



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
(Δ.Π.Μ.Σ.), 2η ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ
"ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ
ΟΡΕΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ"**

**«Βέλτιστη χωροθέτηση
ανεμογεννητριών με χρήση μεθόδων
GIS στην Π.Ε. Φλώρινας»**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**Δέτσικα Μαρία
Πολιτικός Μηχανικός Δ.Π.Θ.**

Επιβλέπων: Ευάγγελος Μπαλτάς,
Καθηγητής ΕΜΠ

**"ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΟΡΕΙΝΩΝ
ΠΕΡΙΟΧΩΝ"**

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2017

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)
2^η ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΟΡΕΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ"

**«Βέλτιστη χωροθέτηση Ανεμογεννητριών με
χρήση μεθόδων GIS στην Π.Ε. Φλώρινας»**

Δέτσικα Μαρία
Πολιτικός Μηχανικός Δ.Π.Θ.

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Τριμελής Επιτροπή:

Μπαλτάς Ευάγγελος, Καθηγητής ΕΜΠ

Τσιχριντζής Βασίλειος, Καθηγητής ΕΜΠ

Καρπούζος Δημήτριος, Επίκουρος Καθηγητής ΑΠΘ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2017

Πρόλογος

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά τη διάρκεια του Διεπιστημονικού Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου με τίτλο "Περιβάλλον Και Ανάπτυξη Των Ορεινών Περιοχών".

Η απόφαση για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας βασίστηκε στην επιθυμία ενασχόλησης με κάποιο θέμα που να αφορά τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και να προσανατολίζεται στο Νομό Φλώρινας, που αποτελεί τον τόπο καταγωγής μου.

Σε αυτό το σημείο, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Μπαλτά Ευάγγελο, Καθηγητή του τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, και επιβλέπων της παρούσας εργασίας, ο οποίος μέσω του εκπαιδευτικού του έργου κατά την διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου με οδήγησε στο να αγαπήσω και να ενδιαφερθώ ουσιαστικά για το παρόν αντικείμενο καθώς και για την καθοδήγηση και την άριστη συνεργασία μαζί του.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στους υποψήφιους διδάκτορες κα. Φελώνη Ελισσάβετ και κ. Παπαγιωτόπουλο Γιώργο αρχικά για την ατελείωτη ενθάρρυνση και ηθική υποστήριξη που μου μετέδωσαν και επιπρόσθετα για την συνεχή καθοδήγησή και την πολύτιμη βοήθειά τους στην εκπόνησης της εργασίας μου. Ευχαριστώ, ακόμα, τα άλλα δύο μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, κύριο Τσιχριντζή Βασίλειο, Καθηγητή ΕΜΠ και κύριο Καρπούζο Δημήτριο, Επίκουρο Καθηγητή ΑΠΘ.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά τους γονείς και τον αδερφό μου για την ψυχολογική και οικονομική τους υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Τους ευχαριστώ που με παρακίνησαν και με εμπύχωσαν σε κάθε μου βήμα.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	i
Extended Abstract	iii
Introduction	iii
Study Area.....	iii
Data Used	v
Methodology	ix
Results	x
Conclusions	xi
1. Εισαγωγή.....	1
1.1. Γενικά	1
Ενεργειακή κατάσταση στην Ευρώπη	1
1.2. Αντικείμενο της Εργασίας.....	6
1.3. Διάρθρωση.....	7
2. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	9
2.1. Γενικά.....	9
2.1.1. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών.....	10
2.1.2. Μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	11
2.1.2.1. Αιολική Ενέργεια	11
2.1.2.2. Ηλιακή Ενέργεια	19
2.1.2.3. Υδροηλεκτρική Ενέργεια	21
2.1.2.4. Βιομάζα	22
2.1.2.5. Γεωθερμική Ενέργεια.....	23
2.1.2.6. Κυματική Ενέργεια	24
2.1.2.7. Παλιρροιακή Ενέργεια	25
2.1.3. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα	26

2.2. Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΠΧΣΑΑ) για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.	28
2.2.1. Χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων	28
2.2.2. Κριτήρια Χωροθέτησης αιολικών μονάδων στην ηπειρωτική Ελλάδα	30
2.2.3. Ειδικά Κριτήρια Χωροθέτησης αιολικών μονάδων στην ηπειρωτική Ελλάδα	30
2.2.4. Επιπρόσθετες Κατευθύνσεις Χωροθέτησης αιολικών μονάδων στην ηπειρωτική Ελλάδα	33
3. Περιοχή Μελέτης	34
3.1. Γενικά Στοιχεία	34
3.2. Μορφολογία	36
3.3. Κλιματολογικές συνθήκες	37
3.4. Οδικοί άξονες	38
3.5. Χρήσεις γης	40
3.6. Υποδομές Παραγωγής Ενέργειας.....	42
3.7. Ενεργειακές Ανάγκες	44
4. Μεθοδολογία	45
4.1. Γενικό περίγραμμα μεθοδολογίας	45
4.2. Στάδιο 1 : Συλλογή δεδομένων	46
4.3. Στάδιο 2 : Εκτίμηση κατάλληλων περιοχών	48
4.4. Στάδιο 3 : Εκτίμηση αιολικού δυναμικού	49
4.5. Στάδιο 4 : Αξιολόγηση κατάλληλων περιοχών	51
5. Αποτελέσματα - Συζήτηση.....	52
5.1. Εφαρμογή Σταδίου 1 : Συλλογή δεδομένων	52
5.2. Εφαρμογή Σταδίου 2 : Εκτίμηση κατάλληλων περιοχών	59
5.3. Εφαρμογή Σταδίου 3 : Εκτίμηση αιολικού δυναμικού	61
5.4. Εφαρμογή Σταδίου 4 : Αξιολόγηση κατάλληλων περιοχών	62
6. Συμπεράσματα.....	79
6.1. Σύνοψη	79

6.2. Συμπεράσματα.....	80
6.3. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	82
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	84
Νομοθετικό πλαίσιο	84
Αναφορές.....	84
Ηλεκτρονικές Αναφορές	85
Βιβλιογραφία εικόνων.....	87

Κατάλογος Πινάκων

Table 1: Energy needs per household	v
Table 2: Criteria and data sources used to model wind farm suitability	vi
Πίνακας 2.1: Ακτίνα κύκλου που ορίζει την οπτική παρεμβολή ανάλογα με το σημείο ιδιαιτέρου ενδιαφέροντος(ΦΕΚ Β' 2464/2008)	33
Πίνακας 3.1: Κατανομή της έκτασης της περιφερειακής ενότητας Φλώρινας κατά βασικές κατηγορίες χρήσης και κάλυψης γης. (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, 2000).....	41
Πίνακας 3.2: Εκτάσεις χρήσεων γης σε τ.χλμ. (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, 2000)	42
Πίνακας 3.3: Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Ιδία Επεξεργασία)	44
Πίνακας 3.4: Ενεργειακές ανάγκες νοικοκυριών Π.Ε. Φλώρινας (Ιδία επεξεργασία).....	44
Πίνακας 5.1: Αποστάσεις ζωνών αποκλεισμού για κάθε κριτήριο (Ιδία Επεξεργασία)	59
Πίνακας 5.2: Βαθμοί καταλληλότητας αιολικού δυναμικού (Ιδία Επεξεργασία)	62
Πίνακας 5.3: Βαθμοί καταλληλότητας κλίσεων εδάφους(Ιδία Επεξεργασία)	63
Πίνακας 5.4: Βαθμοί καταλληλότητας απόστασης από το οδικό δίκτυο (Ιδία Επεξεργασία).....	65
Πίνακας 5.5: Απόδοση βαρών για την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (Ιδία Επεξεργασία).....	69
Πίνακας 5.6: Βασικά χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας (Vestas.com)	73

Κατάλογος Σχημάτων

Figure 1: Location of Regional Unit of Florina.....	iv
Figure 2: Methodological framework of the wind farm installation in Florina Regional Unit ...	ix
Figure 3: Areas with the necessary surface.	xi
Σχήμα 1.1: Ποσοστό ενεργειακής εξάρτησης, EU-28, 2004-2014 (Eurostat).....	2
Σχήμα 1.2: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά μορφή παραγωγής ενέργειας (World Nuclear Association).....	3
Σχήμα 1.3: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα για τα έτη 1990-2010 (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας).....	3
Σχήμα 1.4: Διάγραμμα εξέλιξης ενεργειακών εισαγωγών στην Ελλάδα (The World Bank)....	6
Σχήμα 2.1: Παγκόσμια ετήσια (πάνω) και αθροιστική (κάτω) εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας από το 1997 έως το 2014 (Green Science)	13
Σχήμα 2.2: Διαδικασία εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας και διάγραμμα ροής ενέργειας (ΤΕΙ Κρήτης).....	15
Σχήμα 2.3: Μέρη τυπικής ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα, ανάντη και κατάντη διάταξη δρομέα (ΤΕΙ Κρήτης).....	17
Σχήμα 2.4: Ανεμογεννήτριες οριζόντιου και κατακόρυφου άξονα (Μαρινάκης Ι.).....	18
Σχήμα 2.5: Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας στην Ελλάδα (Μπαλτάς Ε.).....	30
Σχήμα 3.1: Θέση περιφερειακής ενότητας Φλώρινας (Wikipedia).....	35
Σχήμα 3.2: Κατανομή πληθυσμού ανά δημοτικές κοινότητες (Ελληνική Στατιστική Αρχή, ίδια επεξεργασία).....	36
Σχήμα 3.3: Γεωγραφικός χάρτης περιφερειακής ενότητας Φλώρινας (Ιστοσελίδα Δήμου Πρεσπών).....	38
Σχήμα 3.4: Σιδηροδρομική Γραμμή περιφερειακής ενότητας Φλώρινας (Wikipedia Commons).....	39
Σχήμα 3.5: Οδικοί άξονες περιφερειακής ενότητας Φλώρινας (Wikipedia).....	40
Σχήμα 3.6: Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας στη Φλώρινα (ΑΔΜΗΕ).....	43
Σχήμα 4.1: Σχεδιάγραμμα σταδίων μεθοδολογίας (Ιδία επεξεργασία).....	45
Σχήμα 4.2: Ταξινόμηση ταχύτητας ανέμου Π.Ε. Φλώρινας.....	50
Σχήμα 5.1: Ταξινόμηση οικισμών Π.Ε. Φλώρινας.....	53
Σχήμα 5.2: Ταξινόμηση οδικών και σιδηροδρομικών αξόνων Π.Ε. Φλώρινας	54

Σχήμα 5.3: Σημεία πολιτιστικού ενδιαφέροντος και τουριστικές υποδομές Π.Ε. Φλώρινας ...	55
Σχήμα 5.4: Υδάτινες επιφάνειες και περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος Π.Ε. Φλώρινας.....	57
Σχήμα 5.5: Ζώνες παραγωγικών δραστηριοτήτων Π.Ε. Φλώρινας	58
Σχήμα 5.6: Ζώνη αποκλεισμού και κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης Π.Ε. Φλώρινας	60
Σχήμα 5.7: Απόδοση ανεμογεννήτριας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου (vestas.com).....	61
Σχήμα 5.8:Βαθμός καταλληλότητας προτεινόμενων περιοχών ανάλογα με την ταχύτητα ανέμου	63
Σχήμα 5.9:Βαθμός καταλληλότητας προτεινόμενων περιοχών ανάλογα με την κλίση εδάφους.....	65
Σχήμα 5.10:Βαθμός καταλληλότητας προτεινόμενων περιοχών ανάλογα με την απόσταση από το οδικό δίκτυο.....	67
Σχήμα 5.11:Βαθμός καταλληλότητας προτεινόμενων περιοχών ανάλογα με την οπτική παρεμβολή από τα σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος.....	69
Σχήμα 5.12: Προτεινόμενες περιοχές ανάλογα με τον τελικό βαθμό καταλληλότητας	71
Σχήμα 5.13: Περιοχές με μέγιστο βαθμό καταλληλότητας	72
Σχήμα 5.14: Ανεμογεννήτριες Vestas V52-850 kW	74
Σχήμα 5.15: Περιοχές με μέγιστο βαθμό καταλληλότητας και απαιτούμενη εκταση	76
Σχήμα 5.16: Υποψήφιες περιοχές για την τελική θέση χωροθέτησης	77

Περίληψη

Οι συνεχώς αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες αλλά και η έντονη κλιματική αλλαγή που συντελείται σήμερα σε παγκόσμιο επίπεδο οδηγούν στην υιοθέτηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας που θα αξιοποιούν αποτελεσματικά τους φυσικούς πόρους και θα περιορίζουν τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η αιολική ενέργεια αποτελεί μία από τις πιο ισχυρά υποσχόμενες μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας με αποτέλεσμα τα παγκόσμια ποσοστά εγκατάστασης αιολικών σταθμών να αυξάνονται συνεχώς.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η αιολική ενέργεια όπως και κάθε μορφή ενέργειας μπορεί να προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα αλλά δεν πρέπει να γίνεται ανεξέλεγκτη και απρογραμματίστη χωροθέτηση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσής της. Τέτοιες ενέργειες οδηγούν στην αλόγιστη χρησιμοποίησης των φυσικών πόρων και στην ελλιπή προστασία του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος. Για το λόγο αυτό επιβάλλεται η εφαρμογή κανόνων για την χωροθέτηση αιολικών πάρκων μέσω ολοκληρωμένου χωροταξικού σχεδιασμού. Ο σχεδιασμός αυτός στην Ελλάδα διασφαλίζεται μέσω του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΠΧΣΑΑ) για τις ΑΠΕ δίνοντας τις κατευθυντήριες γραμμές για την πολιτική χωροθέτησης έργων ΑΠΕ καθώς και την καθιέρωση κανόνων και κριτηρίων αυτής.

Σκοπός της παρούσης εργασίας αποτελεί η εκτίμηση του αιολικού δυναμικού στο νομό Φλώρινας και η ανάπτυξη ενός μηχανισμού αξιολόγησης της καταλληλότητας περιοχών σχετικά με τη χωροθέτηση πιθανών αιολικών πάρκων.

Η διαδικασία περιλαμβάνει τον αποκλεισμό περιοχών που καθορίζονται από το παρόν ελληνικό θεσμικό πλαίσιο και το συνδυασμό κριτηρίων αποκλεισμού και αξιολόγησης από την ελληνική νομοθεσία όπως η απόσταση από οικισμούς, από τεχνικές υποδομές και περιοχές περιβαλλοντικού και πολιτιστικού ενδιαφέροντος και την αξιολόγηση των κατάλληλων περιοχών που προκύπτουν με βάση τη ταχύτητα ανέμου, την κλίση εδάφους, τις καλύψεις γης και την κοινωνική αποδοχή.

Στα πλαίσια της αξιολόγησης των διαθέσιμων περιοχών με τη Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης προσδίδονται βάρη στα κριτήρια αξιολόγησης και ο γραμμικός συνδυασμός αυτών καθορίζει το τελικό αποτέλεσμα. Αποτέλεσμα του μεθοδολογικού πλαισίου που εφαρμόστηκε, αποτελεί η βαθμονομημένη απόδοση της καταλληλότητας, για χωροθέτηση αιολικού πάρκου στο σύνολο της περιφερειακής ενότητας Φλώρινας.

Τα αποτελέσματα μετά την εφαρμογή της μεθοδολογίας έδειξαν ότι στον νομό υπάρχουν αρκετές περιοχές με μέσο και υψηλό αιολικό δυναμικό. Στη συνέχεια ανάλογα με τα κριτήρια αξιολόγησης που εφαρμόζονται και το βάρος που δίνονται σε αυτά προκύπτουν συγκεκριμένες περιοχές ικανές για την χωροθέτηση αιολικού πάρκου.

Λέξεις κλειδιά: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), αιολικό δυναμικό, χωροθέτηση αιολικών πάρκων, ανεμογεννήτριες, κριτήρια χωροθέτησης, Φλώρινα, ΕΠΧΣΑΑ ΑΠΕ, Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης (ΔΑΙ), Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ)

Extended Abstract

Introduction

Socio-economical and technological development, as well as, financial wellbeing are strongly connected to energy supplies. Recent advances in different sectors contribute to a huge increase for energy demand. This aspect combined with the issues of climate change and sustainable development lead to the necessity of using environmentally friendly forms of energy; the Renewable Energy Sources (RES).

Wind energy is one of the most promising forms of RES, resulting in increasing global wind farm installation rates.

Although wind energy is environmental friendly and renewable, it is still necessary to form specific criteria for the proper and sustainable utilization of wind farm installations. These criteria are formed with the purpose of contributing both to the rational use of natural resources and to the protection of the natural and man-made environment. In Greece, such criteria are described in detail in the Special Framework of Spatial Planning and Sustainable Development for Renewable Energy (SPSDRE).

The purpose of this research work is the evaluation of wind potential in the Regional Unit of Florina (northern Greece) and the implimentation of a multi-criteria GIS-based analysis for the proper placement of a wind farm in Florina, by taking into consideration the available geographical data and the guidelines of SPSPDRE. Results concerning the placement suitability have been prioritized using a scale numbering and the final proposed location has been selected using both technical and socio-economical criteria (e.g., proximity, land's nominal value, etc).

Study Area

Study area is the Regional Unit of Florina (Figure 1), which is located in Northern Greece, in the national borders of Greece with Albania and FYROM. The population of the region is 51.414 residents and its area is 1.924 km² .

The Regional Unit of Florina is mainly mountainous with many high mountain peaks (above 2.100 m high). There are six natural lakes and many more man – made. Almost all these lakes have significant wetlands and many endangered species living by. Mikri Prespa Lake is a protected National Park by Natura 2000 and an essential region for biodiversity conservation.

Moreover, Florina hosts many Special Protection Areas, including areas that are under the Habitats Directive and Birds Directive.



Figure 1: Location of Regional Unit of Florina

The climate is affected by the geographic and altitude location of the area, combined with the large mountainous masses and the presence of the lakes in Prespes and the Amyndeon area. Thus, the climate of Florina - due to its internal position and altitude - is the coldest of Greece with cold winters, extended snowfall, dry periods, frosts, hailstorms and strong winds. Indicatively, the average annual temperature is 11.5 °C, while the highest recorded temperature is 40.8 °C and the lowest -32 °C.

The main activities are concentrated in the primary sector and in the tertiary sector of the economy. The secondary sector of the economy is not particularly developed, as there are only a few manufacturing units processing the goods produced in the primary sector. These units are mainly wineries, as the regional unit of Florina is particularly fertile for wine production. Agricultural and livestock activities are identified in the primary sector in various forms. The tertiary sector includes employment in public services and private enterprises, while a large part of the population is working in lignite-fired power plants.

Concerning the energy demand of the region, there is no variation within the year as the population remains stable. The energy demand is calculated based on the number of the households and their energy needs. Based on the data provided by the Hellenic Statistical Authority the energy demand of the regional unit from 1991 till 2011 are presented in the following table. The average annual electricity consumption per household is consider 3750kWh.

Table 1: Energy needs per household

Year	Households	Energy needs (kWh)
1991	14806	55.522.500
2001	16163	60.611.250
2011	18545	69.543.750

Data Used

The necessary data and parameters that affect the capability of wind farm installation in the Regional Unit of Florina are indicated by Special Framework of Spatial Planning and Sustainable Development for Renewable Energy in Greece. The Framework describes in detail what data should be taken into account. The data are divided into seven main categories according to the Framework. These categories are:

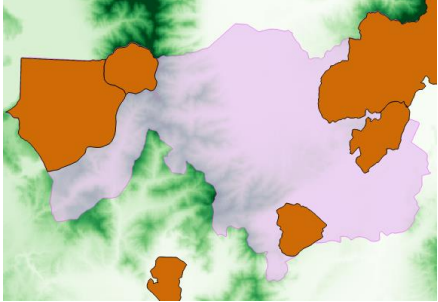
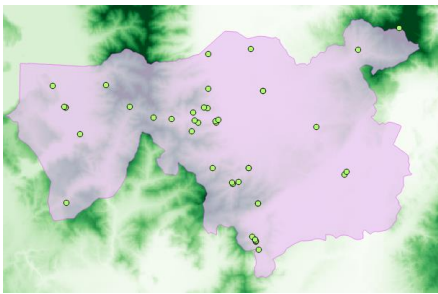
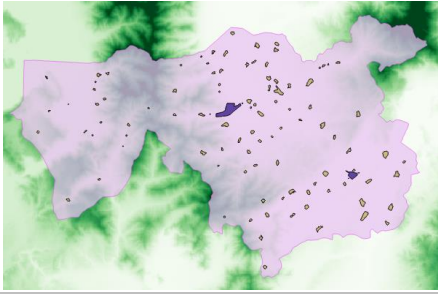
- **Areas of environmental interest:** This category includes Special Protection Areas, Natural Parks and Wetland RAMSAR. Especially, the study area encloses the Prespa National Park, the Ramsar Wetland at Lake Mikri Prespa, the Cedar Forest and the Special Protection Areas located on the mountains of Varnousa and Vorra as well as in the lakes of Zazari, Cheimaditida, Vegoritida, Petron and the lakes of Prespa.
- **Areas of cultural interest:** This category is about monasteries and churches and archaeological sites. There are many ecclesiastical areas but there is only one officially established archaeological site in the study area (Basilica of Saint Achilles).
- **Residential areas:** This category includes towns with population >2000 residents, towns with population <2000 residents and traditional settlements. In the Regional Unit of Florina there are only two towns with population >2000 residents (Florina and Amynteo) and two traditional settlements (Nymfeo village and Psarades village). The

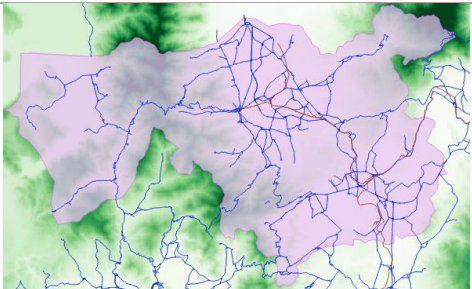
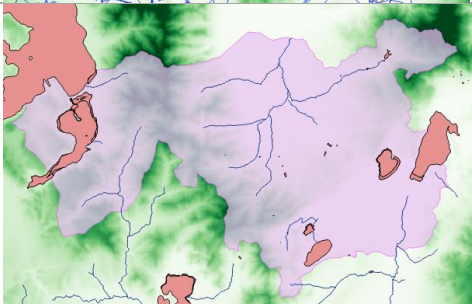
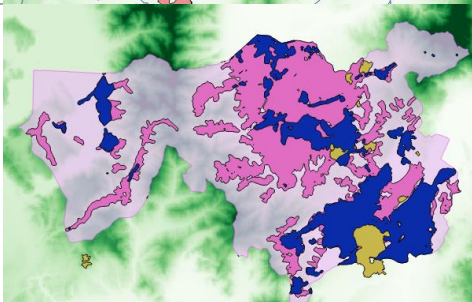
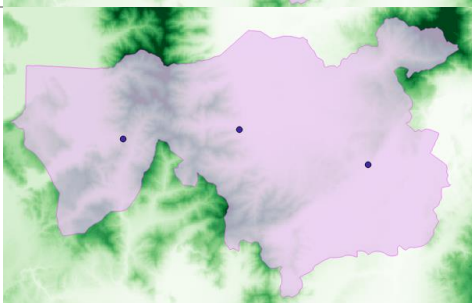
rest of the residential areas belong to the category of towns with population <2000 residents.

- **Transmission Lines:** This category includes the railway, the motorway, the highway as well as the secondary and tertiary road axis. Dirt roads, forest roads or rural roads were not included
- **Water Surfaces:** The Regional Unit of Florina gathers six natural lakes, some man-made and wetlands as well as a few small streams. All these create the category of the water surfaces.
- **Land use:** This category contains agricultural land, livestock farming, quarries and extraction zones
- **Attraction:** The attraction points are structures not located within the residential area, such as the hill opposite Mikri Prespa, the monument of the cross outside the city of Florina and the remarkable archaeological site of Petres.

The data that were evaluated for the purpose of the study are presented in Table 1. This table presents the criteria that the data should obey to, the data sources and data types of the criteria used for the implementation of the GIS-based analysis for the estimation of the most suitable locations for a wind farm installation, taking into account a large number of region's characteristics and wind potential.

Table 2: Criteria and data sources used to model wind farm suitability.

Criteria category	Criteria	Exclusionary zone	Data source	Digital display from the criteria as seen in the Qgis software
Areas of environmental interest	Special Protection Areas	500 m	geodata.gov.gr/ OpenStreetMaps	
	Natural Parks	500 m	geodata.gov.gr/ OpenStreetMaps	
	Wetland RAMSAR	500 m	geodata.gov.gr/ OpenStreetMaps	
Areas of cultural interest	Cultural and historical monuments	500 m	geofabrik.de/ OpenStreetMaps	
	Churches	500 m	geofabrik.de/ OpenStreetMaps	
Residential areas	Town with population >2000 residents	3000 m	Hellenic Statistical Authority	
	Town with population <2000 residents	500 m	Hellenic Statistical Authority	
	Traditional settlements	1500 m	Hellenic Statistical Authority	

Transmission Lines	Roads	500 m	geofabrik.de/ OpenStreetMaps	
	Railway	500 m	geofabrik.de/ OpenStreetMaps	
Water Surfaces	Lakes	400 m	geofabrik.de/ OpenStreetMaps	
	Rivers	400 m	geofabrik.de/ OpenStreetMaps	
Land use	Agricultural land	500 m	Corine Land Cover	
	Livestock farming	500 m	Corine Land Cover	
	Quarries and extraction zones	500 m	Corine Land Cover	
Attraction	Points of attraction	1000 m	Corine Land Cover	

Methodology

In order to identify suitable areas for wind farm installation in Florina Regional Unit, a multi-criteria analysis was implemented in the environment of QGIS open-source software, starting with data collection that are responding to the criteria as described in the previous section.

A suite of 16 criteria was chosen for modeling the distinction areas of wind farm locations, including areas where cities and towns are located, land use, distance to roads or important archeological and cultural monuments, lakes and wetlands. The criteria selection was defined by the Greek current legislative framework; the Special Framework of Spatial Planning and Sustainable Development for Renewable Energy.

After creating the exclusionary zones, suitable areas were defined by using the difference between the whole Regional Unit and the exclusionary zones. The process involves the evaluation of the suitable areas with suitable criteria defined by the Greek legislation, i.e., wind speed, slope, distance from settlements and technical infrastructure, as well as, the social acceptance. Social acceptance depends on the influence of the view of the wind farm by areas of environmental and cultural interest.

Within the framework of investigating available areas, Analytic Hierarchy Process (AHP) is used to estimate the weights applied to the evaluating criteria. In this study all the criteria are considered to be of such importance and have equal weights (25%). After the AHP, the suitable areas were evaluated as it shown in Figure 2.

The methodological framework followed in this research work is summarized in Figure 2.

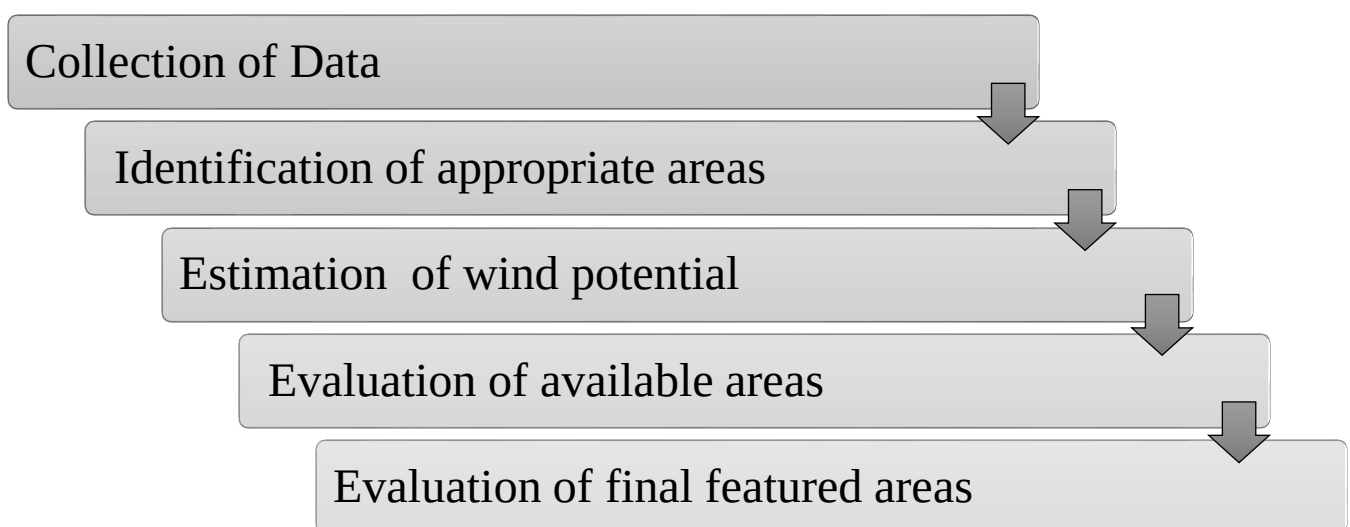


Figure 2: Methodological framework of the wind farm installation in Florina Regional Unit

Results

An overview of the results concerning the wind farm installation in a suitable location in Frolina region are shown in Figure #. The wind farm location suitability map results from the implementation of the GIS-based multi-criteria analysis which takes into account the SPSDRE guidelines. The map depicts five categories of suitability with correspond to different scores; '1' for 'not suitable', '2' for 'very low suitability', '3' for 'low suitability', '4' for 'medium suitability' and '5' for 'high suitability'. In the study area there are no regions that belong to the last category of high suitability. Due to that fact, only the first four categories are shown.

For the selection of the final (proposed) location that is estimated as the most suitable for the wind farm installation, firstly, the necessary size of the wind farm has been calculated, for which it is assumed that the energy production will fully cover the energy needs of the region. Among the areas with the highest suitability score that meet the area criteria, an evaluation is made and the final location is selected.

In more detail, it was estimated that a wind farm with capacity of 38 Vestas V52-850kW wind turbines is required. Such a wind farm can provide enough power for the local energy demand fulfillment.

Map of Figure # shows that only four areas have the necessary surface area for a wind farm of this magnitude. Concerning their land cover type, two of them are forests, so they are discarded while the other two are pastures with low grassland.

For the selection between the last two areas, the distance from the road network to the wind farm and the distance from the nearby settlements for minimization of the visual and acoustic nuisance is judged. On the basis of these two criteria, the optimal placement corresponds to the largest area in the northern part. Finally, this location is selected to be proposed as the most appropriate for a wind park installation.

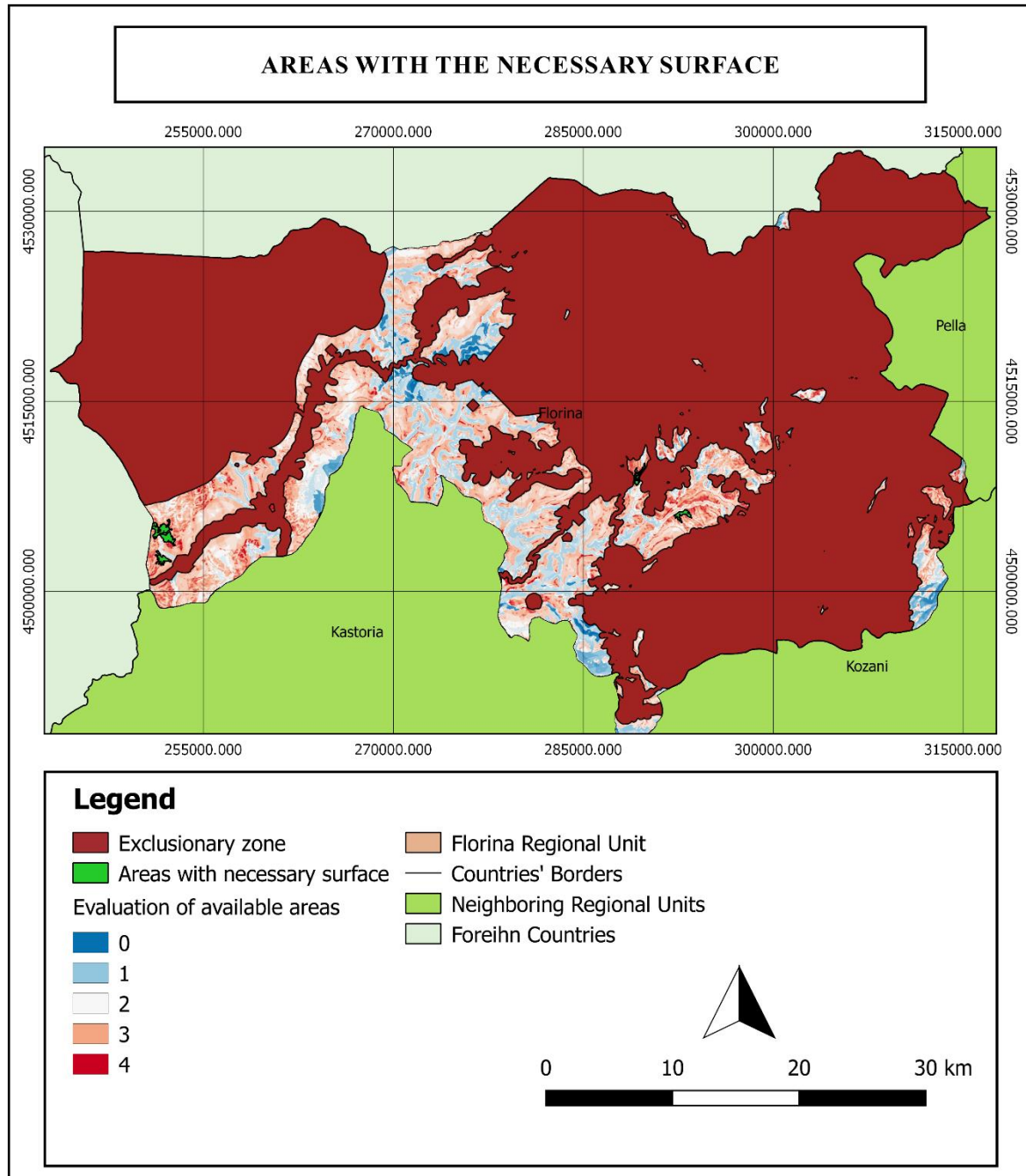


Figure 3: Areas with the necessary surface.

Conclusions

The contribution of Renewable Energy Sources to addressing the global energy problem is proving to be particularly decisive. In Greece, there is a continuous increase in the share of energy from Renewable Energy Sources, mainly from wind and solar energy. The present MSc thesis has focused on wind energy and more specifically, in the sense of Florinas's wind

potential exploitation, by implementing of a GIS-based methodology for the estimation of the most suitable location for wind park installation.

From the present research work, it is concluded that the optimal location of wind farms is a complex issue that combines financial, environmental and social factors. This installation should be the result of a wider design so that the integration of wind farms will be done harmoniously in order to mitigate and prevent the impact that installation may cause in both man-made and natural environment. At the same time, the viability and functionality of these facilities should be ensured.

In the present thesis, the most suitable locations for a wind farm installation in the Regional Unit of Florina were investigated and evaluated. A detailed description of the Greek Special Framework of Spatial Planning and Sustainable Development for Renewable Energy is also included, guidelines which were taken into account in the present analysis and which led to the exclusion and evaluation criteria that were imposed in the context of the GIS-based analysis. The final (proposed) location is an area of 1,426 km², in the northern part of Florina regional unit, and this was chosen by evaluating two suitable positions. The final one is chosen because it concentrates a large number of desirable attributes, such as, higher suitability score, the required surface area, better proximity/road accessibility and because it satisfies the criterion of lower acoustic nuisance (distance from the nearest settlement).

1. Εισαγωγή

1.1. Γενικά

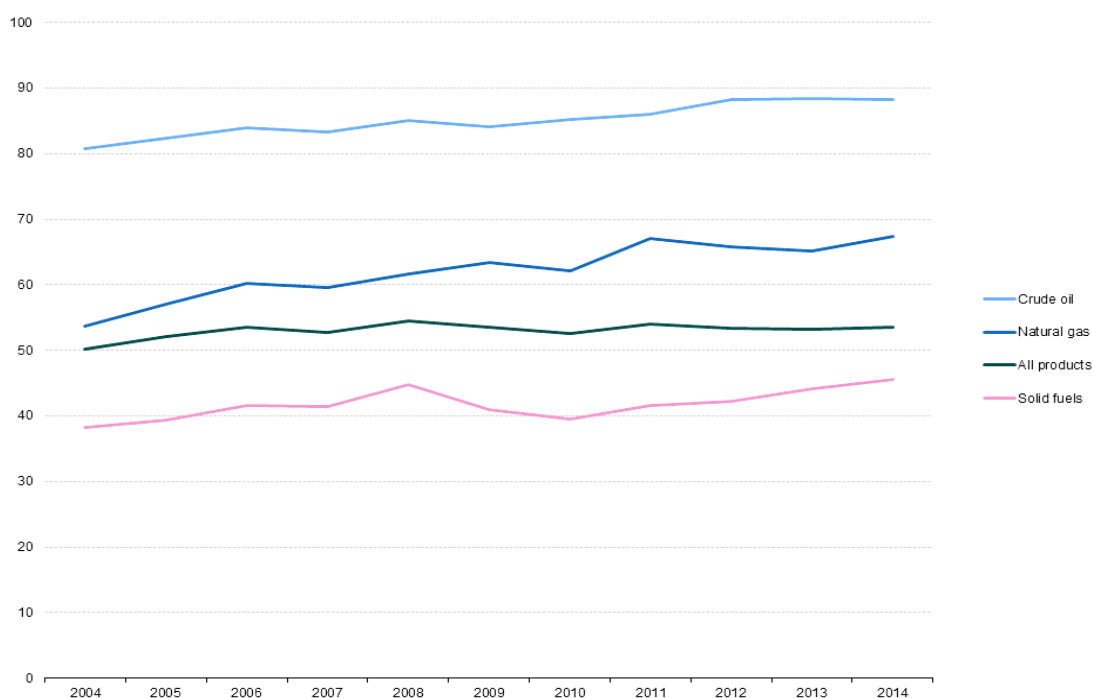
Η ζωή και η ενέργεια είναι δυο έννοιες άρρηκτα συνδεδεμένες, δεδομένου ότι μεγάλο μέρος των ανθρώπινων δραστηριοτήτων εξαρτάται από αυτήν. Άμεσο συμπέρασμα αυτού είναι πως η ενέργεια βρίσκεται παντού και μας περιβάλλει, ασχέτως αν μπορούμε να την παρατηρήσουμε ή να την αντιληφθούμε. Ωστόσο, ο άνθρωπος και ο περιβάλλον χώρος του φαίνεται, πλέον, εξαρτημένος από τη χρήση συμβατικών πηγών ενέργειας. Οι ορυκτοί πόροι (πετρέλαιο, φυσικό αέριο και άνθρακας) χρησιμοποιούνται για τις μεταφορές, τη θέρμανση και την παραγωγή και καταναλώνονται χωρίς να εξασφαλίζεται η ύπαρξη τους για την κάλυψη των αναγκών της κοινωνίας στο μέλλον. Αποτέλεσμα αυτού, είναι η εμφάνιση σοβαρών περιβαλλοντικών ζητημάτων όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση (χημική και θερμική), η ρύπανση του νερού, η υποβάθμιση του εδάφους από τα στερεά απόβλητα και ο θόρυβος. Η μείωση των παραπάνω επιπτώσεων μπορεί να επιτευχθεί μέσω της καλύτερης διαχείρισης των συμβατικών πηγών αλλά και με τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην καθημερινότητα μας.

