοί σταθμοί να εγκαθίστανται σε αποστάσεις που υπερβαίνουν, έως δέκα φορές τη διάμετρο του ρότορα, από τις κατοικήσιμες περιοχές και δεύτερον, η λειτουργία των αιολικών πάρκων να υφίσταται περιορισμούς ως προς τη συνεχή λειτουργία τους (Κωνσταντέλου, 2009).

Η χωροθέτηση ενός αιολικού πάρκου είναι κρίσιμος παράγοντας για την οπτική ρύπανση ενός τοπίου. Ως τοπίο ορίζεται «μια ζώνη ή μια περιοχή όπως γίνεται αντιληπτή από ντόπιους ή από επισκέπτες, τα οπτικά χαρακτηριστικά και ο χαρακτήρας της οποίας είναι το αποτέλεσμα φυσικών ή/και πολιτισμικών (δηλαδή ανθρώπινων) δράσεων» (Συμβούλιο της Ευρώπης, 2004). Η κατάλληλη χωροθέτηση ενός αιολικού σταθμού, είναι ένα ζήτημα που μπορεί να επιλυθεί. Εντούτοις, χρειάζεται να λαμβάνεται υπόψιν ότι, σε κάθε περίπτωση, τα αισθητικά κριτήρια είναι απολύτως υποκειμενικά και διαφέρουν ανάλογα με την παιδεία και τις αντιλήψεις του κάθε ατόμου (Κωνσταντέλου, 2009).

Τέλος, σχετικά με τις αντιλήψεις που διαμορφώνουν οι τοπικές κοινωνίες για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων, υπάρχουν ποικίλες απόψεις. Η ύπαρξη διαφορετικών απόψεων οφείλεται στο ότι η χωροθέτηση των νέων αιολικών σταθμών επηρεάζει τα τοπικά οικοσυστήματα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα, όπου οι τοπικές κοινωνίες αντιμετωπίζουν θετικά τις επενδύσεις της αιολικής ενέργειας, είναι η χώρα της Δανίας. Σύμφωνα με έρευνες που διεξήχθησαν στη Δανία, σχεδόν οι μισοί πολίτες που ερωτήθηκαν έχουν την πρόθεση στο άμεσο μέλλον να αποκτήσουν, έστω και ένα μικρό μερίδιο από ένα αιολικό σταθμό που θα βρίσκεται κοντά στην περιοχή τους, ενώ ένα πολύ μικρό ποσοστό, κάτω του 10%, κατέχει ήδη μερίδιο σε ένα αιολικό πάρκο και συμμετέχει ενεργά στην εφαρμογή της αιολικής ενέργειας,

βλέποντας θετικά τη χωροθέτηση και την κατασκευή νέων αιολικών σταθμών (Ladenburg, Dubgaard, Martinsen, & Tranberg, 2005).

6.2. Οι Αρνητικές Επιδράσεις στην Κοινωνία

Παρόλη, την ύπαρξη θετικών αντιδράσεων, όπως προαναφέρθηκαν, τα αιολικά πάρκα, συνήθως, αντιμετωπίζονται αρνητικά από μια κοινωνία. Συγκεκριμένα, υπάρχουν αναφορές, σχετικές με την πρόκληση ατυχημάτων κατά τη λειτουργία των αιολικών μηχανών, με την ηχορύπανση, με τη δημιουργία σκιών από τις ανεμογεννήτριες, με την εκπόνηση μη αξιόπιστων μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΜΠΕ), με την αλλοίωση του φυσικού τοπίου, με την πιθανότητα συχνών διακοπών στην ηλεκτροδότηση και με τις αντιδράσεις που εκφράζονται περί αυτού από τις τοπικές κοινωνίες.

Κατά τη διάρκεια λειτουργίας μια ανεμογεννήτριας, υπάρχει η πιθανότητα να προκληθούν ορισμένα ατυχήματα, που, ενδεχομένως, να είναι και εργατικά. Αυτά τα ατυχήματα, κυρίως, έχουν να κάνουν με την αποκοπή ολόκληρων πτερυγίων ή μέρους αυτών, γεγονός που, πιθανότατα, να οφείλεται σε σφάλμα κατά την κατασκευή τους ή σε ελλιπή συντήρησή τους. Σε μια τέτοια περίπτωση, ο κίνδυνος είναι μεγάλος, εντός του αιολικού σταθμού, καθώς μπορεί να προκληθεί τραυματισμός κάποιου εργαζομένου. Το κομμάτι της αιολική μηχανής που αποσπάται, υπάρχει πιθανότητα, να πέσει σε μεγάλη απόσταση από το αιολικό πάρκο και να προκαλέσει απλούς ή σοβαρούς τραυματισμούς, καθώς και καταστροφές στις περιουσίες των κατοίκων των κοντινών περιοχών. Αν και η συχνότητα της πρόκλησης τέτοιων ατυχημάτων είναι μικρή, δεν θα ήταν πρότερον να αμεληθεί (Κορωναίος, 2012).

Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα που προκαλείται από τα αιολικά πάρκα είναι η ηχορύπανση, όπως ήδη αναφέρθηκε, παρότι υπάρχουν διάφορες απόψεις για τη μη σπουδαιότητα του ζητήματος αυτού. Ο θόρυβος των αιολικών σταθμών, ξεκινάει νωρίτερα από την έναρξη λειτουργίας των ανεμογεννητριών και κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των έργων κατασκευής του. Ως θόρυβος ορίζεται κάθε ανεπιθύμητος ήχος. Θόρυβος προκύπτει και όταν οι ανεμογεννήτριες βρίσκονται σε λειτουργία με αποτέλεσμα να ανακύπτουν ερωτήματα για το κατά πόσο η ηχορύπανση προκαλεί ιατρικά και ψυχικά προβλήματα στους περίοικους των αιολικών πάρκων (Κωνσταντέλου, 2009).

Τα μηχανήματα καθώς εκτελούν εργασίες για τη διάνοιξη δρόμων, για την εκσκαφή εδαφών, για τη μεταφορά υλικών και για την εγκατάσταση των επιμέρους μερών των αιολικών μηχανών δημιουργούν, επίσης, έντονο θόρυβο στις γύρω περιοχές. Υπάρχει ακόμη και η πιθανότητα να χρησιμοποιηθούν και εκρηκτικά, με σκοπό τη χαλάρωση των εδαφών, γεγονός που προκαλεί ξαφνικό και έντονο θόρυβο. Αν και τα έργα αυτά δεν διαρκούν για πάντα, προκαλούν προβλήματα στις γύρω κατοικημένες περιοχές για όσο χρονικό διάστημα πραγματοποιούνται (Μυλωνάς, 2012).

Ο θόρυβος που προκαλείται κατά τη λειτουργία των ανεμογεννητριών ενός αιολικού πάρκου διακρίνεται σε μηχανικό και αεροδυναμικό θόρυβο. Συνήθως, τα βασικά προβλήματα ηχορύπανσης προκύπτουν από τον μηχανικό θόρυβο. Ο μηχανικός θόρυβος οφείλεται, κυρίως, στον περιστρεφόμενο μηχανισμό της ατράκτου, το κιβώτιο ταχυτήτων, τα έδρανα στήριξης και την ηλεκτρική γεννήτρια. Ο αεροδυναμικός θόρυβος προκαλείται από την επιταχυνόμενη

περιστροφή των πτερυγίων και από τον θόρυβο εξαιτίας της τύρβης του ανέμου. Ακόμη, αξίζει να αναφερθεί, ότι ο θόρυβος που προκαλείται από μία ανεμογεννήτρια, όταν βρίσκεται σε λειτουργία, είναι δυνατόν να ενισχυθεί κατά τη διάρκεια μιας ανεμοθύελλας (Βουτυράκης, 2007).

Η εκπομπή θορύβου από τις ανεμογεννήτριες είναι ένας συνδυασμός και των δύο. Η χαμηλή συχνότητά του σε συνδυασμό με τον οπτικό αντίκτυπό του, μπορεί να προκαλέσει έντονο εκνευρισμό στη ζωή των ανθρώπων, ενδείξεις άγχους, διαταραχές ύπνου και απώλεια ακοής. Η έκθεση σε αυτόν μπορεί επίσης να προκαλέσει πονοκεφάλους, ευερεθιστότητα και κόπωση, καθώς και σύσπαση των αρτηριών και να αποδυναμώσει το ανοσοποιητικό σύστημα. Αρνητικά αποτελέσματα παρατηρούνται και στη διάθεση των ανθρώπων, όπως ενοχλήσεις ή δυσαρέσκεια (Miller & Keith, 2018).

Πολλοί είναι οι παράγοντες συμβάλλουν στη διάδοση και εξασθένηση του θορύβου, συμπεριλαμβανομένης της θερμοκρασίας του αέρα, της υγρασίας, των ανακλάσεων και των υλικών της επιφάνειας του εδάφους. Ειδικότερα τη νύχτα ο θόρυβος μπορεί να γίνει αντιληπτός με πιο αυξημένη ένταση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο θόρυβος του περιβάλλοντος είναι χαμηλότερος κατά τη διάρκεια της νύχτας ως αποτέλεσμα της μειωμένης ανθρώπινης δραστηριότητας και της σταθερής ατμόσφαιρας. Κατά τη διάρκεια μιας κατά τα άλλα ήσυχης νύχτας, ένα άτομο που ζει 1,5 χιλιόμετρο μακριά από ένα αιολικό πάρκο αντιλαμβάνεται τον θόρυβο της ανεμογεννήτριας ως ένα «ατελείωτο τρένο» (Dai et al., 2015).

