



«Σχολή Θετικών Επιστημών & Τεχνολογίας»
«Πρόγραμμα Σπουδών: Διαχείριση Τεχνικών Έργων»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

«Αξιολόγηση της καταλληλότητας εγκατάστασης αιολικών πάρκων
στον Δήμο Ερυμάνθου της Π.Ε. Αχαΐας με τη μέθοδο της
πολυκριτηριακής ανάλυσης (AHP - TOPSIS) και των γεωγραφικών
συστημάτων πληροφοριών (GIS): Συνδυασμός περιβαλλοντικών
και θεσμικών κριτηρίων»

Τσάκος Χρήστος

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Μπακατσάκη Μαρία

Πάτρα, 18/9/2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

«Αξιολόγηση της καταλληλότητας εγκατάστασης αιολικών πάρκων
στον Δήμο Ερυμάνθου της Π.Ε. Αχαΐας με τη μέθοδο της
πολυκριτηριακής ανάλυσης (AHP - TOPSIS) και των γεωγραφικών
συστημάτων πληροφοριών (GIS): Συνδυασμός περιβαλλοντικών
και θεσμικών κριτηρίων»

Τσάκος Χρήστος

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Δρ. Μπακατσάκη Μαρία

Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και
Διοίκησης

Πολυτεχνείο Κρήτης

Συν-Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Τσουκαλά Βασιλική

Καθηγήτρια ΕΜΠ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Πάτρα, 18/9/2026

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται ο κύκλος των μεταπτυχιακών μου σπουδών στο πρόγραμμα «Διαχείριση Τεχνικών Έργων» της σχολής Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου και θεωρώ πρέπει να ευχαριστήσω θερμά τους ανθρώπους που με καθοδήγησαν και με υποστήριξαν καθ' όλη τη διάρκεια αυτής μου της προσπάθειας.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κ. Μπακατσάκη Μαρία για τις γνώσεις, τις συμβουλές και την υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές και το εκπαιδευτικό προσωπικό του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών που παρακολούθησα για τις ακαδημαϊκές τους γνώσεις που μου μεταλαμπάδευσαν και τις συμβουλές που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου στο πρόγραμμα, οι οποίες με βοήθησαν να διεκρύνω τόσο τους πνευματικούς, όσο και τους μαθησιακούς μου ορίζοντες.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την αμέριστη ψυχολογική υποστήριξη και συμπαράσταση τους.

Περίληψη

Η εύρεση κατάλληλων θέσεων για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων αποτελεί ένα σύνθετο και πολυεπίπεδο ζήτημα, καθώς απαιτεί τη συνεκτίμηση περιβαλλοντικών, τεχνικών, οικονομικών και θεσμικών παραμέτρων. Ιδιαίτερη πρόκληση προκύπτει όταν τα προτεινόμενα έργα χωροθετούνται εντός εκτάσεων με ιδιαίτερο περιβαλλοντικό και οικολογικό ενδιαφέρον, όπου οι αρμόδιοι επιστημονικοί φορείς πολλές φορές καλούνται να λάβουν μια ισορροπημένη απόφαση μεταξύ της προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος και της ανάγκης προώθησης της αναγκαιότητας για την ανάπτυξη έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Στην Ελλάδα, σημαντικός αριθμός αιολικών πάρκων έχει αναπτυχθεί εντός δασικών εκτάσεων και περιοχών με ιδιαίτερο οικολογικό ενδιαφέρον, με βασική προϋπόθεση τη διασφάλιση της ελάχιστης δυνατής περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και την ελάχιστη δυνατή απώλεια φυσικού πλούτου.

Ο Δήμος Ερυμάνθου της ΠΕ Αχαΐας αποτελεί μια χαρακτηριστική περίπτωση περιοχής όπου η πλούσια δασική κάλυψη και το έντονο φυσικό ανάγλυφο συνυπάρχουν μαζί με το αυξημένο επενδυτικό ενδιαφέρον για αιολικά έργα, γεγονός που έχει οδηγήσει τόσο σε θετικές όσο και σε αρνητικές γνωμοδοτήσεις από αρμόδιους τοπικούς φορείς. Η παρούσα εργασία, με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) και του λογισμικού QGIS, σε συνδυασμό με τις μεθοδολογίες πολυκριτηριακής ανάλυσης AHP και TOPSIS, στοχεύει στην εύρεση και χαρτογράφηση ζωνών καταλληλότητας για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών, επιδιώκοντας τον εντοπισμό περιοχών όπου μπορεί να επιτευχθεί μια ισορροπία μεταξύ περιβαλλοντικής προστασίας και ενεργειακής μετάβασης.