Στο πλαίσιο εύρεσης νέων πηγών ενέργειας, η Ευρώπη παρουσιάζεται ανεξάρτητη από την πολιτική των μελών-κρατών της και κινείται σε αγορές ενέργειας απελευθερωμένες, ανταγωνιστικές και ευρύτερα παγκοσμιοποιημένες. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζει την εισαγωγή ενέργειας και κάνει αναγκαία τη διαμόρφωση κοινής ενεργειακής πολιτικής για το σύνολο των χωρών της. Η πολιτική αυτή έχει ως άξονες την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και τη διατήρηση της ανταγωνιστικότητας.

Ενεργειακή κατάσταση στην Ευρώπη

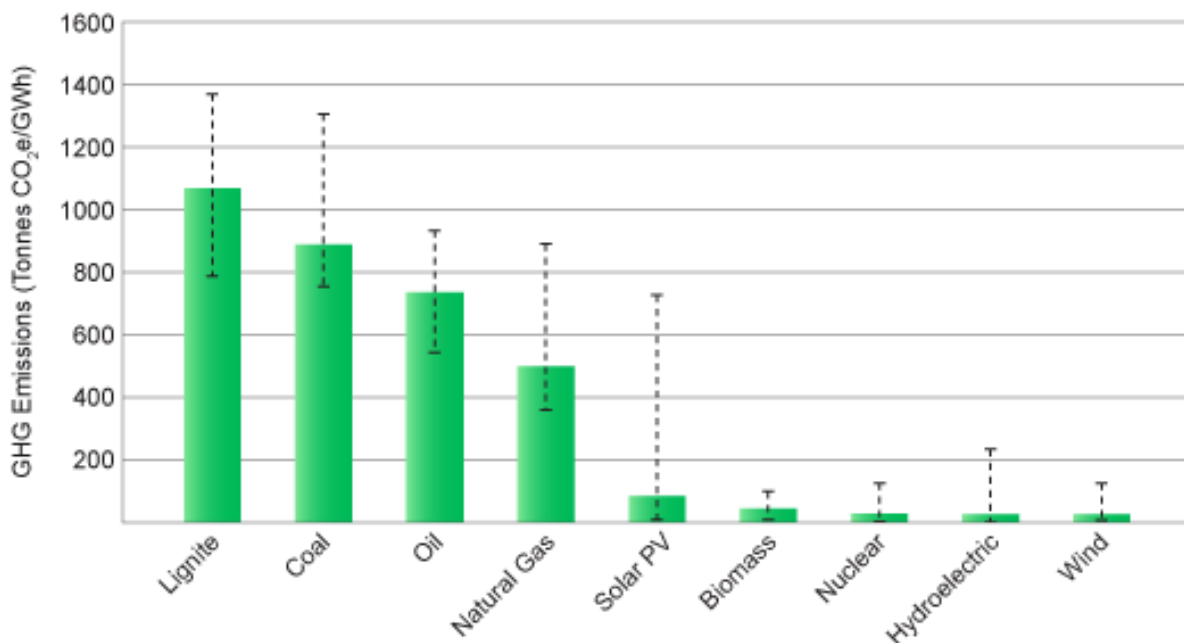
Βασιζόμενη στην παραπάνω πολιτική, η Ευρώπη εξαρτάται ενεργειακά από τις παγκόσμιες αγορές, ειδικά για πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Η παραγωγή ενέργειας υστερεί έναντι των αναγκών κατανάλωσης και αυτό θέτει προβληματισμούς για την ασφάλεια του εφοδιασμού. Το 2014, το 53,5 % της ακαθάριστης εγχώριας ενέργειας της Ε.Ε. καλύφθηκε από εισαγόμενες πηγές.⁽¹⁾ Σε παγκόσμια κλίμακα, η Ευρώπη καταναλώνει το 1/5 της ενέργειας που παράγεται σε όλο τον κόσμο.

Οι επιπτώσεις στην οικονομία είναι μεγάλες εξαιτίας αυτής της ενεργειακής εξάρτησης, αν και με την εμφάνιση της οικονομικής κρίσης η κατάσταση παγιώθηκε. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια διαφοροποίηση στους προμηθευτές ενέργειας στην Ευρώπη, με τη Ρωσία, ωστόσο, να παραμένει κύριος εισαγωγέας πετρελαίου και φυσικού αερίου. Πέρα από τη Ρωσία, αγορά πετρελαίου γίνεται, επίσης, από τα κράτη-μέλη του Οργανισμού Εξαγωγών Πετρελαιοπαραγωγών Χωρών (ΟΠΕΚ), ενώ φυσικό αέριο προμηθεύονται από την Αλγερία και τη Νορβηγία. Το ετήσιο κόστος των εισαγωγών αγγίζει τα 400 δισεκατομμύρια ευρώ ετησίως. Το γεγονός αυτό, αφήνει την Ευρώπη εκτεθειμένη σε μια ενδεχόμενη εφοδιαστική διαταραχή.(2) Για το λόγο αυτό, οφείλει να δέχεται τις τιμές που αποφασίζουν οι παγκόσμιες αγορές, ώστε να μην θέσει σε κίνδυνο τη προμήθεια ενέργειας.



Σχήμα 1.1: Ποσοστό ενεργειακής εξάρτησης, EU-28, 2004-2014 (Eurostat)

Πέρα από την οικονομία, οι εισαγωγές και η χρήση συμβατικών πηγών ενέργειας προκαλούν προβλήματα στο περιβάλλον. Η κλιματική αλλαγή είναι κυρίως ανθρωπογενής και οφείλεται στο μεγαλύτερο μέρος της στα εκλυόμενα στην ατμόσφαιρα «αέρια του θερμοκηπίου», τα περισσότερα από αυτά λόγω της καύσης ορυκτών καυσίμων για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών.(3) Αυτό αφορά άμεσα τον τομέα της ενέργειας, ο οποίος εξαρτάται κατά 80% και πλέον από τα ορυκτά καύσιμα, τα οποία εκπέμπουν κατά την καύση τους διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το κυριότερο αέριο του θερμοκηπίου. Έτσι, η ενεργειακή ασφάλεια και η οικονομική ανάκαμψη στην Ευρώπη μπορεί να οριστεί με τη μείωση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων και την αύξηση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.



Σχήμα 1.2: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά μορφή παραγωγής ενέργειας (World Nuclear Association)

Στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ανακοίνωσε το Νοέμβριο του 2010 ένα νέο πρόγραμμα με θέμα την κοινή Ευρωπαϊκή Ενεργειακή Στρατηγική, για την περίοδο 2011-2020, με όνομα «Ενέργεια 2020». Το πρόγραμμα θέτει ενεργειακές προτεραιότητες για την Ε.Ε. για την επόμενη δεκαετία και στόχος αυτού είναι η υλοποίηση του «πακέτου 20-20-20». Το πακέτο αυτό ορίζει την παραγωγή του 20% της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, 20% μείωση των εκλυόμενων ρύπων και 20% εξοικονόμηση ενέργειας. (4) Ακολουθώντας η Ευρώπη αυτή την πολιτική κατάφερε να αυξήσει την παραγωγική της ικανότητα στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Συγκεκριμένα, το 2011 το 70% των ηλιακών συλλεκτών (πάνω από 100 GW) που εγκαταστάθηκαν σε όλο τον κόσμο, άνηκε στην Ε.Ε., ενώ το 2014 η χρήση των ΑΠΕ είχε φτάσει ήδη στο 16%. Επίσης, σημαντικός είναι και ο περιορισμός των εκπομπών αερίων κατά 18% την περίοδο 1990-2012, ποσοστό αρκετά κοντά στον αρχικό στόχο του σχεδίου δράσης της Ε.Ε..

Η επέκταση στην αγορά των ανανεώσιμων πηγών επέφερε αρκετά οικονομικά οφέλη. Αρχικά, η ελάττωση των εισαγωγών ορυκτών καυσίμων βοήθησε στην εξοικονόμηση κεφαλαίου, το οποίο δόθηκε για την προώθηση της ενεργειακής πολιτικής. Αποτέλεσμα αυτού αποτέλεσε η μείωση του κόστους των εγκαταστάσεων για τις ΑΠΕ αλλά και η ανάπτυξη του τομέα της

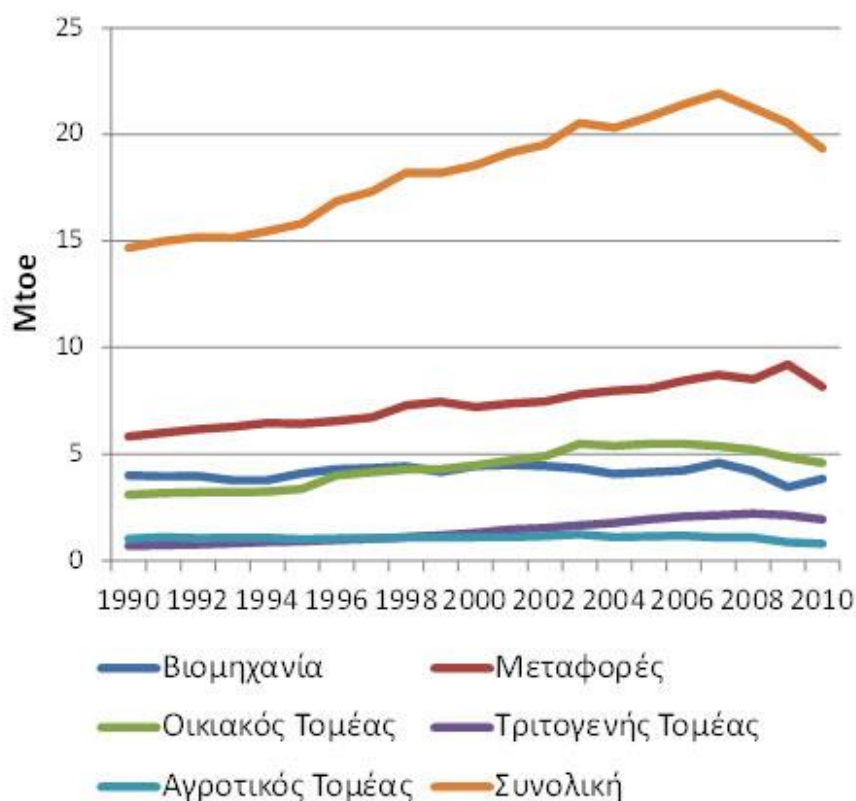
«πράσινης» τεχνολογίας στην Ευρώπη. Η στροφή προς την ενέργεια οδήγησε στην αύξηση των θέσεων εργασίας στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών, προσδοκώντας το 2020 να απασχολούνται πάνω από τέσσερα εκατομμύρια σε ολόκληρη την Ε.Ε.. Για τους παραπάνω λόγους, οι ΑΠΕ βρίσκονται στο επίκεντρο της ευρωπαϊκής μακροπρόθεσμης ενεργειακής στρατηγικής, συμβάλλοντας στη μεγαλύτερη ενεργειακή της ανεξαρτησία. Η πλήρης άνθηση αυτού του κλάδου συμβάλλει στην τεχνολογική πρωτοπορία της Ευρώπης δημιουργώντας νέες «πράσινες» θέσεις εργασίας στις χώρες της ΕΕ και οδηγώντας σε εξαγωγές υψηλής προστιθέμενης αξίας.(3)

Ωστόσο, η Ευρωπαϊκή Ενεργειακή Πολιτική δεν περιορίζεται στη δεκαετία 2011-2020, αφού έχει ορίσει στόχους μέχρι και το 2050. Συγκεκριμένα για το 2030, προσδοκεί μείωση των εκπομπών αερίου κατά 40%, άντληση του 27% της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, αύξηση της ενεργειακής απόδοσης 27-30% και διασύνδεση του 15% της ηλεκτρικής ενέργειας. Ενώ, για το 2050 θέτει μείωση των εκπομπών αερίου κατά 85-90%, σε σχέση με τις τιμές του 1990.(4)

Ενεργειακή κατάσταση στην Ελλάδα

Ο τομέας της ενέργειας στην Ελλάδα χαρακτηρίζεται από μια μη αποδοτική κατανάλωση, ειδικά στους τομείς των μεταφορών, της βιομηχανίας και της κατοικίας. Συγκεκριμένα, κατά την ΣΤΚ του 2009, οι μεταφορές είχαν το 41% της ενέργειας, ενώ η κατοικία και η βιομηχανία είχαν το 24% και το 21% αντίστοιχα. Η απουσία εσωτερικής παραγωγής ενέργειας οδηγεί σε αδυναμία πλήρωσης των ενεργειακών αναγκών και σε εξάρτηση της χώρας από εξωτερικό εφοδιασμό, ο οποίος είναι εξαιρετικά δαπανηρός για την οικονομία της.

Το πετρέλαιο αποτελεί την κύρια πηγή ενέργειας παρά την σημαντική μείωση του από το 1973 έως το 2010. Ο λιγνίτης βρίσκεται δεύτερος στην κατάταξη και το μεγαλύτερο μέρος του προορίζεται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο τελευταίος μαζί με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κάλυψαν, κατά το 2010, το 1/3 των ενεργειακών αναγκών της χώρας και για τα υπόλοιπα 2/3 χρησιμοποιήθηκαν το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Τα δύο τελευταία αποτελούν εξ' ολοκλήρου εισαγόμενες πηγές ενέργειας με το φυσικό αέριο να προμηθεύεται για πρώτη φορά το 1996. Από την άλλη, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας απέκτησαν δυναμικό ρόλο στον εγχώριο ενεργειακό τομέα στα τέλη της δεκαετίας του '90.



Σχήμα 1.3: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα για τα έτη 1990-2010 (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας).

Η προμήθεια του πετρελαίου και του φυσικού αερίου από εξωτερικές αγορές καθιστά τη χώρα ευάλωτη σε θέματα προσφοράς. Το προβληματισμό για την εξάρτηση αυτή εντείνει το γεγονός ότι, κατά τη περίοδο 2004-2008, παρατηρήθηκε διπλασιασμός της αξίας του αργού πετρελαίου. Το γεγονός αυτό, οδήγησε στην αύξηση και της τιμής του φυσικού αερίου, αφού η κίνηση των αγορών είναι άμεσα εξαρτημένη. Συνέπεια του γεγονότος ήταν η αύξηση του κόστους των εισαγωγών, εντείνοντας την οικονομική επιβάρυνση της χώρας. Ωστόσο, εξαιτίας της κοινής ευρωπαϊκής πολιτικής, η ενεργειακή εξάρτηση παρουσιάζει μείωση με την πάροδο των χρόνων, αλλά εξακολουθεί να τοποθετείται πάνω από το κοινοτικό μέσο όρο. Συγκεκριμένα, το 2006 το ποσοστό της άγγιξε το 72% ενώ το 2014 βρισκόταν στο 62,1%. (5)

Όσον αφορά τους προμηθευτές της χώρας, η Ρωσία είναι σχεδόν αποκλειστικός εισαγωγέας φυσικού αερίου μέσω αγωγών, καλύπτοντας συνολικά το 65% των ετήσιων αναγκών της, και παράλληλα ο μεγαλύτερος προμηθευτής πετρελαίου, καλύπτοντας το 2014 το 41% της συνολικής κατανάλωσης. Άλλες αγορές που προμηθεύουν πετρέλαιο στην Ελλάδα είναι το Καζακστάν, το Ιράκ, η Αίγυπτος και η Λιβύη. Ενώ το φυσικό αέριο εισάγεται κυρίως από τη Ρωσία αλλά και από την Αλγερία και την Τουρκία.



Σχήμα 1.4: Διάγραμμα εξέλιξης ενεργειακών εισαγωγών στην Ελλάδα (The World Bank)

1.2. Αντικείμενο της Εργασίας

Το αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση του αιολικού δυναμικού στη Περιφερειακή Ενότητα Φλώρινας και η χωροθέτηση πιθανών αιολικών πάρκων. Σκοπός της εργασίας είναι η σύνθεση μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογικής προσέγγισης για τον εντοπισμό και την ιεράρχηση των καταλληλότερων περιοχών για τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων.

Για την βέλτιστη εννοιολογική προσέγγιση του αντικειμένου της εργασίας πραγματοποιείται αρχικά μία αναφορά της ενεργειακής κατάστασης τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ελλάδα και της αναγκαιότητας στροφής προς τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Στη συνέχεια γίνεται μία λεπτομερής περιγραφή των μορφών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας που απαντώνται στην Ελλάδα και κυρίως της αιολικής ενέργειας που αποτελεί το αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας.

Όσο αφορά την διερεύνηση του αιολικού δυναμικού στην περιοχή μελέτης και τη χωροθέτηση αιολικού πάρκου η διαδικασία περιλαμβάνει, αρχικά, τον εντοπισμό περιοχών που αποκλείονται από την χωροθέτηση σύμφωνα το παρόν ελληνικό θεσμικό πλαίσιο. Έπειτα υπολογίζεται το αιολικό δυναμικό στις εναπομείναντες περιοχές και διατυπώνεται μία σύνθεση και εφαρμογή κριτηρίων αξιολόγησης, όπως η απόσταση από οικισμούς, από τεχνικές υποδομές και περιοχές περιβαλλοντικού και πολιτιστικού ενδιαφέροντος, των κατάλληλων περιοχών που προκύπτουν. Μετά την αξιολόγηση στις, διαβαθμισμένες πια, κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης γίνεται επιλογή της βέλτιστης θέσης του αιολικού πάρκου.

1.3. Διάρθρωση

Πιο αναλυτικά, στο πρώτο (1ο) εισαγωγικό κεφάλαιο της εργασίας που προηγήθηκε επισημάνθηκε η αυξανόμενη χρήση της ενέργειας σήμερα και η αναγκαιότητα που προκύπτει για στροφή στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Παρουσιάστηκε η ενεργειακή κατάσταση στην Ευρώπη αλλά και στην Ελλάδα και δόθηκε εν συντομία το αντικείμενο και η διαδικασία προσέγγισής του στην παρούσα εργασία.

Στο δεύτερο (2ο) κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και πιο συγκεκριμένα στις μορφές τους και στην εξέλιξη τους σε ελλαδικό, Ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο. Επίσης αναλύεται περισσότερο η αιολική ενέργεια, την οποία αφορά η παρούσα εργασία, τα πλεονεκτήματα, τα μειονεκτήματα και οι περιορισμοί της. Ακόμη, παρατίθενται στατιστικά στοιχεία που αφορούν την ελληνική ενεργειακή αγορά ως προς τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Στο κεφάλαιο αυτό, τέλος, γίνεται περιγραφή των κανονισμών, των παραμέτρων και των διατάξεων που αφορούν την αιολική ενέργεια σύμφωνα με το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΠΧΣΑΑ) για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Στο τρίτο (3ο) κεφάλαιο, παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση της περιοχής μελέτης, δηλαδή της περιφερειακής ενότητας Φλώρινας και αναλύονται τα στοιχεία τα οποία εν δυνάμει επηρεάζουν την χωροθέτηση αιολικών σταθμών. Πιο συγκεκριμένα, αναλύονται τα γεωμορφολογικά στοιχεία, τα πληθυσμιακά στοιχεία, οι περιοχές περιβαλλοντικού και πολιτιστικού ενδιαφέροντος, το δίκτυο τεχνικών υποδομών καθώς και το ενεργειακό καθεστώς. Στο τέταρτο (4ο) κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία προσδιορισμού των κατάλληλων περιοχών για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων στο Νομό Φλώρινας. Στο πρώτο κομμάτι αναλύονται τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται και η προέλευσή τους και στη συνέχεια αναφέρονται τα κριτήρια που πρέπει να πληρούν τα δεδομένα με βάση το ελληνικό θεσμικό πλαίσιο για τη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων. Στη συνέχεια υποδεικνύεται ο τρόπος εκτίμησης του αιολικού δυναμικού. Το αιολικό δυναμικό με τα κριτήρια αξιολόγησης που αναφέρονται μετέπειτα συντελούν στην τελική αξιολόγηση των κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης.

Στο πέμπτο (5ο) κεφάλαιο γίνεται η εφαρμογή της μεθοδολογίας που περιεγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η εφαρμογή πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών σε περιβάλλον QGIS. Πιο συγκεκριμένα δίνονται τα απαραίτητα δεδομένα, τα οποία λαμβάνονται υπόψη ως κριτήρια αποκλεισμού περιοχών για λόγους

ασφαλείας, λειτουργικότητας και για κοινωνικούς λόγους όπως ορίζονται από το θεσμικό πλαίσιο. Οι περιοχές που προκύπτουν τελικά, αξιολογούνται με τη Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης με βάση τέσσερις παράγοντες: την απόσταση από το οδικό δίκτυο, τις κλίσεις, την ταχύτητα ανέμου και την κοινωνική αποδοχή. Έτσι, στο τέλος προκύπτει η τελική κατάταξη των διαθέσιμων περιοχών ως προς την καταλληλότητα τους για τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων.

Στο τελευταίο, έκτο (6ο), κεφάλαιο γίνεται σύνοψη της εργασίας καθώς και παράθεση των συμπερασμάτων τα οποία προκύπτουν από το σύνολο της. Ακόμη δίνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα με βάση τα στοιχεία που προέκυψαν στην παρούσα μελέτη.

Στο τέλος της εργασίας, παρατίθενται οι βιβλιογραφικές πηγές οι οποίες περιλαμβάνουν το νομοθετικό πλαίσιο που χρησιμοποιήθηκε και την ελληνική και ξενόγλωσση βιβλιογραφία καθώς και τις ηλεκτρονικές πηγές που συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της εργασίας.

2. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

2.1. Γενικά

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι οι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία και η κυκλοφορία του νερού. Συγκεκριμένα σύμφωνα με την οδηγία 2009/28/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, ως ενέργεια από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές θεωρείται η αιολική, ηλιακή, αεροθερμική, γεωθερμική, υδροθερμική και ενέργεια των ωκεανών, υδροηλεκτρική, από βιομάζα, από τα εκλύόμενα στους χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από αέρια μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και από βιοαέρια. Η χρήση τους δεν απαιτεί κάποια ενεργητική παρέμβαση (πχ εξόρυξη, άντληση ή καύση), όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς συγκεκριμένο τρόπο εκμετάλλευσης της ήδη υπάρχουσας ροής της ενέργειας στη φύση. Επίσης, κατά τη χρήση τους, μειώνονται οι εκπομπές βλαβερών αερίων και ο αρνητικός αντίκτυπος στο περιβάλλον, θέτοντας αυτές ως αναγκαία συνθήκη για την καταπολέμηση των οικολογικών προβλημάτων. (8)

Το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των τεχνολογιών εκμετάλλευσης των ΑΠΕ εμφανίσθηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1974 και παγιώθηκε μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων την τελευταία δεκαετία. Ωστόσο, η υψηλή, μέχρι πρόσφατα, τιμή των ενεργειακών εφαρμογών για τις ανανεώσιμες πηγές, σε συνδυασμό με τις πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες για τη διατήρηση της παρούσας κατάστασης, εμπόδιζαν την ανάπτυξη τους στο ενεργειακό καθεστώς. Παρότι, όπως υπολογίζεται, το εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό από τις ΑΠΕ είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.

Οι ανανεώσιμες πηγές αποτελούν, πλέον, κυρίαρχο στοιχείο της ευρωπαϊκής και της παγκόσμιας ενεργειακής πολιτικής. Πολλές χώρες ανά τον κόσμο έχουν υιοθετήσει τις ΑΠΕ ως βασική πηγή ενέργειας, με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο. Ειδικότερα, σύμφωνα με τη Διεθνή Υπηρεσία Ενέργειας, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούσαν το 2012, περίπου το 13,2% του συνολικού ενεργειακού εφοδιασμού παγκοσμίως, ενώ το 2013 αντιπροσωπεύαν σχεδόν το 22%, μια αύξηση σημαντική στα χρονικά διαστήματα ενός έτους. Η στροφή προς τη χρήση φιλικών προς το περιβάλλον πηγών ενέργειας, συνεισφέρει στο ενεργειακό ισοζύγιο, συμβάλλει στη μείωση εισαγωγής αργού πετρελαίου και ενισχύει την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού. (9)

2.1.1. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών

Παρά τη θετική εικόνα που προωθείται για τις ανανεώσιμες πηγές, υπάρχουν ακόμα στοιχεία που δυσχεραίνουν την ακόμα την πλήρη αξιοποίηση τους. Έτσι, προκύπτουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης τους.(9)

Πλεονεκτήματα

- Αποτελούν ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από τους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- Είναι γεωγραφικά διεσπαρμένες και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος. Έτσι, δίνετε η δυνατότητα να καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας τα συστήματα υποδομής ενώ παράλληλα μειώνονται οι απώλειες μεταφοράς ενέργειας.
- Δίνουν τη δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης μορφής ενέργειας που είναι προσαρμοσμένη στις ανάγκες του χρήστη, επιτυγχάνοντας πιο ορθολογική εκμετάλλευση των ενεργειακών πόρων.
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος, το οποίο επιπλέον δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Οι επενδύσεις των ΑΠΕ δημιουργούν θέσεις εργασίας ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- Μπορούν να αποτελέσουν πυρήνα για την ανάπτυξη υποβαθμισμένων, οικονομικά και κοινωνικά, περιοχών και πόλο έλξης για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση επενδύσεων στις ΑΠΕ.
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο και η αξιοποίησή τους είναι ευνοϊκή προς το χρήστη.

Μειονεκτήματα

- Το διεσπαρμένο δυναμικό τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί σε μεγάλα μεγέθη ισχύος ώστε να μεταφερθεί και να αποθηκευτεί.
- Έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος και ενέργειας και συνεπώς για μεγάλη παραγωγή απαιτούνται συχνά εκτεταμένες εγκαταστάσεις.

- Παρουσιάζουν συχνά διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητά τους που μπορεί να είναι μεγάλης διάρκειας απαιτώντας την εφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών ή γενικά δαπανηρές μεθόδους αποθήκευσης.
- Η χαμηλή διαθεσιμότητά τους συνήθως οδηγεί σε χαμηλό συντελεστή χρήσης των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσής τους.
- Το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος σε σύγκριση με τις σημερινές τιμές των συμβατικών καυσίμων παραμένει ακόμη υψηλό.

2.1.2. Μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Οι βασικές μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που εντοπίζονται στον ελλαδικό χώρο είναι οι εξής: (8)

- Η αιολική ενέργεια,
- Η ηλιακή ενέργεια,
- Η υδροηλεκτρική ενέργεια,
- Η βιομάζα,
- Η γεωθερμική ενέργεια,
- Η κυματική ενέργεια,
- Η παλιρροϊκή ενέργεια.

Στη συνέχεια θα γίνει μία ανάλυση των παραπάνω μορφών ενέργειας με αναφορές στους κύριους τρόπους εκμετάλλευσής τους.

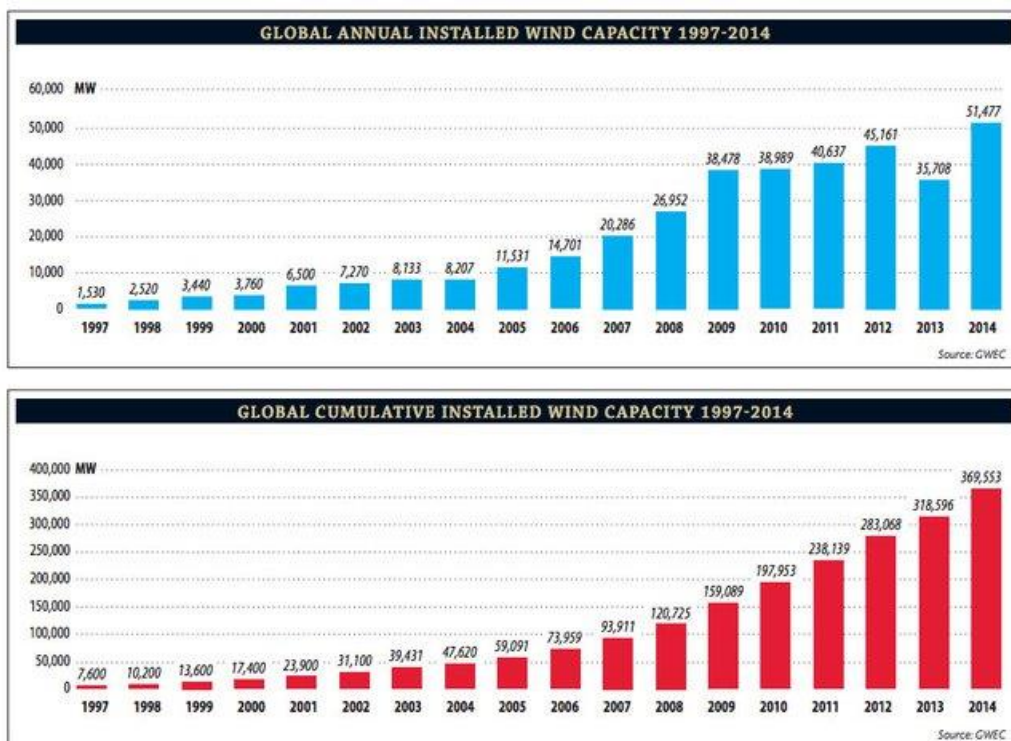
2.1.2.1. Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό τους ανέμους. Η εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου από τον άνθρωπο βρίσκει της ρίζες της στην αρχαιότητα με τη χρήση ιστιοφόρων και ανεμόμυλων. Σήμερα, η αξιοποίηση της γίνεται με τη χρήση ανεμογεννητριών. Στο $\frac{1}{4}$ του συνόλου της γης παρατηρούνται άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1m/sec, σε ύψος 10 m πάνω από το έδαφος. Όταν οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή την τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Άλλωστε το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί

σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την " πρώτη" περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας.

Η Ελλάδα διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό, σε αρκετές περιοχές της Νότιας και Νησιωτικής Ελλάδας. Από το 1982, οπότε εγκαταστάθηκε από τη ΔΕΗ το πρώτο αιολικό πάρκο στην Κύθνο, μέχρι και σήμερα έχουν κατασκευασθεί στην Άνδρο, στην Εύβοια, στη Λήμνο, Λέσβο, Χίο, Σάμο και στην Κρήτη εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο συνολικής ισχύος πάνω από 30 Μεγαβάτ (MW). Σε αυτές τις περιοχές συναντώνται και τα περισσότερα αιολικά πάρκα, τα οποία αποτελούνται από συστοιχίες ανεμογεννητριών σε βέλτιστη διάταξη για την καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού. Μεγάλο ενδιαφέρον επίσης εκδηλώνει και ο ιδιωτικός τομέας για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, ιδιαίτερα στην Κρήτη, όπου το Υπουργείο Ανάπτυξης έχει εκδώσει άδειες εγκατάστασης για νέα αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος δεκάδων MW.

Η αιολική ενέργεια είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Η εκμετάλλευση του υψηλού της δυναμικού στη χώρα μας, σε συνδυασμό με τη ραγδαία ανάπτυξη των τεχνολογιών που ενσωματώνεται στις σύγχρονες αποδοτικές ανεμογεννήτριες, έχει τεράστια σημασία για τη βιώσιμη ανάπτυξη, την εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων, την προστασία του περιβάλλοντος και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.



Σχήμα 2.1: Παγκόσμια ετήσια (πάνω) και αθροιστική (κάτω) εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας από το 1997 έως το 2014 (Green Science)

Παραγωγική διαδικασία

Τα συστήματα ενεργειακής μετατροπής του αέρα στοχεύουν στην μετατροπή της κινητικής ενέργειας που προκύπτει από την μετακίνηση του αέρα σε μηχανική ενέργεια. Στη συνέχεια η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

Η διαθέσιμη ισχύς του ανέμου είναι:

$$P=\alpha \cdot \rho \cdot \pi r^2 \cdot u^{3/2}$$

όπου P η ισχύς σε watt,
 α μια σταθερά απόδοσης,
 ρ η πυκνότητα του αέρα σε kg ανά κυβικό μέτρο,
 r η ακτίνα της ανεμογεννήτριας σε μέτρα και
 u η ταχύτητα του ανέμου σε m/s.

Από την παραπάνω εξίσωση προκύπτουν τρεις φυσικοί νόμοι οι οποίοι διέπουν τη ποσότητα της διαθέσιμης ενέργειας μέσω του αέρα. Συγκεκριμένα:

Ο πρώτος αναφέρει πως η δύναμη που παράγεται από τη γεννήτρια είναι ανάλογη προς την κυβική δύναμη της ταχύτητας του αέρα. Παραδείγματος χάρη, εάν διπλασιαστεί η ταχύτητα του αέρα, η διαθέσιμη ισχύς οκταπλασιάζεται, ενώ εάν η ταχύτητα αέρα τριπλασιαστεί, είκοσι επτά φορές περισσότερη ισχύ είναι διαθέσιμη.

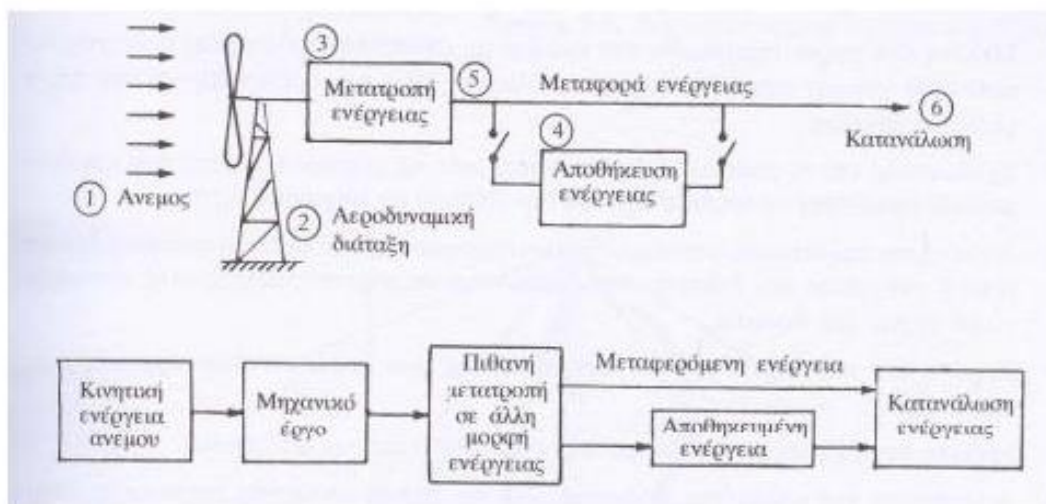
Ο δεύτερος δηλώνει ότι η διαθέσιμη δύναμη είναι ανάλογη προς το εμβαδόν σάρωσης των πτερυγίων. Αυτή η δύναμη είναι ανάλογη προς το τετράγωνο του μήκους των πτερυγίων. Παραδείγματος χάριν, ο διπλασιασμός του μήκους των πτερυγίων θα αυξήσει την ισχύ τέσσερις φορές, και ο τριπλασιασμός του μήκους των πτερυγίων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

Και ο τρίτος ορίζει ότι στις ανεμογεννήτριες υπάρχει μια μέγιστη θεωρητική αποδοτικότητα της τάξης του 59%. Στην πράξη, οι περισσότερες ανεμογεννήτριες είναι πολύ λιγότερο αποδοτικές από αυτό, και οι διαφορετικοί τύποι σχεδιάζονται για να έχουν τη μέγιστη αποδοτικότητα με τις διαφορετικές ταχύτητες αέρα. Οι καλύτερες ανεμογεννήτριες έχουν αποδοτικότητα μεταξύ του 35 - 40%, ενώ σχεδιάζονται για να λειτουργήσουν μεταξύ ορισμένων ταχυτήτων αέρα. (Κατσίγιαννης 2012)

Ανεμογεννήτριες

Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της περρωτής, πραγματοποιείται η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της περρωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνεται η μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. (10)

Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή από την αρχαιότητα και ο άνθρωπος την εκμεταλλεύτηκε εδώ και πολλά χρόνια με τους ανεμόμυλους. Στους ανεμόμυλους η κινητική ενέργεια που παράγεται από τον αέρα μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια. Την ενέργεια αυτή ο άνθρωπος την χρησιμοποίησε για να κάνει την οποιαδήποτε εργασία, όπως την άντληση του νερού, το άλεσμα των σιταριών ή την κίνηση των μηχανημάτων. Η σημερινή ανεμογεννήτρια είναι μια εξελιγμένη έκδοση ενός ανεμόμυλου.