Μία ακόμη αρνητική επίδραση της ηχορύπανσης για τους κατοίκους που βρίσκονται κοντά σε ένα αιολικό πάρκο, συνδέεται με την πιθανή μείωση των τιμών ιδιοκτησίας σε μεγάλη ακτίνα από τον αιολικό σταθμό, είτε πρόκειται για κατοικίες, είτε πρόκειται για αγροτεμάχια. Απότοκος αυτού είναι η χωροθέτηση των αιολικών πάρκων σε δασώσεις εκτάσεις και σε προστατευόμενες περιοχές, γεγονός που δημιουργεί, επίσης, προβλήματα στην τοπική κοινωνία (Saidur et al., 2011).

Την εγκατάσταση αιολικών πάρκων σε μια περιοχή, ακολουθεί μία επιπλέον αρνητική επίδραση, η πρόκληση σκιών από τις ανεμογεννήτριες. Το τρεμόπαιγμα της σκιάς που προκαλείται από την κίνηση των πτερυγίων μιας ανεμογεννήτριας έχει αρνητικές επιπτώσεις στον άνθρωπο, όταν μια σειρά παραμέτρων συγκλίνουν, συμπεριλαμβανομένης της απόστασης από αυτήν, των ωρών λειτουργίας της και των αλληλεπιδράσεων με το φως του ήλιου. Το γεγονός αυτό κάνει τους ανθρώπους να έχουν αρνητική άποψη για τη βιομηχανία αιολικής ενέργειας (Hübner et al., 2019). Επίσης, υπάρχει η πιθανότητα να προκληθούν στιγμιαίες λάμπεις κατά την περιστροφή των πτερυγίων, οι οποίες εξαρτώνται από την επικρατούσα ηλιοφάνεια και το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής, όπου έχει εγκατασταθεί το αιολικό πάρκο (Κορωναίος, 2012).

Αξίζει, ακόμη, να σχολιαστεί η επιρροή της συχνότητας δημιουργίας σκιών, στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Μία σοβαρή πάθηση του εγκεφάλου, η επιληψία, είναι δυνατόν να παρουσιαστεί στους κατοίκους των γύρω περιοχών, λόγω της συχνότητας περιστροφής των πτερυγίων. Για τον παραπάνω λόγο, συστήνεται να εφαρμόζεται συγκεκριμένο όριο στις περιστροφές των πτερυγίων, έτσι ώστε να αποφευχθούν τέτοια ζητήματα (Harding, Harding, & Wilkins, 2008).

Ένα επιπλέον ζήτημα, που έχει παρατηρηθεί, είναι ότι η εφαρμογή του σχεδίου απολιγνιτοποίησης, έχει ως επακόλουθο σημαντική αύξηση των αδειοδοτήσεων για αιολικά πάρκα, ακόμη και σε δύσβατες ορεινές περιοχές. Σε αυτές τις περιπτώσεις, μόνο μία αντικειμενική ΜΠΕ δεν επιτρέπει την υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος, η οποία είναι απαραίτητο να στηρίζεται σε κυρωμένους δασικούς χάρτες και αξιόπιστο δασολόγιο.

Η εκπόνηση μη αποτελεσματικών ΜΠΕ αποτελεί πρόβλημα που δύναται, ωστόσο, να αντιμετωπιστεί με την επαρκή στελέχωση των αρμόδιων δημόσιων υπηρεσιών, με την ύπαρξη έγκυρων χαρτογραφικών υπόβαθρων, όπως δασικοί χάρτες, και με τον συνεχή και εμπειριστατωμένο έλεγχο κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του έργου, πραγματοποιώντας ουσιαστικά δικαστικό έλεγχο της μελέτης.

Εντούτοις, στην ελληνική πραγματικότητα, οι κατασκευαστικές επιχειρήσεις εκμεταλλεύονται τις ΜΠΕ, αφού δεν ακολουθούν πάντοτε τις νόμιμες διαδικασίες. Πολλές απαγορεύσεις σε εκτελούμενα έργα μετουσιώνονται ως ελάχιστες επεμβάσεις στο περιβάλλον. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος: α) εκπονούνται μη αξιόπιστες ΜΠΕ με τη σύμφωνη γνώμη αρμόδιων υπηρεσιών, β) μεγάλα αιολικά πάρκα (άνω των 60 MW) διαχωρίζονται σε μικρότερα (κάτω των 10 MW), που τα αναλαμβάνουν συγγενικές εταιρείες και για τα οποία δεν απαιτείται η αδειοδότηση από το αντίστοιχο υπουργείο και γ) παρατηρούνται φαινόμενα αντιγραφής μεταξύ των ΜΠΕ (Δούκας, 2021).

Η τοποθέτηση ανεμογεννητριών και η δημιουργία δικτύου για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται, επηρεάζει την οπτική αισθητική των περιχώρων, ειδικά σε μέρη όπου η γη έχει μεγάλη αξία και προηγουμένως δεν είχε υπάρξει καμία ανθρώπινη παρέμβαση. Οι μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΜΠΕ) που εκπονούνται πριν τη φάση κατασκευής των αιολικών πάρκων, θεωρούν το φυσικό τοπίο ως οπτικό σχήμα και την οπτική όχληση ως υποκειμενικό ζήτημα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αναφέρεται στις μελέτες, ότι η επιβάρυνση του τοπίου είναι μηδενική και ότι το τοπίο θα αποκατασταθεί πλήρως μετά την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής του αιολικού σταθμού. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε πολλές αντίστοιχες επενδύσεις, οι συζητήσεις που πραγματοποιούνται μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων (υπηρεσίες, εταιρείες, αυτοδιοίκηση, τοπικοί φορείς) υποτιμούν τη σημασία της σχέσης του φυσικού τοπίου με την τοπική κοινωνία.

Ωστόσο, η θετική ή αρνητική στάση των ανθρώπων μπορεί να εξαρτάται από την αντίληψή τους για την ενότητα του περιβάλλοντος, την προσωπική τους αίσθηση απέναντι στις επιδράσεις των ανεμογεννητριών σε ένα τοπίο και τη γενική τους στάση απέναντι στη βιομηχανία αιολικής ενέργειας. Κάποιοι μπορεί να θεωρούν την αιολική ενέργεια ως χρήσιμη εναλλακτική λύση για τη μείωση των συμβατικών αρνητικών συνεπειών που προκαλεί η ενέργεια στο περιβάλλον, ενώ άλλοι μπορεί να θεωρούν τις ανεμογεννήτριες ως μηχανές που αλλάζουν ένα όμορφο τοπίο σε βιομηχανικό περιβάλλον. Έχει παρατηρηθεί πως οι περισσότεροι κάτοικοι μιας περιοχής ενδέχεται να αντιπαχθούν στην κατασκευή ενός νέου αιολικού πάρκου κοντά τους, παρόλο που γνωρίζουν ότι θα ωφελήσει την κοινωνία. Αυτή η αντίθεση είναι το αποκαλούμενο σύνδρομο Not-In-My-Back-Yard (NIMBY), η βασική ιδέα του οποίου είναι ότι οι άνθρωποι τείνουν να υποστηρίζουν την αιολική ενέργεια σε εννοιολογικό επίπεδο, αλλά οι ανησυχίες για τις δυσμενείς επιπτώσεις από τα αιολικά πάρκα τους κάνουν να αντιπαχθούν στην εφαρμογή τοπικών έργων (Dai et al., 2015).

Σε πολλές περιπτώσεις κατασκευής αιολικών πάρκων, μεταβάλλεται η γεωμορφολογία των περιοχών, με απόρροια, τη διαφορετική θεώρηση του τοπίου από τους κατοίκους. Λογικό επακόλουθο είναι το φυσικό τοπίο να υφίσταται αλλαγές στη μορφή του, το σχήμα του, το χρώμα του, τις κορυφογραμμές του και την υφή του εδάφους του. Σε ειδικές περιπτώσεις, μάλιστα, που το μέγεθος του έργου είναι τεράστιο, λόγω υψηλού πλήθους και συγκέντρωσης αιολικών μηχανών, οι αλλαγές αυτές αυξάνουν την οπτική όχληση, αφού η ενσωμάτωση ενός τέτοιου μεγέθους έργου στο φυσικό τοπίο, είναι δύσκολη. Επίσης, οι μεγάλοι ύψους ανεμογεννήτριες είναι αυτές που διακρίνονται πρώτα σε τέτοια τοπία, αλλάζοντας τον τύπο των φυσικών τοπίων. Τέλος, η αθρόα εγκατάσταση αιολικών πάρκων σε μια ευρύτερη περιοχή και οι μεταβολές που επιφέρουν στα φυσικά τοπία και στα φυσικά οικοσυστήματα, έχει ως αποτέλεσμα να επηρεάζεται αρνητικά η αισθητική αξία του τοπίου (Παυλής, 2019).

Οι ορειβατικοί σύλλογοι της χώρας μας, υποστηρίζουν ότι η μαζική τοποθέτηση ανεμογεννητριών αλλοιώνει το φυσικό τοπίο. Το φυσικό τοπίο της Ελλάδας χαρακτηρίζεται από μια σπάνια ομορφιά και σε αυτό συντελούν οι διαδοχικές κορυφογραμμές του, η μεσογειακή του βλάστηση και η γεωμορφολογία του. Μέχρι τις μέρες μας διατηρεί, σχεδόν στο έπακρο, την ακεραιότητα του χωρίς, παράλληλα, να έχει αποτιμηθεί η αξία του ως εθνικός πόρος. Η παρούσα κατάσταση πρόκειται να αλλάξει άρδην με τη μαζική εγκατάσταση ανεμογεννητριών, καθώς αποτελούν απλές, στατικές κατασκευές που φτάνουν περίπου μέχρι τα 150μ. και είναι φανερό ότι βρίσκονται εκτός κλίμακας του φυσικού τοπίου, αφού διακρίνονται από απόσταση πολλών χιλιομέτρων. Η επέκταση των αιολικών πάρκων σε τέτοιες περιοχές θα έχει ως αντίκτυπο τη μετατροπή των τοπίων αυτών σε βιομηχανικά πάρκα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, επιφέροντας μεγάλη αισθητική αλλοίωση στα φυσικά τοπία (Αθηναϊκός Ορειβατικός Σύλλογος, 2020).

Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση των οπτικών επιπτώσεων των ανεμογεννητριών περιλαμβάνουν το γραφικό υπόβαθρο, την τοπογραφία και την τοποθεσία. Όταν είναι αδρανής, μια ανεμογεννήτρια μοιάζει με εγκαταλελειμμένη μηχανή και εάν βρίσκεται κοντά σε ένα γραφικό σημείο ή σε μια αρχαιολογική περιοχή, οι άνθρωποι είναι πιο πιθανό να την αντιμετωπίσουν ως οπτική ρύπανση. Αντίστοιχα, εάν είναι χτισμένη σε στενές ή κλειστές περιοχές, όπως οι κοιλάδες, η οπτική της επίδραση φαίνεται να είναι εντονότερη (Katsaprakakis, 2012).

Επιπλέον, μια ανεμογεννήτρια που βρίσκεται σε έναν λόφο μπορεί μεν να προκαλέσει άμεσο οπτικό αντίκτυπο, αλλά η ένταση της ενόχλησης μπορεί να εξασθενήσει όταν παρατηρείται από μακρινή θέση. Τέλος, η κατηγοριοποίηση της διάταξης των ανεμογεννητριών σε ένα αιολικό πάρκο σε κανονική και ακανόνιστη μπορεί να δημιουργήσει διαφορετική οπτική αίσθηση. Συγκεκριμένα, η κανονική διάταξη δημιουργεί μια καλύτερη αίσθηση οπτικής κανονικότητας και συνέπειας από την ακανόνιστη διάταξη, που μπορεί να δημιουργήσει ένα αίσθημα χάους. Ωστόσο, ακόμη και με την κανονική διάταξη, όπως σε ένα πλέγμα, η ένταση της οπτικής επίδρασης μπορεί να αλλάξει καθώς ο θεατής κινείται στο τοπίο και παρατηρεί τους στρόβιλους από διαφορετική γωνία και υψόμετρο (Dai et al., 2015).

Η αρνητική οπτική επίδραση μιας ανεμογεννήτριας (Εικόνα 6.1.) μπορεί να θεωρηθεί ως σημαντική σε απόσταση μικρότερη από το δεκαπλάσιο του ύψους της. Σε τέτοιες αποστάσεις η εικόνα της αιολικής μηχανής πλήττει τη φυσική ομορφιά του τοπίου μιας και είναι ορατή από χιλιόμετρα μακριά (Bishop & Miller, 2007). Η έκταση που έχει χωροθετηθεί ένας αιολικός σταθμός μπορεί να επιδράσει αρνητικά στην αισθητική του τοπίου. Αρκεί απλά να

αναλογιστούμε την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου στην κορυφογραμμή ενός όρους της ελληνικής περιφέρειας (Katsaprakakis, 2012). Επίσης, η φυσική ομορφιά ενός τοπίου, στο οποίο εγκαθίσταται ένα αιολικό πάρκο, αλλοιώνεται περισσότερο στην περίπτωση που το πάρκο γειτνιάζει με κάποιον ιστορικό ή αρχαιολογικό χώρο (Lothian, 2008). Επιπλέον, η οπτική όχληση καθορίζεται και από άλλους τρεις παράγοντες την απόχρωση, τον κορεσμό και τη φωτεινότητα. Οι διαφορές στις παραμέτρους αυτές μπορούν να προκαλέσουν αντιθέσεις στο χρώμα και να επηρεάσουν την αισθητική των κατοίκων (García, Hernández, & Ayuga, 2003). Τέλος, η οπτική υπερφόρτωση ενός φυσικού τοπίου με συνεχείς εγκαταστάσεις νέων ανεμογεννητριών οδηγεί σταδιακά στη μετατροπή του σε ένα τοπίο τεχνολογικής φύσεως και την ουσιαστική υποβάθμιση των φυσικών χαρακτηριστικών του (Perekonić, Dželdumović, & Mišković Domislić, 2014).



Εικόνα 6.1. Εικαστική προβολή για το πώς θα φαίνονται οι τεράστιες ανεμογεννήτριες από τους παραδοσιακούς οικισμούς της Μάνης

Πηγή. <https://cdn.np-media.gr/media/news/2021/04/10/62914/main/mnai-ape.jpg>

Επιπλέον, το ηλεκτρικό φορτίο του κεντρικού δικτύου είναι απαραίτητο να ισορροπεί, ειδάλλως, δημιουργούνται προβλήματα στην τάση και κυρίως στη συχνότητα του παρεχόμενου ηλεκτρικού ρεύματος. Η μεταβολή της συχνότητας παρουσιάζεται σε περιπτώσεις που υπάρχει ξαφνική διακοπή λειτουργίας μίας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής ενός αιολικού σταθμού, γεγονός που μπορεί να συμβεί για διάφορους λόγους, όπως, εξαιτίας μίας βλάβης ή της επικράτησης υπερβολικά υψηλών ταχυτήτων ανέμου, που ξεπερνούν το τεχνικό όριο ασφαλείας του αιολικού πάρκου. Όσο διαρκεί η ανισορροπία του ηλεκτρικού φορτίου, οι ηλεκτρικές γεννήτριες έρχονται αντιμέτωπες με αυξημένο φορτίο, έχοντας ως συνέπεια την επιβράδυνση του ρυθμού περιστροφής τους και ακολούθως, τη μείωση της παραγόμενης συχνότητας της ηλεκτρικής ενέργειας του κεντρικού δικτύου. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος από το παραπάνω είναι, η πιθανότητα, οι συμβατικές μηχανές να σταματήσουν και αυτές απότομα την λειτουργία τους, λόγω απόκλισης της συχνότητας και να έρθουν αντιμέτωποι οι πάροχοι και οι καταναλωτές με συσκότιση (black out) (Ευθυμιάδης, 2019).

Ακόμη, στις αρνητικές επιπτώσεις από την εγκατάσταση των αιολικών πάρκων αξίζουν να αναφερθούν οι αντιδράσεις του συνόλου των τοπικών κοινωνιών (Εικόνα 6.2.). Οι αντιδράσεις αυτές, εκφράζονται μέσω οχλήσεων των κατοίκων σχετικά με την πιθανότητα να επηρεαστεί η υγεία κάποιων, εξαιτίας κυρίως των πυλώνων υψηλής τάσης του κεντρικού δικτύου και με την υποβάθμιση της ποιότητας της ζωής τους, λόγω της υποβάθμισης του περιβάλλοντος της περιοχής (Λάμπρου, 2017).



Εικόνα 6.2. Συγκέντρωση κατά της εγκατάστασης ανεμογεννητριών στην οροσειρά της Δίρφους στην Εύβοια

Πηγή. <https://www.rizospastis.gr/getImage.do?size=medium&id=808315>

Τέλος, ένας άλλος παράγοντας που οδηγεί στην εκδήλωση αντιδράσεων από τις τοπικές κοινωνίες σχετίζεται με τη μη παροχή ουσιαστικά ευκαιριών για αιολικές επενδύσεις στους κατοίκους των περιοχών, όπου πρόκειται να κατασκευαστεί ένας αιολικός σταθμός. Την αύξηση των αντιδράσεων εντείνει η μη αξιοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας και η μη απόδοση κερδών αποκλειστικά σε τοπικό επίπεδο (Μαλιάρα, 2020).

Κεφάλαιο 7.

Τελικά Συμπεράσματα - Προτάσεις

Οι κοινωνίες επιδιώκουν την ανάπτυξή τους, προχωρώντας σε ενέργειες, όπως την κατασκευή υλικοτεχνικών υποδομών και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, είναι κοινώς αποδεκτό, ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες πραγματοποιούνται με τη χρήση και την επιβάρυνση των διαθέσιμων πόρων του φυσικού περιβάλλοντος, γεγονός που έχει οδηγήσει στη λεγόμενη κλιματική αλλαγή – κρίση. Από ευρεία πολιτική ή περιβαλλοντική προοπτική, οι σχετικές επιπτώσεις και οι κίνδυνοι που προκαλεί η κατασκευή αιολικών πάρκων θα πρέπει να εξεταστούν με προσοχή από την κυβέρνηση και τις νομοθετικές αρχές. Προς το σκοπό αυτό, οι νομοθετικές αρχές θα πρέπει να αναζητούν τεχνολογικές λύσεις για τις δυσμενείς συνέπειες της αιολικής ενέργειας και να εφαρμόζουν πολιτικές για την ελαχιστοποίηση των συγκρούσεων και των διαταραχών στη ζωή, την κοινότητα και το περιβάλλον. Η πλειονότητα των χωρών καταβάλλει προσπάθειες για τον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής-κρίσης και την παροχή εγγυήσεων, σχετικά με την ενεργειακή ασφάλεια των πολιτών, στοχεύοντας στη βελτίωση των τωρινών συνθηκών και στην ύπαρξη μελλοντικής, βιώσιμης ανάπτυξης.