Λέξεις – Κλειδιά: Ανεμογεννήτριες, αιολικά πάρκα, χωροθέτηση, πολυκριτηριακή ανάλυση, AHP, TOPSIS, GIS.

«Evaluation of wind farms placement suitability in the Municipality
of Erymanthos, Achaia Prefecture, through Multi – Criteria
Analysis (AHP - TOPSIS) and Geographical Information Systems
(GIS): A combination of environmental and institutional factors»

Tsakos Christos

Abstract

The identification of suitable locations for the installation of wind farms constitutes a complex and multidimensional issue, as it requires the consideration of environmental, technical, and institutional parameters. A particular challenge arises when proposed projects are planned within areas of significant environmental and ecological importance, where the responsible scientific authorities are often called upon to make a balanced decision between protecting the natural environment and promoting the essential development of Renewable Energy Sources.

In Greece, a significant number of wind farms have been developed within forested and natural areas, under the primary condition of ensuring the minimum possible environmental burden and the least possible loss of forest and natural resources.

The Municipality of Erymanthos in the Regional Unit of Achaia represents a characteristic case of an area where rich forest cover and intense natural terrain coexist with increased investment interest in wind energy projects, a fact that has led to both positive and negative assessments from competent local authorities. The present study, through the use of Geographic Information Systems (GIS) and QGIS software, combined with the multicriteria analysis methodologies AHP and TOPSIS, aims to identify and map suitability zones for wind turbine installation, seeking to determine areas where a balance can be achieved between environmental protection and energy transition.

Keywords: Wind – turbines, wind – farms, placement, multicriteria decision analysis, AHP, TOPSIS, GIS.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	v
Abstract	vii
Περιεχόμενα	viii
Κατάλογος Εικόνων	xi
Κατάλογος Σχημάτων	xiv
Κατάλογος Πινάκων	xiv
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xvi
1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Η σημασία των αιολικών πάρκων και της χωροθέτησης τους στο περιβάλλον ...	1
1.2 Παρουσίαση περιοχής μελέτης	5
1.2.1 Γεωγραφικά όρια της περιοχής μελέτης	6
1.2.2 Διοικητική οργάνωση και πληθυσμιακά στοιχεία	7
1.2.3 Γεωμορφολογία και ανάγλυφο.....	9
1.2.4 Μετεωρολογικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά	12
1.2.5 Φυσικό περιβάλλον και βιοποικιλότητα	13
1.2.5.1 Η βλάστηση του Δήμου Ερυμάνθου	14
1.2.5.2 Η Πανίδα του Δήμου Ερυμάνθου	16
1.2.6 Υφιστάμενη κατάσταση σχετικά με την αιολική ενέργεια στην περιοχή μελέτης	20
1.2.7 Σχέση περιοχής μελέτης με τη μεθοδολογία της έρευνας.....	23
1.3 Σκοπός, στόχοι και ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας	24
1.4 Παρουσίαση της δομής της εργασίας.....	24
2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση	26
2.1 Η χρησιμότητα της πολυκριτηριακής ανάλυσης στη χωροθέτηση των αιολικών πάρκων	26
2.1.1 Η μέθοδος AHP.....	28
2.2.2 Η μέθοδος TOPSIS	33
2.2 Προηγούμενες έρευνες σχετικά με τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων στο περιβάλλον	37