Σχήμα 2.2: Διαδικασία εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας και διάγραμμα ροής ενέργειας (ΤΕΙ Κρήτης)

Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για την πλήρη κάλυψη ή και τη συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών. Το παραγόμενο από τις ανεμογεννήτριες ηλεκτρικό ρεύμα είτε καταναλώνεται επιτόπου, είτε εγχέεται και διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί αλλού. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (Η/Ε) από τις Α/Γ, όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, συχνά αποθηκεύεται για να χρησιμοποιηθεί αργότερα. Η αποθήκευση σήμερα γίνεται με δύο οικονομικά βιώσιμους τρόπους, ανάλογα με το μέγεθος της παραγόμενης ενέργειας. Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) είναι η πλέον γνωστή και διαδεδομένη μέθοδος αποθήκευσης Η/Ε, η οποία χρησιμοποιείται για μικρής κλίμακας

παραγωγικές μη διασυνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο μονάδες. Ενώ για μεγάλη παραγόμενη Η/Ε, η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η άντληση ύδατος με χρήση Η/Ε παραγόμενης από ανεμογεννήτριες και η ταμίευσή του σε τεχνητές λίμνες κατασκευασμένες σε υψόμετρο το οποίο είναι ικανό να τροφοδοτήσει υδροηλεκτρικό σταθμό. (Κατσίγιαννης 2012)

Οι βασικές κατηγορίες αιολικών μηχανών είναι δύο: οριζόντιου άξονα (Horizontal Axis Wind Turbines - HAWT), που είναι και η συνηθέστερη, και κατακόρυφου άξονα (Vertical Axis Wind Turbines – VAWT). Η βασική τους διαφορά είναι στη θέση του δρομέα. Στις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα ο δρομέας είναι τύπου έλικα και βρίσκεται σε θέση παράλληλη με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους, ενώ στις ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα ο δρομέας παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους. Επιπλέον, στις ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα ο ρότοράς τους είναι έτσι σχεδιασμένος ώστε να μπορεί να αποδίδει ανεξάρτητα από την κατεύθυνση του ανέμου. (13)

Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα διαθέτουν, συνήθως, ρυθμιζόμενη κλίση πτερύγια ώστε να ελέγχεται η απόδοση της μηχανής ανάλογα με την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου. Στην αγορά έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, με δύο ή τρία πτερύγια σε ποσοστό 90%.

Από την άλλη, στις ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα ο μηχανισμός περιστρέφεται περί τον κατακόρυφο άξονα. Οι ανεμογεννήτριες αυτές δεν επηρεάζονται από την αλλαγή της κατεύθυνσης του ανέμου και για αυτό το λόγο είναι απλούστερες στην κατασκευή τους. (11, 12)

Μηχανικές Λεπτομέρειες Ανεμογεννήτριας

Τα κυριότερα μέρη μιας ανεμογεννήτριας οριζόντιου τύπου είναι τα εξής:

- *Ο δρομέας*, που αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια από ενισχυμένο πολυεστέρα . Τα πτερύγια προσδένονται πάνω σε μια πλήμνη είτε σταθερά , είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από το διαμήκη άξονα τους μεταβάλλοντας το βήμα .
- *Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης*, αποτελούμενο από τον κύριο άξονα, τα έδρανα του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών , το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας. Η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή κατά την κανονική λειτουργία της μηχανής.
- *Η ηλεκτρική γεννήτρια*, σύγχρονη ή επαγωγική με 4 ή 6 πόλους η οποία συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και βρίσκεται συνήθως πάνω στον πύργο της

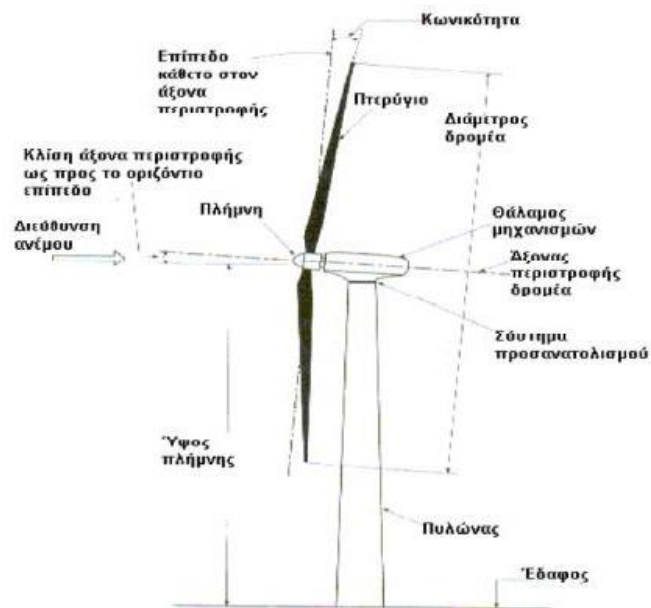
ανεμογεννήτριας . Υπάρχει και το σύστημα πέδης το οποίο είναι ένα συνηθισμένο δισκόφρενο που τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας.

- Το σύστημα προσανατολισμού, αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου.
- Ο πύργος, ο οποίος στηρίζει όλη την παραπάνω ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση. Συνήθως είναι σωληνωτός ή δικτυωτός και σπανίως από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- Ο ηλεκτρονικός πίνακας και ο πίνακας ελέγχου , οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου . Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί , συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας, φροντίζοντας για την απρόσκοπτη λειτουργία της. (Μπίλη, 2017)

Λειτουργικά χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών

Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά μιας ανεμογεννήτριας είναι τα εξής:

- Ταχύτητα εκκίνησης: είναι η ταχύτητα του ανέμου στην οποία η ανεμογεννήτρια αρχίζει να παράγει καθαρή ισχύ. Η ταχύτητα αυτή είναι μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται για να αρχίσουν να περιστρέφονται τα πτερύγια.
- Ταχύτητα αποκοπής: η λειτουργία της ανεμογεννήτριας διακόπτεται μόλις η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την ταχύτητα αποκοπής, για την αποφυγή υπερφόρτισης της.
- Ταχύτητα κατωφλίου εισόδου: είναι η ταχύτητα στην οποία η ανεμογεννήτρια αρχίζει να παράγει καθαρή ισχύ και είναι διαφορετική (μεγαλύτερη) από την ταχύτητα ανέμου που απαιτείται για να ξεκινήσει η περιστροφή του ρότορα.
- Ταχύτητα κατωφλίου εξόδου: είναι η τιμή της ταχύτητας του ανέμου στην οποία η γεννήτρια παράγει ισχύ με ελαττωμένο μηχανικό και αεροδυναμικό φορτίο και χωρίς ηλεκτρικές απώλειες.
- Ονομαστική Ισχύς: είναι η μέγιστη ισχύς που μπορεί να παραχθεί συνεχώς κατά την κανονική λειτουργία της ανεμογεννήτριας.
- Ονομαστική ταχύτητα: η ταχύτητα του ανέμου για την οποία παράγεται η ονομαστική ισχύς.
- Ωφέλιμη ισχύς παράγεται μεταξύ των ταχυτήτων κατωφλίου εισόδου και εξόδου. (Μπίλη, 2017)



Σχήμα 2.3: Μέρη τυπικής ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα, ανάντη και κατάντη διάταξη δρομέα (ΤΕΙ Κρήτης)

Λειτουργία τυπικής ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα

Οι περισσότερες ανεμογεννήτριες του εμπορίου σήμερα ανήκουν σε αυτή την κατηγορία κυρίως επειδή παρουσιάζουν υψηλό αεροδυναμικό συντελεστή. Βέβαια, πρέπει να σημειωθεί ότι σε αυτές τις ανεμογεννήτριες το κιβώτιο ταχυτήτων και η γεννήτρια πρέπει να τοποθετηθούν στην κορυφή του πυλώνα στήριξης γεγονός που τις καθιστά ακριβές. Ένα άλλο μειονέκτημα τους, είναι η ανάγκη ύπαρξης ουριαίου πτερυγίου ή σερβομηχανισμού για τον προσανατολισμό του δρομέα προς τον άνεμο.

Ανάλογα με τον αριθμό των πτερυγίων τους οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα ταξινομούνται σε μονόπτερες, δίπτερες, τρίπτερες ή πολύπτερες. Οι μονόπτερες είναι φθηνότερες λόγω των λιγότερων πτερυγίων. Η πλειοψηφία των ανεμογεννητριών που χρησιμοποιούνται είναι αυτές με τρία πτερύγια διότι είναι πιο σταθερές, καθώς το αεροδυναμικό φορτίο είναι σχετικά ομοιόμορφο και ακόμα επειδή ο δρομέας δεν παράγει αρμονικές διαφορετικές απο 3π , όπου n ακέραιος και p η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα.

Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα χωρίζονται επίσης σε δύο τύπους:

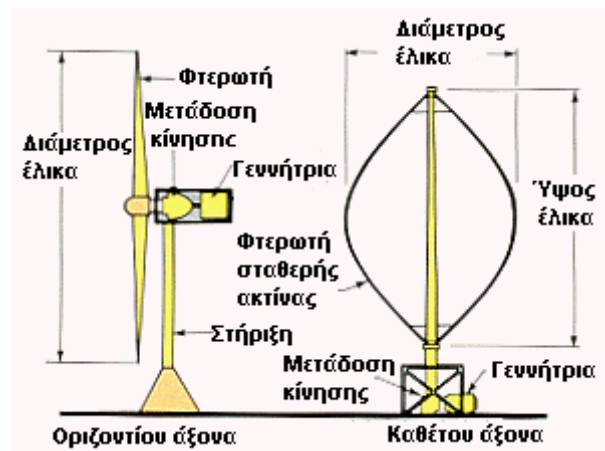
- Στις «Head on» στις οποίες ο άξονας περιστροφής του δρομέα είναι παράλληλος προς την κατεύθυνση του ανέμου
- Και στις «Cross Wind» στις οποίες ο άξονας περιστροφής είναι παράλληλος προς την επιφάνεια της Γης αλλά κάθετος στην κατεύθυνση του ανέμου.

Λειτουργία Τυπικής Ανεμογεννήτριας Κατακόρυφου Άξονα

Οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα έχουν τον άξονα του δρομέα τοποθετημένο κατακόρυφα. Πλεονέκτημα αυτής της διάταξης είναι ότι η μηχανή δε χρειάζεται να προσανατολίζεται προς τον άνεμο για να είναι αποτελεσματική. Αυτό φαίνεται κυρίως σε περιοχές όπου η μεταβλητότητα του ανέμου είναι πολύ μεγάλη. Το κιβώτιο ταχυτήτων και η γεννήτρια τοποθετούνται κοντά στο έδαφος με αποτέλεσμα να είναι εύκολα προσβάσιμα και να μη χρειάζεται πυλώνας στήριξης. Παρόλα αυτά έχουν δυο σοβαρά μειονεκτήματα. Πρώτον, δεν χαρακτηρίζονται από υψηλή απόδοση αφού η ενέργεια του ανέμου είναι μικρότερη όσο βρισκόμαστε κοντά στο έδαφος. Και δεύτερον, έχουν χαμηλή ροπή εκκίνησης με αποτέλεσμα να μην μπορούν να τεθούν σε λειτουργία από μόνες τους.

Οι ανεμογεννήτριες αυτού του τύπου, διαχωρίζονται σε δύο τύπους με βάση τη μέθοδο λειτουργίας τους:

- Ανεμογεννήτριες σταθερής ταχύτητας, όπου ο ρότορας της ανεμογεννήτριας στρέφεται με σταθερό αριθμό στροφών ανεξάρτητα της ταχύτητας του ανέμου.
- Ανεμογεννήτριες μεταβλητής ταχύτητας, όπου η ταχύτητα του ρότορα μεταβάλλεται με ελεγχόμενο τρόπο, ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου.



Σχήμα 2.4: Ανεμογεννήτριες οριζόντιου και κατακόρυφου άξονα (Μαρινάκης Ι.)

Οι ανεμογεννήτριες εμπορικής κλίμακας κυμαίνονται σε μέγεθος από 100 kW έως αρκετά MW ενώ το ύψος του πύργου κυμαίνεται από 50m. έως 135m αναλόγως του τύπου. Οι μεγαλύτερες τουρμπίνες τοποθετούνται σε ομάδες στα αιολικά πάρκα, τα οποία παρέχουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας στο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Οι μικρές, μονές τουρμπίνες, κάτω των 100 kW, χρησιμοποιούνται για σπίτια και για κεραίες τηλεπικοινωνιών, ή για άντληση νερού. Οι μικρές τουρμπίνες μερικές φορές χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με γεννήτριες πετρελαίου,

μπαταρίες και φωτοβολταϊκά συστήματα. Αυτά τα συστήματα ονομάζονται υβριδικά αιολικά συστήματα και συνήθως χρησιμοποιούνται σε μακρινές περιοχές, εκτός δικτύου ηλεκτροδότησης. (10)

2.1.2.2. Ηλιακή Ενέργεια

Ηλιακή ενέργεια ονομάζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας. Το φως και η θερμότητα απορροφούνται από στοιχεία και ενώσεις στη Γη και μετατρέπονται σε άλλες μορφές ενέργειας. Η τεχνολογία σήμερα αξιοποιεί ένα μηδαμινό ποσοστό της καταφθάνουσας στην επιφάνεια του πλανήτη μας ηλιακής ενέργειας με τριών ειδών συστήματα: τα θερμικά ηλιακά, τα παθητικά ηλιακά και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. (14)

Ενεργητικά ή Θερμικά Ηλιακά Συστήματα

Η "καρδιά" ενός ενεργητικού ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης. Ο συλλέκτης αυτός περιλαμβάνει μια μαύρη, συνήθως επίπεδη μεταλλική επιφάνεια, η οποία απορροφά την ακτινοβολία και θερμαίνεται. Πάνω από την απορροφητική επιφάνεια βρίσκεται ένα διαφανές κάλυμμα (συνήθως από γυαλί ή πλαστικό) που παγιδεύει τη θερμότητα (φαινόμενο θερμοκηπίου). Σε επαφή με την απορροφητική επιφάνεια τοποθετούνται λεπτοί σωλήνες μέσα στους οποίους διοχετεύεται κάποιο υγρό, που απάγει την θερμότητα και τη μεταφέρει, με τη βοήθεια μικρών αντλιών (κυκλοφορητές), σε μια μεμονωμένη δεξαμενή αποθήκευσης. (17)

Η πιο απλή και διαδεδομένη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι ηλιακοί θερμοσίφωνες, οι οποίοι απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και στη συνέχεια, τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε κάποιο ρευστό, όπως το νερό για παράδειγμα.

Τα Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα χρησιμοποιούνται για απλή οικιακή ή πιο σύνθετη βιομηχανική χρήση ακόμη και για τη θέρμανση και ψύξη χώρων μέσω κατάλληλων διατάξεων. (15)

Παθητικά Ηλιακά Συστήματα

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούνται από δομικά στοιχεία, κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδυασμένα μεταξύ τους, ώστε να υποβοηθούν την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τον φυσικό φωτισμό των κτιρίων ή για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας μέσα σε αυτά. Τα

παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν την αρχή της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής και μπορούν να εφαρμοσθούν σε όλους σχεδόν τους τύπους κτιρίων. (15)

Το συνηθέστερο παθητικό ηλιακό σύστημα (σύστημα άμεσου κέρδους) βασίζεται στην αξιοποίηση των παραθύρων κατάλληλου προσανατολισμού, σε συνδυασμό με την κατάλληλη θερμική μάζα (βαριά υλικά, όπως πέτρα, πλάκες, μπετόν στους τοίχους και στα δάπεδα, χωρίς να είναι καλυμμένα, π.χ. από χαλιά), η οποία απορροφά μέρος της θερμότητας και την «προσφέρει» στο χώρο αργότερα και έτσι διατηρείται ο χώρος θερμός για πολλές ώρες. Ένα νότιο οριζόντιο σκίαστρο μπορεί να εμποδίσει τον καλοκαιρινό ήλιο που έρχεται από πιο ψηλά να μπει απ' ευθείας στο χώρο. (16)

Τα υπόλοιπα παθητικά συστήματα είναι συστήματα έμμεσου κέρδους και ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

- **Ηλιακοί τοίχοι :** Έχουν στην εξωτερική τους πλευρά, σε μικρή απόσταση από την τοιχοποιία τζάμι (υαλοπίνακα) και λειτουργούν ως ηλιακοί συλλέκτες, μεταφέροντας τη θερμότητα είτε μέσω του υλικού του τοίχου είτε μέσω θυρίδων στον εσωτερικό χώρο.
- **Θερμοκήπια (ηλιακοί χώροι) :** Είναι κλειστοί χώροι που ενσωματώνονται σε νότια τμήματα του κτιριακού κελύφους και περιβάλλονται από υαλοστάσια. Η ηλιακή θερμότητα από το θερμοκήπιο μεταφέρεται στους κυρίως χώρους του κτιρίου μέσω ανοιγμάτων ή και διαπερνά τον τοίχο.
- **Ηλιακά αίθρια:** είναι εσωτερικοί χώροι του κτιρίου οι οποίοι έχουν στην οροφή τους τζάμι και λειτουργούν όπως τα θερμοκήπια.

Για την καλύτερη απόδοσή τους, τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα θα πρέπει να υφίσταται ταυτόχρονα με την απαιτούμενη θερμική προστασία (θερμομόνωση) και την απαιτούμενη θερμική μάζα του κτιρίου, η οποία αποθηκεύει και αποδίδει τη θερμότητα στο χώρο με χρονική υστέρηση, ομαλοποιώντας έτσι την κατανομή της θερμοκρασίας μέσα στο εικοσιτετράωρο. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θα πρέπει το καλοκαίρι να συνδυάζονται με ηλιοπροστασία και συχνά με δυνατότητα αερισμού. (16)

Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Πρόκειται για συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια και που, εδώ και πολλά χρόνια, χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση μη διασυνδεδεμένων στο ηλεκτρικό δίκτυο καταναλώσεων. Δορυφόροι, φάροι και απομονωμένα σπίτια χρησιμοποιούν παραδοσιακά τα φωτοβολταϊκά για την ηλεκτροδότησή τους. Στην Ελλάδα, η

προοπτική ανάπτυξης και εφαρμογής των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι τεράστια, λόγω του ιδιαίτερα υψηλού δυναμικού ηλιακής ενέργειας. Η ηλεκτροπαραγωγή από φωτοβολταϊκά έχει ένα τεράστιο πλεονέκτημα αποδίδει την μέγιστη ισχύ της κατά τη διάρκεια της ημέρας που παρουσιάζεται η μέγιστη ζήτηση.

Ανάλογα με τη χρήση του παραγόμενου ρεύματος, τα φωτοβολταϊκά κατατάσσονται σε:

- Αυτόνομα συστήματα, η παραγόμενη ενέργεια των οποίων καταναλώνεται επιτόπου και εξολοκλήρου από την παραγωγή στην κατανάλωση
- Διασυνδεδεμένα συστήματα, η παραγόμενη ενέργεια των οποίων διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να μεταφερθεί και να καταναλωθεί αλλού. (15, 18)

2.1.2.3. Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια (Υ/Ε) είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της περρωτής του στροβίλου, γίνεται η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της περρωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνεται τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το σύνολο των έργων και εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ). (19)

Η δέσμευση και αποθήκευση ποσοτήτων ύδατος σε φυσικές ή τεχνητές λίμνες, για ένα Υδροηλεκτρικό Σταθμό, ισοδυναμεί πρακτικά με αποταμίευση υδροηλεκτρικής ενέργειας. Η προγραμματισμένη αποδέσμευση αυτών των ποσοτήτων ύδατος και η εκτόνωσή τους στους υδροστροβίλους οδηγεί στην ελεγχόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του αποθηκευμένου νερού και όσο ψηλότερα βρίσκεται, τόσο περισσότερη είναι η ενέργεια που περιέχει.

Με δεδομένη την ύπαρξη κατάλληλων υδάτινων πόρων και τον επαρκή εφοδιασμό τους με τις απαραίτητες βροχοπτώσεις, η υδροηλεκτρική ενέργεια καθίσταται μια σημαντικότετη εναλλακτική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας. Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, που στηρίζεται στην εκμετάλλευση των ποταμών και των τεχνητών ή φυσικών φραγμάτων. (20)

Η υδροηλεκτρική ενέργεια ταξινομείται σε υδροηλεκτρική ενέργεια μεγάλης και μικρής κλίμακας. Η υδροηλεκτρική ενέργεια μικρής κλίμακας διαφέρει σημαντικά από αυτή της μεγάλης σε ότι αφορά τις επιπτώσεις της στο περιβάλλον. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες μεγάλης

κλίμακας απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με σημαντικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα και γενικότερα στο άμεσο περιβάλλον.

Τα συστήματα μικρής κλίμακας τοποθετούνται δίπλα σε ποτάμια και κανάλια με αποτέλεσμα να έχουν λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον, καθώς το σύνολο των επιμέρους παρεμβάσεων στην περιοχή εγκατάστασης του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τους τοπικούς πόρους.

Μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες θεωρούνται αυτές με ισχύ μικρότερη 30 MW και θεωρούνται ανανεώσιμες πηγές. Τα Μικρής κλίμακας Υδροηλεκτρικά έργα (ΜΥΗΕ) είναι κυρίως "συνεχούς ροής", δηλαδή δεν περιλαμβάνουν σημαντική περισυλλογή και αποταμίευση ύδατος, και συνεπώς ούτε κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων. Το γρήγορα κινούμενο νερό οδηγείται μέσα από τούνελ με σκοπό να θέσει σε λειτουργία τις τουρμπίνες παράγοντας έτσι μηχανική ενέργεια. Μια γεννήτρια μετατρέπει αυτή την ενέργεια σε ηλεκτρική. Σε αντίθεση με το ότι συμβαίνει με τα ορυκτά καύσιμα, το νερό δεν αχρηστεύεται κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλους σκοπούς. (21, 22)

Τα μεγάλης κλίμακας έργα απαιτούν αρκετές επεμβάσεις και εκτεταμένα έργα δημιουργώντας περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ωστόσο, με σωστό σχεδιασμό και μελέτη, οι επιπτώσεις αυτές αντιμετωπίζονται και σε κάποιες περιπτώσεις μετατρέπονται και σε πλεονέκτημα. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της λίμνης Πλαστήρα, κατά την οποία ο κατακλυσμός της περιοχής από ύδατα μετά τη δημιουργία του φράγματος, δημιούργησε ένα νέο υδροβιότοπο, ο οποίος σύντομα μετατράπηκε σε πόλο τουριστικής έλξης δίνοντας ταυτόχρονα νέες αρδευτικές δυνατότητες στη γύρω περιοχή. (19)

Στη χώρα μας η υδροηλεκτρική ενέργεια αξιοποιείται σε ένα ποσοστό 10% παρά την έντονη παρουσία πολλών υδατικών στοιχείων στο φυσικό ανάγλυφο. Με τη σωστή εκμετάλλευση του διαθέσιμου υδάτινου όγκου μπορεί να καλυφθεί μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών αναγκών της Ελλάδας.

2.1.2.4. Βιομάζα

Βιομάζα είναι το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων που προέρχονται από τη γεωργία, τη δασοκομία και τις συναφείς βιομηχανίες, καθώς και το

βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων, όπως ορίζει η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/EK. (23)

Με τον όρο βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά περιλαμβάνεται σε αυτήν οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από τον φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο βιομάζα εννοούμε τα φυτικά και δασικά υπολείμματα (καυσόξυλα, κλαδοδέματα, άχυρα, πριονίδια, ελαιοπυρήνες, κουκούτσια), τα ζωικά απόβλητα (κοπριά, άχρηστα αλιεύματα), τα φυτά που καλλιεργούνται στις ενεργειακές φυτείες για να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας, καθώς επίσης και τα αστικά απορρίμματα και τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων, της αγροτικής βιομηχανίας και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των αστικών απορριμμάτων. (24)

Η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (θέρμανσης, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λπ.) και ακόμα για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη, βιοντήζελ κ.λπ.). Οι κύριες εφαρμογές με καύσιμο βιομάζα είναι η θέρμανση θερμοκηπίων, η θέρμανση κτιρίων με καύση βιομάζας σε ατομικούς/κεντρικούς, η παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες ή βιομηχανίες ξύλου, η τηλεθέρμανση : είναι η προμήθεια θέρμανσης χώρων καθώς και θερμού νερού χρήσης σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μια πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας καθώς και η παραγωγή ενέργειας σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ). (25)

2.1.2.5. Γεωθερμική Ενέργεια

Η γεωθερμία είναι η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Η ενέργεια αυτή σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Είναι μια ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Η γεωθερμία προσφέρει ενέργεια χαμηλού κόστους, ενώ δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με εκπομπές βλαβερών ρύπων. Είναι μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας που πηγάζει από το εσωτερικό της γης. Μεταφέρεται στην επιφάνεια με θερμική επαγωγή και με την είσοδο στον φλοιό της γης λειωμένου μάγματος από τα βαθύτερα στρώματά της. Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού ή ατμού, ποικίλει από περιοχή σε περιοχή, ενώ συνήθως κυμαίνεται από 25° C μέχρι 360° C. Για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, ζεστό νερό σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 150°C μέχρι

περισσότερο από 370°C μεταφέρεται σε γεωτρήσεις από υπόγειες δεξαμενές σε ειδικές δεξαμενές και με την απελευθέρωση της πίεσης μετατρέπεται σε ατμό. Ο ατμός διαχωρίζεται από τα ρευστά διοχετεύονται σε περιφερειακά τμήματα της δεξαμενής για να βοηθήσουν να διατηρηθεί η πίεση. Αν η δεξαμενή χρησιμοποιηθεί για άμεση χρήση της θερμότητας τα γεωθερμικά ρευστά τροφοδοτούν έναν εναλλακτήρα θερμότητας και να επιστέψουν στη γη. Το ζεστό νερό από την έξοδο του εναλλακτήρα χρησιμοποιείται για την θέρμανση κτηρίων, θερμοκηπίων κ.α. (26)

Η κυριότερη θερμική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας παγκοσμίως αφορά στη θέρμανση θερμοκηπίων. Χρησιμοποιείται ακόμα για ηλεκτροπαραγωγή, στις υδατοκαλλιέργειες, όπου εκτρέφονται υδρόβιοι οργανισμοί αλλά και για τηλεθέρμανση, δηλαδή θέρμανση συνόλου κτιρίων, οικισμών, χωριών ή και πόλεων. Άλλες εφαρμογές της γεωθερμίας αποτελούν τα θερμά λουτρά, η ψύξη και ο κλιματισμός με αντλίες θερμότητας απορρόφησης ή με υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας καθώς και οι βιομηχανικές εφαρμογές όπως η αφαλάτωση θαλασσινού νερού ή η ξήρανση αγροτικών προϊόντων. (27)

Σήμερα στην Ελλάδα, η εκμετάλλευση της γεωθερμίας γίνεται αποκλειστικά για χρήση της σε θερμικές εφαρμογές, οι οποίες είναι εξίσου σημαντικές με την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ακόμα, λόγω του πλούσιου σε γεωθερμική ενέργεια υπεδάφους της χώρας μας, κυρίως κατά μήκος του ηφαιστειακού τόξου του Νοτίου Αιγαίου (Μήλος, Νίσυρος, Σαντορίνη), μπορεί να έχει ευρεία εφαρμογή για τη θερμική αφαλάτωση του θαλασσινού νερού με στόχο την απόληψη πόσιμου, κυρίως στις άνυδρες νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές. Μία τέτοια εφαρμογή έχει χαμηλότερο κόστος από εκείνο που απαιτείται για τον εφοδιασμό των περιοχών αυτών με πόσιμο νερό, μέσω υδροφόρων πλοίων. (28)

Η γεωθερμική ενέργεια είναι η ενέργεια που προέρχεται από την θερμότητα του εσωτερικού της Γης και αυτή η θερμότητα της Γης είναι βασικά απεριόριστη. Σύμφωνα με τη σημερινή επιστημονική γνώση, το εσωτερικό της Γης είναι πάρα πολύ ζεστό (1.000-3.000°C στον μανδύα και > 4.000°C στον πυρήνα) και θα συνεχίσει να είναι και στο μέλλον. Ο ρυθμός και η δυνατότητα ενεργειακής επαναφόρτισης ενός γεωθερμικού συστήματος αποτελεί το κρίσιμο κριτήριο στην ταξινόμηση ενός πόρου ως ανανεώσιμου ή όχι. Συνεπώς η γεωθερμική ενέργεια δεν είναι κοινά αποδεκτή ως Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας. (29)

2.1.2.6. Κυματική Ενέργεια

Η κυματική ενέργεια παράγεται από την κίνηση των κυμάτων στη θαλάσσια επιφάνεια που προκαλείται από τους κατά τόπους ανέμους. Ο θαλάσσιος κυματισμός είναι, όπως όλες οι

μορφές ΑΠΕ, μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Επιπρόσθετα παρουσιάζει μεταξύ των ΑΠΕ την υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα, η οποία μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 1000 kW/m μετώπου κύματος. Υπολογίζεται ότι η αξιοποίηση του 1% του κυματικού δυναμικού του πλανήτη μας θα κάλυπτε περίπου στο τετραπλάσιο την παγκόσμια ενεργειακή ζήτηση. (30)

Ένα σύστημα κυματικής ενέργειας μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε σημείο στον ωκεανό και να παράγει ενέργεια, μπορεί να είναι αγκυρωμένο στο πυθμένα ή πλωτό ανοιχτά της θάλασσας, ή σύστημα εγκαταστημένο στα παράλια ή στα ρηχά νερά. Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί επίσης να είναι ολικά βυθισμένο στο νερό ή να είναι τοποθετημένο πάνω από την θαλάσσια επιφάνεια σε μία πλωτή πλατφόρμα.

Το αντίξοο περιβάλλον στο οποίο καλούνται να λειτουργήσουν οι διάφορες τεχνολογίες επίδρασε στο παρελθόν ανασταλτικά στις προσπάθειες αξιοποίησης της κυματικής ενέργειας. Οι τεράστιες καταπονήσεις σε ακραίες καιρικές συνθήκες απαιτούν υψηλούς δείκτες μηχανικής αντοχής, με αποτέλεσμα υψηλό κατασκευαστικό κόστος. Η μεγάλη απόσταση από την ακτή για τεχνολογίες πλωτής εγκατάστασης συνεπάγεται υψηλό κόστος διασύνδεσης και λειτουργίας. Το υψηλό κόστος των τεχνολογιών μπορεί να αντισταθμιστεί με τη βέλτιστη εκμετάλλευση της υψηλής ενεργειακής πυκνότητας των κυμάτων, δηλαδή υψηλούς δείκτες απόδοσης. Προς αυτή την κατεύθυνση εξελίσσονται οι διάφορες τεχνολογίες και σήμερα, αφού τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους έχουν βελτιωθεί σημαντικά.

Στην Ελλάδα αναπτύχθηκαν δύο έργα με στόχο την αξιοποίηση της κυματικής ενέργειας. Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας συμμετείχε στο πειραματικό έργο εγκατάστασης ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από θαλάσσιο κυματισμό συνολικής ισχύος 48 kW, που εγκαταστάθηκε στην Ψυττάλεια. Η συσκευή λειτούργησε για κάποιο χρονικό διάστημα και ελήφθησαν τα πρώτα πειραματικά αποτελέσματα. Στη συνέχεια, όμως, καταστράφηκε από κακοκαιρία με ισχυρό νότιο άνεμο σε σύντομο χρονικό. (31)

2.1.2.7. Παλιρροιακή Ενέργεια

Η παλιρροιακή δύναμη, αποκαλούμενη επίσης παλιρροιακή ενέργεια, είναι μια μορφή υδροενέργειας που μετατρέπει την ενέργεια των παλιρροιών σε ηλεκτρική ενέργεια ή άλλες χρήσιμες μορφές ενέργειας. Η παλιρροιακή ενέργεια δημιουργείται από την άνοδο και πτώση της στάθμης των ωκεανών λόγω της επίδρασης των βαρυτικών πεδίων του ήλιου και της σελήνης στη γη. Το παλιρροιακό εύρος φτάνει το 1 μέτρο, ενώ στη Μεσόγειο τα 60 εκατοστά. Αξιοποιήσιμες παλίρροιες είναι εκείνες που η μεταβολή της στάθμης υπερβαίνει το 1,5 μέτρο

και συνήθως τέτοιες εγκαταστάσεις κατασκευάζονται κοντά σε όρμους, κόλπους, ή σε σημεία που μπορεί να κατασκευαστεί ένα φράγμα ή μια δεξαμενή.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι παρόμοια με αυτή των παράκτιων εγκαταστάσεων της αξιοποίησης των κυμάτων, με την κίνηση υδροστροβίλων και γεννητριών. Η κατακόρυφη άνοδος και πτώση της στάθμης των υδάτων προκαλεί επίσης την οριζόντια κίνηση υδάτινων μαζών, φαινόμενο που ονομάζεται παλιρροιακό ρεύμα. Την ενέργεια αυτού του ρεύματος μπορούν να μετατρέψουν σε ηλεκτρική, υδροστρόβιλοι εγκατεστημένοι σε βάθος τέτοιο που δεν επηρεάζεται η ναυσιπλοΐα. Το πιο γνωστό παλιρροιακό ρεύμα στην Ελλάδα είναι αυτό του Ευρίπου στη πόλη της Χαλκίδας. (32)

Οι παλίρροιες είναι πιο προβλέψιμες από την αιολική ενέργεια και την ηλιακή ενέργεια. Ωστόσο μειονεκτεί συγκριτικά με τις υπόλοιπες πηγές ανανεώσιμης ενέργειας, με το σχετικά υψηλό κόστος και την περιορισμένη διαθεσιμότητα των περιοχών με τις αρκετά υψηλές παλιρροιακές σειρές ή τις ταχύτητες ροής, περιορίζοντας κατά συνέπεια η συνολική διαθεσιμότητά της.

Εντούτοις, πολλές πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις και βελτιώσεις, και στο σχέδιο (π.χ. δυναμική παλιρροιακή δύναμη, παλιρροιακές λιμνοθάλασσες) και την τεχνολογία στροβίλων (π.χ. νέοι αξονικοί στρόβιλοι, στρόβιλοι διασταυρώσεων), δείχνουν ότι η συνολική διαθεσιμότητα της παλιρροιακής δύναμης μπορεί να είναι πολύ υψηλότερη και ότι οι οικονομικές και περιβαλλοντικές δαπάνες μπορούν να μειωθούν σε πιο ανταγωνιστικά επίπεδα. (33)

2.1.3. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα

Πραγματοποιώντας μια έρευνα της ενεργειακής κατάστασης στην Ελλάδα τα προηγούμενα χρόνια προέκυψε πως το 2006 το ποσοστό παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές είχε αυξηθεί κατά 50% συγκρίνοντας το με τα δεδομένα της δεκαετίας του '90. Συγκεκριμένα, η παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας από ΑΠΕ το 2006 ήταν 1,8 Mtoe, ενώ στις αρχές της δεκαετίας του '90 ήταν 1,2 Mtoe. Εξ αυτών, τα 932 ktoe οφείλονται στη χρήση βιομάζας στα νοικοκυριά και στη βιομηχανία για ίδιες ανάγκες (συνολικό ποσοστό της βιομάζας 52%), 536 ktoe (30%) από την παραγωγή των υδροηλεκτρικών, 146 ktoe (8,1%) από την παραγωγή των αιολικών, 109 ktoe (6%) από την παραγωγή των θερμικών ηλιακών συστημάτων, 11 ktoe (0,6%) από τη γεωθερμία και 33 ktoe (1,8%) από το βιοαέριο, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. (34)

Το διάστημα εκείνο σημαντική αύξηση παρατηρήθηκε στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις ΑΠΕ. Ειδικότερα, λαμβάνοντας υπόψη και τα μεγάλα υδροηλεκτρικά, η ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ αποτέλεσε το 12,4% της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η εγκατεστημένη ισχύς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ήταν 3.894 MW στο τέλος του 2006. Επίσης, ανοδική πορεία ακολούθησαν και τα αιολικά πάρκα, τα μικρά υδροηλεκτρικά και το βιοαέριο, εξαιτίας των επιδοτούμενων προγραμμάτων εκείνη τη περίοδο. Τα 27 MW των αιολικών πάρκων το 1997, έφθασαν τα 745 MW στο τέλος του 2006. Ενώ, τα μικρά υδροηλεκτρικά έφθασαν τα 108 MW στο τέλος του 2006 από τα 43 MW (όλα της ΔΕΗ) το 1997. Τέλος οι εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο ΧΥΤΑ και συμπαραγωγής από βιοαέριο λυμάτων (στα Λιόσια και την Ψυττάλεια) άγγιξαν ηλεκτρική ισχύ 14 και 10 MW αντίστοιχα.

Παρά την άνοδο των ΑΠΕ στη χώρα, το ενεργειακό σύστημα της Ελλάδος θεωρούνταν ακόμα ρυπογόνο, μη αποδοτικό, εξαρτημένο από πεπερασμένους πόρους και ελλειμματικό. Έτσι, η πρώτη πολιτική προτεραιότητα ήταν η προώθηση των ΑΠΕ ακολουθώντας την ευρωπαϊκή πολιτική και τους κοινοτικούς στόχους για ενεργειακή ασφάλεια και για 20% διείσδυση των ΑΠΕ στη συνολική κατανάλωση των κρατών-μελών. Το άμεσο μέτρο που επιβαλλόταν να ακολουθηθεί ήταν η μείωση της εξάρτησης από το εισαγόμενο πετρέλαιο και το ρυπογόνο λιγνίτη. Για την ταχύτερη διείσδυση κάθε μορφής ΑΠΕ στην ελληνική αγορά, η Ελληνική ενεργειακή στρατηγική στόχευε στη δημιουργία αξιόπιστων και σταθερών θεσμικών, ρυθμιστικών και ελεγκτικών πλαισίων, καθώς και τη θέσπιση αποτελεσματικών κανόνων για την ομαλή λειτουργία των ενεργειακών αγορών και του ανταγωνισμού.

Με σκοπό τη δημιουργία αξιόπιστου, ενιαίου και αρμονικού πλαισίου ανάπτυξης ιδιωτικών επενδύσεων ΑΠΕ, έγινε ουσιαστική συνεργασία του Υπουργείου Ανάπτυξης με όλους τους εμπλεκόμενους φορείς, τα συναρμόδια Υπουργεία, την αγορά και τις Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις. Επιπλέον, προωθήθηκε ήδη νομοθέτημα για την περαιτέρω απλοποίηση των αδειοδοτικών διαδικασιών και την ισορροπημένη χρηματοδότηση και ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων

Σήμερα, η Ελλάδα καλύπτει το 15,4 % των ενεργειακών αναγκών της με τη χρήση των ΑΠΕ, ποσοστό σαφώς μεγαλύτερο του 5,3% το 2006. Η στροφή προς την ενέργεια και την «πράσινη» τεχνολογία στην χώρα μας δεν παρουσιάζει ανάλογη ανάπτυξη με αυτή των Σκανδιναβικών χωρών. Το γεγονός αυτό επηρεάζεται άμεσα από την στάσιμη οικονομική κατάσταση της και από την έλλειψη νοοτροπίας σε ενεργειακά θέματα. Παρ' όλα αυτά, οι ευρωπαϊκοί στόχοι πάνω στην ενεργειακή πολιτική αφορούν και την Ελλάδα, και τα βήματα που σημειώνονται είναι θετικά.(35, 36)

2.2. Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΠΧΣΑΑ) για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Η ανάγκη για ανάπτυξη των όρων, των περιορισμών και των κατευθύνσεων για την προστασία και διαχείριση του περιβάλλοντος, οδήγησε στη σύνταξη του ειδικού χωροταξικού πλαισίου. Συγκεκριμένα, το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΠΧΣΑΑ) για τις ΑΠΕ εγκρίθηκε το Δεκέμβριο του 2008 και παραθέτει τους κανονισμούς και τις παραμέτρους που αφορούν όλες τις μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ωστόσο, η εργασία αυτή επικεντρώνεται στις διατάξεις που αφορούν την αιολική ενέργεια.