Ανάλογα, η κατάχρηση των φυσικών ορυκτών πόρων στις μέρες μας με σκοπό την παραγωγή ενέργειας, έχει δημιουργήσει στον πλανήτη ποικίλα περιβαλλοντικά ζητήματα, για την επίλυση των οποίων, προωθείται, παγκοσμίως, η εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και συνεπώς, της αιολικής ενέργειας.

Η αιολική ενέργεια παράγεται στα αιολικά πάρκα, η κατασκευή των οποίων ωστόσο, δύναται, να δημιουργήσει νέα περιβαλλοντικά ζητήματα. Οι επιδράσεις από την εγκατάσταση αιολικών πάρκων, είτε αφορούν στο περιβάλλον, είτε στην οικονομία, είτε στην κοινωνία δεν είναι δυνατόν να αποκρυφτούν, λόγω της μεγάλης έκτασης ενός τέτοιου έργου, σε αντίθεση με τις επιδράσεις από συμβατικές πηγές ενέργειας, όπου γίνονται αντιληπτές μακροπρόθεσμα.

Τέλος, οι αιολικοί σταθμοί παρόλο που αποτελούν εγκαταστάσεις παραγωγής καθαρής πράσινης ενέργειας, καταλαμβάνουν εκτάσεις υπερβολικά μεγαλύτερες σε σύγκριση πάντα με τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το συγκεκριμένο ζήτημα προκαλεί αρνητική επίδραση τόσο στον περιβαλλοντικό τομέα, όσο και στον κοινωνικό ή αισθητικό τομέα.

Οι αρνητικές επιπτώσεις αυτών των ταχέως εγκατεστημένων ανεμογεννητριών θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με βιώσιμο τρόπο. Διαφορετικά, αμφισβητείται ολόκληρη η θεωρία της αιολικής ενέργειας ως καθαρής και πράσινης εναλλακτικής ενέργειας (Miller & Keith, 2018).

Η συνεχής παρακολούθηση όλων των αρνητικών επιπτώσεων που προκαλούν οι ανεμογεννήτριες στο περιβάλλον κρίνεται αναγκαία, καθώς μελλοντικά θα κατασκευάζονται

ολόένα και περισσότεροι σταθμοί αιολικής ενέργειας. Η περιβαλλοντική επίδρασή τους είναι αμφιλεγόμενη και δεν υπάρχει αμφιβολία πως οι περισσότερες ανθρωπίνες παρεμβάσεις στο περιβάλλον προκαλούν την ανισορροπία του. Παρόλα αυτά, καθώς η αιολική ενέργεια θα μετατραπεί σε σημαντική πηγή ενέργειας στο προσεχές μέλλον, πολυάριθμες περιβαλλοντικές επιπτώσεις παρότι μοιάζουν μικρές, δεν πρέπει να αγνοηθούν.

Τα αιολικά πάρκα συμβάλλουν στη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων, ιδίως τη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), καθώς η αιολική ενέργεια δεν ρυπαίνει άμεσα την ατμόσφαιρα και με τη μείωση της χρήσης νερού συγκριτικά με τις υπόλοιπες μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, δεν απελευθερώνουν μέταλλα, όπως υδράργυρος, ή άλλα βλαβερά σωματίδια. Τα παραπάνω οδηγούν τους κυβερνητικούς ηγέτες να θέτουν νέους στόχους στην αξιοποίηση των ενεργειακών πόρων και να προκρίνουν τη δημιουργία αιολικών βιομηχανιών, αφού πλέον υπάρχουν στο προσκήνιο και τα υπεράκτια αιολικά πάρκα.

Η κατάλληλη χωροθέτηση ενός αιολικού σταθμού και η προγενέστερη εξέταση των ενδεχόμενων επιπτώσεων θα αποτρέψει και τα ζητήματα που αφορούν στην πανίδα. Έτσι, τα πτηνά, όπως τα αποδημητικά πουλιά, οι μέλισσες και τα έντομα δε θα εμποδίζονται στα περάσματά τους και δε θα κινδυνεύουν να συνθλιφτούν από τα πτερύγια. Ούτε άλλα επίγεια είδη της πανίδας, δε θα αναγκαστούν να μετακινηθούν σε άλλες περιοχές ή ακόμη και να αφανιστούν, εξαιτίας των μεταβολών στα οικοσυστήματα από τις εργασίες κατασκευής και εγκατάστασης. Τα ίδια αποτελέσματα θα προκύψουν σε αντίστοιχη περίπτωση, είτε αφορά ένα παράκτιο – υπεράκτιο αιολικό πάρκο, είτε έναν αιολικό σταθμό εντός μια οικολογικά προστατευόμενης περιοχής.

Ακόμη, οι πιθανές ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές που παράγουν οι ίδιες οι ανεμογεννήτριες και συγκεκριμένα η ηλεκτρική γεννήτριά της και ο μετασχηματιστής μέσης τάσης, είναι δυνατό να περιοριστούν με την τήρηση αποστάσεων ασφαλείας από κατοικημένες περιοχές, με τη σωστή χωροθέτηση δηλαδή των αιολικών πάρκων.

Τέλος, οι αλλαγές στις χρήσεις γης που υφίστανται οι περιοχές, όπου επρόκειτο να εγκατασταθεί ένα αιολικό πάρκο και τα απόβλητα των ανεμογεννητριών που θα παραμείνουν στην περιοχή με την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής του πάρκου σε συνδυασμό με την επιρροή στο τοπικό κλίμα αποτελούν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εκάστοτε περιοχής.

Στον οικονομικό τομέα τώρα, τα οφέλη που επωμίζονται οι περίοικοι των αιολικών σταθμών έχουν να κάνουν με την αύξηση των εσόδων τους από μια ενδεχόμενη ενοικίαση εκτάσεων τους για τους σκοπούς λειτουργίας του πάρκου, με τη μερική αύξηση απασχόλησης στην περιοχή και με την αύξηση των φορολογικών τους εσόδων.

Επιπλέον, στη μείωση του κόστους λειτουργίας ενός αιολικού πάρκου συμβάλλει η σχετικά μικρή κατανάλωση καυσίμων από τις ανεμογεννήτριες, η επιλογή και εγκατάσταση μεγαλύτερων και σύγχρονων τεχνολογικά αιολικών μηχανών καθώς και η παραγωγή ανεμογεννητριών από ελληνικές εταιρείες. Η αυξημένη εγχώρια παραγωγή θα έχει ως συνέπεια τη μείωση της τιμής του ρεύματος, αφού τότε θα περιοριστούν οι εισαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας από χώρες του εξωτερικού.

Από την άλλη σκοπιά, η αστάθεια της αιολικής παραγωγής ακολουθείται από αρκετές και σημαντικές αρνητικές συνέπειες. Καταρχάς, η ηλεκτρική παραγωγή των αιολικών πάρκων αρκεί για να καλύψει μόνο ένα μικρό μέρος των ενεργειακών αναγκών των ανθρώπων. Για να καλυφθεί αυτό το μικρό ποσοστό των αναγκών, είναι απαραίτητη η εγκατάσταση σημαντικού αριθμού αιολικών μηχανών, σε ευνοϊκά σημεία, ως προς τον άνεμο. Βέβαια, οποιαδήποτε στιγμή λόγω της μεταβαλλόμενης παραγωγής παρατηρούνται συχνά φαινόμενα πτώσης τάσης και προσωρινής συσκότισης.

Επιπλέον, η αυξομείωση της αιολικής παραγωγής συνεπάγεται και την αυξομείωση της λειτουργίας των συμβατικών μονάδων, με αποτέλεσμα την καύση περισσότερων καυσίμων και την τελική αύξηση του κόστους της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, το κόστος παραγωγής αυξάνεται και εξαιτίας των πολυδάπανων έργων που απαιτούνται για την ηλεκτρική διασύνδεση των αιολικών πάρκων στο κεντρικό δίκτυο.

Ακόμη, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από έναν αιολικό σταθμό είναι πολύ δύσκολο να αποθηκευτεί, με αποτέλεσμα η πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια να μην αξιοποιείται, με αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος παραγωγής του ηλεκτρικού φορτίου που αξιοποιείται, κάτι το οποίο ίσως αποφεύγονταν με την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας σε μία άλλη περιοχή, πιθανόν και σε μια χώρα του εξωτερικού.

Συνάμα, η παύση των επιδοτήσεων για εγκατάσταση αιολικών τα τελευταία χρόνια, αυξάνει το κόστος κατασκευής κάτι το οποίο συχνά οδηγεί σε εγκατάλειψη των πάρκων μετά από αρκετά χρόνια, εξαιτίας του ότι τα έργα αποκατάστασης δεν ολοκληρώνονται για οικονομικούς λόγους.

Επίσης, το κόστος κατασκευής προσαυξάνεται από την κατασκευή των θεμελίων, κόστος που μεγαλώνει ανάλογα με το μέγεθος της αιολικής μηχανής και από δαπάνες για έργα αποκατάστασης του υπάρχοντος οδικού δικτύου, το οποίο θα υποστεί καταστροφές από τα βαρέα μηχανήματα που θα το καταπονήσουν.

Επιπροσθέτως, η συμβολή των αιολικών πάρκων στην τοπική οικονομία είναι πολύ μικρή, καθώς η πλειονότητα των θέσεων εργασίας είναι πρόσκαιρη και η επισκεψότητα τοπίων με φυσικό κάλλος περιορίζεται σε μεγάλο βαθμό, λόγω της μεταβολή τους.

Εν τέλει, οι οικονομικές ζημίες από τους αιολικούς σταθμούς κατά κανόνα ξεπερνούν τα οικονομικά οφέλη που προσφέρουν (Παυλής, 2019).