2.2.1 Μελέτες χωροθέτησης.....	37
2.2.2 Μελέτες Οικονομικές.....	44
2.2.3 Μελέτες Περιβαλλοντικές.....	46
2.2.4 Μελέτες Κοινωνιολογικές.....	51
3. Νομοθεσία αιολικής ενέργειας.....	57
3.1 Ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο.....	57
3.3.1. Νόμος 3468/2006 (Α΄ 129)	57
3.3.2. Νόμος 4001/2011 (Α΄ 179)	57
3.3.3. Νόμος 4042/2012 (Α΄ 24)	57
3.3.4. Νόμος 4414/2016 (Α΄ 149)	58
3.3.5. Νόμος 4513/2018 (Α΄ 9)	58
3.3.6. Νόμος 4602/2019 (Α΄ 45)	58
3.3.7. Νόμος 4685/2020 (Α΄ 92)	59
3.3.8. Νόμος 4864/2021 (Α΄ 237)	59
3.3.9. Νόμος 4951/2022 (Α΄ 129)	59
3.3.10. Νόμος 4964/2022 (Α΄ 150)	61
3.3.11. Νόμος 5037/2023 (Α΄ 78)	61
3.3.12. Νόμος 5106/2024 (Α΄ 63)	62
3.2 Ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο.....	63
3.3 Το Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο (ΕΧΠ) - Η ΚΥΑ 49828 (ΦΕΚ 2464/3-12-2008) ..	69
3.4 Το νέο Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο (ΕΧΠ) για τις ΑΠΕ (2026)	76
3.5 Ειδικά ζητήματα εγκατάστασης και λειτουργίας α/γ.....	80
3.5.1 Κατευθυντήριες γραμμές για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών.....	80
3.5.2 Προστατευόμενες περιοχές και περιορισμοί.....	81
3.5.3 Στρατηγική χωροθέτησης αιολικών πάρκων	81
3.5.4 Ανεμογεννήτριες και δάση.....	82
3.5.5 Ανεμογεννήτριες σε αναδασωτέες περιοχές	82
4. Μεθοδολογία.....	84
4.1 Επιλογή και στάθμιση κριτηρίων.....	84
4.2 Περιγραφή πολυκριτηριακής ανάλυσης - TOPSIS	89
4.3 Χρήση GIS και επεξεργασία δεδομένων	90

5. Μελέτη περίπτωσης	94
5.1 Εφαρμογή Μεθοδολογίας	94
5.1.1. Περιοχές αποκλεισμού	94
5.1.2. Χάρτες με κριτήρια	100
5.2 Παραγωγή χαρτών καταλληλότητας	110
5.2.1. Αξιολόγηση με την πολυκριτηριακή ανάλυση (AHP).....	110
5.2.2. Εφαρμογή TOPSIS.....	113
5.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων	114
6. Σύνοψη – Συμπεράσματα – Προτάσεις - Προοπτικές για μελλοντική έρευνα	122
6.1 Σύνοψη	122
6.2 Συμπεράσματα	122
6.3 Προτάσεις.....	124
6.4 Προοπτικές για μελλοντική έρευνα	125
Βιβλιογραφία.....	126
Παράρτημα: Εικόνες από τη χρήση του λογισμικού Qgis.....	136