2.2.1. Χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων

Σύμφωνα με το άρθρο 4 του ΦΕΚ 2464/2008, ο χωροταξικός σχεδιασμός των αιολικών εγκαταστάσεων έχει ως στόχο:

1. Τον εντοπισμό, με βάση τα στοιχεία αιολικού δυναμικού, κατάλληλων περιοχών που θα επιτρέπουν ανάλογα με τις χωροταξικές και περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητές τους τη λειτουργία αιολικών εγκαταστάσεων και την επίτευξη οικονομιών κλίμακας στα απαιτούμενα δίκτυα.
2. Την καθιέρωση κανόνων και κριτηρίων χωροθέτησης που θα επιτρέπουν αφενός την δημιουργία βιώσιμων εγκαταστάσεων αιολικής ενέργειας και αφετέρου την αρμονική ένταξή τους στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον και στο τοπίο.
3. Τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού μηχανισμού χωροθέτησης των αιολικών εγκαταστάσεων, ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή ανταπόκριση στους στόχους των εθνικών και ευρωπαϊκών πολιτικών.

Διάκριση του εθνικού χώρου σε κατηγορίες

Στο ΦΕΚ 2464/2008, και ειδικότερα κατά το άρθρο 5, αναλύεται η διάκριση του εθνικού χώρου σε κατηγορίες. Έτσι ο ελλαδικός χώρος διαχωρίζεται με βάση το εν δυνάμει εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό του και τα ιδιαίτερα χωροταξικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του στις ακόλουθες μείζονες κατηγορίες για τη χωροθέτηση των αιολικών εγκαταστάσεων:

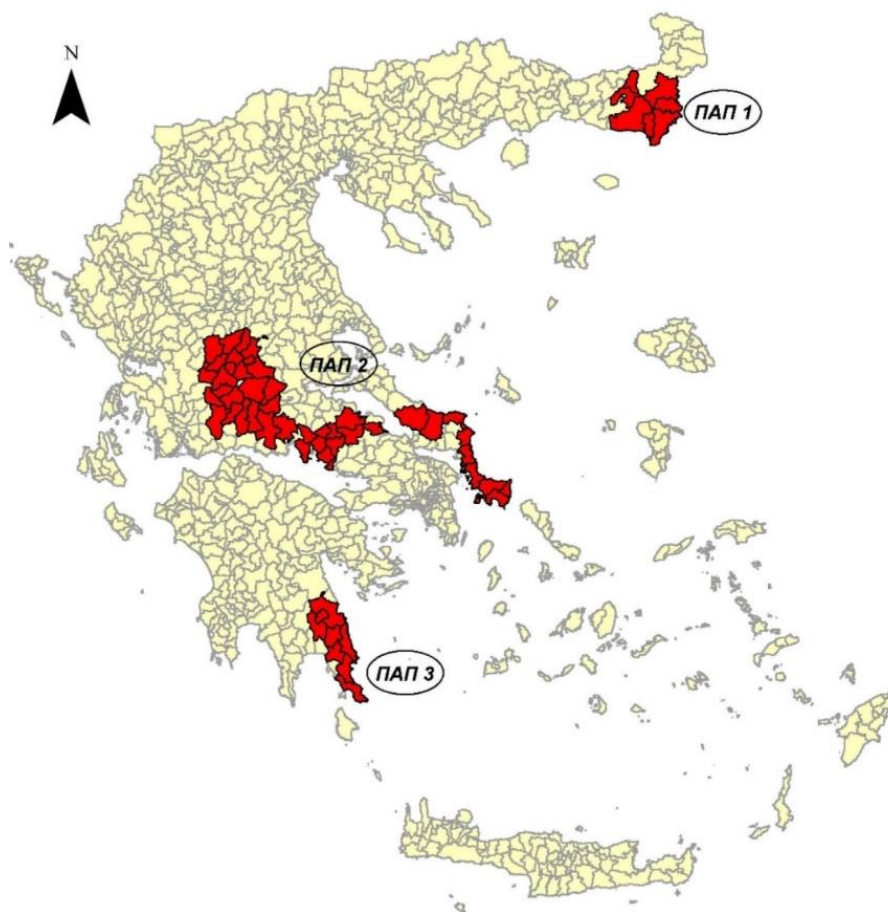
- α. Στην ηπειρωτική χώρα, συμπεριλαμβανομένης της Εύβοιας.
- β. Στην Αττική, που αποτελεί ειδικότερη κατηγορία της ηπειρωτικής χώρας λόγω του μητροπολιτικού χαρακτήρα της.
- γ. Στα κατοικημένα νησιά του Ιονίου και του Αιγαίου Πελάγους και στην Κρήτης.

δ. Στον υπεράκτιο θαλάσσιο χώρο και τις ακατοίκητες νησίδες.

Τέλος, η ηπειρωτική χώρα διακρίνεται περαιτέρω σε *Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (Π.Α.Π.)* και σε *Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (Π.Α.Κ.)* ως εξής:

α. *Αιολικής Προτεραιότητας (Π.Α.Π Περιοχές.)*: Είναι οι περιοχές της ηπειρωτικής χώρας, οι οποίες διαθέτουν συγκριτικά πλεονεκτήματα για την εγκατάσταση αιολικών σταθμών, ενώ ταυτόχρονα προσφέρονται από απόψεως επίτευξης των χωροταξικών στόχων. Στις περιοχές αυτές, εκτιμάται η μέγιστη δυνατότητα χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων (φέρουσα ικανότητα).

β. *Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (Π.Α.Κ.)*: Χαρακτηρίζονται όλοι οι πρωτοβάθμιοι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.) της ηπειρωτικής χώρας που δεν περιλαμβάνονται στις Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας των οποίων περιοχές ή και μεμονωμένες θέσεις που κρίνονται από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας κατά το άρθρο 3 παρ. 1.δ του ν. 3468/2006, ως ενεργειακά αποδοτικές.



Σχήμα 2.5: Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας στην Ελλάδα (Μπαλτάς Ε.)

2.2.2. Κριτήρια Χωροθέτησης αιολικών μονάδων στην ηπειρωτική Ελλάδα

Τα βασικότερα κριτήρια χωροθέτησης αιολικών πάρκων αναφέρονται στις αποστάσεις των αιολικών εγκαταστάσεων από τις διάφορες δραστηριότητες, από τις γειτνιάζουσες χρήσεις γης, από τα δίκτυα τεχνικής υποδομής καθώς και από γενικότερες παραμέτρους όπως η μορφολογία και τα αιολικά δεδομένα. Συγκεντρωτικά τα κυριότερα κριτήρια αναλύονται ένας προς ένα στο επόμενο κεφάλαιο. Συνοπτικά τα κριτήρια αυτά είναι:

- Ταχύτητα ανέμου
- Απόσταση από περιοχές οικολογικού ενδιαφέροντος
- Απόσταση από κατοικημένες περιοχές
- Απόσταση από επιφανειακά υδάτινα σώματα
- Απόσταση από δίκτυα μεταφορών
- Απόσταση από δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας
- Απόσταση από αεροδρόμια
- Κλίση εδάφους
- Υψόμετρο
- Απόσταση από σημεία ενδιαφέροντος
- Χρήσεις γης- Καλύψεις εδάφους
- Απόσταση από υποδομές τηλεπικοινωνιών
- Απόσταση από τουριστικές δραστηριότητες

2.2.3. Ειδικά Κριτήρια Χωροθέτησης αιολικών μονάδων στην ηπειρωτική Ελλάδα

Στην ενότητα αυτή παραθέτονται τα ειδικά κριτήρια χωροθέτησης αιολικών μονάδων στην ηπειρωτική χώρα, αφού η εργασία αναφέρεται στο Ν. Φλώρινας. Ειδικότερα, για τη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων στις Π.Α.Π. και Π.Α.Κ. της ηπειρωτικής χώρας πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής κριτήρια:

1. Μέγιστες επιτρεπόμενες πυκνότητες αιολικών εγκαταστάσεων σε επίπεδο πρωτοβάθμιου Ο.Τ.Α.:

α. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό κάλυψης εδαφών από αιολικές εγκαταστάσεις στους πρωτοβάθμιους Ο.Τ.Α. που εμπίπτουν σε Π.Α.Π. της ηπειρωτικής χώρας δεν μπορεί να υπερβαίνει το 8% της έκτασης ανά Ο.Τ.Α. (άλλως 1,05 τυπικές ανεμογεννήτριες /1000

στρέμματα). Το πιο πάνω ποσοστό κάλυψης μπορεί να αυξάνεται έως και 30% ανά πρωτοβάθμιο Ο.Τ.Α. ύστερα από σύμφωνη γνώμη του οικείου Δημοτικού ή Κοινοτικού Συμβουλίου, η οποία παρέχεται για όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των σχετικών εγκαταστάσεων και πάντως για χρονικό διάστημα τουλάχιστον ίσο με τον χρόνο ισχύος των σχετικών αδειών παραγωγής (25 έτη). Ειδικά για τα επενδυτικά σχέδια Α.Π.Ε. Μεγάλης Κλίμακας, όπως αυτά προσδιορίζονται στο άρθρο 19 του ν. με το 3468/2006 (Α 129), που εκτείνονται σε περισσότερους από έναν Ο.Τ.Α. που εμπίπτουν σε Π.Α.Π., ο αριθμός των τυπικών ανεμογεννητριών που μπορεί να εγκατασταθεί κατά τα παραπάνω σε ένα Ο.Τ.Α. μπορεί να προσαυξηθεί με τη μεταφορά αριθμού ανεμογεννητριών από το σύνολο των Ο.Τ.Α. που εκτείνεται το έργο. Ο αριθμός αυτός δεν μπορεί να υπερβεί το 30% των τυπικών ανεμογεννητριών που αντιστοιχούν στον Ο.Τ.Α., με το μεγαλύτερο πλεόνασμα αδιάθετων ανεμογεννητριών.

β. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό κάλυψης εδαφών από αιολικές εγκαταστάσεις στους Δήμους Μονεμβασίας, Αραχώβης, Καρπενησίου και Καρύστου που χαρακτηρίζονται από υψηλό δείκτη τουριστικής ανάπτυξης δεν μπορεί να υπερβαίνει το 4% ανά Δήμο (άλλως 0,53 τυπικές ανεμογεννήτριες/1000 στρέμματα).

γ. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό κάλυψης εδαφών από αιολικές εγκαταστάσεις στους πρωτοβάθμιους Ο.Τ.Α. που εμπίπτουν σε Π.Α.Κ. της ηπειρωτικής χώρας δεν μπορεί να υπερβαίνει το 5% ανά Ο.Τ.Α. (άλλως 0,66 τυπικές ανεμογεννήτριες/1000 στρέμματα). Το πιο πάνω ποσοστό κάλυψης μπορεί να αυξάνεται έως και 50% ανά πρωτοβάθμιο Ο.Τ.Α. ύστερα από σύμφωνη γνώμη του οικείου Δημοτικού ή Κοινοτικού Συμβουλίου, η οποία παρέχεται για όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των σχετικών εγκαταστάσεων και πάντως για χρονικό διάστημα τουλάχιστον ίσο με το χρόνο ισχύος των σχετικών αδειών παραγωγής (25 έτη).

δ. Για τις αιολικές εγκαταστάσεις που εμπίπτουν σε περισσότερους του ενός Ο.Τ.Α. των πιο πάνω περιπτώσεων α' έως και γ', οι επιτρεπόμενες κατά περίπτωση πυκνότητες εφαρμόζονται για το τμήμα της αιολικής εγκατάστασης που εμπίπτει σε κάθε ένα Ο.Τ.Α. ξεχωριστά.

Η Περιφερειακή Ενότητα Φλώρινας ανήκει στο κριτήριο γ' και η μέγιστη επιτρεπόμενη πυκνότητα ανεμογεννητριών είναι άλλως 0,66 τυπικές ανεμογεννήτριες/1000 στρέμματα.

2. Κριτήρια ένταξης των αιολικών εγκαταστάσεων στο τοπίο:

Για την ένταξη των αιολικών εγκαταστάσεων στο τοπίο πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η οπτική παρεμβολή από τα σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, που ευρίσκονται εντός κύκλου, που ορίζεται με κέντρο την μονάδα και ακτίνα που διαφοροποιείται ανάλογα με τη σημασία και την

ποιότητα του σημείου ιδιαίτερου ενδιαφέροντος και την κατηγορία χώρου που ανήκει σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.1: Ακτίνα κύκλου που ορίζει την οπτική παρεμβολή ανάλογα με το σημείο ιδιαίτερου ενδιαφέροντος (ΦΕΚ Β' 2464/2008)

Σημείο Ιδιαίτερου Ενδιαφέροντος	Μέγιστη απόσταση από Α/Π (χλμ)	
	Εντός Π.Α.Π. – Αττικής – Θαλάσσιου χώρου	Εντός Π.Α.Κ. – Κατοικημένα Νησιά
<i>Το πλησιέστερο όριο των εγγεγραμμένων στον κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς και άλλων μείζονος σημασίας μνημείων, αρχαιολογικών χώρων και ιστορικών τόπων</i>	6	6
<i>Το πλησιέστερο όριο ζώνης απόλυτου προστασίας λοιπών αρχαιολογικών χώρων</i>	6	6
<i>Το πλησιέστερο όριο θεσμοθετημένου πυρήνα Εθνικού Δρυμού, μνημείου της φύσης και αισθητικού δάσους.</i>	0,8	1
<i>Το πλησιέστερο όριο θεσμοθετημένου παραδοσιακού οικισμού</i>	6	6
<i>Τα πλησιέστερα όρια πόλεων ή οικισμών</i>	2	3
<i>Το πλησιέστερο όριο θεσμοθετημένης ή διαμορφωμένης τουριστικής περιοχής, τουριστικά καταλύματα μεσαίου και μεγάλου μεγέθους, ειδικές τουριστικές υποδομές, τουριστικοί λιμένες.</i>	2	3

Οι ανεμογεννήτριες που χωροθετούνται εκτός του κύκλου ή που η άτρακτός τους δεν έχει οπτική επαφή με το σημείο δεν λαμβάνονται υπόψη και θεωρείται ότι μπορούν να ενταχθούν στο τοπίο χωρίς συνέπειες.

2.2.4. Επιπρόσθετες Κατευθύνσεις Χωροθέτησης αιολικών μονάδων στην ηπειρωτική Ελλάδα

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 2464/2008 πέρα των γενικών και ειδικών κριτηρίων που αφορούν την χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων δίνονται και οι παρακάτω κατευθύνσεις:

- Ενδείκνυται η αξιοποίηση / χρήση υφισταμένων οδών για την εξυπηρέτηση των αιολικών πάρκων με τις απαραίτητες βελτιώσεις και επεκτάσεις.
- Ο σχεδιασμός των έργων αυτών πρέπει να γίνεται κατά τρόπο ώστε να αποφεύγονται, κατά το δυνατόν, μεγάλου βάθους και εκτεταμένες εκσκαφές το δε πλάτος των δρόμων πρόσβασης πρέπει να περιορίζεται στο αναγκαίο μέτρο.
- Παράλληλα πρέπει να εκτελούνται όλα τα απαραίτητα αντιπλημμυρικά έργα και έργα ανάσχεσης της διάβρωσης, ώστε να μην υπάρξει φόβος αλλοίωσης του τοπίου λόγω του έργου.
- Η φθορά της βλάστησης πρέπει να περιορίζεται στο ελάχιστο δυνατόν (η εκχέρσωση θάμνων και δέντρων θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις υποδείξεις της τοπικής Δασικής Υπηρεσίας) και να αποκαθίσταται η αισθητική του τοπίου.
- Η εσωτερική οδοποιία να είναι χωμάτινη με επίστρωση χαλικιού (3Α).
- Ενδείκνυται η γραμμή μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το δίκτυο της ΔΕΗ να ακολουθεί, κατά το δυνατόν, τις υφιστάμενες οδούς προσπέλασης, ώστε να περιορίζεται στο ελάχιστο η εκχέρσωση εκτάσεων ή η γενικότερη υποβάθμιση του περιβάλλοντος

3. Περιοχή Μελέτης

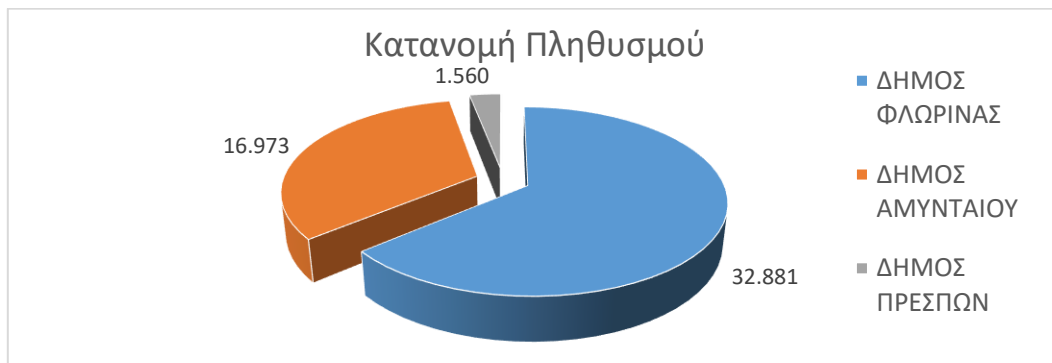
3.1. Γενικά Στοιχεία

Η Περιφερειακή Ενότητα Φλώρινας βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της Ελλάδος, στη Δυτική Μακεδονία και αποτελεί το σύνορο της Ελλάδας ταυτόχρονα με την πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας(FYROM) στο βορρά αλλά και με την Αλβανία ως προς τη Δύση. Στο εσωτερικό της Ελλάδας συνορεύει στα ανατολικά με την περιφερειακή ενότητα Πέλλας ενώ στα νότια με τις περιφερειακές ενότητες Κοζάνης και Καστοριάς.



Σχήμα 3.1: Θέση περιφερειακής ενότητας Φλώρινας (Wikipedia)

Η Περιφερειακή Ενότητα μετά το πρόγραμμα Καλλικράτη χωρίστηκε σε τρεις ευρύτερες δημοτικές ενότητες, τον δήμο Φλώρινας, τον δήμο Αμυνταίου και το δήμο Πρεσπών. Ο συνολικός πληθυσμός είναι 51.414 κάτοικοι, σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Πρωτεύουσα είναι η Φλώρινα, που αποτελεί και τη μοναδική πόλη στην περιφερειακή ενότητα ενώ υπάρχει και η κωμόπολη του Αμυνταίου. Οι υπόλοιποι οικισμοί έχουν λιγότερους από 2000 κατοίκους και θεωρούνται χωριά. Η συνολική έκταση της περιφερειακής ενότητας είναι 1.924 χλμ² με γεωγραφική πυκνότητα κατοίκησης τους 26,7 κάτοικους/χλμ².



Σχήμα 3.2: Κατανομή πληθυσμού ανά δημοτικές κοινότητες (Ελληνική Στατιστική Αρχή, ίδια επεξεργασία)

Στον νομό Φλώρινας συνδυάζονται ποικίλα χαρακτηριστικά και δραστηριότητες που τον καθιστούν μοναδικό. Αρχικά, στην ευρύτερη περιοχή του Αμυνταίου ευδοκimei η σπάνια ποικιλία ξινόμαυρου αμπελιού, καθιστώντας την αμπελουργική και οινοποιητική δραστηριότητα της περιοχής πολύ σημαντική και προσδίδοντας στον νομό φήμη, αναγνωσιμότητα και επισκεψιμότητα.

Η παλιά πόλη της Φλώρινας και οι οικισμοί του Νυμφαίου, του Λεχόβου, του Αγίου Γερμανού, των Ψαράδων, του Κρατερού και του Ανταρτικού παρουσιάζουν την χαρακτηριστική Μακεδονίτικη παραδοσιακή αρχιτεκτονική. Συγκεκριμένα οι οικισμοί του Νυμφαίου και των Ψαράδων έχουν ανακηρυχθεί διατηρητέοι παραδοσιακοί οικισμοί.

Επιπλέον, στο νομό απαντώνται σημαντικά πολιτιστικά στοιχεία όπως η πινακοθήκη, λαογραφικά μουσεία με εκθέματα από τον μακεδονικό Αγώνα και αρχαιολογικούς χώρους, με πιο αξιόλογους αυτούς των Πετρών και του Αγίου Παντελεήμονα.

Όλοι οι παράγοντες αυτοί συμβάλλουν στην ιδιαιτερότητα του τόπου αλλά και στον χαρακτηρισμό του ως τουριστικό πόλο.

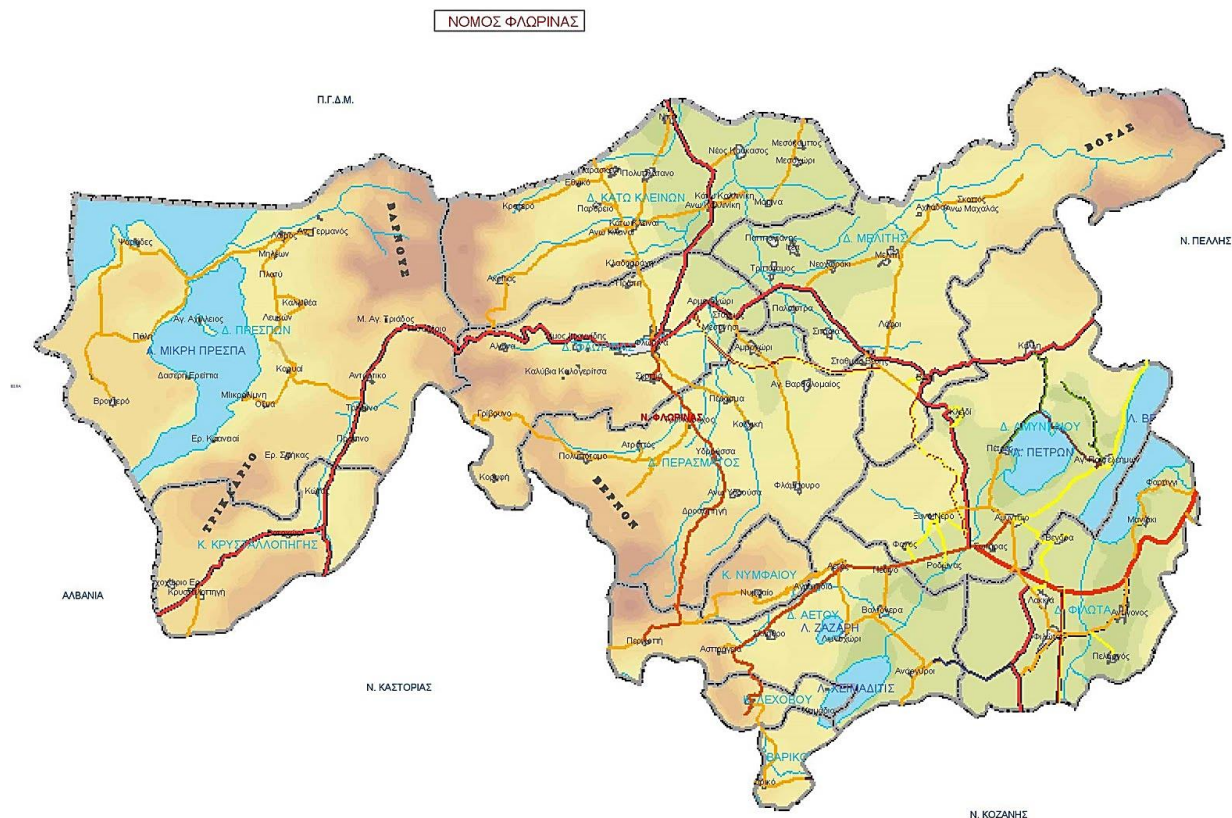
3.2. Μορφολογία

Η Περιφερειακή Ενότητα Φλώρινας αποτελεί κυρίως ορεινό νομό, καθώς το 74% περίπου καλύπτεται από ορεινές και ημιορεινές εκτάσεις, σε ποσοστά 60,8% και 13,2% αντίστοιχα, ενώ πεδινές εκτάσεις συναντώνται μόνο στο 26% αυτού. Το ανάγλυφο διαμορφώνεται από τις υψηλές βουνοκορφές των ορεινών όγκων του Τρικλάριου (Καλό Νερό 2.156 μ.), του Βαρνούντα (Περιστέρι 2.334 μ.), του Βέρνου (Βίτσι 2.128 μ.) και του Βόρα (Καϊμακτσαλάν 2.524 μ.). Στο ανατολικό τμήμα συγκεντρώνονται οι επίπεδες επιφάνειες σχηματίζοντας ένα οροπέδιο γύρω από την περιοχή του Αμυνταίου.

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιφερειακής ενότητας δεν περιλαμβάνει μεγάλα ρεύματα αλλά αποτελείται κυρίως από μικρούς ποταμούς με τον Σακουλέβα, που διαρρέει την πόλη της Φλώρινας, και το Λαδοπόταμο στους πρόποδες του Τρικλάριου όρους να ξεχωρίζουν. Ωστόσο, η περιφερειακή ενότητα είναι ιδιαίτερα πλούσια σε λίμνες. Η Περιφερειακή Ενότητα της Φλώρινας κατέχει τις περισσότερες λίμνες, συνολικά έξι, από όλες τις περιφερειακές ενότητες της Ελλάδας, ενώ οι λίμνες των Πρεσπών βρίσκονται σε υψόμετρο 850m. που είναι και το υψηλότερο μεταξύ των μεγάλων φυσικών λιμνών της Ελλάδας.

Συγκεκριμένα, η Περιφερειακή Ενότητα Φλώρινας περιλαμβάνει τμήμα της Μεγάλης Πρέσπας που μοιράζεται με την Αλβανία και τη FYROM, το μεγαλύτερο τμήμα της μικρής Πρέσπας, πέρα από την απόληξή της που βρίσκεται στην Αλβανία, και το μισό τμήμα της Βεγορίτιδας. Επιπλέον, εντός της Φλώρινας βρίσκονται εξ ολοκλήρου οι λίμνες Πετρών, Ζάζαρη και Χειμαδίτιδα.

Στο ιδιαίτερο φυσικό περιβάλλον που διαμορφώνουν οι υψηλοί όγκοι αλλά και οι λίμνες εντοπίζεται σημαντικότετη χλωρίδα και πανίδα. Στις εναλλαγές που παρουσιάζει το φυσικό τοπίο βρίσκουν καταφύγιο σπάνια είδη θηλαστικών αλλά και πτηνών και ψαριών δημιουργώντας ιδιαίτερους υδροβιότοπους. Το φυσικό περιβάλλον έχει ιδιαίτερο οικολογικό ενδιαφέρον και μέσα σε αυτό συναντώνται και αναγνωρισμένες προστατευμένες περιοχές. Συγκεκριμένα η περιοχή που βρίσκεται η Μικρή Πρέσπα προστατεύεται καθώς αποτελεί ταυτόχρονα Εθνικό Πάρκο, Εθνικό δρυμό, Υγρότοπο Διεθνούς σημασίας (ramsar) και περιοχή με βιογενετικά αποθέματα (Δάσος Κέδρων).



Σχήμα 3.3: Γεωγραφικός χάρτης περιφερειακής ενότητας Φλώρινας (Ιστοσελίδα Δήμου Πρεσπών)

3.3. Κλιματολογικές συνθήκες

Το κλίμα επηρεάζεται από τη γεωγραφική και υψομετρική θέση της περιοχής, σε συνδυασμό με τους μεγάλους ορεινούς όγκους και την παρουσία των λιμνών στις Πρέσπες και στην περιοχή του Αμυνταίου. Έτσι, το κλίμα της Φλώρινας λόγω της εσωτερικής θέσης της και του υψομέτρου είναι το ψυχρότερο της Ελλάδας.

Είναι καθαρά ηπειρωτικό, με ψυχρούς χειμώνες, πολλές βροχοπτώσεις χιονοπτώσεις, ξηρές περιόδους, παγετούς, χαλαζοπτώσεις και τοπικούς ανέμους. Η μέση ετήσια θερμοκρασία 11,5° C, αν και υπάρχει αισθητή διαφορά μεταξύ των τριών υψιπέδων Αμυνταίου, Φλώρινας και Πρεσπών. Η υψηλότερη θερμοκρασία που έχει καταγραφεί είναι 40,8 °C και η χαμηλότερη - 32 °C[24]. Στις 18/1/2012 καταγράφηκε η χαμηλότερη θερμοκρασία στο σταθμό της Ε.Μ.Υ. (-32°C)

Η παρουσία των λιμνών επηρεάζει θετικά το μικροκλίμα των γειτονικών τους περιοχών, προσφέροντας ηπιότερες συνθήκες κατά τη διάρκεια του χειμώνα, αν και κατά μεγάλες περιόδους ολικού παγετού οι μικρότερες παγώνουν.

3.4. Οδικοί άξονες

Στον νομό Φλώρινας συναντώνται αρχικά τοπικοί δρόμοι που εξυπηρετούν την κίνηση εντός της περιφερειακής ενότητας αλλά και πολλοί δασικοί οδοί που υφίστανται πριν την δημιουργία των τοπικών δρόμων και εξυπηρετούν κυρίως τις αγροτικές και κτηνοτροφικές μετακινήσεις. Πέρα αυτών, η Φλώρινα διατρέχεται από σημαντικούς οδικούς άξονες, αυτοκινητόδρομους, ευρωπαϊκούς δρόμους και εθνικές οδούς όπως παρουσιάζεται ακολούθως.

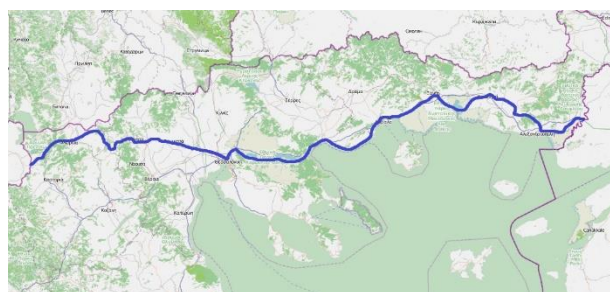
Η Περιφερειακή Ενότητα Φλώρινας εξυπηρετείται ακόμη από το υφιστάμενο σιδηροδρομικό δίκτυο της χώρας στους άξονες Φλώρινα – Αμύνταιο και Αμύνταιο – Κοζάνη. Για τον άξονα Φλώρινα – Αμύνταιο υπάρχει σύνδεση από το Αμύνταιο για τη Θεσσαλονίκη ενώ ο άξονας Αμύνταιο – Κοζάνη χρησιμοποιείται μόνο για εμπορευματική κίνηση (μεταφορά λιθάνθρακα, πετρελαίου, λιγνίτη και γεωργικών προϊόντων). Σε βραχυπρόθεσμο ορίζοντα προβλέπεται και η επέκταση της σύνδεσης της Φλώρινας με τη FYROM.



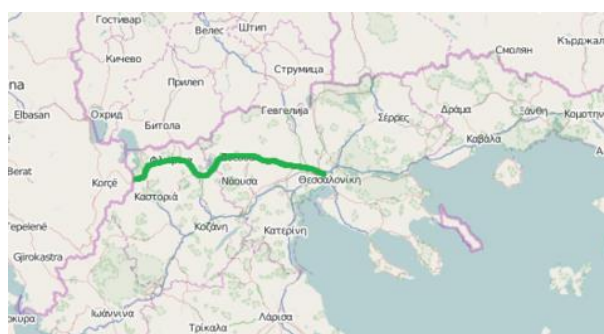
Σχήμα 3.4: Σιδηροδρομική Γραμμή περιφερειακής ενότητας Φλώρινας (Wikipedia Commons)



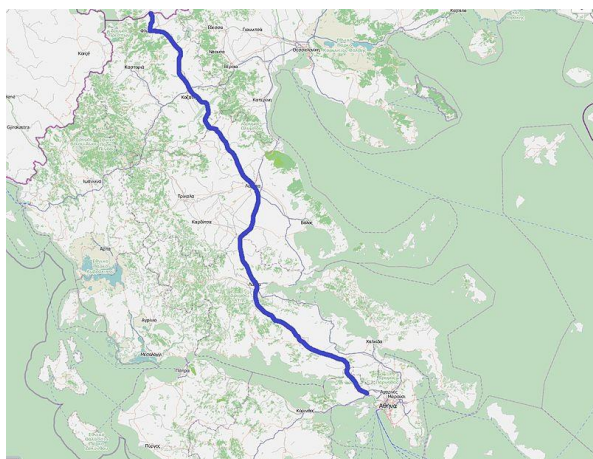
Αυτοκινητόδρομος Α27 : Κοζάνη - Πτολεμαΐδα – Νίκη



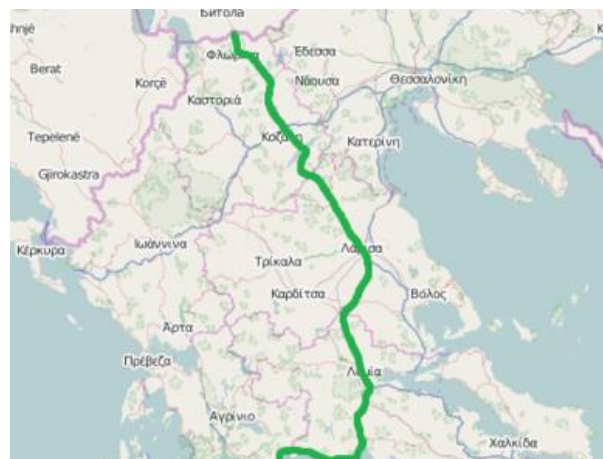
Εθνική οδός 2: Κρυσταλλοπηγή – Φλώρινα – Έδεσσα – Θεσσαλονίκη – Καβάλα – Ξάνθη – Κομοτηνή – Αλεξανδρούπολη



Ευρωπαϊκή οδός E86: Κρυσταλλοπηγή – Φλώρινα - Έδεσσα - Γιαννιτσά - Θεσσαλονίκη



Εθνική οδός 3:
Ελευσίνα - Λαμία - Λάρισα - Ελασσόνα – Κοζάνη - Πτολεμαΐδα - Φλώρινα - Νίκη.



Ευρωπαϊκή οδός E65: Φλώρινα – Πτολεμαΐδα – Κοζάνη – Λάρισα – Λαμία – Αντίρριο – Πάτρα – Κόρινθος – Καλαμάτα

Σχήμα 3.5: Οδικοί άξονες περιφερειακής ενότητας Φλώρινας (Wikipedia)

3.5. Χρήσεις γης

Οι χρήσεις γης που παρατηρούνται στο Νομό Φλώρινα σύμφωνα με την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία (2000) και με βάση τις γενικευμένες κατηγορίες χρήσης γης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Από αυτόν παρατηρείται, ότι η μεγαλύτερη έκταση της περιφερειακής ενότητας καταλαμβάνεται από γεωργικές εκτάσεις (47,5%), ενώ ακολουθούν τα δάση και οι ημιφυσικές εκτάσεις με ποσοστό 44,3%. Οι δασικές και οι ημιδασικές εκτάσεις καταλαμβάνουν τόσο μεγάλο ποσοστό καθώς η περιφερειακή ενότητα της Φλώρινας είναι ορεινή με αρκετά υψώματα και σημαντικά όρη.

Πίνακας 3.1: Κατανομή της έκτασης της περιφερειακής ενότητας Φλώρινας κατά βασικές κατηγορίες χρήσης και κάλυψης γης. (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, 2000)

Κατηγορία χρήσης και κάλυψης γης	Γεωργικές περιοχές	Δάση ημι- φυσικές εκτάσεις	Εκτάσεις που καλύπτονται από νερά	Τεχνητές περιοχές
Ποσοστό έκτασης	47,5293263	44,2748884	6,75801931	1,437766

Πιο αναλυτικά, στις γεωργικές περιοχές περιλαμβάνονται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό οι εκτάσεις που καλύπτονται από καλλιέργειες οι οποίες υπόκεινται στο σύστημα της εναλλαγής των καλλιεργειών (αμειψισπορά), δηλαδή η αρόσιμη γη, και έπειτα οι ετερογενείς γεωργικές περιοχές και οι βοσκότοποι με εκτάσεις με αραιή ή καθόλου βλάστηση με αξιόλογα ποσοστά κάλυψης. Σε μικρότερα ποσοστά απαντώνται οι μόνιμες καλλιέργειες, οι βοσκότοποι με μεταβατικές δασώδεις ή θαμνώδεις εκτάσεις και οι βοσκότοποι θαμνώδους ή ποώδους βλάστησης.

Όσο αφορά τα δάση και τις ημι-φυσικές εκτάσεις ποσοστό 24,2 % της συνολικής έκτασης της περιφερειακής ενότητας καταλαμβάνουν τα δάση, ενώ σε αισθητά μικρότερα ποσοστά εμφανίζονται οι μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις, οι συνδυασμοί θαμνώδους ή ποώδους βλάστησης και οι εκτάσεις με αραιή ή καθόλου βλάστηση.

Για τις εκτάσεις που καλύπτονται από νερά, παρότι Η Περιφερειακή Ενότητα Φλώρινας αποτελεί την περιφερειακή ενότητα με τις περισσότερες λίμνες, αναλογικά με την έκτασή της τα χερσαία ύδατα καλύπτουν ποσοστό 5,5% ενώ υπάρχουν και κάποιες εσωτερικές υγρές ζώνες.

Τέλος, οι τεχνητές περιοχές περιλαμβάνουν σε μεγαλύτερο ποσοστό τα ορυχεία, τους χώρους απόρριψης απορριμμάτων και τα εργοτάξια. Η έκταση αυτή είναι μεγαλύτερη από την αστική οικοδόμηση, τις βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες και τα δίκτυα συγκοινωνιών, κάτι που είναι λογικό καθώς η περιφερειακή ενότητα χαρακτηρίζεται ως ένα από τα μεγαλύτερα λιγνιτικά κέντρα της χώρας με τον μεγαλύτερο όγκο λιγνιτικών αποθεμάτων.