Πολιτικές πρακτικές, μη λαμβάνοντας υπόψη τους το συγκεκριμένο γεγονός, μεγιστοποιούν τα αρνητικά ζητήματα. Τα τελευταία χρόνια και λόγω της ψήφισης του νόμου με τίτλο: «Επιτάχυνση και διαφάνεια υλοποίησης Στρατηγικών Επενδύσεων» οι αιολικές βιομηχανικές επενδύσεις έχουν αυξηθεί κατακόρυφα. Η εκμετάλλευση του νόμου αυτού παρέχει τη δυνατότητα στις εταιρείες με διαδικασίες 'fast track' να εγκαθιστούν σημαντικό αριθμό αιολικών μηχανών σε διάφορες εκτάσεις. Το παραπάνω συμβαίνει, όχι για λόγους επίτευξης ηλεκτρικής αυτάρκειας των περιοχών αυτών, αλλά για προσφορά ηλεκτρικής ενέργειας στο κεντρικό δίκτυο της υπόλοιπης χώρας. Επομένως, πολλές σκέψεις γίνονται σχετικά με την προώθηση μέσω διαδικασιών 'fast track' τέτοιων επενδύσεων, αφού η σημαντική επίπτωση της αδυναμίας αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας παραμένει (Παυλής, 2019).

Τέλος, σε κοινωνικό επίπεδο τα αιολικά πάρκα παρέχουν ευκαιρίες για τη συγκρότηση ενεργειακών κοινοτήτων με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρισμού αξιοποιώντας την αιολική ενέργεια και προσφέρουν, μέσω των εμπλεκόμενων εταιρειών, τεχνικά έργα και εξειδικευμένες δωρεές στις κατά τόπους κοινωνίες.

Βέβαια, οι αρνητικές συνέπειες υπερτερούν των θετικών στον κοινωνικό τομέα. Καταρχάς, η πρόκληση ατυχημάτων σε έναν αιολικό σταθμό μπορεί να προκαλέσει, τόσο τραυματισμούς σε ανθρώπους, όσο και φθορές περιούσιων σε κοντινό χώρο. Ακόμη, όσον αφορά την ακίνητη περιουσία, η λειτουργία ενός αιολικού πάρκου, ενδέχεται να προκαλέσει πτώση των αντικειμενικών αξιών στην ευρύτερη περιοχή.

Επιπλέον, άλλα δύο αρνητικά ζητήματα που προκαλούν ενόχληση στην κοινωνία και πιο συγκεκριμένα στους πολίτες έχουν να κάνουν με την ηχορύπανση και τη δημιουργία σκιών από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών. Ο θόρυβος από ένα αιολικό πάρκο υφίσταται πολύ πριν την έναρξη λειτουργίας του, και ξεκινά από την περίοδο που πραγματοποιούνται οι εργασίες εγκατάστασης αυτού και ενδέχεται να προκαλέσει προβλήματα στην υγεία των κατοίκων. Οι σκιές που δημιουργούνται από τα περιστρεφόμενα πτερύγια μπορεί να προκαλέσουν επίσης κάποια σοβαρή πάθηση εγκεφάλου στους κατοίκους.

Παράλληλα, αξιοσημείωτη είναι και η οπτική επίδραση που προκαλείται στο φυσικό τοπίο από ένα εγκατεστημένο αιολικό πάρκο και ιδίως σε περιβάλλοντα όπου δεν έχει υπάρξει προηγουμένως ανθρώπινη επέμβαση.

Τέλος, ένα σημαντικό ζήτημα που αναλύθηκε εκτενώς σε προηγούμενο κεφάλαιο, είναι οι αντιδράσεις των πολιτών μίας περιοχής, όπου εγκαθίσταται ένα αιολικό πάρκο. Βασικό ρόλο για την αποδοχή ή τη μη αποδοχή από την τοπική κοινωνία της εγκατάστασης ενός αιολικού πάρκου διαδραματίζει η σωστή ενημέρωση των πολιτών. Ακόμη, πριν την έναρξη οποιασδήποτε πρωτοβουλίας από τις εταιρείες, είναι απαραίτητη η δημόσια διαβούλευση σχετικά με το έργο. Η πολιτεία οφείλει να παρέχει στους πολίτες πολύπλευρη και επαρκή πληροφόρηση σχετικά με τέτοιου μεγέθους έργα. Να γνωρίσουν δηλαδή οι κάτοικοι τις θετικές και τις αρνητικές επιδράσεις στον τόπο τους από μια τέτοια εγκατάσταση. Λόγω του ότι η πολιτεία συχνά παραλείπει τέτοιες ενημερωτικές εκδηλώσεις ή προβάλλει μονόπλευρα τις επιδράσεις τέτοιων έργων, είναι λογικό επακόλουθο να υπάρχουν όξινες αντιδράσεις από το σύνολο των τοπικών κοινωνιών, καθώς και των φορέων που είναι αρνητικοί απέναντι στην ανεξέλεγκτη έκδοση αδειών αιολικών πάρκων.

Στην αποφυγή των αρνητικών ζητημάτων που προκύπτουν από την κατασκευή αιολικών σταθμών, χρειάζεται να τηρούνται ορισμένες προϋποθέσεις. Η μελλοντική κατασκευή και λειτουργία των αιολικών πάρκων είναι απαραίτητο να αξιοποιεί τη δύναμη του ανέμου με τέτοιο ασφαλή τρόπο, δίχως να προκαλεί πρόσθετα προβλήματα στο φυσικό οικοσύστημα και στο ανθρωπογενές περιβάλλον, αλλά ούτε να δημιουργεί νέες κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις, όπως οπτική όχληση, υψηλό κόστος και άλλα.

Η αιολική ενέργεια είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Όπως έχει προαναφερθεί, εκτός από τα χερσαία αιολικά πάρκα, μπορεί να κατασκευαστούν παράκτια και υπεράκτια. Επιπλέον, αιολικοί σταθμοί είναι δυνατόν να εγκατασταθούν σε συνδυασμό με βιολογικούς καθαρισμούς λυμάτων, με χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), με

πλωτές οικολογικές μονάδες αφαλάτωσης και με μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας. Τέλος, δεν είναι σωστό να μην δίνεται η δέουσα προσοχή και στις εναλλακτικές μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), που έχουν αναφερθεί στο εισαγωγικό κεφάλαιο, όπως η ηλιακή ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια και άλλες.

Η χωροθέτηση των αιολικών πάρκων ανακύπτει ως ένα ακόμη, καίριο ζήτημα. Θα ήταν προτιμότερο για τα επόμενα χρόνια να επιλέγονται τοποθεσίες με υποβαθμισμένο υπόβαθρο, ώστε να μην επηρεάζονται τοπία με υψηλή περιβαλλοντική αξία, όπως περιοχές NATURA ή περιοχές με ιστορικό ή/και αρχαιολογικό ενδιαφέρον. Με την εφαρμογή αυτής της προσέγγισης θα καταστεί πιο εύκολη και η επίτευξη των στόχων, που αφορούν την κλιματική αλλαγή και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας.

Σύμφωνα με την πρόταση των Kati & Kassara, 2021, που αποτελεί ένα βιώσιμο σενάριο για τη χωροθέτηση μελλοντικών χερσαίων αιολικών σταθμών στον ελλαδικό χώρο, οι στόχοι για την αιολική ενέργεια επιτυγχάνονται με αιολικές επενδύσεις σε πιο κατακερματισμένες και λιγότερο οικολογικά ευαίσθητες τοποθεσίες, περιορίζοντας έτσι αισθητά το περιβαλλοντικό κόστος. Η πρόταση αυτή, ορίζει ως επενδυτική ζώνη περίπου το 40% της συνολικής χερσαίας έκτασης της χώρας μας, αποκλείοντας εντελώς τις περιοχές NATURA. Το υπόλοιπο 60% της έκτασης, αποτελεί ζώνη αποκλεισμού για αιολικές επενδύσεις. Τέλος, στην πρόταση αναφέρεται και η παύση λειτουργίας των αιολικών σταθμών που βρίσκονται μέσα σε περιοχές NATURA.

Όσον αφορά τις αιολικές εγκαταστάσεις σε προστατευόμενες περιοχές, η χώρα μας αναμένεται σύντομα να τιμωρηθεί. Το δικαστήριο της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχει καταδικάσει την Ελλάδα, διότι δεν έχει θεσπιστεί σε ικανοποιητικό βαθμό η νομική προστασία περιοχών Natura, σχετικά με την εγκατάσταση ανεμογεννητριών εντός τέτοιων περιοχών (WWF Ελλάς, 2020).

Επίσης, σχετικά με τη χωροθέτηση ενός νέου αιολικού πάρκου, είναι προτιμότερο να μην επιλέγονται περιοχές, οι οποίες προηγουμένως έχουν καταστραφεί από μια πυρκαγιά. Αυτές οι εκτάσεις είναι αναγκαίο να αποκατασταθούν και να ανανεωθούν. Επομένως, η εγκατάσταση ενός αιολικού σταθμού σε μια τέτοια περιοχή θα προκαλέσει μεγαλύτερες ζημιές στην ανάκαμψη του εδάφους και της βλάστησης της (Κωνσταντέλου, 2009). Χαρακτηριστικό σύγχρονο παράδειγμα, όσον αφορά τη χώρα μας, αποτελούν οι τεράστιες καμένες εκτάσεις της βόρειας Εύβοιας. Οι κοινωνικές αντιδράσεις που αφορούν στην ενδεχόμενη εγκατάσταση αιολικών πάρκων στις συγκεκριμένες περιοχές είναι τεράστιες, υπό τον φόβο να εξαφανιστεί εντελώς και για πάντα ένα μεγάλο κομμάτι πρασίνου του νησιού.

Επομένως, οι αρνητικές επιδράσεις εγκατάστασης ενός αιολικού σταθμού, είναι πιθανό να περιοριστούν σημαντικά, αν από το πρώιμο στάδιο υλοποίησης του έργου, υπάρχει κατάλληλη αντιμετώπιση των ζητημάτων και σωστός σχεδιασμός. Τα παραπάνω επιτυγχάνονται, εφόσον, το έργο υλοποιηθεί με βάση τους εγκεκριμένους περιβαλλοντικούς όρους, τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές και το «good engineering practice», με την ορθή χωροθέτηση του αιολικού σταθμού και με την κατασκευή κατάλληλου μεγέθους έργου, ανάλογα με τα περιβαλλοντικά όρια (φέρουσα ικανότητα) της εκάστοτε περιοχής. Επομένως, για τη βιωσιμότητα του πλανήτη μας, είμαστε μπροστά σε μια δύσκολη επιλογή που σχετίζεται με τον τρόπο που θα επιλέξουμε για να παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια, με το αντίστοιχο ελάχιστο περιβαλλοντικό κόστος. Η σωστή μας, αυτή επιλογή, απαιτείται να έχει ως σκοπό την αποτροπή

της κλιματικής αλλαγής - κρίσης και την παροχή στους πολίτες περιβαλλοντικών, οικονομικών και κοινωνικών οφελών (Αντωνιάδης, 2020).

Ως εκ τούτου, η προηγμένη έρευνα και η βελτιστοποίηση της κατασκευής των αιολικών πάρκων θα πρέπει να μελετηθούν, οι οικονομικές, κοινωνικές, περιβαλλοντικές, βιολογικές και οικολογικές επιδράσεις να αξιολογηθούν και κατάλληλα μέτρα για τον μετριασμό των περιβαλλοντικών ζητημάτων να εφαρμοστούν, ώστε να αποτελεί η αιολική ενέργεια μια φιλική προς το περιβάλλον και βιώσιμη πηγή για την απόκτηση ηλεκτρικής ενέργειας (Miller & Keith, 2018).

Βιβλιογραφία

- Albadi, M. H., & El-Saadany, E. F. (2010). Overview of wind power intermittency impacts on power systems. *Electric Power Systems Research*, 80(6), 627–632. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2009.10.035>
- Anderson, S. (2013). Comparing Offshore and Onshore Wind. *The Economics of Oil and Energy*, (2005), 6. Retrieved from <https://www.palmislandtraders.com/hsa10/andersonwind.pdf>
- Bergström, L., Kautsky, L., Malm, T., Rosenberg, R., Wahlberg, M., Åstrand Capetillo, N., & Wilhelmsson, D. (2014). Effects of offshore wind farms on marine wildlife - A generalized impact assessment. *Environmental Research Letters*, 9(3), 12. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/3/034012>
- Broekel, T., & Alfken, C. (2015). Gone with the wind? The impact of wind turbines on tourism demand. *Energy Policy*, 86(65946), 506–519. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.08.005>
- Chapman, J. (2018). Climatic and human impact on the environment?: A question of scale. *Quaternary International*, 496, 3–13. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.08.010>
- Cirstea, S. (2015). Socio-Economic Impact of Wind Turbines Implementation. *Annals of the „Constantin Brâncuși” University of Târgu Jiu, Economy Series*, (6), 145–151.
- Dai, K., Bergot, A., Liang, C., Xiang, W. N., & Huang, Z. (2015). Environmental issues associated with wind energy - A review. *Renewable Energy*, 75, 911–921. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.10.074>
- Diesendorf, M., & Elliston, B. (2018). The feasibility of 100% renewable electricity systems: A response to critics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93(May), 318–330. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.042>
- Dimitrakakis, E., Janz, A., Bilitewski, B., & Gidaracos, E. (2009). Small WEEE : Determining recyclables and hazardous substances in plastics. *Journal of Hazardous Materials*, 161(2), 913–919. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.04.054>
- Drewitt, A. L., & Langston, R. H. W. (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis*, 148(SUPPL. 1), 29–42. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00516.x>
- Dudley, S. (2012). Proposed wind farms on Lesvos. Retrieved September 25, 2021, from <http://athene-birdinglesvos.blogspot.com/2012/07/proposed-wind-farms-on-lesvos.html>
- Ellison, L. E. (2012). Bats and wind energy: A literature synthesis and annotated bibliography. *U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey*, p. 65. <https://doi.org/https://doi.org/10.3133/ofr20122011>
- European Commission. (2010). International reference life cycle data system (ILCD) Handbook:

- General guide for Life Assessment – Detailed guidance. *Publications Office of the European Union*, p. 5. Luxembourg: Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability. <https://doi.org/10.2788/38479>
- Fiedler, B. H., & Bukovsky, M. S. (2011). The effect of a giant wind farm on precipitation in a regional climate model. *Environmental Research Letters*, 6(4), 7. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/4/045101>
- Fleming, P. D., & Proben, S. D. (1984). The Evolution of Wind-Turbines : An Historical Review. In *Applied Energy* (Vol. 18, pp. 163–177).
- Global Wind Energy Council (GWEC). (2021). Global Wind Report 2021. In *Global Wind Energy Council*. Retrieved from <http://www.gwec.net/global-figures/wind-energy-global-status/>
- Gonzalez, E., Ortego, A., Topham, E., & Valero, A. (2018). Is the future development of wind energy compromised by the availability of raw materials? *Journal of Physics: Conference Series*, 1102(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1102/1/012028>
- Gutiérrez-Martín, F., Da Silva-Álvarez, R. A., & Montoro-Pintado, P. (2013). Effects of wind intermittency on reduction of CO2 emissions: The case of the Spanish power system. *Energy*, 61, 108–117. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.01.057>
- Harding, G., Harding, P., & Wilkins, A. (2008). Wind turbines, flicker, and photosensitive epilepsy: Characterizing the flashing that may precipitate seizures and optimizing guidelines to prevent them. *Epilepsia*, 49(6), 1095–1098. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2008.01563.x>
- Hübner, G., Pohl, J., Hoen, B., Firestone, J., Rand, J., Elliott, D., & Haac, R. (2019). Monitoring annoyance and stress effects of wind turbines on nearby residents: A comparison of U.S. and European samples. *Environment International*, 132(August), 105090. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105090>
- HWEA. (2021). *Wind Energy Statistics – S1 2021*. Αθήνα. Retrieved from <https://eletaen.gr/wp-content/uploads/2021/07/2021-07-21-H1-HWEA-Statistics-Greece-.pdf>
- IEA Wind Technology Collaboration Programme. (2018). *Annual Report* (p. 60). p. 60. Olympia, Washington, United States: PWT Communications Inc. Retrieved from <https://iea-wind.org/portfolio-item/annual-report-2018-2/>
- Institute Electric Power Research. (2019). *Environmental Aspects of Renewables Workshop: 2019 Workshop Summary and Research Needs*.
- Kati, V., & Kassara, C. (2021). Πρόταση χωροθέτησης χερσαίων Αιολικών Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα για καθαρή ενέργεια χωρίς σημαντικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36545.17762>
- Katsaprakakis, D. (2012). A review of the environmental and human impacts from wind parks. A case study for the Prefecture of Lasithi, Crete. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2850–2863. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.041>
- Kralova, I., & Sjöblom, J. (2010). Biofuels-renewable energy sources: A review. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 31(3), 409–425. <https://doi.org/10.1080/01932690903119674>

- Ladenburg, J., Dubgaard, A., Martinsen, L., & Tranberg, J. (2005). *Economic valuation of the visual externalities of off-shore wind farms*. Retrieved from http://www.foi.life.ku.dk/English/Publications/FOI_Series/~media/migration_folder/upload/foi/docs/publikationer/rapporter/nummererede_rapporter/2005/179.pdf.ashx
- Leung, D. Y. C., & Yang, Y. (2012). Wind energy development and its environmental impact: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 1031–1039. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.09.024>
- Liebreich, M. (2016). «Πιάσουν τόπο» οι επενδύσεις σε ΑΠΕ. Retrieved September 24, 2021, from Bloomberg New Energy Finance website: <https://www.insider.gr/oikonomia/25090/pianoun-topo-oi-ependyseis-se-ape>
- Lombardi, L., Mendecka, B., & Carnevale, E. (2018). Comparative life cycle assessment of alternative strategies for energy recovery from used cooking oil. *Journal of Environmental Management*, 216, 235–245. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.016>
- Long, C. V., Flint, J. A., & Lepper, P. A. (2011). Insect attraction to wind turbines: Does colour play a role? *European Journal of Wildlife Research*, 57(2), 323–331. <https://doi.org/10.1007/s10344-010-0432-7>
- Mann, J., & Teilmann, J. (2013). Environmental impact of wind energy. *Environmental Research Letters*, 8(3), 3. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/3/035001>
- Martínez, E., Sanz, F., Pellegrini, S., Jiménez, E., & Blanco, J. (2009). Life-cycle assessment of a 2-MW rated power wind turbine: CML method. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 14(1), 52–63. <https://doi.org/10.1007/s11367-008-0033-9>
- Mathew, S. (2006). Wind energy: Fundamentals, resource analysis and economics. In *Wind Energy: Fundamentals, Resource Analysis and Economics*. Berlin: Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/3-540-30906-3>
- Michel, J., Dunagan, H., Boring, C., Healy, E., Evans, W., Dean, J. M., ... Hain, J. (2007). *Worldwide Synthesis and Analysis of Existing Information Regarding Environmental Effects of Alternative Energy Uses on the Outer Continental Shelf*. Columbia, South Carolina. Retrieved from <https://tethys.pnnl.gov/publications/worldwide-synthesis-analysis-existing-information-regarding-environmental-effects>
- Miller, L. M., & Keith, D. W. (2018). Climatic Impacts of Wind Power. *Joule*, 2(12), 2618–2632. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.09.009>
- Möller, B. (2006). Changing wind-power landscapes: Regional assessment of visual impact on land use and population in Northern Jutland, Denmark. *Applied Energy*, 83(5), 477–494. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2005.04.004>
- Nazir, M. S., Mahdi, A. J., Bilal, M., Sohail, H. M., Ali, N., & Iqbal, H. M. N. (2019). Environmental impact and pollution-related challenges of renewable wind energy paradigm – A review. *Science of The Total Environment*, 683, 436–444. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.05.274>
- Nazir, M. S., Wu, Q., Li, M., & Zhang, L. (2017). Symmetrical short circuit parameter differences of double fed induction generator and synchronous generator based wind turbine. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 6(2), 268–277. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v6.i2.pp268-277>