Αναλυτικά, οι εκτάσεις που ανήκουν σε κάθε κατηγορία και η έκταση αυτών παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

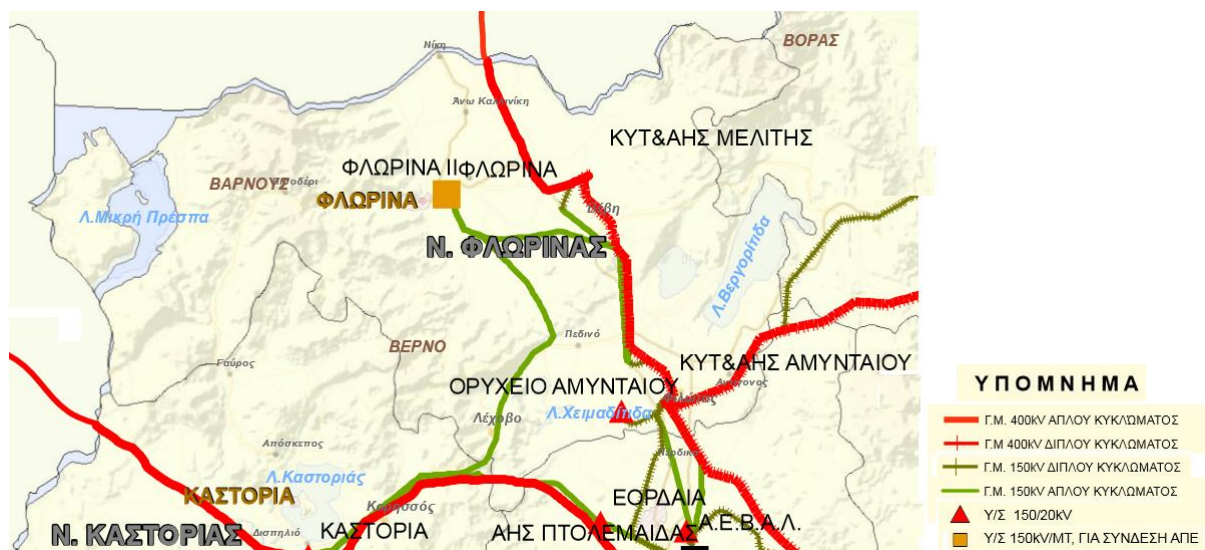
Πίνακας 3.2: Εκτάσεις χρήσεων γης σε τ.χλμ. (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, 2000)

Κατηγορία	Χρήση/ κάλυψη γης	Έκταση (τ. χλμ.)	Ποσοστό της συνολικής έκτασης
Γεωργικές περιοχές	Αρόσιμη γη	444,2	23,1%
	Μόνιμες καλλιέργειες	10,2	0,5%
	Βοσκότοποι - Μεταβατικές δασώδεις/ θαμνώδεις εκτάσεις	16,8	0,9%
	Βοσκότοποι - Συνδιασμοί θαμνώδους και / ή ποώδους βλάστησης	67,5	3,5%
	Βοσκότοποι - Εκτάσεις με αραιή ή καθόλου βλάστηση	187,7	9,8%
	Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	189,3	9,8%
Δάση ημι-φυσικές εκτάσεις	Δάση	466,7	24,3%
	Μεταβατικές δασώδεις-θαμνώδεις εκτάσεις	124,7	6,5%
	Συνδυασμοί θαμνώδους και / ή ποώδους βλάστησης	214,7	11,2%
	Εκτάσεις με αραιή ή καθόλου βλάστηση	46,9	2,4%
Εκτάσεις που καλύπτονται από νερά	Χερσαία ύδατα	106,7	5,5%
	Εσωτερικές υγρές ζώνες	23,5	1,2%
Τεχνητές περιοχές	Αστική οικοδόμηση	9,6	0,5%
	Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες	2,7	0,1%
	Δίκτυα συγκοινωνιών	0,6	0,0%
	Ορυχεία, χώροι απόρριψης απορριμμάτων και εργοτάξια	14,8	0,8%

3.6. Υποδομές Παραγωγής Ενέργειας

Στην περιφερειακή ενότητα Φλώρινας υπάρχουν εγκατεστημένοι τρεις Ατμοηλεκτρικοί Σταθμοί (ΑΗΣ) παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση λιγνίτη της ΔΕΗ. Οι δύο μονάδες βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή του Αμυνταίου με συνολική ισχύ 600MW (ΑΗΣ Αμυνταίου I & II: $2 \times 300 = 600\text{MW}$) και μία μονάδα έξω από τη Φλώρινα (ΑΗΣ Μελίτης-Αχλάδας: $1 \times 330 = 330\text{MW}$). Η συμβολή των παραπάνω στην εθνική οικονομία κρίνεται σπουδαία καθώς όπως προαναφέρθηκε το ενεργειακό κέντρο της Ελλάδας εντοπίζεται στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας. Πιο συγκεκριμένα οι νομοί Κοζάνης και Φλώρινας παράγουν πάνω από το 50% του συνόλου της ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας. (43)

Το ηλεκτρικό δίκτυο της περιφερειακής ενότητας της Φλώρινας είναι συνδεδεμένο με το Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας μέσω γραμμής μεταφοράς διπλού και απλού κυκλώματος τόσο 400kV όσο και 150kV. Ακόμα, στην Φλώρινα λειτουργεί Υποσταθμός 150kV μέσης τάσης για σύνδεση με τις μονάδες παραγωγής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, ενώ στο ορυχείο του Αμυνταίου λειτουργεί υποσταθμός 150kV/ 20kV για την εξυπηρέτηση των ΑΗΣ. (45)



Σχήμα 3.6: Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας στη Φλώρινα (ΑΔΜΗΕ)

Ο ΑΔΜΗΕ δημοσιεύει στοιχεία για τους Σταθμούς Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ) που λειτουργούν στο Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. Στον παρακάτω Πίνακα περιλαμβάνονται οι σταθμοί που υποχρεούνταν να λαμβάνουν Άδεια Παραγωγής σύμφωνα με τον ν.3851/2010 και βρίσκονται εντός των συνόρων της Φλώρινας.

Πίνακας 3.3: Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
(Ιδία Επεξεργασία)

Αριθμός Φακέλου (ΑΔΜΗΕ)	Κατηγορία Έργου	Αριθμός Αίτησης (ΡΑΕ)	Ονομασία Φορέα	Ισχύς (MW)	Θέση εγκατάστασης
541	Μικρός Υδροηλεκτρικός Σταθμός (ΜΥΗΣ)	Γ-00125	NANKO ENERΓΕΙΑ Α.Β.Ε.Τ.Ε.	1,360	Ρέμα Περικοπής οικισμού Ασπρόγειας Δ.Αετού
541	Μικρός Υδροηλεκτρικός Σταθμός (ΜΥΗΣ)	Γ-00430	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΦΛΩΡΙΝΑΣ Α.Ε.	0,840	Ρέμα Ανταρτικού Δ.Πρεσπών
541	Μικρός Υδροηλεκτρικός Σταθμός (ΜΥΗΣ)	Γ-00777	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΙΣΟΔΕΡΙΟΥ	0,490	Χείμαρροι Πισοδερίου και Κοντόρεμα Δήμου Πρεσπών
824	Μικρός Υδροηλεκτρικός Σταθμός (ΜΥΗΣ)	Ι-68749	ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ Α.Ε.	0,500	Ποταμός Γεροπόταμος - Περιοχή οικισμού Σκοπός - Δήμου Μελίτης
951	Φωτοβολταϊκός Σταθμός (Φ/Β)	Γ-01985	ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΣΟΥΜΠΑΣΗ Ο.Ε.	0,994	Αγρόκτημα 482 - Δήμου Περάσματος
774	Φωτοβολταϊκός Σταθμός (Φ/Β)	Γ-01798	ΙΚΤΙΝΟΣ Α.Ε.	4,316	ΒΙ.ΠΕ Φλώρινας - Δήμου Φλώρινας
1379	Φωτοβολταϊκός Σταθμός (Φ/Β)	Γ-02242	ΔΙΕΘΝΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗ ΑΧΑΪΑΣ Α.Ε.	1,500	Γιάτσοβο - Δήμου Μελίτης
1620	Φωτοβολταϊκός Σταθμός (Φ/Β)	Γ-02810	DAMCO ENERGY Α.Ε.-ΔΙΕΘΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ Α.Τ.Τ.Ν.Ε ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΑΝΕΜΟΣ	1,971	ΛΕΠΤΟΚΑΡΥΕΣ - Δ. ΦΛΩΡΙΝΑΣ
541	Αιολικό Πάρκο (Α/Π)	Γ-00713	ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ	28,900	Τούμπα-Ανθοβούνι Δήμου Κάτω Κλινών

Τέλος, στις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας που αξιοποιούνται εντός της περιφερειακής ενότητας αναμένεται να προστεθεί και ένας Σταθμός Βιομάζας (ΒΙΟ). Συγκεκριμένα, στην περιοχή του Αμυνταίου βρίσκεται υπό κατασκευή μια μονάδα βιομάζας της ΔΕΗ ισχύος 25 MW που θα καλύπτει τις ανάγκες της τηλεθέρμανσης του δήμου και των δημοτικών διαμερισμάτων. Η νέα μονάδα Βιομάζας προβλέπεται ότι θα παράγει ενέργεια από υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών, όπως άχυρο σιτηρών και καλαμποκιού, από ξυλεία του δάσους και υπολείμματα δασικών εργασιών που υπάρχουν άφθονα στην δυτική Μακεδονία, καθώς και από παραπροϊόντα γεωργικών βιομηχανιών. Επίσης, η βασική πρώτη ύλη μπορεί να προέρχεται από καλλιέργεια ενεργειακών φυτών.(44)

3.7. Ενεργειακές Ανάγκες

Οι ενεργειακές ανάγκες της Περιφερειακής Ενότητας είναι σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, καθώς δεν παρουσιάζονται αυξομειώσεις στον πληθυσμό. Η τουριστική κίνηση εμφανίζεται με συνεχείς ρυθμούς σε όλη τη διάρκεια του χρόνου και δεν είναι εποχιακή. Οι ενεργειακές ανάγκες υπολογίζονται σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή με βάση τον αριθμό των νοικοκυριών και την μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά νοικοκυριό, η οποία έχει την τιμή των 3.750 kWh. Σύμφωνα με τις τρεις τελευταίες απογραφές και τον αριθμό των νοικοκυριών που απογράφονται υπολογίζονται οι αντίστοιχες

Πληθυσμός

Πίνακας 3.4: Ενεργειακές ανάγκες νοικοκυριών Π.Ε. Φλώρινας (Ιδία επεξεργασία)

Έτος	Νοικοκυριά	Ενεργειακές Ανάγκες (kWh)
1991	14806	55.522.500
2001	16163	60.611.250
2011	18545	69.543.750

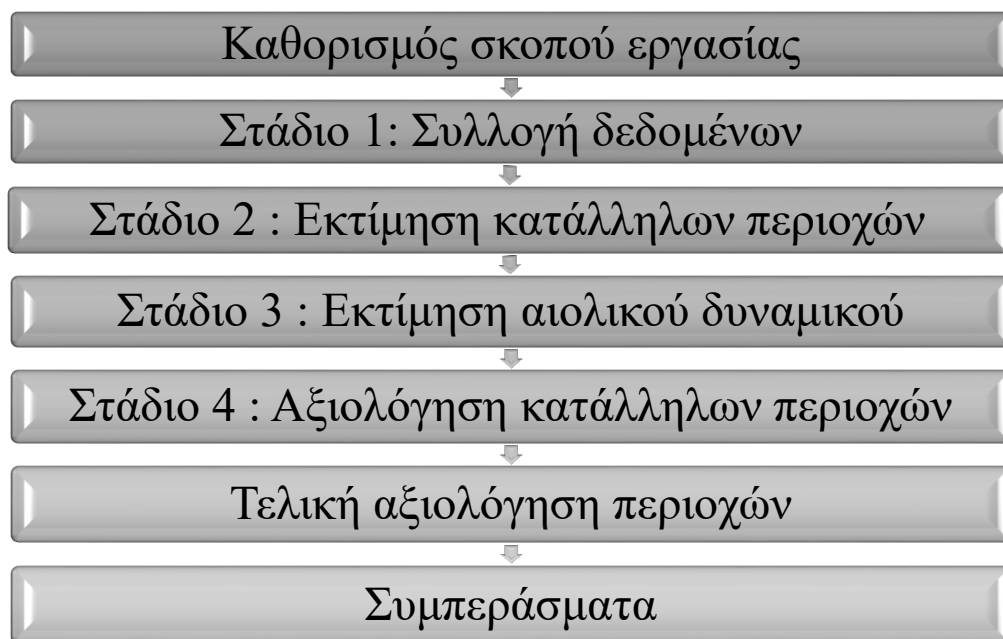
4. Μεθοδολογία

4.1. Γενικό περίγραμμα μεθοδολογίας

Το αντικείμενο της εργασίας είναι ο προσδιορισμός των κατάλληλων περιοχών για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων στο Νομό Φλώρινας. Για το σκοπό της εργασίας λαμβάνονται υπόψη οι περιορισμοί και τα κριτήρια που θέτει το Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Την εξεύρεση των καταλληλότερων περιοχών ακολουθεί η εκτίμηση του συνολικού αιολικού δυναμικού της περιοχής μελέτης και η τελική αξιολόγηση των κατάλληλων περιοχών.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται στηρίζεται, αρχικά, στην εύρεση όλων των θεματικών επιπέδων που επηρεάζουν την εγκατάσταση των αιολικών πάρκων. Με βάση τα κριτήρια που θέτει το Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας δημιουργούνται ζώνες αποκλεισμού γύρω από τα θεματικά επίπεδα και κατ' επέκταση διαμορφώνονται περιοχές κατάλληλες για τη χωροθέτηση αιολικού πάρκου. Στη συνέχεια, υπολογίζεται το αιολικό δυναμικό για τις περιοχές που θεωρούνται κατάλληλες για χωροθέτηση και γίνεται αξιολόγηση των περιοχών αυτών. Με βάση το αποτέλεσμα της αξιολόγησης προκύπτουν τα συμπεράσματα για την βέλτιστη περιοχή χωροθέτησης του αιολικού πάρκου.

Το γενικό περίγραμμα της μεθοδολογίας με τα επιμέρους στάδια της διαδικασίας παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Σχήμα 4.1: Σχεδιάγραμμα σταδίων μεθοδολογίας (Ιδία επεξεργασία)

4.2. Στάδιο 1 : Συλλογή δεδομένων

Για την επίλυση του προβλήματος χωροθέτησης αιολικού πάρκου στο νομό Φλώρινας απαιτούνται πληροφορίες, τόσο περιγραφικές όσο και χωρικές, για όλα τα δεδομένα και τις παραμέτρους που επηρεάζουν την δυνατότητα χωροθέτησης. Τα δεδομένα και οι παράμετροι αυτοί αποτελούν τα θεματικά επίπεδα που λαμβάνονται υπόψη στα επόμενα στάδια της εργασίας. Η εύρεση των θεματικών επιπέδων πραγματοποιήθηκε από τρεις διαφορετικές πηγές. Για το σκοπό αυτό και την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ) Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον ορισμό της F.I.G. (Federation Internationale Des Geometres):

«Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών είναι ένα εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων νομικής, διοικητικής και οικονομικής φύσης και ένα όργανο για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη, το οποίο αποτελείται από τη μια βάση δεδομένων που περιέχει για μια έκταση στοιχεία προσδιορισμένα στο χώρο και τα οποία σχετίζονται με τη γη και αποτελείται από διαδικασίες και τεχνικές για τη συστηματική συλλογή, ενημέρωση επεξεργασία και διανομή των στοιχείων». (Μπίλη Α., 2017)

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (G.I.S.) είναι λογισμικά που αξιοποιούν τις δυνατότητες των υπολογιστών για αποθήκευση, ανάλυση, διαχείριση και παρουσίαση δεδομένων που συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με τη γεωγραφική πληροφορία. Θα πρέπει να θεωρηθούν κάτι παραπάνω από μέσα κωδικοποίησης, αποθήκευσης και ανάκτησης δεδομένων σχετικών με τις ιδιότητες της γήινης επιφάνειας. Τα συστήματα αυτά δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να τα μετατρέπει, να τα διαχειρίζεται και να τα απεικονίζει τόσο με μορφή διαγραμμάτων, όσο και με τη μορφή χαρτών.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούνται από τρία τμήματα:

- Το πρώτο τμήμα αφορά στη γεωγραφική παρουσίαση των δεδομένων με μορφή χαρτών. Το τμήμα αυτό αναλαμβάνει το σύνολο της γεωγραφικής διαχείρισης, αναζήτησης και ανάλυσης.
- Το δεύτερο τμήμα αφορά στη βάση δεδομένων, στην οποία είναι αποθηκευμένη η περιγραφική πληροφορία του κάθε γεωγραφικού αντικειμένου (Κουτσόπουλος κ.ά., 2006). Η βάση δεδομένων έχει τη μορφή πίνακα, όπου η κάθε στήλη περιλαμβάνει ένα διαφορετικό είδος πληροφορίας διαφορετικό αντικείμενο του χάρτη.
- Το τρίτο τμήμα αφορά στη γλώσσα προγραμματισμού, που χρησιμοποιείται στην ανάπτυξη πρόσθετων λειτουργιών για εξειδικευμένες εφαρμογές, όπως, για παράδειγμα, αλγόριθμους εντοπισμού θέσεων υψηλού κινδύνου κάποιας συγκεκριμένης φυσικής καταστροφής.

Σήμερα, υπάρχουν στην αγορά Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών που έχουν αναπτυχθεί από διαφορετικές εταιρείες, όμως όλα λειτουργούν με βάση την ίδια φιλοσοφία και τις ίδιες αρχές, έχουν παρόμοιες δυνατότητες και τηρούν συγκεκριμένα πρότυπα που υπαγορεύονται από τη διεθνή οργάνωση “Open G.I.S.”. Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε η χρήση του λογισμικού QGIS 2.18.7 της QGIS.

Όσο αφορά τη συλλογή δεδομένων, αρχικά, χρησιμοποιούνται δεδομένα από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία και συγκεκριμένα Ψηφιακά Χαρτογραφικά Υπόβαθρα από την Απογραφή Πληθυσμού και Κτιρίων του 2011. Οι πληροφορίες που λαμβάνονται υπόψη είναι κυρίως διοικητικής φύσεως. Συνολικά, χρησιμοποιούνται τα ψηφιακά χαρτογραφικά θεματικά επίπεδα που αφορούν τα όρια της περιφερειακής ενότητας, τα καλλικρατικά όρια για τις Δημοτικές Ενότητες, τα όρια των οικισμών καθώς και η θέση, η ονοματολογία και ο πληθυσμός αυτών. (37)

Τα θεματικά επίπεδα που αφορούν τις προστατευόμενες περιοχές (περιοχές ΖΕΠ, περιοχές natura κ.τ.λ.) λαμβάνονται από την ιστοσελίδα geodata.gov.gr ενώ για τα στοιχεία για τις μορφές κάλυψης και χρήσης γης εντός της περιφερειακής ενότητας χρησιμοποιείται το Corine Land Cover με έτος αναφοράς το 2012 που παρέχεται δωρεάν από το Εθνικό Κτηματολόγιο.

Όλα τα υπόλοιπα θεματικά επίπεδα, όπως οι οδικοί άξονες, οι υδάτινες επιφάνειες κ.α. λαμβάνονται σε μορφή γεωχωρικών δεδομένων από την ιστοσελίδα geofabrik.de. Επιπλέον, τα δεδομένα που παρέχονται από την ιστοσελίδα και αφορούν χρήσεις γης, όπως οι παραδοσιακοί οικισμοί ή οι αρχαιολογικοί και τουριστικοί χώροι, διασταυρώνονται με τις πληροφορίες που αναφέρουν τόσο οι προηγούμενες πηγές όσο και η ίδια η αυτοδιοίκηση Φλώρινας και δημιουργούνται ακριβέστερα χωρικά δεδομένα. (40)

Όσο αφορά, την αξιοποίηση των δεδομένων που παρέχονται από τις ιστοσελίδες geodata.gov.gr και geofabrik.de είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι και οι δύο αυτές πηγές αποτελούν ελεύθερο λογισμικό για ανοιχτά χαρτογραφικά δεδομένα το οποίο στηρίζεται στα δεδομένα που προσφέρονται από τη βάση ανοικτών δεδομένων OpenStreetMap. Η βάση OpenStreetMap ανανεώνεται συνεχώς με νέες πληροφορίες, οπότε όλα τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται από αυτή έχουν έτος αναφοράς το 2017. (38, 39)

4.3. Στάδιο 2 : Εκτίμηση κατάλληλων περιοχών

Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται ο καθορισμός των απλών κριτηρίων που είναι απαραίτητα ώστε να εκτιμηθούν αρχικά οι ζώνες αποκλεισμού και στη συνέχεια οι κατάλληλες περιοχές.

Σύμφωνα με τη νομοθεσία τα κριτήρια διαχωρίζονται σε πέντε βασικές κατηγορίες:

- Περιβαλλοντικά
- Οικιστικές Δραστηριότητες
- Δικτύων Τεχνικών Υποδομών και Ειδικές Χρήσεις
- Πολιτιστικά
- Λειτουργικά και Οικονομικά του Αιολικού Πάρκου

Συγκεκριμένα, για τον προσδιορισμό των κατάλληλων θέσεων για την εγκατάσταση των αιολικών πάρκων, διαπιστώθηκαν πρώτα οι περιοχές που αποκλείονται σύμφωνα με τη νομοθεσία. Δημιουργούνται έτσι οι ζώνες αποκλεισμού που εξυπηρετούν κάθε μια από τις παραπάνω κατηγορίες.

Πιο συγκεκριμένα, για περιβαλλοντικούς σκοπούς, δημιουργούνται ζώνες αποκλεισμού για κάθε μία από τις εξής ασύμβατες χρήσεις:

- Περιοχές απολύτου προστασία της Φύσης και προστασίας της φύσης
- Πυρήνες Εθνικών Δρυμών
- Κηρυγμένα μνημεία της φύσης
- Αισθητικά δάση
- Υγρότοποι Ramsar
- Προστατευόμενες περιοχές που είναι ενταγμένες στο δίκτυο Natura 2000
- Ακτές κολύμβησης που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα παρακολούθησης των νερών κολύμβησης
- Περιοχές ΖΕΠ ορνιθοπανίδας

Για τα οικιστικά κριτήρια λαμβάνονται υπόψη οι εξής κατηγορίες:

- Οικισμοί με πληθυσμό >2000 κατοίκων ή οικισμοί με πληθυσμό <2000 κατοίκων που χαρακτηρίζονται ως τουριστικοί ή αξιόλογοι
- Παραδοσιακοί οικισμοί
- Οικισμοί με πληθυσμό <2000 κατοίκων που δεν χαρακτηρίζονται ως τουριστικοί ή αξιόλογοι
- Ιερές μονές
- Μεμονωμένες κατοικίες (νομίμως υφιστάμενες)

Για τα πολιτιστικά κριτήρια δημιουργούνται ζώνες αποκλεισμού γύρω από τους αρχαιολογικούς χώρους, τα πολιτιστικά μνημεία και τους ιστορικούς τόπους που είναι εγγεγραμμένα στο κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς ή είναι εθνικά κηρυγμένα ως τέτοια. μνημεία και τόπους πολιτιστικής κληρονομιάς.

Για τα κριτήρια δικτύων και υποδομών θεωρούνται ζώνες αποκλεισμού γύρω από τον κύριο οδικό άξονα, το τοπικό οδικό δίκτυο, τις σιδηροδρομικές γραμμές και από αεροδρόμια εξυπηρετώντας λόγους ασφαλείας.

Για την εφαρμογή των παραπάνω κριτηρίων αλλά και την υλοποίηση της παρούσας ανάλυσης που πραγματοποιείται για τον σκοπό της εργασίας χρησιμοποιείται η εφαρμογή QGIS με κοινή αναφορά όλων των θεματικών επιπέδων στο παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς WGS 1984.

Έτσι, συγκεντρωθούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία-θεματικά επίπεδα, όπως αναφέρθηκαν προηγουμένως, πραγματοποιείται η δημιουργία των ζωνών αποκλεισμού με βάση το εργαλείο Buffer του QGIS. Στην συνέχεια γίνεται η ένωση των παραπάνω ζωνών αποκλεισμού που αφορούν το κάθε κριτήριο με το εργαλείο Merge του QGIS, παράγοντας μια τελική ζώνη αποκλεισμού στις περιοχές που είναι ακατάλληλες για εγκατάσταση αιολικού πάρκου.

Τέλος, από το περίγραμμα της περιφερειακής ενότητας Φλώρινας αφαιρείται με το εργαλείο Difference η τελική ζώνη αποκλεισμού. Το θεματικό επίπεδο που προκύπτει περιέχει τις κατάλληλες περιοχές, από άποψη κριτηρίων που περιγράφονται στο νόμο, εγκατάστασης αιολικού πάρκου.

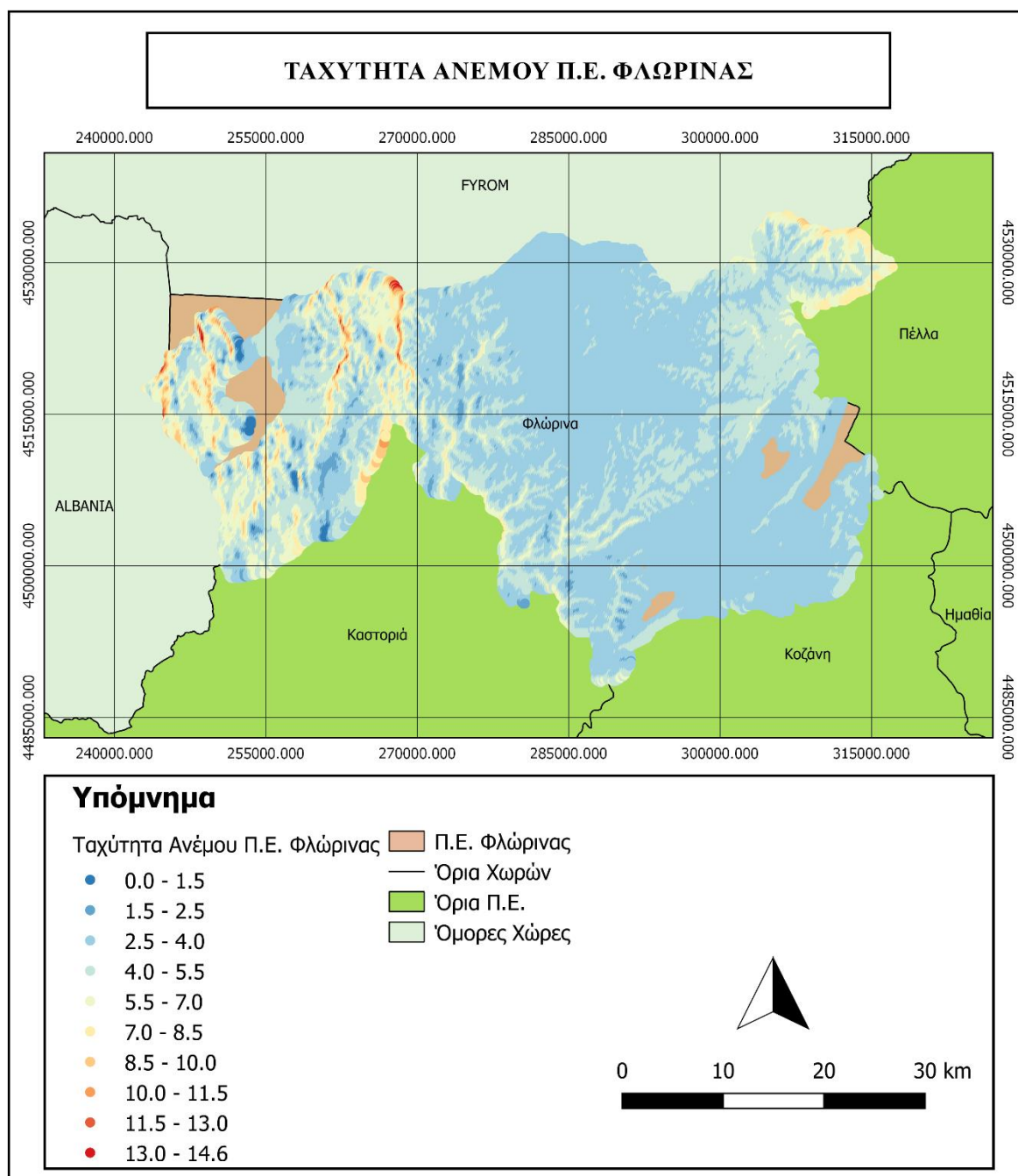
4.4. Στάδιο 3 : Εκτίμηση αιολικού δυναμικού

Η εκτίμηση του αιολικού δυναμικού πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας δεδομένα μέσης ταχύτητας ανέμου από τον εθνικό φορέα για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργεια, το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας και τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας. Χρησιμοποιώντας τα απαραίτητα δεδομένα δημιουργείται ο χάρτης αιολικού δυναμικού της περιοχής μελέτης, όπως παρουσιάζεται ακολούθως.(41, 42)

Το κριτήριο της ταχύτητας του ανέμου χρησιμοποιείται αρχικά ως κριτήριο εκτίμησης της κατάλληλης θέσης εγκατάστασης, καθώς για να είναι βιώσιμο ένα αιολικό πάρκο χρειάζονται ταχύτητες ανέμων μεγαλύτερες των 4 m/s. Στην Περιφερειακή ενότητα Φλώρινας όπως προέκυψε από την ανάλυση των δεδομένων η μικρότερη ταχύτητα ανέμου είναι 0,00948 m/s, ενώ η μεγαλύτερη που εντοπίζεται είναι 14,63941 m/s.

Όπως παρουσιάζεται στον ακόλουθο χάρτη, το μεγαλύτερο κομμάτι της Περιφερειακής Ενότητας καλύπτεται από μικρές και μέσες ταχύτητες. Το γεγονός αυτό δικαιολογεί τον χαρακτηρισμό της περιφερειακής ενότητας Φλώρινας ως Περιοχή Αιολικής Καταλληλότητας και όχι Περιοχή Αιολικής Προτεραιότητας.

Έπειτα τα ανεμολογικά δεδομένα της περιοχής μελέτης χρησιμοποιούνται ως κριτήριο αξιολόγησης καθώς επηρεάζουν τη βέλτιστη απόδοση και τον οικονομικό σχεδιασμό της εγκατάστασης του αιολικού πάρκου.



Σχήμα 4.2: Ταξινόμηση ταχύτητας ανέμου Π.Ε. Φλώρινας

4.5. Στάδιο 4 : Αξιολόγηση κατάλληλων περιοχών

Τα κριτήρια αξιολόγησης ακολουθούν την διαδικασία προσδιορισμού κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης αιολικών πάρκων και στοχεύουν στην οικονομική αποδοτικότητα του έργου, στην ελαχιστοποίηση του κόστους κατασκευής του και στην όσο το δυνατόν ευκολότερη αποδοχή της κατασκευής του έργου από την κοινωνία της περιφερειακής ενότητας Φλώρινας. Ως εκ τούτου, τα κριτήρια αξιολόγησης που επιλέχθηκαν είναι το αιολικό δυναμικό της κάθε περιοχής, η κλίση του εδάφους, η απόσταση από το οδικό δίκτυο καθώς και η κοινωνική αποδοχή που εναπόκειται στο επίπεδο οπτικής όχλησης και παρέμβασης στο τοπίο.

Η αξιολόγηση των προτεινόμενων περιοχών έγινε με τη διαδικασία της σταθμισμένης επικάλυψης. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται για την επίλυση πολύ-κριτηριακών προβλημάτων.

Τα βασικά βήματα που ακολουθεί η μέθοδος της σταθμισμένης επικάλυψης είναι τα εξής:

- Αναπροσαρμογή της κλίμακας των θεματικών επιπέδων σε μια κοινή κλίμακα
- Πολλαπλασιασμός των νέων τιμών με τα βάρη σπουδαιότητας
- Πρόσθεση αυτών των τιμών μεταξύ τους ώστε να δημιουργηθεί το τελικό διαβαθμισμένο θεματικό επίπεδο

Η αναπροσαρμογή της κλίμακας των θεματικών επιπέδων σε μια κοινή κλίμακα προτίμησης είναι αναγκαία καθώς τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη στην αξιολόγηση αναφέρονται σε διαφορετικά συστήματα αρίθμησης με διαφορετικές κλίμακες. Έτσι, τα θεματικά επίπεδα για να μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους σε μια ενιαία ανάλυση, πρέπει να γίνει αναταξινόμηση (reclassify).

Για την αναταξινόμηση χρησιμοποιείται κοινή κλίμακα από το 1 μέχρι το 5, με το 5 να αποτελεί την ευνοϊκότερη τιμή. Κάθε θεματικό επίπεδο χωρίζεται σε τάξεις για κάθε μία από τις οποίες αποδίδεται τιμή από το 1 έως το 5. Ωστόσο, για κάθε θεματικό επίπεδο πρέπει να ορίζονται όλες οι κλίμακες ώστε να έχουν την ίδια σημασία.

Για παράδειγμα σε ένα πρόβλημα επιλογής κατάλληλης θέσης για την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου, ευνοϊκότερες κλίσεις εδάφους είναι αυτές που είναι μικρότερες από 5% και έτσι παίρνουν την υψηλότερη τιμή 5. Αντίστοιχα, εάν οι ευνοϊκότερες τιμές της ταχύτητας των ανέμων είναι μεγαλύτερες των 10 m/s, πρέπει να αποδίδονται στην κοινή κλίμακα με την υψηλότερη τιμή 5, ώστε το αποτέλεσμα της επικάλυψης να είναι λογικό.

5. Αποτελέσματα - Συζήτηση

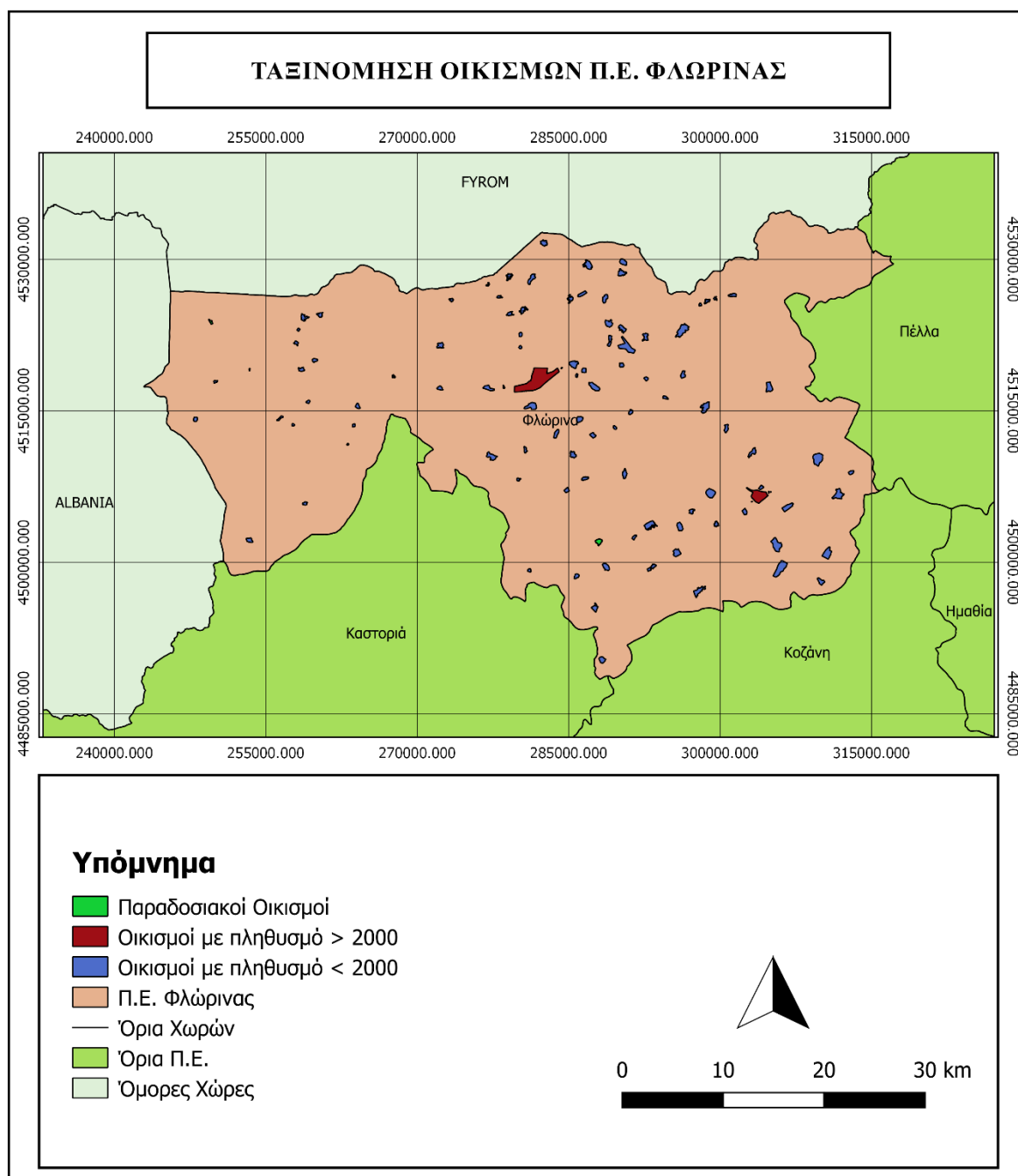
Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η εφαρμογή της μεθοδολογίας που αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και περιγράφονται αναλυτικά τα στοιχεία και οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν ώστε να εξευρεθούν οι περιοχές που είναι κατάλληλες για χωροθέτηση αιολικών πάρκων στην περιοχή μελέτης.

5.1. Εφαρμογή Σταδίου 1 : Συλλογή δεδομένων

Για την επίλυση του προβλήματος χωροθέτησης αιολικού πάρκου στο νομό Φλώρινας λήφθηκε υπόψη αρχικά το ψηφιακό μοντέλο εδάφους και τα διοικητικά όρια της περιφερειακής ενότητας. Στη συνέχεια προσδιορίστηκαν τα εξής θεματικά επίπεδα:

- **Οικισμοί**

Οι οικισμοί χωρίστηκαν σε τρία διαφορετικά θεματικά επίπεδα ώστε να είναι διαχειρίσιμοι στα κριτήρια αποκλεισμού. Το πρώτο θεματικό επίπεδο αποτέλεσαν οι οικισμοί με πληθυσμό μεγαλύτερο των 2000 κατοίκων. Σε αυτό συμπεριλαμβάνονται μόνο η πόλη της Φλώρινας και η κωμόπολη του Αμυνταίου. Το επόμενο επίπεδο αποτελούσαν οι οικισμοί με πληθυσμό μικρότερο των 2000 κατοίκων και το τελευταίο αφορούσε τους παραδοσιακούς οικισμούς. Οι μόνοι αναγνωρισμένοι παραδοσιακοί οικισμοί στη Φλώρινα βρίσκονται στο χωριό Ψαράδες στην ενότητα των Πρεσπών και στο χωριό Νυμφαίο στην δημοτική ενότητα του Αμυνταίου. Όλοι οι υπόλοιποι οικισμοί, πέραν των παραδοσιακών, της πόλης της Φλώρινας και της κωμόπολης του Αμυνταίου, ανήκουν στην κατηγορία των οικισμών με πληθυσμό μικρότερο των 2000 κατοίκων. Ακόμη, χαρτογραφούνται και οι μεμονωμένες οικιστικές δραστηριότητες αν αυτές βρίσκονται εκτός των ορίων των οικισμών, καθώς το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ορίζει για αυτές πρόβλεψη ασφαλούς απόστασης για την εξασφάλιση ελαχίστου επιπέδου θορύβου μικρότερου των 45 db.

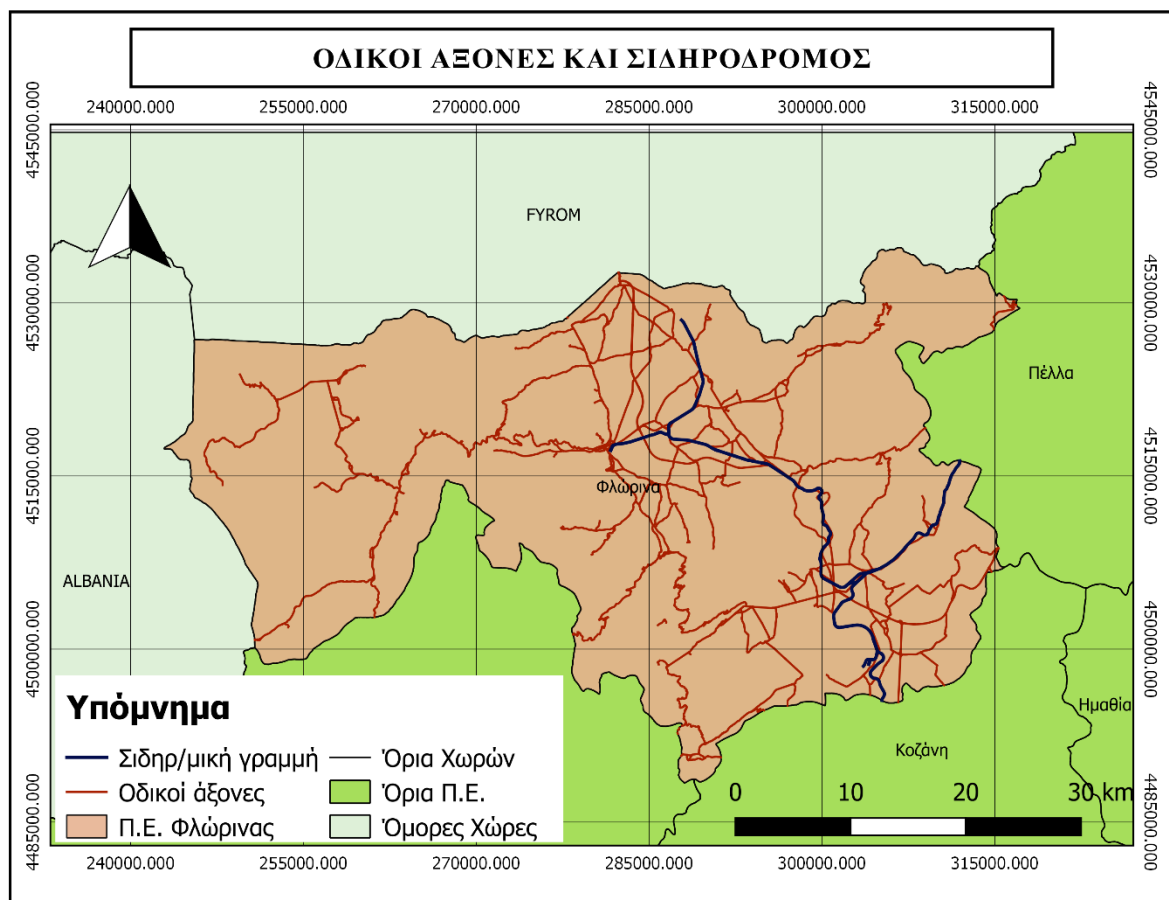


Σχήμα 5.1: Ταξινόμηση οικισμών Π.Ε. Φλώρινας

• Οδικοί άξονες και Σιδηρόδρομος

Για το θεματικό το επίπεδο των οδικών αξόνων λήφθηκαν υπόψη ο αυτοκινητόδρομος, η εθνική οδός καθώς και ο δευτερογενής και τριτογενής οδικός άξονας. Οδικές γραμμές μικρότερης σπουδαιότητας, καθώς και χωματόδρομοι δασικοί δρόμοι ή αγροτικοί δεν συμπεριελήφθησαν στο θεματικό επίπεδο καθώς το Ειδικό Χωροταξικό σχέδιο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας δεν αναφέρει περιορισμό – κριτήριο αποκλεισμού για οδούς

αυτής της τάξης. Ωστόσο οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιούνται αργότερα ως κριτήριο αξιολόγησης για την εύκολη πρόσβαση και μείωση κόστους διάνοιξης οδού στην κατασκευή του αιολικού πάρκου. Η σιδηροδρομική γραμμή αποτέλεσε αυτοτελές θεματικό επίπεδο.



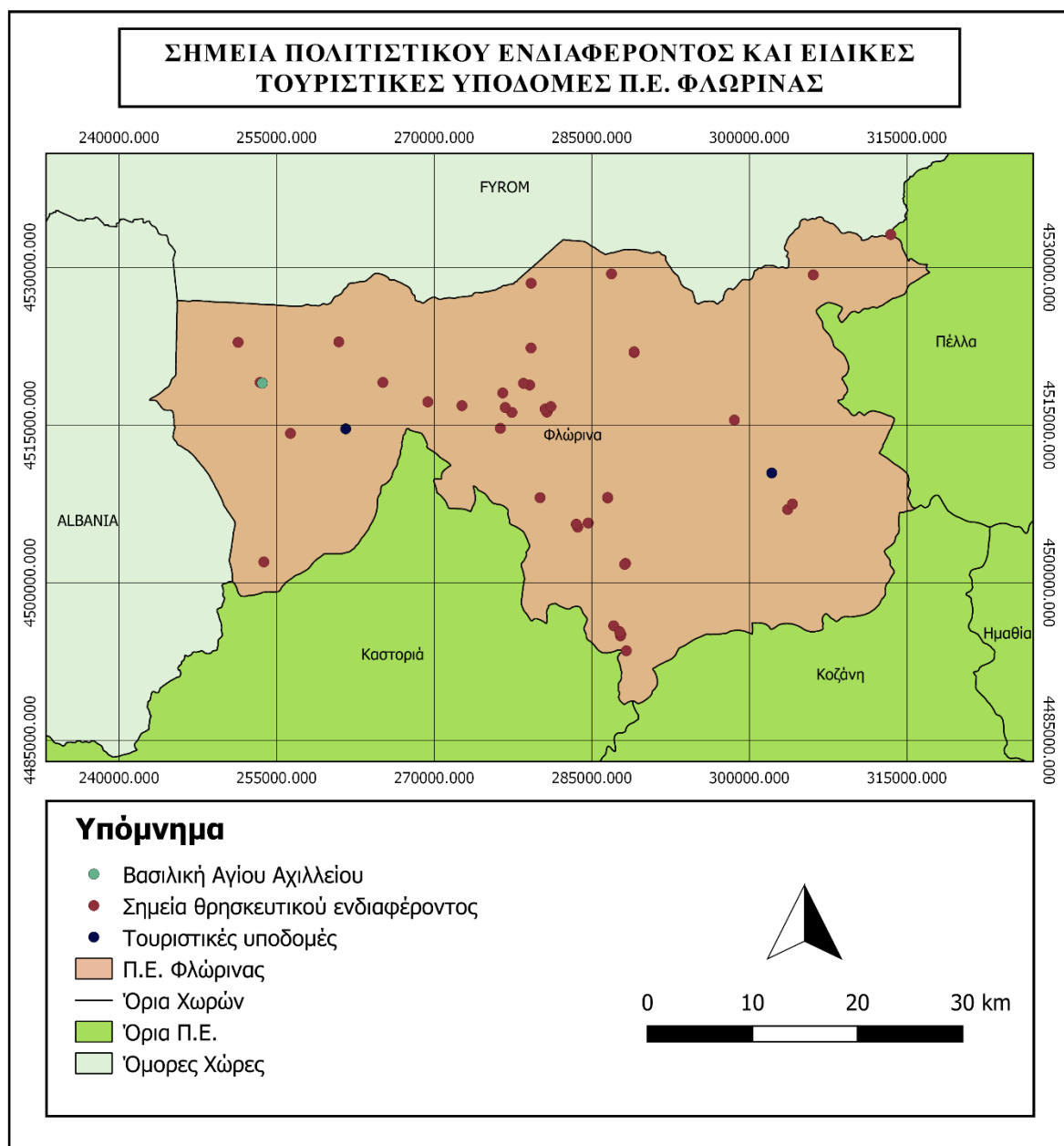
Σχήμα 5.2: Ταξινόμηση οδικών και σιδηροδρομικών αξόνων Π.Ε. Φλώρινας

• Σημεία πολιτιστικού ενδιαφέροντος

Σε αυτή την ενότητα δημιουργήθηκε ένα θεματικό επίπεδο με τα σημεία θρησκευτικού ενδιαφέροντος, τις μονές και τις εκκλησίες και άλλο ένα με τους αρχαιολογικούς χώρους. Όσο αφορά τους αρχαιολογικούς χώρους, στην περιοχή μελέτης υπάρχει μόνο ένας θεσμοθετημένος επίσημος αρχαιολογικός χώρος και είναι τα ευρήματα της Βασιλικής Αγίου Αχιλλείου που βρίσκονται στο νησάκι του Αγίου Αχιλλείου στην μικρή Πρέσπα. Στην περιοχή υπάρχουν και άλλοι μικρότερης σημασίας αρχαιολογικοί χώροι οι οποίοι όμως δεν είναι αναγνωρισμένοι και δεν ανήκουν στα κριτήρια αποκλεισμού που θέτει το Ειδικό Χωροταξικό σχέδιο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Ωστόσο, όλοι αυτοί βρίσκονται εντός των ορίων οικισμών οπότε δημιουργείτε γύρω από αυτούς ζώνη αποκλεισμού λόγω του κριτηρίου για τους οικισμούς.

• **Ειδικές τουριστικές υποδομές**

Σε αυτή την ενότητα περιλαμβάνονται θεσμοθετημένες ή διαμορφωμένες τουριστικές περιοχές, τουριστικά καταλύματα, ειδικές τουριστικές υποδομές και τουριστικοί λιμένες. Στην περιοχή μελέτης εντοπίζονται ανάλογες δομές που δεν βρίσκονται εντός οικισμού. Συγκεκριμένα προσμετρήθηκαν σημεία θέασης, όπως αυτό που βρίσκεται στο ύψωμα απέναντι από τη Μικρή Πρέσπα, το μνημείο του σταυρού έξω από την πόλη της Φλώρινας και ο αξιόλογος αρχαιολογικός χώρος των Πετρών, ο οποίος δεν ανήκει στην προηγούμενη κατηγορία καθώς δεν είναι θεσμοθετημένος αλλά παρόλο αυτό προσελκύει αρκετή τουριστική κίνηση και αποτελεί ειδική τουριστική υποδομή.



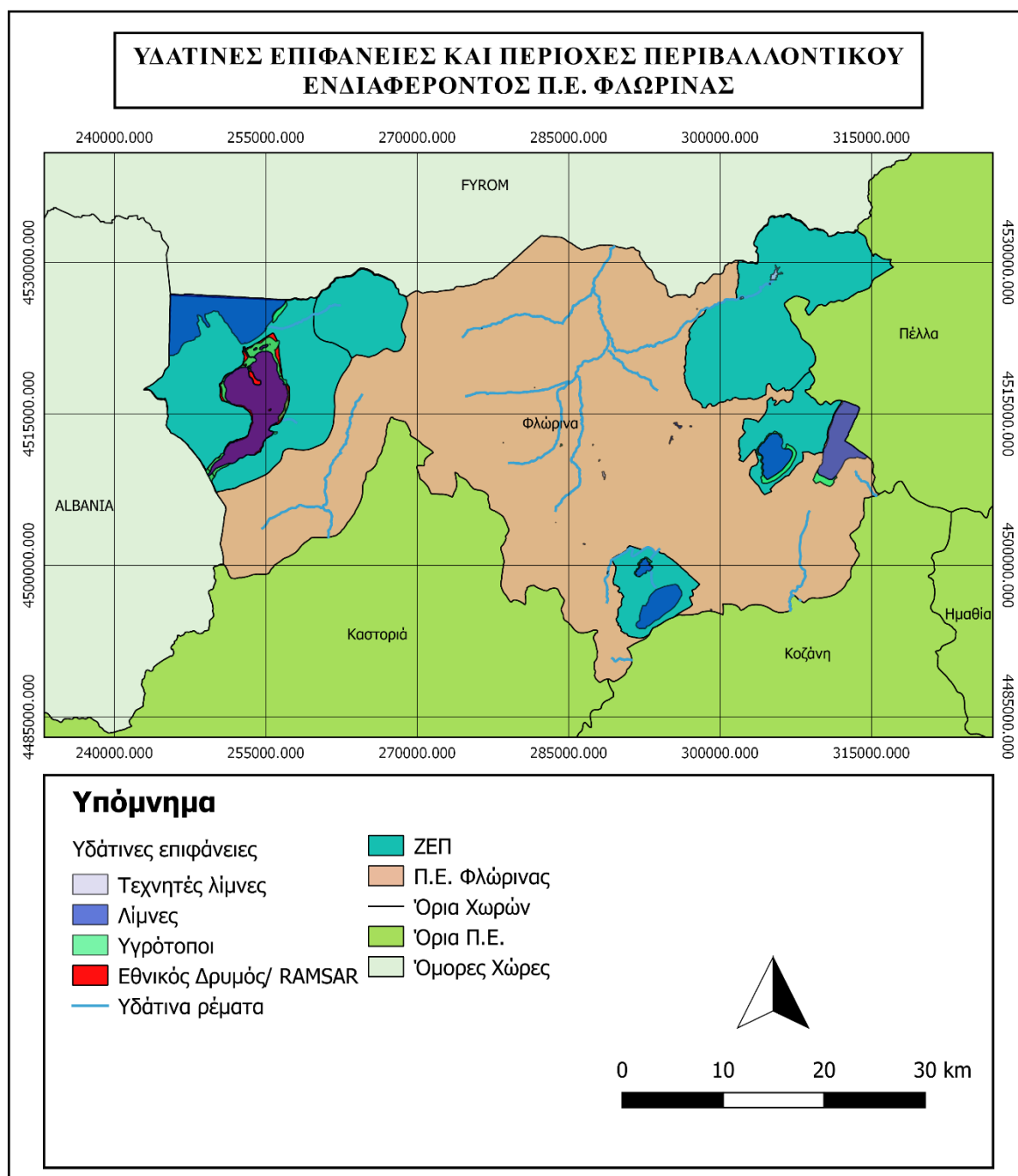
Σχήμα 5.3: Σημεία πολιτιστικού ενδιαφέροντος και τουριστικές υποδομές Π.Ε. Φλώρινας

- **Υδάτινες Επιφάνειες**

Η Περιφερειακή Ενότητα Φλώρινας συγκεντρώνει έξι φυσικές λίμνες, μερικές τεχνικές και υγροτόπους καθώς και λίγα μικρά ρέματα. Όλα αυτά αποτελούν το θεματικό επίπεδο των υδάτινων επιφανειών.

- **Περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος**

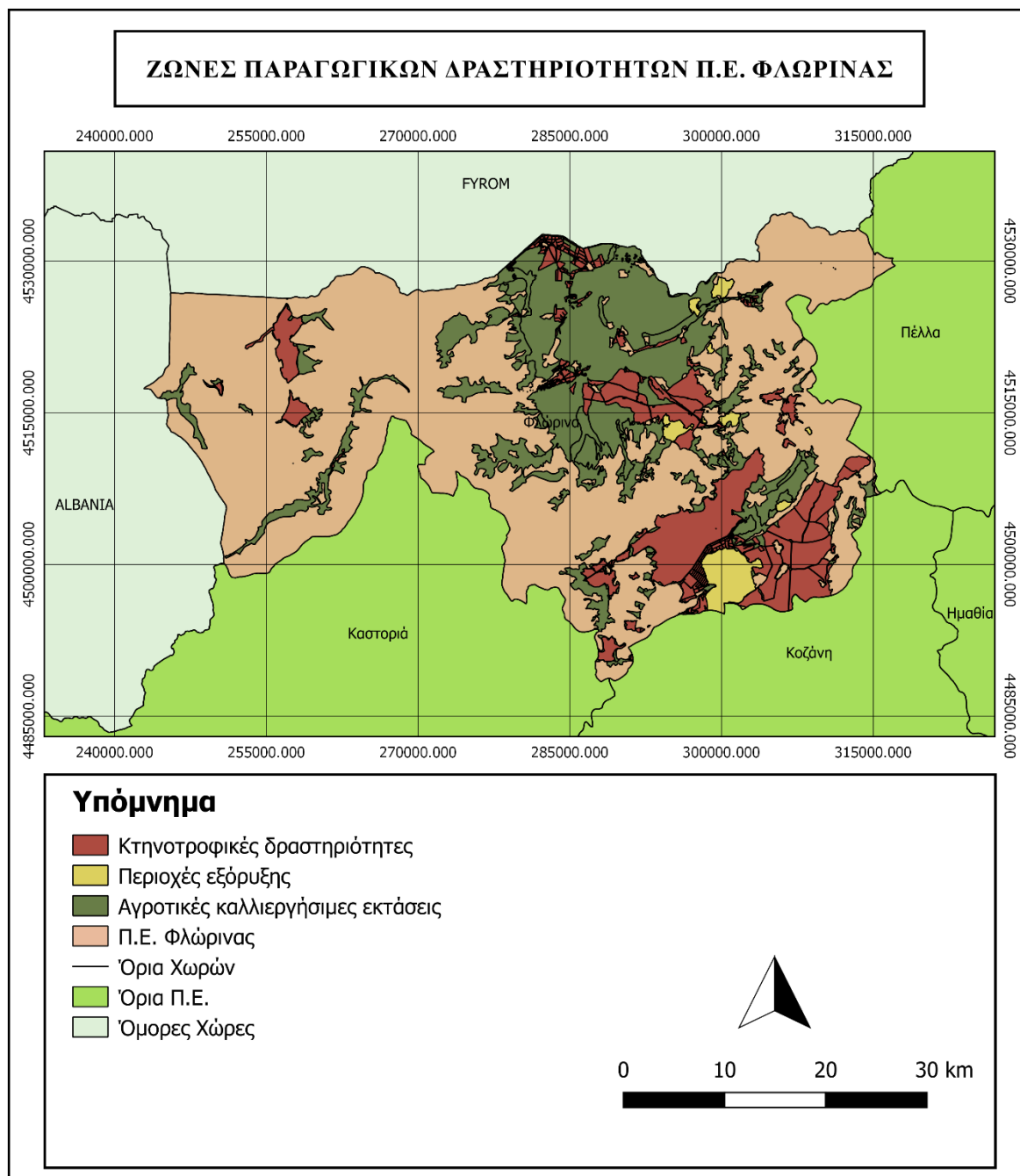
Σε αυτή την κατηγορία δημιουργήθηκαν δύο θεματικά επίπεδα. Το πρώτο περιλαμβάνει τα όρια θεσμοθετημένου πυρήνα Εθνικού Δρυμού, μνημείου της φύσης, αισθητικού δάσους και Υγροτόπου Διεθνής Σημασίας RAMSAR. Από αυτά στην περιοχή μελέτης συναντώνται το Εθνικό Πάρκο Δρυμού Πρεσπών και ο Εθνικός Δρυμός Πρεσπών, ο Υγρότοπος Διεθνούς Σημασίας (ramsar) που είναι στη λίμνη Μικρή Πρέσπα και το Δάσος Κέδρων που αποτελεί βιογενετικό απόθεμα. Στο δεύτερο θεματικό επίπεδο συγκαταλέγονται οι Περιοχές ΖΕΠ Ορνιθοπανίδας που βρίσκονται στα όρη Βαρνούντα και Βόρρα καθώς και στις λίμνες Ζάζαρη, Χειμαδίτιδα, Βεγορίτιδα, Πετρών και στις λίμνες των Πρεσπών.



Σχήμα 5.4: Υδατίνες επιφάνειες και περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος Π.Ε. Φλώρινας

• Ζώνες ή εγκαταστάσεις παραγωγικών δραστηριοτήτων

Για την κατηγορία αυτή δημιουργήθηκαν τρία θεματικά επίπεδα. Το πρώτο αφορά τις κτηνοτροφικές δραστηριότητες, το δεύτερο τις αγροτικές καλλιεργήσιμες εκτάσεις και το τελευταίο τα λατομεία και τις περιοχές εξόρυξης. Ο λόγος του διαχωρισμού των παραπάνω επιπέδων είναι ότι για κάθε ένα από αυτά προβλέπεται διαφορετική έκταση ζώνης αποκλεισμού.



Σχήμα 5.5: Ζώνες παραγωγικών δραστηριοτήτων Π.Ε. Φλώρινας

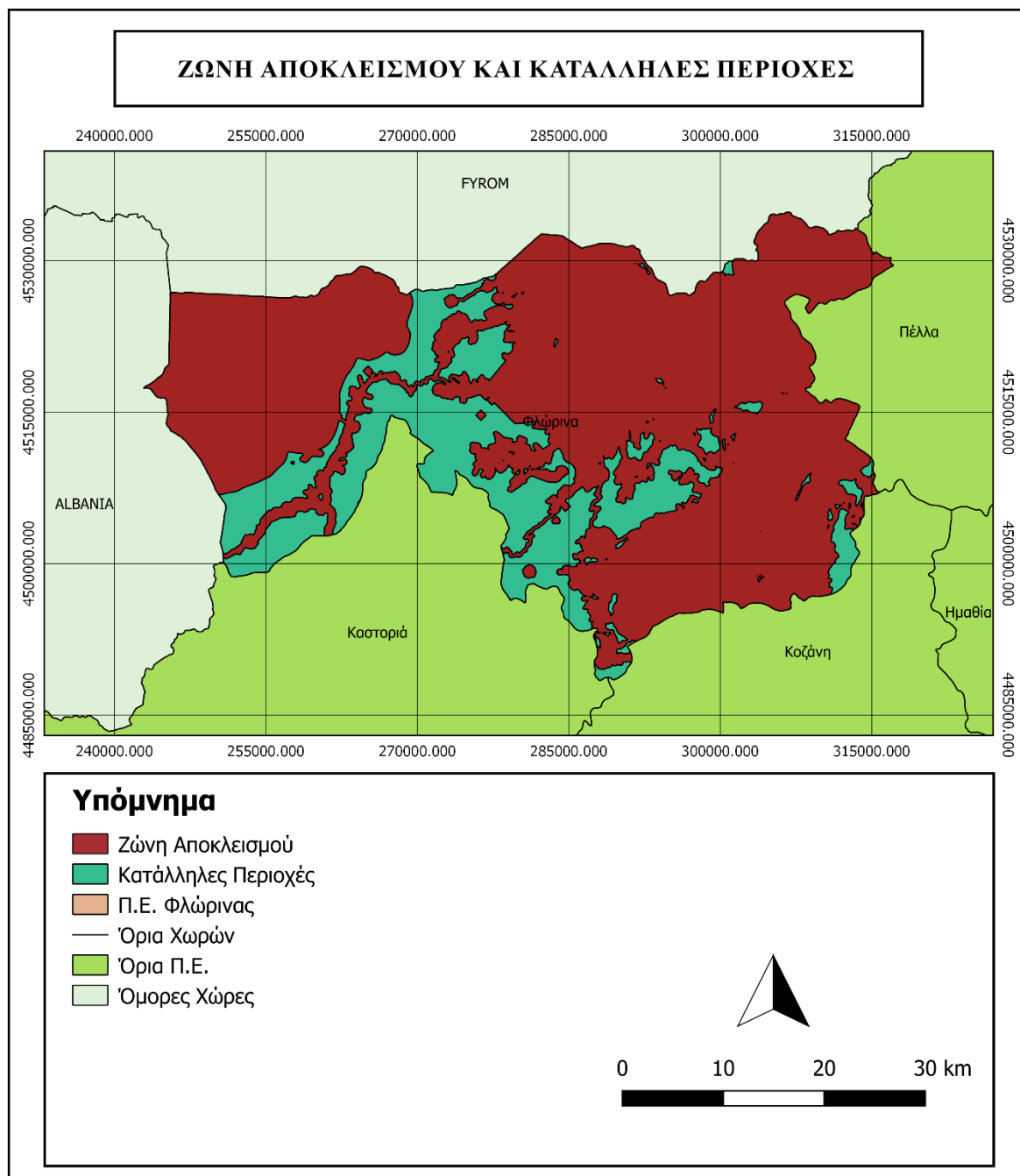
5.2. Εφαρμογή Σταδίου 2 : Εκτίμηση κατάλληλων περιοχών

Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται ο καθορισμός των κριτηρίων που ορίζονται σύμφωνα με το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ώστε να δημιουργηθούν οι ζώνες αποκλεισμού και στη συνέχεια οι κατάλληλες περιοχές.

Για συγκεκριμένα θεματικά επίπεδα, για τα οποία δεν γίνεται αναφορά στην αντίστοιχη κείμενη νομοθεσία, ο προσδιορισμός των ελαχίστων αποστάσεων εγκατάστασης αιολικών μονάδων εκτιμήθηκε με ανασκόπηση επιστημονικών μελετών χωροθέτησης αιολικών μονάδων στον ελληνικό χώρο.

Πίνακας 5.1: Αποστάσεις ζωνών αποκλεισμού για κάθε κριτήριο (Ιδία Επεξεργασία)

Κατηγορίες Κριτηρίων	Κριτήριο	Ζώνη Αποκλεισμού σύμφωνα με τη νομοθεσία	Ζώνη Αποκλεισμού που θεωρήθηκε στην παρούσα εργασία
Περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος	Ζώνες Ειδικής Προστασίας (Ορνιθοπανίδας)	Κρίνεται κατά περίπτωση.	500m
	Πυρήνες των Εθνικών Δρυμών, κηρυγμένα μνημεία της φύσης, αισθητικά δάση	Κρίνεται κατά περίπτωση.	500m
	Υγρότοποι RAMSAR	Κρίνεται κατά περίπτωση.	500m
Σημεία πολιτιστικού ενδιαφέροντος	Κηρυγμένα πολιτιστικά μνημεία και ιστορικοί τόποι	500m	
	Μονές	500m	
Οικισμοί	Οικισμοί με πληθυσμό >2000 κατοίκων	3000m	
	Οικισμοί με πληθυσμό <2000 κατοίκων	500m	
	Παραδοσιακοί οικισμοί	1500m	
	Μεμονωμένη κατοικία	Εξασφάλιση ελάχιστου επιπέδου θορύβου μικρότερου των 45db.	500m
Οδικοί άξονες και Σιδηρόδρομος	Οδικές γραμμές	1,5d	150m
	Σιδηρόδρομος	1,5d	150m
Υδάτινες Επιφάνειες	Υδάτινες Επιφάνειες	400 μ	
Ζώνες εγκαταστάσεις παραγωγικών δραστηριοτήτων ή	Αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, αρδευόμενες εκτάσεις	1,5d	150m
	Μονάδες κτηνοτροφίας	1,5d	150m
	Λατομικές και εξορυκτικές ζώνες	500m	
Ειδικές τουριστικές υποδομές	Τουριστικά καταλύματα	1000m	

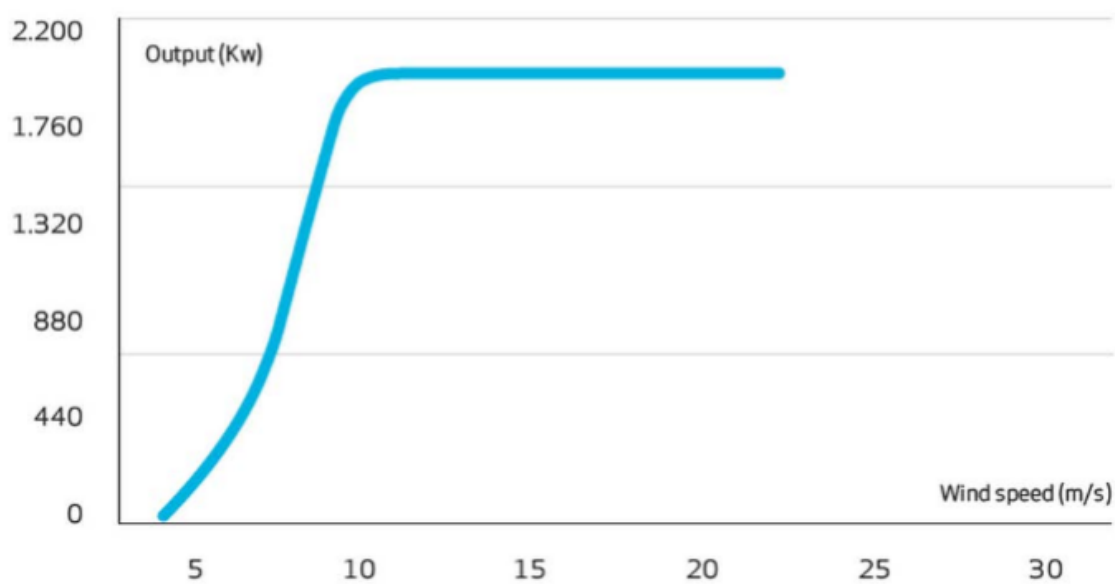


Σχήμα 5.6: Ζώνη αποκλεισμού και κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης Π.Ε. Φλώρινας

5.3. Εφαρμογή Σταδίου 3 : Εκτίμηση αιολικού δυναμικού

Το υψηλό αιολικό δυναμικό αποτελεί το βασικότερο κριτήριο το οποίο πρέπει να πληροί μια περιοχή για τη θεώρηση της ως κατάλληλη για την εγκατάσταση αιολικού πάρκου σε αυτή, καθώς είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για την παραγωγή ενέργειας από μία ανεμογεννήτρια. Παρότι το συγκεκριμένο κριτήριο δεν λαμβάνεται υπόψη από το Ειδικό Πλαίσιο, κρίνεται αναγκαίο στη συγκεκριμένη εργασία να αποκλειστούν από τα επόμενα στάδια της μελέτης οι περιοχές με χαμηλή ταχύτητα ανέμου.

Η απόδοση ενός αιολικού πάρκου εξαρτάται άμεσα από την ταχύτητα του ανέμου. Η σχέση ταχύτητας ανέμου – απόδοσης φαίνεται στο παρακάτω γράφημα. Όπως προκύπτει από το γράφημα για ταχύτητες $< 4 \text{ m/s}$ δεν υπάρχει απόδοση στην παραγωγή ενέργειας. Οπότε ως τιμή αποκλεισμού ορίζεται η ταχύτητα ανέμου των 4 m/s . Επιπλέον, το όριο αυτό επιλέγεται ως όριο αποκλεισμού στην περιοχή μελέτης καθώς είναι μία μέση τιμή των αντίστοιχων ορίων που θέτουν και άλλες μελέτες για εγκατάσταση αιολικών πάρκων σε χερσαίες περιοχές εντός Π.Α.Κ.



Σχήμα 5.7: Απόδοση ανεμογεννήτριας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου (vestas.com)

5.4. Εφαρμογή Σταδίου 4 : Αξιολόγηση κατάλληλων περιοχών

Τα κριτήρια αποκλεισμού, η επιλογή των οποίων αναλύεται παραπάνω, στοχεύουν κατά κύριο λόγο στην προστασία του περιβαλλοντικού και πολιτιστικού υποβάθρου της περιοχής μελέτης καθώς και στην αυστηρή τήρηση των αποστάσεων ασφαλείας που καθορίζονται από την κείμενη νομοθεσία.

Επομένως κρίνεται αναγκαίο τα κριτήρια αξιολόγησης τα οποία ακολουθούν την διαδικασία προσδιορισμού κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης αιολικών πάρκων να στοχεύουν στην οικονομική αποδοτικότητα του έργου, στην ελαχιστοποίηση του κόστους κατασκευής του και στην όσο το δυνατόν ευκολότερη αποδοχή της κατασκευής του έργου από την κοινωνία.

Αιολικό δυναμικό

Η διαβάθμιση των ανεμολογικών δεδομένων είναι αναγκαία για την αξιολόγηση της καταλληλότητας μιας περιοχής για χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων καθώς το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής συνδέεται άμεσα με την οικονομική αποδοτικότητα της αιολικής εγκατάστασης αλλά και την αναγκαιότητα ή μη της δημιουργίας της εγκατάστασης. Επομένως, κρίνεται απαραίτητο οι διαθέσιμες περιοχές που θα προκύψουν να αξιολογηθούν ως προς το αιολικό τους δυναμικό, με αυτές με μεγαλύτερο να λαμβάνουν υψηλότερη βαθμολογία από αυτές με χαμηλότερη ταχύτητα ανέμου.

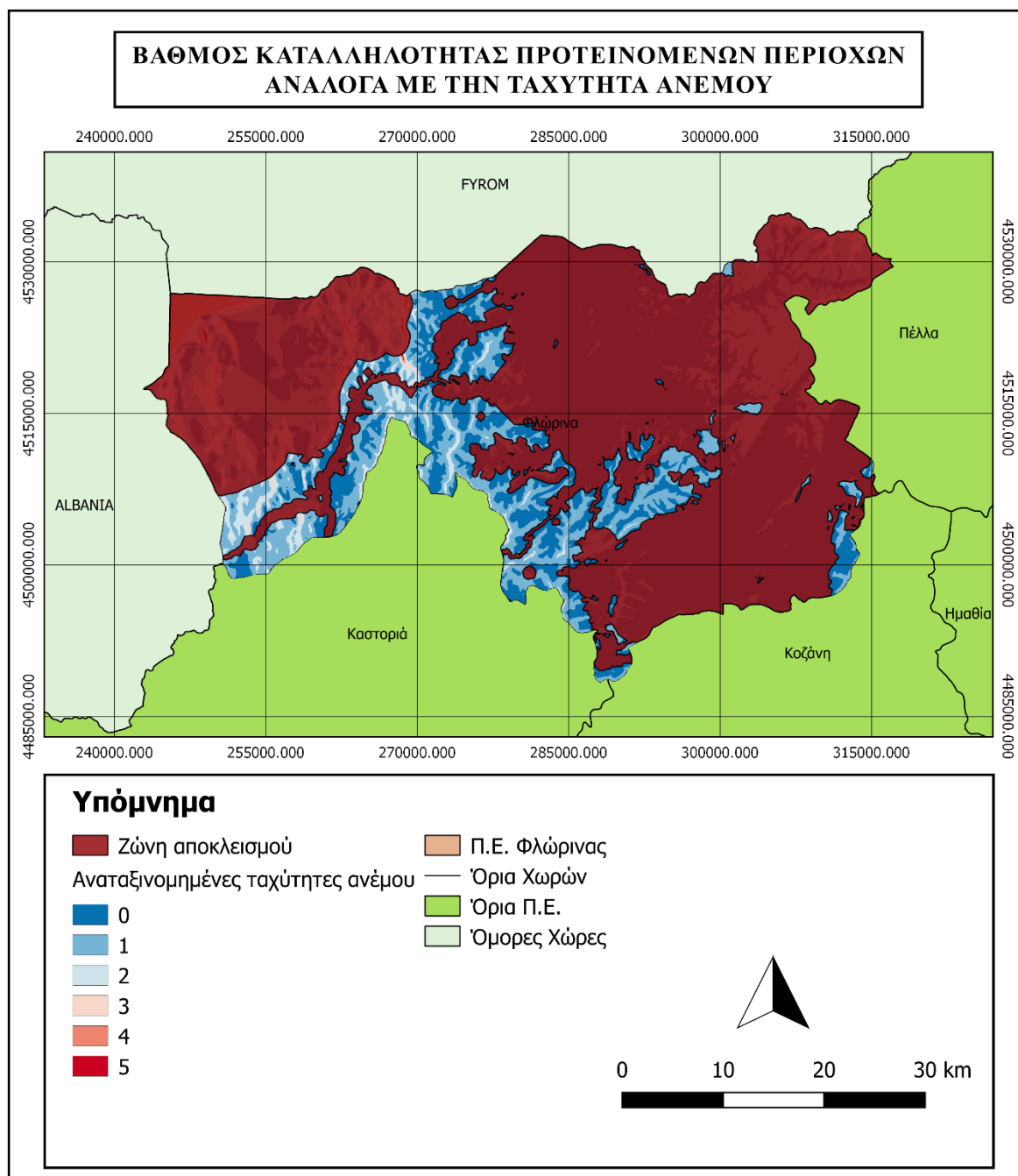
Το κατώτερο όριο είναι η ταχύτητα των 4 m/s. Για ταχύτητες < 4 m/s ο βαθμός καταλληλότητας είναι 0 αφού όπως έχει ήδη αναφερθεί οι ταχύτητες αυτές είναι ακατάλληλες για τη λειτουργία αιολικών εγκαταστάσεων.