- NES Fircroft. (2021). Offshore And Onshore Wind Farms: What Are The Pros And Cons? Retrieved September 20, 2021, from <https://www.nesfircroft.com/blog/2021/09/offshore-and-onshore-wind-farms>
- Ni, M., Xiao, H., Chi, Y., Yan, J., Buekens, A., Jin, Y., & Lu, S. (2012). Combustion and inorganic bromine emission of waste printed circuit boards in a high temperature furnace. *Waste Management*, 32(3), 568–574. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.10.016>
- Pedersen, E., & Larsman, P. (2008). The impact of visual factors on noise annoyance among people living in the vicinity of wind turbines. *Journal of Environmental Psychology*, 28(4), 379–389. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2008.02.009>
- Pruett, C. L., Patten, M. A., & Wolfe, D. H. (2009). Avoidance behavior by prairie grouse: Implications for development of wind energy. *Conservation Biology*, 23(5), 1253–1259. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01254.x>
- Saidur, R., Rahim, N. A., Islam, M. R., & Solangi, K. H. (2011). Environmental impact of wind energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(5), 2423–2430. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.024>
- Sarkodie, S. A., & Strezov, V. (2019). A review on Environmental Kuznets Curve hypothesis using bibliometric and meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 649, 128–145. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.276>
- Tabassum, A., Premalatha, M., Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2014). Wind energy: Increasing deployment, rising environmental concerns. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 270–288. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.11.019>
- Tong, W. (2010). Wind Power Generation and Wind Turbine Design. Summary. In *Wind Power Generation and Wind Turbine Design*. Southampton, Boston: WIT Press. Retrieved from https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=wU9bgvrl4rQC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Tong,+W.,+2010.+Wind+Power+Generation+and+Wind+Turbine+Design.+Southampton:+WIT+Press.&ots=HxNcA7W_fH&sig=F54OWzo_UaU9W0jc4UGWfzTDeA4&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- United States Department of Energy. (2015). *Wind Energy Benefits*. Retrieved from <https://www.nrel.gov/docs/fy15osti/62823.pdf>
- Wang, C., & Prinn, R. G. (2010). Potential climatic impacts and reliability of very large-scale wind farms. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10(4), 2053–2061. <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/acp-10-2053-2010>
- Wikipedia. (2018). Αιολικό πάρκο. Retrieved September 19, 2021, from https://el.wikipedia.org/wiki/Αιολικό_πάρκο
- WWF Ελλάς. (2020). Καταδίκη της Ελλάδας από το Δικαστήριο της ΕΕ για ανεπαρκή προστασία της βιοποικιλότητας. Retrieved December 20, 2021, from <https://www.wwf.gr/website: https://www.wwf.gr/?uNewsID=1445416>
- Zhou, L., Tian, Y., Roy, S. B., Thorncroft, C., Bosart, L. F., & Hu, Y. (2012). Impacts of wind farms on land surface temperature. *Nature Climate Change*, 2(7), 539–543. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/nclimate1505>
- Αθηναϊκός Ορειβατικός Σύλλογος. (2020). Λέμε όχι στην καταστροφή των βουνών από τις

- ανεμογεννήτριες. Retrieved September 30, 2021, from aos.gr website: <https://aos.gr/λέμε-όχι-στην-καταστροφή-των-βουνών-απ/>
- Αμανατίδης, Ε. (2015). *Ήπιες Μορφές Ενέργειας*. Πάτρα. Retrieved from https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CMNG2115/2015/ΑΝΟΙΚΤΑ_ΜΑΘΗΜΑΤΑ-ΠΑΡΑΔΟΣΕΙΣ/Μάθημα_1_Εισαγωγή.pdf
- Ανδρίτσος, Ν. (2008). Ενέργεια Και Περιβάλλον. In *Ενέργεια Και Περιβάλλον*. Βόλος. Retrieved from http://users.auth.gr/users/8/3/010438/public_html/tdk/Teaching/BOOK_1.pdf
- Αντωνιάδης, Κ. (2020). *Ανθρωπογενές Περιβάλλον*. Αθήνα.
- ΑΠΕ-ΜΠΕ. (2018). Σε λειτουργία το πρώτο ελληνικό εργοστάσιο παραγωγής ανεμογεννητριών. Retrieved September 24, 2021, from Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ website: <https://www.kathimerini.gr/society/977345/se-leitoyrgia-to-proto-elliniko-ergostasio-paragogis-anemogennitron/>
- Ασημακοπούλου, Μ. Ν. (2019). *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας - Ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων*. Αθήνα. Retrieved from <https://eclass.uoa.gr/modules/document/?course=PHYS145>
- Βουτυράκης, Μ. (2007). ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ. Retrieved September 30, 2021, from ecocrete.gr website: http://www.ecocrete.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=4356&Itemid=0
- Γαλάνης, Γ., Ζωδιάτης, Γ., Hayes, D., Νικολαΐδης, Α., Γεωργίου, Γ., Στυλιανού, Σ., ... Μιχαηλίδης, Σ. (2012). *The E-Wave Project: Estimation of Wave Power Potential in Cyprus*. Athens. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/272888899_The_E-wave_project_Estimation_of_wave_power_potential_in_Cyprus
- Γεμενή, Β., & Μπισσόλας, Θ. (2013). *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*. Λάρισα.
- Γκαράκης, Κ. (2021). Αιολικά πάρκα: Φυσικά χωρίς καμία επιδότηση. Retrieved September 25, 2021, from Prevezanews.gr website: <https://www.prevezanews.gr/stiles/arthra/52890-aiolika-parka-fysika-choris-kamia-epidotisi/>
- Γρηγορίου, Τ. (2018). Ενεργειακές κοινότητες: Όλα όσα θέλεις να ξέρεις. Retrieved September 27, 2021, from Greenpeace Ελλάδα website: <https://www.greenpeace.org/greece/issues/klima/4411/ola-gia-tis-energeiakes-koinotites/>
- Δούκας, Κ. Α. (2021). Α.Π.Ε, όπου δει, όποιος δει, ότι δει – dasarxeio.com. Retrieved December 27, 2021, from dasarxeio.com website: <https://dasarxeio.com/2021/12/15/106009/?fbclid=IwAR2PDYGiKKzykLnNu-Etr36bRhsh6gXRTufWVvKQolbtD6Evn0hq9PGAjKLA>
- Δρακάκη, Μ. (2012). *ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΙΩΣΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ (ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ)*. ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ. Retrieved from http://ikee.lib.auth.gr/record/291467/files/GROUNDING_SYSTEM_DESIGN_FOR_A_WIND_TURBINE.pdf
- ΕΑΣ Αγρινίου. (2018). Δύο ενεργειακές κοινότητες από ΕΑΣ Αγρινίου. Retrieved September 27, 2021, from Agronews website: <https://www.agronews.gr/tech/viokausima/167666/duo->

energeiakes-koinotites-apo-eas-agrinou/

Ελαφρός, Γ. (2021). Πρόκληση η παραγωγή «πράσινων» αποβλήτων. Retrieved October 16, 2021, from Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ website: https://www.kathimerini.gr/society/561495280/proklisi-i-paragogi-prasinon-aronliton/?fbclid=IwAR0oND3iWDvGe4caDRNNXqev_0BJSQUtwyhByxJ-ibyfyARbwNAKW0H54B8

ΕΛΕΤΑΕΝ. (2018). *Τα τοπικά οφέλη από τα αιολικά πάρκα της νότιας Εύβοιας*. Retrieved from <https://eletaen.gr/wp-content/uploads/2018/08/2018-06-25-aiolika-notias-evoias.pdf>

Ευθυμιάδης, Α. (2019, March). Μεταβλητές ΑΠΕ Συστήματος (μΑΠΕΣ): μία άβολη αλήθεια. *Ηλεκτρονικό Περιοδικό «ΤΕΧΝΙΚΑ»*, 1–12. Retrieved from https://drive.google.com/file/d/1peqLCv4KMkcq6kECI8Pq-ure_sSNPskV/view

Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2020). *Έγγραφο καθοδήγησης για τα έργα αιολικής ενέργειας και τη νομοθεσία της ΕΕ για την προστασία της φύσης* (Vol. 7730, p. 215). Vol. 7730, p. 215. Βρυξέλλες: EUROPEAN COMMISSION. Retrieved from https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/wind_farms_el.pdf

Ζερβός, Α. (2008). *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας - Διδακτικές Σημειώσεις*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Θυμάκης, Γ., & Τσουνής, Δ. (2013). *Μελέτη Αιολικού Πάρκου Ισχύος 2.4Μw* (Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ). Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ. Retrieved from <https://www.heliev.gr/wp-content/uploads/2020/02/Μελέτη-Αιολικού-Πάρκου-24-MW.pdf>

Καλδέλλης, Ι. (2005). *Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας* (2nd ed.). Αθ. Σταμούλης.