Όπως προκύπτει από το γράφημα που παρατέθηκε στην προηγούμενη ενότητα η μέγιστη απόδοση εξασφαλίζεται με ταχύτητες ανέμου 10 -12 m/s και για το λόγο αυτό λαμβάνουν τον μέγιστο βαθμό καταλληλότητας 5. Από την τιμή των 12 m/s και μετά οι μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμου δεν συνεισφέρουν στην μεγαλύτερη απόδοση του αιολικού πάρκου. Επιπλέον, οι πολύ ακραίες τιμές θεωρούνται επικίνδυνες για αστοχία και ευάλωτες σε ατυχήματα. Για το λόγο αυτό οι μεγαλύτερες τιμές λαμβάνουν βαθμό καταλληλότητας 4. Οι ενδιάμεσες τιμές από 4 – 10 m/s ταξινομούνται σε κλάσεις με ενδιάμεσους βαθμούς καταλληλότητας από 1 – 3 αντίστοιχα.

Με τη βοήθεια του παρακάτω πίνακα πραγματοποιήθηκε αναταξινόμηση στο θεματικό επίπεδο του αιολικού δυναμικού και δημιουργήθηκε ο επόμενος χάρτης που δείχνει την καταλληλότητα κάθε περιοχής με βάση την ταχύτητα ανέμου.

Πίνακας 5.2: Βαθμοί καταλληλότητας αιολικού δυναμικού (Ιδία Επεξεργασία)

Ταχύτητα Ανέμου	Βαθμός Καταλληλότητας
<4 m/s	0
4 – 6 m/s	1
6 – 8 m/s	2
8 – 10 m/s	3
10 – 12 m/s	5
> 12 m/s	4



Σχήμα 5.8: Βαθμός καταλληλότητας προτεινόμενων περιοχών ανάλογα με την ταχύτητα ανέμου.

Οι περιοχές με το κόκκινο και σκούρο ροζ χρώμα είναι αυτές με τον μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας. Ωστόσο, πέρα από μία περιοχή στο βόρειο κομμάτι οι τιμές αυτές δεν εμφανίζονται αλλού στην περιοχή μελέτης.

Παρατηρώντας το χάρτη γίνεται αντιληπτό ότι οι περισσότερες περιοχές έχουν βαθμό καταλληλότητας 1 και 2, δηλαδή εμφανίζουν ταχύτητες ανέμου 4 – 6 m/s και 6 – 8 m/s. Οι ταχύτητες αυτές παρόλο που αντιστοιχούν σε ενδιάμεσους βαθμούς καταλληλότητας είναι επίσης ευνοϊκές για την εγκατάσταση αιολικού πάρκου.

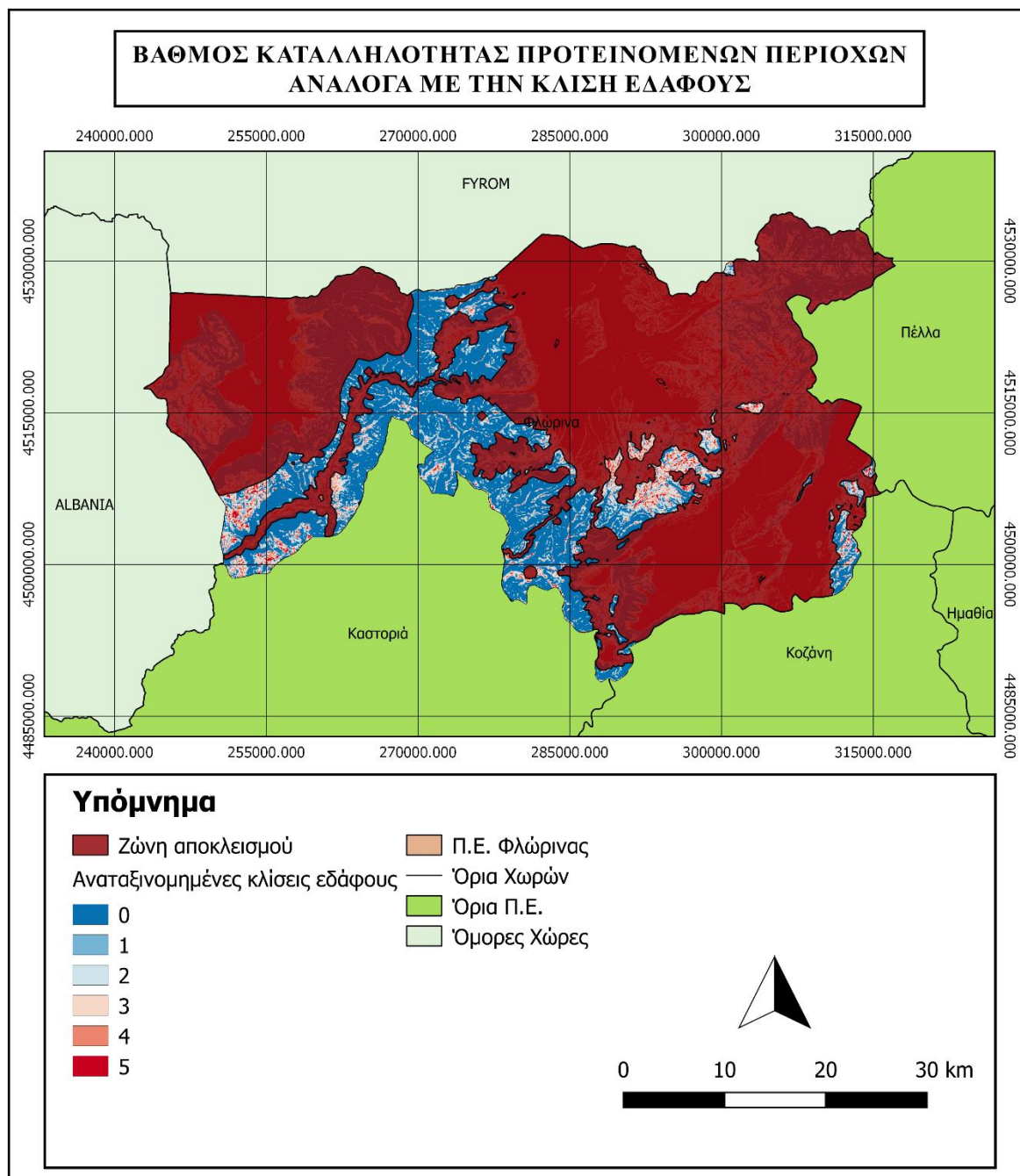
Κλίση εδάφους

Η επιλογή της κατάλληλης γεωμορφολογίας για την εγκατάσταση αιολικού πάρκου σε μια περιοχή δεν έχει συγκεκριμένες προδιαγραφές. Ωστόσο, η κλίση του εδάφους μιας περιοχής αποτελεί ένα τεχνοοικονομικό κριτήριο το οποίο αφορά κυρίως το κόστος κατασκευής ενός αιολικού πάρκου. Αυτό συμβαίνει καθώς οι απότομες κλίσεις απαιτούν εξομάλυνση του εδάφους μέσω εκτεταμένων χωματουργικών εργασιών και ως εκ τούτου αυξάνουν το κόστος κατασκευής, ενώ επίσης εντείνουν την οπτική όχληση λόγω της ανομοιομορφίας των επιπέδων. Το συγκεκριμένο κριτήριο αν και δεν αναφέρεται στο ελληνικό θεσμικό πλαίσιο λόγω κυρίως του τεχνικού του χαρακτήρα εντοπίζεται στις περισσότερες μελέτες χωροθέτησης αιολικών πάρκων ως κριτήριο αξιολόγησης.

Οι περιοχές με την μικρότερη κλίση εδάφους θεωρούνται ευνοϊκότερες και λαμβάνουν το μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας. Όσο αυξάνεται η κλίση ο βαθμός καταλληλότητας μειώνεται φτάνοντας σε ένα όριο που θεωρείται αποτρεπτικό για την χωροθέτηση. Ένα λογικό όριο για κατασκευαστικούς σκοπούς αποτελεί η κλίση 25%. Κλίσεις μεγαλύτερες αυτής λαμβάνουν βαθμό καταλληλότητας 0 και αποκλείονται από την μελέτη. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να αποκλειστούν και πολλές περιοχές με υψηλές ταχύτητες ανέμων, αφού τέτοιες περιοχές συνήθως βρίσκονται σε ψηλές πλαγιές ή βουνά, δημιουργώντας έτσι και άλλους περιορισμούς, όπως την δύσκολη πρόσβαση στο οδικό δίκτυο και στο δίκτυο ηλεκτροδότησης.

Πίνακας 5.3: Βαθμοί καταλληλότητας κλίσεων εδάφους (Ιδία Επεξεργασία)

Κλίση Εδάφους	Βαθμός Καταλληλότητας
0 – 5 %	5
5 – 10 %	4
10 – 15 %	3
15 – 20 %	2
20 – 25 %	1
> 25 %	0



Σχήμα 5.9: Βαθμός καταλληλότητας προτεινόμενων περιοχών ανάλογα με την κλίση εδάφους.

Στον χάρτη που προκύπτει οι περισσότερες περιοχές απεικονίζονται με μπλε χρώμα που δηλώνει βαθμό καταλληλότητας 0, δηλαδή περιοχές που δεν είναι επιθυμητές για την χωροθέτηση του αιολικού πάρκου. Οι κατάλληλες περιοχές που έχουν προκύψει μετά την εφαρμογή των κριτηρίων αποκλεισμού βρίσκονται στα όρη του Βέρνου και του Βαρνούντα. Με βάση αυτό εξηγούνται οι μεγάλες κλίσεις που εμφανίζονται στον χάρτη. Ωστόσο, εμφανίζονται και αξιόλογες περιοχές με ευνοϊκό βαθμό με ροζ ή κόκκινο χρώμα.

Απόσταση από οδικό δίκτυο

Το κριτήριο της απόστασης μιας περιοχής από το οδικό δίκτυο έχει χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο αποκλεισμού. Συγκεκριμένα οι περιοχές που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 150 μέτρων έχουν αποκλειστεί για λόγους ασφαλείας, όπως ορίζει το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

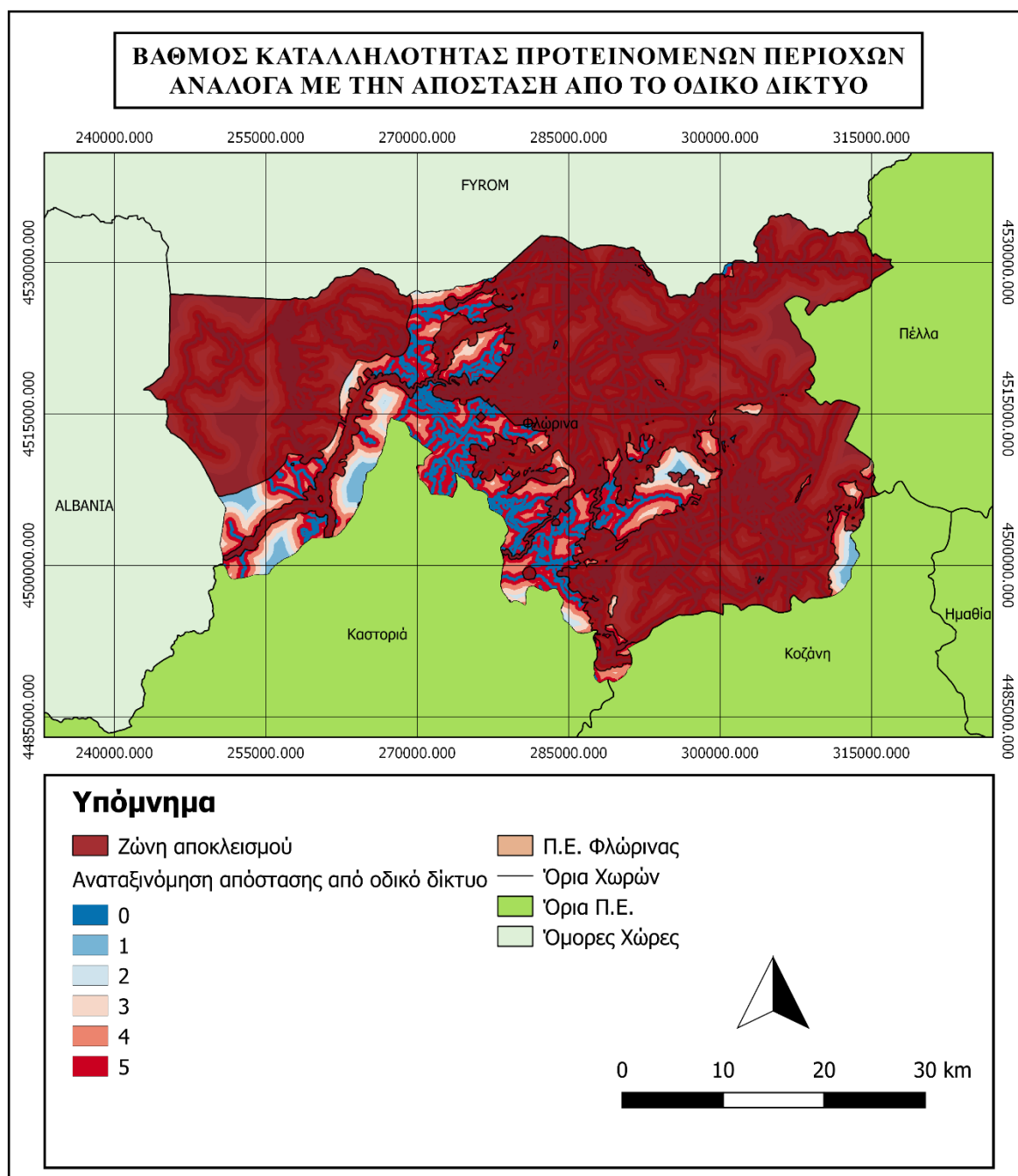
Παρόλα αυτά, ως κριτήριο αξιολόγησης όσο πιο κοντά βρίσκονται οι περιοχές στο οδικό δίκτυο τόσο χαμηλότερο θα είναι το κόστος κατασκευής του αιολικού πάρκου καθώς δεν θα είναι αναγκαία η διάνοιξη νέων δρόμων που να συντελούν στην προσπέλαση του αιολικού πάρκου. Έτσι, περιοχές οι οποίες βρίσκονται πιο κοντά στο υφιστάμενο οδικό δίκτυο λαμβάνουν υψηλότερη βαθμολογία από αυτές που βρίσκονται πιο μακριά από αυτό.

Πίνακας 5.4: Βαθμοί καταλληλότητας απόστασης από το οδικό δίκτυο (Ιδία Επεξεργασία)

Απόσταση από οδικό άξονα	Βαθμός Καταλληλότητας
<150 m	0
150 – 500 m	5
500 – 1000 m	4
1000 – 1500 m	3
1500 – 2000 m	2
> 2000 m	1

Μετά την αναταξινόμηση του θεματικού επιπέδου με τις αποστάσεις από τις υφιστάμενες οδούς με βάση τους βαθμούς καταλληλότητας προκύπτει ο χάρτης που παρουσιάζεται ακολούθως.

Στον χάρτη επικρατούν κυρίως το μπλε και το κόκκινο χρώμα. Με μπλε απεικονίζονται περιοχές που απέχουν λιγότερο από 150μ. Οι περιοχές αυτές αποκλείονται με βάση την νομοθεσία και για αυτό έχουν βαθμό καταλληλότητας 0. Με κόκκινο χρώμα παρουσιάζονται οι ζώνες που απέχουν 150 – 500μ και είναι οι ευνοϊκότερες. Οι δυο αυτές ζώνες βρίσκονται σε επαφή, ενώ στα κενά που δημιουργούνται ανάμεσά τους εμφανίζονται ζώνες με ενδιάμεσους βαθμούς καταλληλότητας και είναι αυτές με ροζ και γαλάζιο χρώμα.



Σχήμα 5.10: Βαθμός καταλληλότητας προτεινόμενων περιοχών ανάλογα με την απόσταση από το οδικό δίκτυο.

Κοινωνική αποδοχή

Η κοινωνική αποδοχή μια εγκατάστασης εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας εξαρτάται κυρίως από την μη οπτική παρεμβολή της από τα σημεία «ιδιαίτερου ενδιαφέροντος». Η ορατότητα του αιολικού πάρκου από αυτά τα σημεία είναι σημαντικό κριτήριο για την

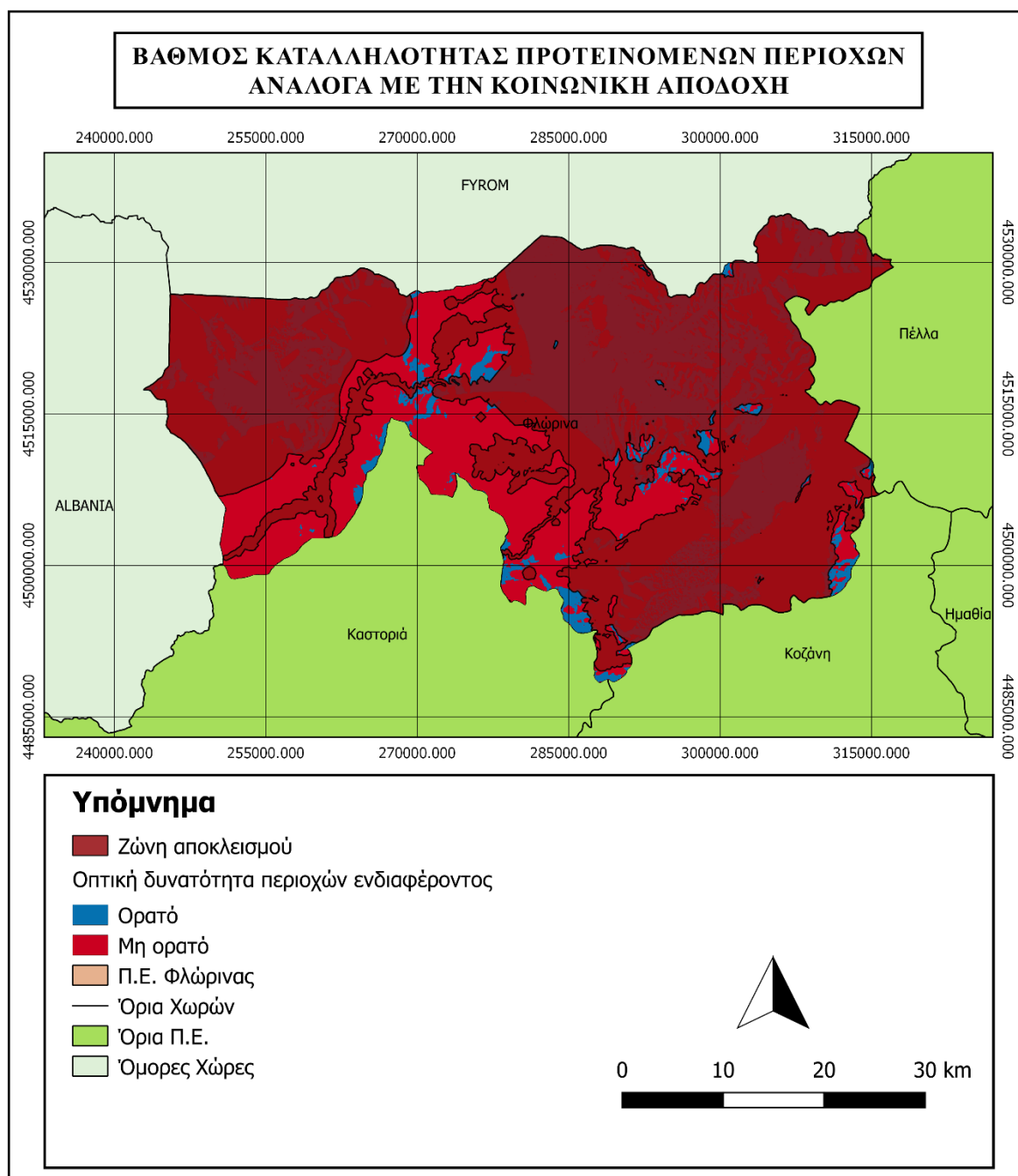
αξιολόγηση μιας προτεινόμενης περιοχής. Ως σημεία «ιδιαίτερου ενδιαφέροντος» σύμφωνα με τη νομοθεσία θεωρούνται τα εξής:

- Το πλησιέστερο όριο των εγγεγραμμένων στον κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς και άλλων μείζονος σημασίας μνημείων, αρχαιολογικών χώρων και ιστορικών τόπων της παρ. 5. εδάφιο ββ) του άρθρου 50 του Ν. 3028/02
- Το πλησιέστερο όριο ζώνης απολύτου προστασίας (ζώνη Α') λοιπών αρχαιολογικών χώρων
- Το πλησιέστερο όριο θεσμοθετημένου πυρήνα Εθνικού Δρυμού, μνημείου της φύσης, αισθητικού δάσους των παρ. 3 και 4 του άρθρου 19 του Ν. 1650/86.
- Το πλησιέστερο όριο θεσμοθετημένου παραδοσιακού οικισμού
- Τα πλησιέστερα όρια πόλεων ή οικισμών
- Το πλησιέστερο όριο θεσμοθετημένης ή διαμορφωμένης τουριστικής περιοχής τουριστικά καταλύματα μεσαίου και μεγάλου μεγέθους, ειδικές τουριστικές υποδομές, τουριστικοί λιμένες

Στην περιοχή μελέτης εξετάστηκε η ορατότητα από τις κατηγορίες των αρχαιολογικών χώρων, των θεσμοθετημένων παραδοσιακών οικισμών, του ορίου του Εθνικού Δρυμού Πρεσπών και τα όρια των υπόλοιπων οικισμών. Στην περιοχή μελέτης δεν υπάρχουν μνημεία παγκόσμιας κληρονομιάς οπότε και δεν εξετάστηκαν.

Για να διαπιστωθεί η οπτική όχληση που μπορεί να προκαλέσει το αιολικό πάρκο από τα παραπάνω χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο viewshed. Με το εργαλείο viewshed παράγεται η γεωγραφική περιοχή που είναι ορατή από μια τοποθεσία. Περιλαμβάνει όλα τα περιβάλλοντα σημεία που βρίσκονται σε οπτική επαφή με αυτή τη θέση και αποκλείει σημεία που βρίσκονται πέρα από τον ορίζοντα ή παρεμποδίζονται από το έδαφος και άλλα χαρακτηριστικά (π.χ. κτίρια, δέντρα).

Χρησιμοποιώντας αυτό το εργαλείο δημιουργήθηκε ένα θεματικό επίπεδο το οποίο απεικονίζει την ορατή (με μπλε χρώμα) και μη ορατή (με κόκκινο χρώμα) περιοχή από τους παραδοσιακούς οικισμούς και τους αρχαιολογικούς χώρους. Με αυτόν τον τρόπο εξετάζεται η κοινωνική αποδοχή και δίνεται η δυνατότητα επιλογής για χωροθέτηση περιοχών για τις οποίες αποτρέπεται η οπτική όχληση και η παρέμβαση στο τοπίο όπως προκαθορίζεται από την νομοθεσία.



Σχήμα 5.11:Βαθμός καταλληλότητας προτεινόμενων περιοχών ανάλογα με την οπτική παρεμβολή από τα σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος.

Τελική Αξιολόγηση με βάση τα κριτήρια αξιολόγησης

Η αξιολόγηση των προτεινόμενων περιοχών έγινε με τη διαδικασία της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (Analytic Hierarchy Process (AHP)) και του Σταθμισμένου Γραμμικού Συνδυασμού (Weighted Linear Combination (WLC)) με τη βοήθεια του εργαλείου EasyAHP.

Σύμφωνα με την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία γίνεται αρχικά διάσπαση του προβλήματος σε μεταβλητές, δηλαδή στη συγκεκριμένη περίπτωση στα κριτήρια αξιολόγησης και ιεραρχική ταξινόμηση τους σε επίπεδα.

Κάθε επίπεδο ανάλογα με τη σημαντικότητα του λαμβάνει ένα βάρος, σύμφωνα με την επιρροή που θα έχει συγκριτικά με τα υπόλοιπα κριτήρια. Το βάρος αυτό σε συνδυασμό με την αξιολόγηση καταλληλότητας του κάθε πεδίου τιμών μέσα στο ίδιο το θεματικό επίπεδο εξάγει τα τελικά αποτελέσματα της διαδικασίας.

Τα βάρη αντιστοιχούν σε σχετικά ποσοστά και το άθροισμα της επιρροής τους για κάθε επίπεδο πρέπει να ισούται με 100. Αλλάζοντας τις κλίμακες αξιολόγησης καταλληλότητας ή τα ποσοστά επιρροής αλλάζουν αναλόγως και τα αποτελέσματα της διαδικασίας.

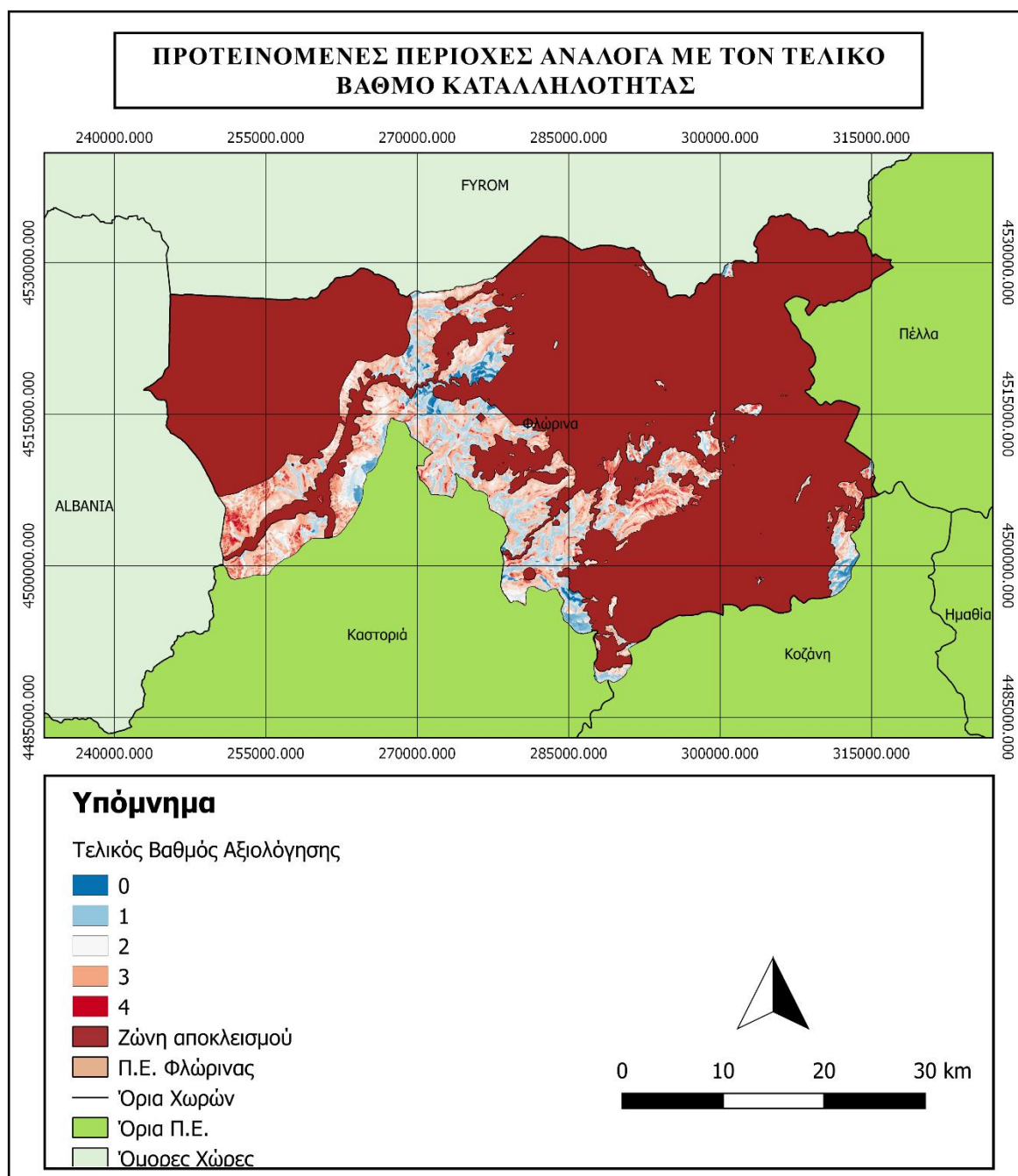
Η Αναλυτική ιεραρχική Διαδικασία πραγματοποιήθηκε θεωρώντας ότι τα 4 κριτήρια έχουν την ίδια σημαντικότητα/επιρροή καθώς στη νομοθεσία δεν υπάρχει διάταξη που να καθορίζει την επιρροή του κάθε κριτηρίου.

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τα δεδομένα όπως αυτά εισήχθησαν στο εργαλείο EasyAHP με το οποίο πραγματοποιείται η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία στο λογισμικό QGIS. Όπως φαίνεται και στον πίνακα, όλες οι συγκρίσεις ζευγών κριτηρίων θεωρήθηκαν το ίδιο σημαντικές και τους αποδόθηκε η τιμή 1. Ως αποτέλεσμα και τα τέσσερα κριτήρια είχαν συντελεστή βάρους 25% (0,25).

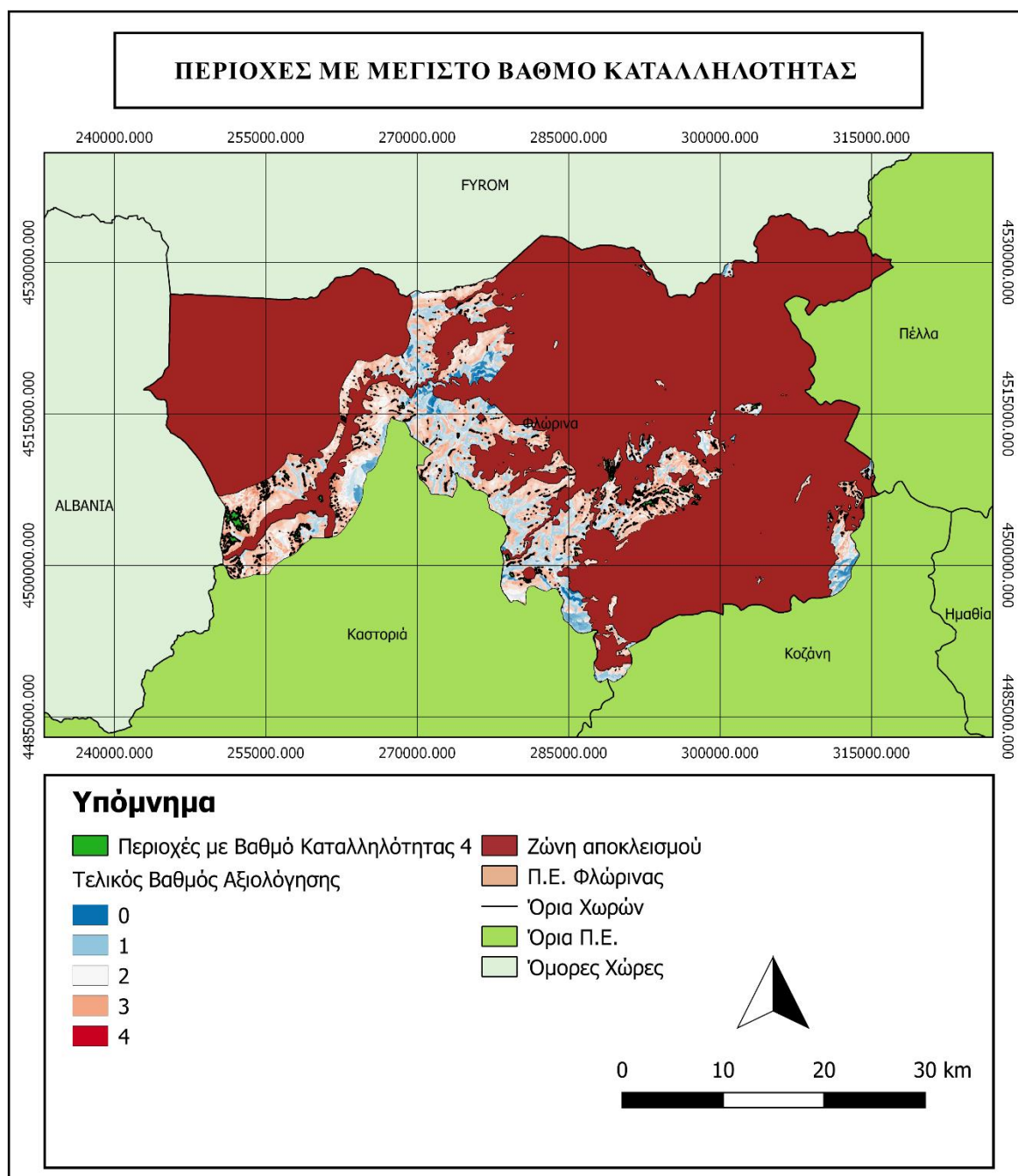
Πίνακας 5.5: Απόδοση βαρών για την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (Ιδία Επεξεργασία)

	Αιολικό δυναμικό	Κλίση εδάφους	Απόσταση από οδικό δίκτυο	Κοινωνική αποδοχή
Αιολικό δυναμικό	1	1	1	1
Κλίση εδάφους	1	1	1	1
Απόσταση από οδικό δίκτυο	1	1	1	1
Κοινωνική αποδοχή	1	1	1	1

Μετά το τέλος της διαδικασίας προκύπτει ο ακόλουθος χάρτης, στον οποίο παρουσιάζονται οι προτεινόμενες περιοχές διαβαθμισμένες ανάλογα με το βαθμό καταλληλότητας που προέκυψε από την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία. Ο μέγιστος βαθμός που προκύπτει μετά τον γραμμικό συνδυασμό είναι το 4. Ουσιαστικά ο μέγιστος επιθυμητός βαθμός καταλληλότητας που είναι το 5 δεν εμφανίζεται σε καμία περιοχή. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπήρχε πειοχή για την οποία ταυτόχρονα να ισχύουν στον μέγιστο επιθυμητό βαθμό και τα τέσσερα κριτήρια. Επιλέγονται οπότε για χωροθέτηση οι περιοχές με βαθμό καταλληλότητας 4.



Σχήμα 5.12: Προτεινόμενες περιοχές ανάλογα με τον τελικό βαθμό καταλληλότητας.



Σχήμα5.13: Περιοχές με μέγιστο βαθμό καταλληλότητας

Επιλογή Τελικής Θέσης Χωροθέτησης

Όλες οι περιοχές που παρουσιάζονται στον προηγούμενο χάρτη είναι ισοδύναμες και αντιστοιχούν στον μέγιστο εμφανιζόμενο βαθμό καταλληλότητας 4 σύμφωνα με τα κριτήρια αξιολόγησης. Για την επιλογή της τελικής θέσης χωροθέτησης απαιτείται αρχικά να υπολογιστεί το μέγεθος του αιολικού πάρκου, για το οποίο γίνεται η θεώρηση ότι η παραγωγή

ενέργειας από αυτό θα καλύπτει εξ' ολοκλήρου τις ενεργειακές ανάγκες της περιφερειακής ενότητας. Στη συνέχεια, ελέγχεται ποιες περιοχές με μέγιστο βαθμό καταλληλότητας καλύπτουν την απαραίτητη έκταση για το εκτιμώμενο μέγεθος αιολικού πάρκου. Ανάμεσα σε αυτές που καλύπτουν το κριτήριο του εμβαδού γίνεται αξιολόγηση και επιλέγεται η τελική θέση χωροθέτησης.

Υπολογισμός αριθμού ανεμογεννητριών αιολικού πάρκου

Για τον υπολογισμό του μεγέθους του αιολικού πάρκου, δηλαδή του αριθμού των ανεμογεννητριών που θα τοποθετηθούν απαιτείται η εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών του πληθυσμού της περιοχής μελέτης. Σύμφωνα με την Έρευνα Κατανάλωσης Ενέργειας στα Νοικοκυριά 2011-2012 της ΕΛΣΤΑΤ η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά νοικοκυριό στην Ελλάδα είναι 3.750 kWh.

Στην Περιφερειακή Ενότητα Φλώρινας υπάρχουν 18.545 νοικοκυριά, σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Οπότε οι ενεργειακές ανάγκες συνολικά ανέρχονται σε

$$3.750 \text{ kWh/νοικοκυριό} * 18.545 \text{ νοικοκυριά} = 69.543.750 \text{ kWh.}$$

Στο σημείο αυτό γίνεται η παραδοχή ότι το υπό σχεδίαση αιολικό πάρκο θα πρέπει να καλύπτει τις ετήσιες ενεργειακές ανάγκες όλης της περιφερειακής ενότητας.

Εκτίμηση Παραγόμενης Ενέργειας

Για τον υπολογισμό της παραγόμενης ενέργειας από το αιολικό πάρκο μείζον θέμα αποτελεί η επιλογή του τύπου ανεμογεννήτριας ο οποίος ταιριάζει με τα χαρακτηριστικά της περιοχής. Το υφιστάμενο αιολικό πάρκο που βρίσκεται στην κορυφή Ανθοβούνι του Δήμου Φλώρινας έχει διαμορφωθεί με ανεμογεννήτριες Vestas V52/850. Για την παρούσα εργασία επιλέγεται η ανάλυση να γίνει βασισμένη στον ίδιο τύπο ανεμογεννήτριας, τα βασικά χαρακτηριστικά της οποίας απεικονίζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.6: Βασικά χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας (Vestas.com)

Τύπος	Vestas V52/850
Ισχύς	850 kW
Επιφάνεια σάρωσης	2,124 m ²
Ταχύτητα έναρξης περιστροφής (cut-in)	4 m/s
Ονομαστική Ταχύτητα (rated)	16 m/s
Ταχύτητα λήξης περιστροφής (cut-out)	25 m/s
Τύπος πύργου	Asynchronous with OptiSpeed®
Διάμετρος ρότορα	52 m
Αριθμός πτερυγίων ανά Α/Γ	3



Σχήμα 5.14: Ανεμογεννήτριες Vestas V52-850 kW

Η ισχύς της επιλεγόμενης ανεμογεννήτριας αντιστοιχεί σε 850 kW. Με βάση την ισχύ υπολογίζεται η συνολικά ετήσια παραγόμενη ενέργεια, θεωρώντας ότι το αιολικό πάρκο θα λειτουργεί καθημερινά επί 24ώρου βάσεως. Έτσι, ο τύπος που δίνει την ετήσια παραγωγή ενέργειας ισοδυναμεί με το πλήθος των ανεμογεννητριών πολλαπλασιασμένο με την ισχύ της κάθε ανεμογεννήτριας, τον συντελεστή ικανότητας (0,25) και τον χρόνο, δηλαδή για ένα έτος (24 ώρες και 360 ημέρες).

$$\text{Ετήσια παραγωγή ενέργειας} = \text{πλήθος ανεμογεννητριών} \times 850\text{kW} \times 24 \times 360 \times 0,25$$

Εξισώνοντας την παραγωγή ενέργειας με τις ετήσιες ενεργειακές ανάγκες όλης της περιφερειακής ενότητας προκύπτει η ακόλουθη ισοδυναμία:

$$69.543.750 \text{ kWh} = \text{πλήθος ανεμογεννητριών} \times 850 \text{ kW} \times 24 \times 360 \times 0,25$$

Από την ισοδυναμία, επιλύοντας ως προς το άγνωστο πλήθος των ανεμογεννητριών προκύπτει ότι για να καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες της περιφερειακής ενότητας απαιτούνται 38 ανεμογεννήτριες τύπου Vestas V52-850 kW.