Καλδέλλης, Ι., & Καββαδίας, Κ. (2001). *Εργαστηριακές Εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας*. Αθ. Σταμούλης.

Κανελλάς, Π. (2016). *Μελέτη Εγκατάστασης Υπεράκτιου Αιολικού Πάρκου 240ΜW στον κόλπο της Αλεξανδρούπολης* (ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ). ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ. Retrieved from https://ee.auth.gr/wp-content/uploads/participants-database/kanellas_offshore.pdf

Κατσαπρακάκης, Δ. (2015). *Σύνθεση Ενεργειακών Συστημάτων*. Ηράκλειο. Retrieved from https://eclass.hmu.gr/modules/document/file.php/TM166/Σύνθεση_Ενεργειακών_Συστημάτων.pdf

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. (2006). *Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για δυνητικούς χρήστες* (p. 33). p. 33. Αθήνα. Retrieved from http://www.cres.gr/cres/files/xrisima/ekdoseis/ekdoseis_GR5.pdf

Κλειάσου, Η. (2016). *Ανάλυση Κύκλου Ζωής Αιολικού Πάρκου στη θέση «Πυργουλόψη - Λιάζαρι», συνολικής ισχύος 1,5 MW, Περιφερειακής Ενότητας Ευβοίας, Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας* (ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ). ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/81560543.pdf>

Κορωναίος, Χ. (2012). *ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ*. Αθήνα. Retrieved from <http://environ.survey.ntua.gr/files/mathimata/6420/APE-kef1-6.pdf>

Κωνσταντέλου, Π. (2009). *Χωροθέτηση Αιολικών Σταθμών στο Νομό Λακωνίας. Προβλήματα –*

- Προοπτικές (ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ). ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ. Retrieved from <https://www.google.com/search?q=Κωνσταντέλου%2C+Π.%2C+2009.+Χωροθέτηση+Αιολικών+Σταθμών+στο+Νομό+Λακωνίας.+Προβλήματα+Προοπτικές%2C+Αθήνα%3A+Εθνικό+Μετσόβιο+Πολυτεχνείο&οq=Κωνσταντέλου%2C+Π.%2C+2009.+Χωροθέτηση+Αιολικών+Σταθμών+στο+Νομό+Λακωνίας.+Προβλή>
- Λαϊνάς, Π. (2018). *Απόβλητα ηλεκτρονικού εξοπλισμού: Απόβλητα από Ανεμογεννήτριες* (Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο (Ε.Α.Π.)). Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο (Ε.Α.Π.). Retrieved from <https://apothesis.eap.gr/handle/repo/39726>
- Λάμπρου, Μ. (2017). *ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΩΝ ΑΠΕ (ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ) ΣΤΟΥΣ ΝΟΜΟΥΣ ΗΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΧΑΪΑΣ* (ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ). ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ. Retrieved from [https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/45117/ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ_ΕΡΓΩΝ_ΑΠΕ_\(ΑΙΟΛΙΚΑ_ΠΑΡΚΑ\)_ΣΤΟΥΣ_ΝΟΜΟΥΣ_ΗΛΕΙΑΣ_ΚΑΙ.pdf?sequence=1](https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/45117/ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ_ΕΡΓΩΝ_ΑΠΕ_(ΑΙΟΛΙΚΑ_ΠΑΡΚΑ)_ΣΤΟΥΣ_ΝΟΜΟΥΣ_ΗΛΕΙΑΣ_ΚΑΙ.pdf?sequence=1)
- Λευθεριώτης, Γ. (2015). Αιολική Ενέργεια. In *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας* (p. 94). Πάτρα. Retrieved from https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/PHY1953/Ενότητα_5_%28Αιολική_Ενέργεια%29.pdf
- Μαλιάρα, Ε. (2020). *Οι επιπτώσεις των ανεμογεννητριών στους τρεις πυλώνες της αειφορίας* (Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο (Ε.Α.Π.)). Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο (Ε.Α.Π.). Retrieved from <https://apothesis.eap.gr/handle/repo/49148>
- Μάνου, Γ. (2019). *Διερεύνηση και αξιολόγηση της διαχείρισης φυσικών πόρων στην πολιτεία της Καλιφόρνιας με χρήση του εννοιολογικού πλαισίου Water- Energy-Food Nexus* (ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ). ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ. Retrieved from https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/49224/ΚΕΙΜΕΝΟ_ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Μυλωνάς, Θ. (2012). *Αξιολόγηση περιοχών και τεχνολογιών για αιολική/ηλιακή ενέργεια. Χωροθέτηση αιολικού πάρκου στην Κύπρο* (ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ). ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ. Retrieved from <https://www.google.com/search?sxsrf=AOaemvLjeQ60mul8IaGHtnbWDICMFkdISA:1632982398046&q=Μυλωνάς+Θ.,+Αξιολόγηση+περιοχών+και+τεχνολογιών+για+αιολική/ηλιακή+ενέργεια.+Χωροθέτηση+αιολικού+πάρκου+στην+Κύπρο,+Διπλωματική+Εργασία,+ΕΜΠ,+Αθήνα,+Ιούνιος+2012&sa=X&v>
- Παπασταματίου, Π. (2018). Η γεωστρατηγική διάσταση και η διάσταση της ασφάλειας στον Εθνικό Ενεργειακό Σχεδιασμό. In *Greek Energy 2018* (p. 286). Retrieved from https://issuu.com/citroniogr/docs/greek_energy_2018
- Παυλής, Ε. (2019). ΜΑΖΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΚΑΙ ΑΡΝΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΤΟΠΙΟ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ «ΑΙΓΑΙΑ ΖΕΥΞΗ» ΣΤΟ ΒΟΡΕΙΟ ΑΙΓΑΙΟ. *Γεωγραφίες*, (35), 75–95. Retrieved from <http://geographies.gr/old/wp-content/uploads/2017/01/GEO28-075-095.pdf>
- Παχύ, Π. (2012). *ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΠΑΡΚΟΥ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΤΑΕΥΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ* (ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ).

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ. Retrieved from https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/6554/pachyp_windfarm.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Πελεβάνη, Μ. (2020). Γιατί λένε «όχι» στις ανεμογεννήτριες; Retrieved September 25, 2021, from tvxs.gr website: <https://tvxs.gr/news/ellada/ti-symbainei-me-tis-anevogennitries>

Πέττας, Α. – Γ. (2020). *ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΟΓΝΩΣΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΣΤΗΝ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ* (ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ). ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ. Retrieved from https://www.itia.ntua.gr/el/getfile/2074/1/documents/agp_thesis_final.pdf

Σιμιδαλάς, Γ., & Σταμόπουλος, Κ. (2018). *ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΚΑΙ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ* (ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ). ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ. Retrieved from http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/6395/ANEMOGENNHTRIES_KAI_AIOLIKA_PARKA..pdf?sequence=1&isAllowed=y

Σκρέκας, Κ. (2021). ΥΠΕΝ: Κλιματικός Νόμος και νέο πλαίσιο για ΑΠΕ, αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, υπεράκτια αιολικά πάρκα. Retrieved February 3, 2022, from naftemporiki.gr website: https://www.naftemporiki.gr/story/1796635/ypen-klimatikosnomos-kai-neo-plaisiogia-ape-apothikeusiilektrikis-energeias-uperaktia-aiolikaparka?fbclid=IwAR1Y_DaHHZsf5DE3ZXDU8NsfDHSbVkJzQVzH6FCKs88eZw-3UeG55Ewjiv0

Στυλιάρη, Ι. (2015). *Ερευνητική εργασία: Ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας και κριτήρια χωροθέτησης αιολικών πάρκων* (ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ). ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ. Retrieved from http://ikee.lib.auth.gr/record/282387/files/STYLIARA_EE.pdf

Συμβούλιο της Ευρώπης. (2004). *ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΣΥΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΟ ΤΟΠΙΟ* (pp. 1–11). pp. 1–11. Λευκωσία. Retrieved from <https://rm.coe.int/16802f3fae>

Τσιριγωτάκης, Κ. (2009). *ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ* (ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ). ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ. Retrieved from <http://artemis.library.tuc.gr/DT2009-0159/DT2009-0159.pdf>

Υ.Α.Π.Ε. (2012). *Έκθεση για τον τομέα ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. στο πλαίσιο του σχεδιασμού αναμόρφωσης του μηχανισμού στήριξης*. Αθήνα. Retrieved from <https://helapco.gr/pdf/EktheAnamMhhSthrAPE.pdf>

ΥΠΕΝ. (2019). *Εθνικό Σχέδιο Για Την Ενέργεια Και Το Κλίμα* (p. 312). p. 312. Αθήνα: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Retrieved from https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/greece_draftnecp.pdf

Φαΐτατζόγλου, Κ. (2008). *Η Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα*. Αθήνα: ΕΛΕΤΑΕΝ – Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας. Retrieved from ΕΛΕΤΑΕΝ – Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας website: http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/ENERGYRES_08/5th_session/5.1_ELETAEN_Faitatzoglou_ELETAEN.pdf

Φούντας, Ά., & Μανώλης, Σ. (2007). *ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ*. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΒΑΛΑΣ.

Χατζάκης, Γ. (2011). *Το αιολικό πάρκο των θεών - Οροπέδιο Λασιθίου*. Γεώργιος Χατζάκης.