Υπολογισμός απαιτούμενης έκτασης για το πλήθος των ανεμογεννητριών

Για τον υπολογισμό του μέγιστου αριθμού ανεμογεννητριών που μπορούν να χωροθετηθούν σε καθεμιά από τις περιοχές επιλέχθηκε η τοποθέτηση τους στις γωνίες τετραγωνικού καννάβου στον οποίο κάθε ακμή θα έχει μήκος ίσο με την ελάχιστη απόσταση ασφαλείας μεταξύ των ανεμογεννητριών. Σύμφωνα με το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Παράρτημα ΙΙ, Πίνακας Α) η ελάχιστη απόσταση ασφαλείας είναι $2,5 \times d = 2,5 \times 52 \text{ μ.} = 130 \text{ μ.}$ όπου d η διάμετρος του ρότορα. Έτσι, δημιουργήθηκε κάνναβος με μέγεθος κελιού 130×130 στην κάθε κορυφή του οποίου προτείνεται η χωροθέτηση μίας ανεμογεννήτριας.

Δημιουργώντας τον κάνναβο για 38 ανεμογεννήτριες, που είναι οι απαιτούμενες, προκύπτουν 18 κελιά σε αυτόν. Συνεπώς το εμβαδόν του καννάβου είναι:

$$E = 18 * 130 * 130 = 304.200 \text{ m}^2$$

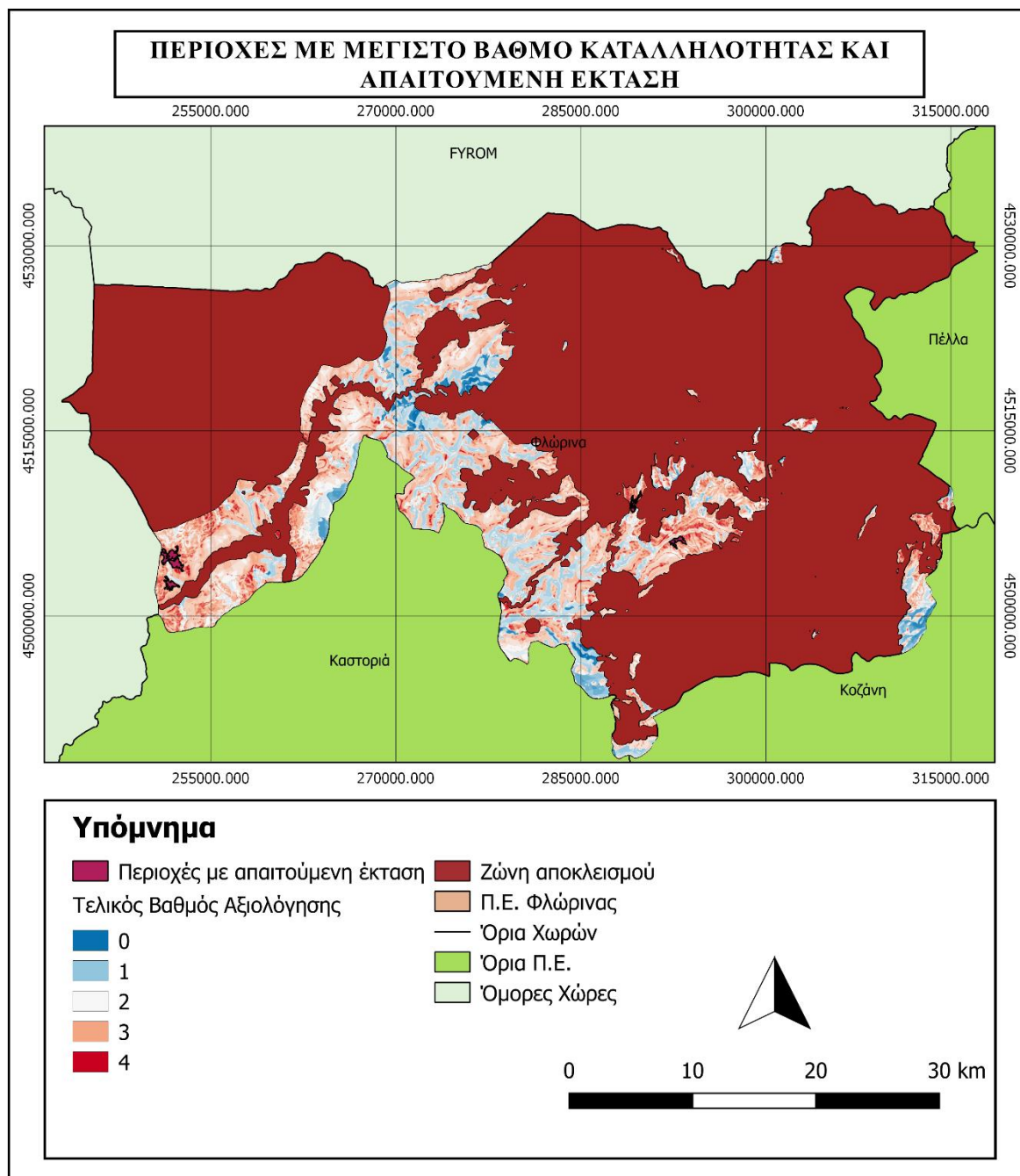
Διευκρινίζεται σε αυτό το σημείο, ότι με αυτή την τεχνική υπολογίζεται ο αριθμός των ανεμογεννητριών που δύνανται να χωροθετηθούν σε μία περιοχή της περιφερειακής ενότητας και το εμβαδό που καταλαμβάνουν. Ωστόσο, ο μέγιστος αριθμός ανεμογεννητριών που μπορεί να χωροθετηθεί συνολικά στην περιφερειακή ενότητα βάσει νομοθεσίας διαφέρει σημαντικά. Για το λόγο αυτό, πρέπει να ελεγχθεί αν ο αριθμός αυτός και η επιτρεπόμενη κάλυψη των ανεμογεννητριών ξεπερνάται.

Το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό κάλυψης εδαφών από αιολικές εγκαταστάσεις στους πρωτοβάθμιους Ο.Τ.Α. που εμπίπτουν σε Π.Α.Κ. της ηπειρωτικής χώρας δεν μπορεί να υπερβαίνει το 5% ανά Ο.Τ.Α. (άλλως $0,66$ τυπικές ανεμογεννήτριες/1000 στρέμματα). Η Περιφερειακή ενότητα Φλώρινας έχει συνολική έκταση 1.924 km^2 συνεπώς η επιτρεπόμενη κάλυψη (5%) υπολογίζεται ως $96,2 \text{ km}^2$. Προσθέτοντας την απαιτούμενη έκταση του υπό σχεδίαση αιολικού πάρκου με την αντίστοιχη του υφιστάμενου προκύπτει συνολική έκταση μικρότερη από την επιτρεπόμενη.

$$E_{\text{συνολικό}} = 304.200 + 683.790 = 987.990 \text{ m}^2 < E_{\text{επιτρεπόμενο}} = 96,2 \text{ km}^2$$

Εύρεση περιοχών με ικανοποιητική έκταση

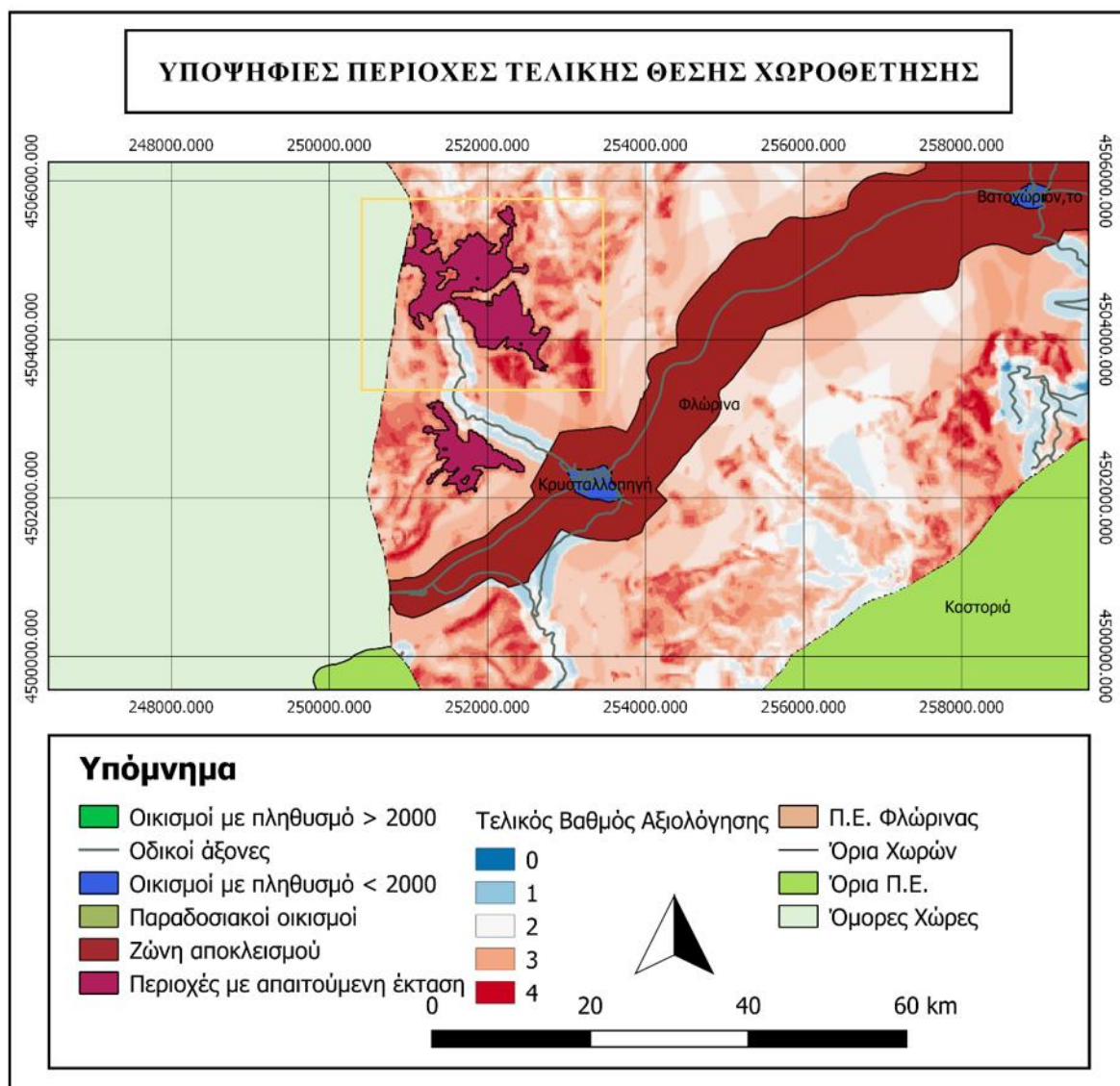
Με βάση την απαιτούμενη έκταση που υπολογίστηκε προτύτερα γίνεται έλεγχος στον διαβαθμισμένο χάρτη αξιολόγησης των κατάλληλων περιοχών. Έτσι προκύπτουν οι περιοχές με μέγιστο βαθμό καταλληλότητας που ταυτόχρονα καλύπτουν την απαραίτητη έκταση για το εκτιμώμενο μέγεθος αιολικού πάρκου. Όπως παρουσιάζεται ακολούθως οι περιοχές αυτές είναι 4. Δύο στα δυτικά και δύο στα ανατολικά.



Σχήμα 5.15: Περιοχές με μέγιστο βαθμό καταλληλότητας και απαιτούμενη έκταση

Για την επιλογή ανάμεσα στις περιοχές αυτές αξιολογείται αρχικά η κάλυψη και η αξία της γης που καταλαμβάνουν. Με βάση τα στοιχεία από το Corine Land Cover που παρέχεται από το Εθνικό Κτηματολόγιο, οι δύο περιοχές στα ανατολικά είναι δάσος πλατυφύλλων ενώ οι δύο περιοχές στα δυτικά αποτελούνται κυρίως από φυσικούς βοσκότοπους αλλά και θάμνους και χερσότοπους.

Εφόσον, για το υπό μελέτη αιολικό πάρκο επιβάλλεται η μικρότερη κατά το δυνατό παρεμβολή στο τοπίο και ο σεβασμός στη βλάστηση και στην χλωρίδα της περιοχής οι περιοχές στα ανατολικά απορρίπτονται καθώς αποτελούν σημαντικό τμήμα της χλωρίδας και δεν είναι επιθυμητή η απομάκρυνση τόσο μεγάλου όγκου βλάστησης, ειδικότερα πλατύφυλλων δέντρων. Οπότε η τελική επιλογή κρίνεται ανάμεσα στις δύο περιοχές στα δυτικά, οι οποίες παρουσιάζονται στον ακόλουθο χάρτη.



Σχήμα 5.16: Υποψήφιες περιοχές για την τελική θέση χωροθέτησης

Για την επιλογή ανάμεσα στις δύο υποψήφιες περιοχές που βρίσκονται στα δυτικά σε αυτή τη φάση λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- Η απόσταση από τον οδικό άξονα ώστε το έργο να εξυπηρετείται από την υφιστάμενη οδό και να μην είναι αναγκαία η διάνοιξη νέας οδικής όδευσης και
- Η απόσταση από τους πλησιέστερους οικισμούς ώστε να ελαχιστοποιείται η οπτική και ακουστική όχληση.

Για το πρώτο κριτήριο η μικρότερη απόσταση είναι και η επιθυμητή ενώ για το δεύτερο προτιμάται μεγαλύτερη απόσταση του αιολικού πάρκου από τους οικισμούς ώστε να αποφεύγονται οι συνέπειες που αναφέρθηκαν. Με βάση τα δύο αυτά κριτήρια βέλτιστη θέση χωροθέτησης είναι η μεγαλύτερη περιοχή προς το βορά καθώς απέχει σημαντικά από τον οικισμό της Κρυσταλλοπηγής αλλά εξυπηρετείται από υφιστάμενη δασική οδό.

6. Συμπεράσματα

6.1. Σύνοψη

Η συμβολή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην αντιμετώπιση του παγκόσμιου ενεργειακού προβλήματος είναι αποδεδειγμένα ιδιαίτερα καθοριστική. Η Ελλάδα, ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει δεσμευτεί να αυξήσει το ποσοστό διείσδυσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας κατά 20% στην τελική κατανάλωση ενέργειας ως το 2020 με σκοπό να συμβάλλει στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής καθώς και στη μείωση της περιβαλλοντικής καταστροφής η οποία εκτός των άλλων επωμίζεται τεράστια κόστη στα διάφορα κράτη. Ως εκ τούτου και σχετικά με αυτό το στόχο, στην Ελλάδα παρατηρείται συνεχής αύξηση του ποσοστού συμμετοχής της ενέργειας που προέρχεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας, ενώ το ενδιαφέρον για τη χωροθέτηση έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας αυξάνεται συνεχώς. Ο Ελλαδικός χώρος, άλλωστε, λόγω κυρίως της θέσης του, προσφέρει μεγάλες ευκαιρίες για την εκμετάλλευση της ηλιακής και της αιολικής ενέργειας οι οποίες δύναται να συντελέσουν στη βιώσιμη ανάπτυξη του.

Η αιολική ενέργεια, ως ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, αναπτύσσεται ταχύτατα σε όλο τον κόσμο οδηγώντας στις εκτεταμένες μελέτες για την χωροθέτηση αιολικών σταθμών με σκοπό την εκμετάλλευση της. Από την παρούσα εργασία και την μελέτη που προηγήθηκε, συμπεραίνεται ότι η χωροθέτηση αιολικών σταθμών είναι ένα σύνθετο θέμα το οποίο περιλαμβάνει οικονομικούς, περιβαλλοντικούς καθώς και κοινωνικούς παράγοντες. Η χωροθέτηση αυτή πρέπει να είναι αποτέλεσμα ευρύτερου σχεδιασμού έτσι ώστε η ένταξη των αιολικών εγκαταστάσεων να γίνεται αρμονικά με στόχο την άμβλυνση και αποτροπή των επιπτώσεων που δύναται να προκαλέσει η χωροθέτηση τόσο στο ανθρωπογενές όσο και στο φυσικό περιβάλλον. Ταυτόχρονα θα πρέπει να εξασφαλίζεται η βιωσιμότητα και η λειτουργικότητα αυτών των εγκαταστάσεων.

Στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία έγινε η ανάδειξη των περιοχών που είναι κατάλληλες για αιολικές εγκαταστάσεις στην Περιφερειακή Ενότητα της Φλώρινας. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση του ελληνικού θεσμικού πλαισίου, το οποίο συνοψίζεται στο Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, από όπου προέκυψαν τα κριτήρια αποκλεισμού και αξιολόγησης τα οποία τελικά προτείνονται στην παρούσα μελέτη. Το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για να γίνει αυτό είναι τα Γεωγραφικά Συστήματα Σχεδιασμού.

Αρχικά, για τον αποκλεισμό των ασύμβατων περιοχών χωροθέτησης, ο οποίος προηγείται της αξιολόγησης ως διακριτό στάδιο, λήφθηκαν υπόψη ιδιαιτέρως αυστηρά κριτήρια κυρίως χωροταξικής φύσης τα οποία έχουν ως στόχο τη διατήρηση της ασφάλειας, της περιβαλλοντικής προστασίας και των προδιαγραφών του ελληνικού θεσμικού πλαισίου.

Αντιθέτως, για την αξιολόγηση των περιοχών που προέκυψαν ως κατάλληλες, επιλέχθηκαν κριτήρια τα οποία στοχεύουν στη μείωση του κόστους κατασκευής αλλά και συντήρησης των αιολικών σταθμών, στην αποδοχή του έργου από την τοπική κοινωνία και φυσικά, στην οικονομική αποδοτικότητα του (αιολικό δυναμικό, προσβασιμότητα στο οδικό δίκτυο, κλίσεις εδάφους, ορατότητα από σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος). Η επικάλυψη των επιμέρους κριτηρίων έδωσε την τελική αξιολόγηση των προτεινόμενων περιοχών.

Στο τελευταίο στάδιο πραγματοποιήθηκε η επιλογή της τελικής θέσης χωροθέτησης ανάμεσα στις προτεινόμενες που προέκυψαν από την αξιολόγηση του προηγούμενου βήματος. Εφόσον, όλες οι περιοχές είναι ισοδύναμες και αντιστοιχούν στον μέγιστο εμφανιζόμενο βαθμό καταλληλότητας για την επιλογή της τελικής θέσης χωροθέτησης υπολογίστηκε το μέγεθος του αιολικού πάρκου, για το οποίο γίνεται η θεώρηση ότι η παραγωγή ενέργειας από αυτό θα καλύπτει εξ' ολοκλήρου τις ενεργειακές ανάγκες της περιφερειακής ενότητας. Στη συνέχεια, εντοπίστηκαν οι περιοχές που καλύπτουν την απαραίτητη έκταση και ανάμεσα σε αυτές έγινε αξιολόγηση για την τελική θέση χωροθέτησης.

6.2. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με την μελέτη που πραγματοποιήθηκε προέκυψε ότι η Περιφερειακή Ενότητα Φλώρινας εμφανίζει αρκετές περιοχές στις οποίες μπορούν να εγκατασταθούν αιολικά πάρκα. Συνολικά, οι περιοχές που κρίνονται ως κατάλληλες έχουν έκταση 16.903.247 m², ποσοστό που αντιστοιχεί μόλις στο 0,88% της συνολικής έκτασης της Φλώρινας (συνολική έκταση 1.924 km²). Αυτό σημαίνει ότι πολύ μικρό ποσοστό της συνολικής έκτασης μπορεί να αξιοποιηθεί από αιολικές εγκαταστάσεις.

Αυτό οφείλεται, αρχικά, στο ότι η περιφερειακή ενότητα δεν ανήκει στις Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας και δεν διαθέτει ιδιαίτερα ευνοϊκά ανεμολογικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, η Φλώρινα καλύπτεται σε μεγάλο ποσοστό από ύδατα (περιφέρεια με τις περισσότερες λίμνες) και εμφανίζει έντονο ανάγλυφο λόγω των ορεινών όγκων που παρεμβάλλονται. Το ανάγλυφο σε συνδυασμό με τους διάσπαρτους οικιστικούς και τις περιοχές πολιτιστικού και οικολογικού ενδιαφέροντος περιορίζουν σημαντικό το ποσοστό της διαθέσιμης επιφάνειας της Φλώρινας.

Ωστόσο, οι διαθέσιμες περιοχές που προέκυψαν καλύπτουν τόσο τα χωρικά κριτήρια που θέτει η νομοθεσία αλλά πληρούν παράλληλα και τις προδιαγραφές για οικονομική και λειτουργική εγκατάσταση αιολικού πάρκου σε αυτές.

Από την ανασκόπηση της διπλωματικής εργασίας και την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας για την περιοχή μελέτης γίνονται αντιληπτά τα εξής:

- Στην περιοχή μελέτης οι μέσες ταχύτητες ανέμου δεν είναι ιδιαίτερα υψηλές και οι διαθέσιμες θέσης εγκατάστασης αιολικού πάρκου καταλαμβάνουν μόλις το 0,88% της συνολικής έκτασης της Φλώρινας. Παρόλα αυτά, όπως προκύπτει από τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών των κατοίκων της περιφερειακής ενότητας της Φλώρινας, η χωροθέτηση ενός και μόνο αιολικού πάρκου, 38 ανεμογεννητριών και ισχύος 32,3MW, μπορεί να είναι αρκετή για την κάλυψη αυτών.
- Συνυπολογίζοντας ότι στην περιοχή υπάρχει ήδη ένα εγκατεστημένο αιολικό πάρκο, διαφαίνεται η δυναμική της περιοχής για αλλαγή της εικόνας της (λιγνιτικό κέντρο της Ελλάδας) και βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων παράγοντας ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές και μειώνοντας τις καταστροφικές συνέπειες που έχει η έντονη χρήση του λιγνίτη στην περιοχή.
- Σημαντικό στοιχείο στην διαδικασία της χωροθέτησης αποτέλεσαν τα κριτήρια αξιολόγησης των κατάλληλων περιοχών. Τα κριτήρια αυτά παρουσιάζουν έντονη χωρική διαφοροποίηση ως προς τις βέλτιστες περιοχές χωροθέτησης. Μεταβάλλοντας τον συντελεστή βαρύτητας κάθε κριτηρίου προκύπτει διαφορετικός τελικός διαβαθμισμένος χάρτης. Συνεπώς, η εκλογή θέσης χωροθέτησης αιολικού πάρκου δεν είναι μονοσήμαντη και επηρεάζεται από τα κριτήρια αξιολόγησης και τη βαρύτητα που δίνεται σε καθένα από αυτά.

Τελικά, η βέλτιστη θέση χωροθέτησης που επιλέγεται είναι αυτή που ικανοποιεί όλα τα χωρικά κριτήρια που θέτει το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Ταυτόχρονα όμως διαθέτει και μέγιστο βαθμό καταλληλότητας σύμφωνα με τα κριτήρια αξιολόγησης. Συγκεκριμένα, αποτελεί μη ορατή έκταση από τα σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, έχει την βέλτιστη επιθυμητή κλίση ενώ έχει μέση ταχύτητα ανέμου και ανήκει σε μέση ζώνη απόστασης από τον οδικό άξονα. Ωστόσο, η σύνθεση των παραπάνω προσδίδει στην επιλεγμένη περιοχή τον μέγιστο βαθμό καταλληλότητας. Εκτιμώντας την αξία της γης, την προσβασιμότητα της μελλοντικής εγκατάστασης και την απόσταση από τους κοντινούς οικισμούς η περιοχή αυτή αποτελεί την ορθότερη επιλογή για την χωροθέτηση αιολικού πάρκου στην Περιφερειακή Ενότητα Φλώρινας.

6.3. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η παρούσα εργασία θέτει το ζήτημα της επιλογής θέσης χωροθέτησης αιολικού πάρκου για την εξυπηρέτηση των ενεργειακών αναγκών μιας επιβαρυσμένης περιβαλλοντικά περιοχής. Η Περιφερειακή Ενότητα Φλώρινας μαζί με τις γειτνιάζουσες ενότητες αποτελεί το λιγνιτικό κέντρο και τον κεντρικό μοχλό παραγωγής ενέργειας για όλη την Ελλάδα. Το ζήτημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τις τοπικές κοινωνίες καθώς επιφέρει συνέπειες αρχικά στην υγεία των κατοίκων λόγω της έντονης εκπομπής ρύπων όσο και στην ευημερία τους καθώς λόγω των εξορύξεων συμβαίνουν συχνά κατολισθητικά φαινόμενα και ολόκληρα χωριά έχουν αναγκαστεί σε μετεγκατάσταση προκειμένου να αποφύγουν τους κινδύνους. Δεν πρέπει, φυσικά, να αγνοούνται και οι επιπτώσεις που εμφανίζονται στο περιβάλλον.

Με βάση τα παραπάνω γίνεται αντιληπτή η σπουδαιότητα της παρούσας εργασίας και η συμβολή της στην προώθηση του οράματος για βιώσιμα μέσα παραγωγής ενέργειας τα οποία αξιοποιούν τα συγκριτικά πλεονεκτήματα των περιοχών. Μέσα από την εργασία δίνεται το μεθοδολογικό πλαίσιο για την προσέγγιση χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων. Ωστόσο, η μεθοδολογία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν η κατευθυντήρια οδηγία για την περαιτέρω διερεύνηση και υιοθέτηση και άλλων μορφών ενέργειας στην περιοχή. Επιδέχεται, σαφώς, βελτιώσεις, λόγω της φύσης της ως μελέτη που πραγματοποιείται στα πλαίσια ακαδημαϊκού επιπέδου, αλλά σίγουρα συμβάλει στην αξιολόγηση περαιτέρω προτάσεων για τη συνέχιση και εξέλιξη της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Επίσης, μία ακόμη πρόταση είναι να αξιολογηθεί η εγκατάσταση αιολικών πάρκων στις προτεινόμενες περιοχές όσον αναφορά το οικονομικό σκέλος. Στην παρούσα εργασία δε μελετήθηκαν τα τεχνικά στοιχεία και το κόστος των ανεμογεννητριών. Επίσης, δε μελετήθηκε το οικονομικό όφελος που θα είχε μία τέτοια επένδυση στην ευρύτερη περιοχή μελέτης. Για τη δημιουργία μελλοντικών επενδύσεων μία τέτοια οικονομικό - τεχνική μελέτη κρίνεται απαραίτητη και θα αποτελέσει σημαντικό κίνητρο.

Ακόμα, η αξιολόγηση των περιοχών έγινε χρησιμοποιώντας τέσσερα βασικά δυναμικά κριτήρια. Η πληρότητα αυτών των κριτηρίων επηρεάζει σημαντικά την απόδοσή του. Επομένως, μία περαιτέρω ανάλυση θα μπορούσε να εξετάζει τον εμπλουτισμό αυτών των κριτηρίων, τόσο αυτών που χρησιμοποιήθηκαν όσο και πρόσθετων κριτηρίων, για παράδειγμα τεχνολογικά, που μπορεί να ενδιαφέρουν. Επίσης, στην παρούσα εργασία τα κριτήρια θεωρήθηκαν ισοβαρή. Ωστόσο, ανάλογα με αυτόν που διατάσσει τη χωροθέτηση (πχ. την

εταιρεία που θα επενδύσει) τα κριτήρια αυτά μπορεί να έχουν διαφορετική βαρύτητα και επομένως διαφορετικά αποτελέσματα.

Τέλος, θα ήταν χρήσιμη μία μελέτη της γνώμης του κοινού. Οι εγκαταστάσεις αξιοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας μπορεί να προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα δεν είναι, όμως, πάντα κοινά αποδεκτές. Οι τοπικές κοινωνίες έχουν συγκεκριμένη γνώμη για τις επιπτώσεις που προκαλούν αυτές οι εγκαταστάσεις και συγκεκριμένη πεποίθηση για την πραγματική συμβολή τους. Συνεπώς, θα ήταν ωφέλιμο να γίνει μία μελέτη, χρησιμοποιώντας ερωτηματολόγια αλλά και προσωπικές συνεντεύξεις, ώστε να εξακριβωθεί το αίσθημα της κοινωνίας γύρω από τη δημιουργία νέων εγκαταστάσεων αξιοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Φυσικά, τη μελέτη αυτή μπορεί να ακολουθήσει και μία έρευνα των μέσων που θα συμβάλουν στην ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με τις εναλλακτικές μορφές παραγωγής ενέργειας και των τρόπων και πρακτικών που απαιτούνται για να βελτιωθεί η εικόνα των εγκαταστάσεων αυτών στα μάτια του κοινού.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Νομοθετικό πλαίσιο

- ΚΥΑ 49828 /2008 (Τεύχος ΦΕΚ Β' 2464): «Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας»
- ΝΟΜΟΣ 3468/2006 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 129): «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις».

Αναφορές

- Τζανακάκη Ε. (2012) Αειφορική αναβάθμιση του δομημένου περιβάλλοντος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Καρβούνης Γ. (2014) Ενέργεια και πράσινη ανάπτυξη: το ενεργειακό πρόβλημα στην Ελλάδα και οι πολιτικές για τη μετάβαση στην πράσινη οικονομία, Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών).
- Κατσίγιαννης Ι. (2012) Ανεμογεννήτριες, Εργαστήριο Ανανεώσιμων Ενεργειακών Τεχνολογιών
- Μπίλη Αθηνά Χ. (2017) Επιλογή βέλτιστων περιοχών χωροθέτησης χερσαίων αιολικών εγκαταστάσεων με τη χρήση Πολυκριτηριακής Ανάλυσης και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών: Η περίπτωση της Άνδρου, Ελλάδα
- Al-Shemmeri T. (2010), 'Wind Turbines', T. Al-Shemmeri & Ventus Publishing
- Κουτσόπουλος Κ. (2005α). Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου, Αθήνα: Παπασωτηρίου.
- Κουτσόπουλος Κ. (2005β). Εφαρμογές του Λογισμικού ArcGIS 9x με Απλά Λόγια. Αθήνα: Παπασωτηρίου.
- Μανιάτης Γ. (1996). Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Γης – Κτηματολογίου, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη.
- Χαλκιάς Χ. (2006): Όροι και έννοιες Επιστήμης Γεωγραφικών Πληροφοριών. Εκδόσεις ΙΩΝ, 157 σελ., Αθήνα

Ηλεκτρονικές Αναφορές

1. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_production_and_imports
2. <http://publications.europa.eu/webpub/com/factsheets/energy/en/>
3. <http://publications.europa.eu/webpub/com/factsheets/energy/el/>
4. https://europa.eu/european-union/topics/energy_el
5. <http://www.kathimerini.gr/837097/article/epikairothta/politikh/poioi-kai-pws-dinoyn-energeia-sthn-ellada>
6. http://www.cres.gr/kape/pdf/download/Energy_Outlook_2009_EL%20.pdf
7. <http://www.opengov.gr/minenv/?p=4205>
8. https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CF%8E%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B5%CF%82_%CF%80%CE%B7%CE%B3%CE%AD%CF%82_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82
9. <http://www.allaboutenergy.gr/Piges23.html>
10. <http://ape1epalsyrou.weebly.com/alphanuepsilonmuomicrongammaepsilonnunu942taurhoiotaepsilonsigmaf.html>
11. <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=287>
12. <http://www.allaboutenergy.gr/AiolikiEnergeia.html>
13. <http://www.georhythmiki.gr/%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CF%89%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B5%CF%82-%CF%80%CE%B7%CE%B3%CE%B5%CF%82-%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82/%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%B5%CE%BD%CE%BD%CE%AE%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%B5%CF%82/%CF%84%CF%85%CF%80%CE%BF%CE%B9-%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%B5%CE%BD%CE%BD%CE%B7%CF%84%CF%81%CE%B9%CF%89%CE%BD/>
14. https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1
15. <http://www.ypeka.gr/?tabid=286>
16. http://49lyk-athin.att.sch.gr/AJIOPOIHSH_ENERDEIAS.htm
17. <http://www.allaboutenergy.gr/HliakaSistimata.html>

18. <http://renewablegreece.wikispaces.com/%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE+%CE%95%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1>
19. <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=484>
20. http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/ydrauliki.html
21. http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_hydro.htm
22. <http://www.allaboutenergy.gr/YdravlikiEnergeia.html>
23. <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=288>
24. <https://www.agroenergy.gr/categories/%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CE%B6%CE%B1>
25. http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_biomass.htm
26. <http://www.ee.teihal.gr/labs/pkoukos/PROSTASIA%20PERIBALONTOS/Geothermiki%20Energeia.htm>
27. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%B5%CF%89%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%AF%CE%B1>
28. http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_geothermal.htm
29. <http://www.ypeka.gr/rescampaign2008/geothermiki-mythoi-kai-pragmatikothta.html>
30. <http://www.cres.gr/services/istos.chn?prnbr=24770&locale=el>
31. http://greenenergyplus.blogspot.gr/2011/11/blog-post_21.html
32. http://www.hess.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=93&Itemid=92
33. <http://www.allaboutenergy.gr/EnergeiaOkeanon.html>
34. <http://www.ypaithros.gr/i-katataksi-tis-elladas-stin-paragogi-ananeosimon-pigon-energeias/>
35. <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=vBWJVY3FdTk%3d&tabid=37>
36. <http://www.ypeka.gr/?tabid=285>
37. <http://www.statistics.gr/el/digital-cartographical-data>
38. <http://download.geofabrik.de/europe/greece.html>
39. <http://geodata.gov.gr/>
40. <http://www.ktimatologio.gr/forestmaps/Pages/xrasis-gis.aspx>
41. <http://www.cres.gr/kape/index.htm>
42. <http://www.rae.gr/geo/>
43. <https://www.dei.gr/el/oruxeia/ptolemaida-amuntaio>
44. <http://neafiorina.gr/2017/06/sto-mikroskopio-tis-ete-i-ypo-kataskevi-monada-viomazas-tis-dei-sto-amynteo/>
45. <http://www.admie.gr/ape-sithya/stathmoi-ape-sithya-se-leitoyrgia/>

Βιβλιογραφία εικόνων

Σχήμα 1.1:

http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_production_and_imports

Σχήμα 1.2: <http://www.world-nuclear.org/focus/climate-change-and-nuclear-energy.aspx>

Σχήμα 1.3: <http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/2012/04/sximalI21.png>

Σχήμα 1.4: <https://en.actualitix.com/country/grc/greece-energy-imports-nets.php>

Σχήμα 2.1: <https://greenscience.cs.earlham.edu/wp-content/uploads/2015/09/Global->

Cumulative-Installed-Wind-Capacity-1997-2014.jpg &

<https://greenscience.cs.earlham.edu/wp-content/uploads/2015/09/Global-Annual-Installed->

Wind-Capacity-1997-2014.jpg

Σχήμα 2.2:

<http://ape1epalsyou.weebly.com/alphanuepsilonmuomicrongammaepsilonnunu942taurhoiotaepsilonsigmaf.html>

Σχήμα 2.3:

<http://ape1epalsyou.weebly.com/alphanuepsilonmuomicrongammaepsilonnnunu942taurhoiotaepsilonsigmaf.html>

Σχήμα 2.4: http://users.sch.gr/imarinakis/aeolian_energy.htm

Σχήμα 2.5: Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα και η Χωροταξική τους Διάσταση,
Ε. Μπαλτάς

Σχήμα 3.1:

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%BF%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%A6%CE%BB%CF%8E%CF%81%CE%B9%CE%BD%CE%B1%CF%82

Σχήμα 3.2:

<http://www.statistics.gr/home>

Σχήμα 3.3:

<http://www.prespes.gr/prespa/index.php/static-content-style-4>

Σχήμα 3.4:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/58/Railway_map_of_Greece.png

Σχήμα 3.5:

[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%B8%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%9F%CE%B4%CF%8C%CF%82_3_\(%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1\)#/media/File:Eo3_map.jpg](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%B8%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%9F%CE%B4%CF%8C%CF%82_3_(%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1)#/media/File:Eo3_map.jpg)

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CF%8D%CF%81%CE%B9%CE%BF%CE%B9_%CE%B4%CF%81%CF%8C%CE%BC%CE%BF%CE%B9_%CF%84%CE%B7%CF%82_%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1%CF%82#/media/File:E65_Map_in_Greece.png

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CF%8D%CF%81%CE%B9%CE%BF%CE%B9_%CE%B4%CF%81%CF%8C%CE%BC%CE%BF%CE%B9_%CF%84%CE%B7%CF%82_%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1%CF%82#/media/File:E86_Map_in_Greece.png

[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%B8%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%9F%CE%B4%CF%8C%CF%82_2_\(%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1\)#/media/File:Greece_A16_-_%CE%91%CE%BD%CF%84%CE%AF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%BF.jpg](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%B8%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%9F%CE%B4%CF%8C%CF%82_2_(%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1)#/media/File:Greece_A16_-_%CE%91%CE%BD%CF%84%CE%AF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%BF.jpg)

[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%B7%CF%84%CF%8C%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CF%82_27_\(%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1\)#/media/File:A27_Map.jpg](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%B7%CF%84%CF%8C%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CF%82_27_(%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1)#/media/File:A27_Map.jpg)

Σχήμα 3.6:

<http://www.admie.gr/to-systima-metaforas/dedomena-stoicheia-systimatos/chartis/>

Σχήμα 4.1: Ιδία επεξεργασία

Σχήμα 4.2: Ιδία επεξεργασία

Σχήμα 5.1:

http://www.epd.gov.hk/eia/register/report/eiareport/eia_1242006/html/EIA_Report/Annex%20A3.3.pdf

Σχήματα 5.2 -5.5 & 5.7 - 5.12 & 5.14 - 5.15: Ιδία επεξεργασία

Σχήμα 5.6, 5.13:

http://www.epd.gov.hk/eia/register/report/eiareport/eia_1242006/html/EIA_Report/Annex%20A3.3.pdf