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Το δίκτυο Natura 2000 στην Ελλάδα (πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΚΑΠΕ))	3
Εικόνα 2. Ζώνες που δείχνουν τις προοπτικές ανάπτυξης των αιολικών πάρκων στην Ελλάδα. (πηγή: Kati et al., 2021b)	4
Εικόνα 3. Γεωγραφική θέση του Δήμου Ερυμάνθου (Ιδια επεξεργασία στο Qgis)	6
Εικόνα 4. Γεωγραφικά όρια του Δήμου Ερυμάνθου (πηγή: προσαρμοσμένο από Δήμος Ερυμάνθου, 2025)	7
Εικόνα 5. Οι Δημοτικές Ενότητες του Δήμου Ερυμάνθου	8
Εικόνα 6. Οι οικισμοί του Δήμου Ερυμάνθου (Ιδια επεξεργασία στο Qgis)	9
Εικόνα 7. Διαδικτυακό απόσπασμα της Erymanthos Voice σχετικά με την κατασκευή αιολικών πάρκων στη θέση Μελισσοβούνι της Δ.Ε. Φαρρών του Δήμου Ερυμάνθου	10
Εικόνα 8. Η υψομετρική διαμόρφωση του εδάφους στην περιοχή του Δήμου Ερυμάνθου - Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους – DEM - Digital Elevation Model (Ιδια επεξεργασία στο Qgis)	11
Εικόνα 9. Το αιολικό δυναμικό της περιοχής του Δήμου Ερυμάνθου	12
Εικόνα 10. Το αιολικό δυναμικό για το σύνολο της ελληνικής επικράτειας. (πηγή: ΡΑΑΕΥ, 2026)	13
Εικόνα 11. Συνολική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς ανά ελληνική περιφέρεια, προερχόμενη από την αιολική ενέργεια μέχρι το τέλος του 2024 (πηγή: προσαρμοσμένο από ΕΛΕΤΑΕΝ, 2025)	22
Εικόνα 12. Περιοχές αιολικής προτεραιότητας (ΠΑΠ) της ελληνικής επικράτειας (ΠΑΠ) της ελληνικής επικράτειας (πηγή: προσαρμοσμένο από Εθνικό Τυπογραφείο, 2008)	71
Εικόνα 13. Χρήσεις γης Corine (πηγή: προσαρμοσμένο από Ποϊραζίδη, 2021)	87
Εικόνα 14. Αιολικό Δυναμικό Δήμου Ερυμάνθου (Ιδια επεξεργασία στο QGIS)	91
Εικόνα 15. Κλίση εδάφους του Δήμου Ερυμάνθου (Ιδια επεξεργασία στο QGIS)	92
Εικόνα 16. Περιοχές Natura 2000 του Δήμου Ερυμάνθου (Ιδια επεξεργασία στο QGIS)	95
Εικόνα 17. Υδρογραφικό Δίκτυο Δήμου Ερυμάνθου (Ιδια επεξεργασία στο QGIS)	96
Εικόνα 18. Οι οικισμοί Δήμου Ερυμάνθου με τις ονομασίες τους (Ιδια επεξεργασία στο QGIS)	97

Εικόνα 19. Οδικό Δίκτυο Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια επεξεργασία στο QGIS).....	98
Εικόνα 20. Χρήσεις γης του Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)	99
Εικόνα 21. Ζώνες αποκλεισμού Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)	100
Εικόνα 22. Χάρτης reclassification Αιολικού Δυναμικού Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)	101
Εικόνα 23. Χάρτης reclassification κλίσης εδάφους Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)	103
Εικόνα 24. Χάρτης reclassification απόστασης από το οδικό δίκτυο του Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)	105
Εικόνα 25. Χάρτης reclassification απόστασης από τους οικισμούς του Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια Επεξεργασία στο QGIS).....	107
Εικόνα 26. Χάρτης reclassification απόστασης από ενεργειακό δίκτυο (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)	109
Εικόνα 27. Τελικός βαθμός καταλληλότητας (Ίδια Επεξεργασία στο QGIS).....	111
Εικόνα 28. Τελικός βαθμός καταλληλότητας με ζώνες αποκλεισμού (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)	112
Εικόνα 29. Αποτελέσματα TOPSIS με ζώνες αποκλεισμού (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)	114
Εικόνα 30. Εμβαδά περιοχών καταλληλότητας (Ίδια Επεξεργασία στο QGIS).....	116
Εικόνα 31. Αριθμός ανεμογεννητριών ανά περιοχή καταλληλότητας (Ίδια Επεξεργασία στο QGIS)	117
Εικόνα 32. Αριθμός ανεμογεννητριών στις καταλληλότερες περιοχές (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)	118
Εικόνα 33. Τελική αρίθμηση περιοχών καταλληλότητας Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια επεξεργασία στο Qgis)	120
Εικόνα 34. Εκτέλεση της εντολής EasyAHP στο Qgis.....	136
Εικόνα 35. Βήμα 1ο Διαδικασίας EasyAHP στο Qgis – Εισαγωγή κριτηρίων.....	136
Εικόνα 36. Βήμα 2ο Διαδικασίας EasyAHP στο Qgis – Παραμετροποίηση κριτηρίων ..	137
Εικόνα 37. Βήμα 3ο Διαδικασίας EasyAHP στο Qgis – Υπολογισμός συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων της πολυκριτηριακής ανάλυσης.....	137

Εικόνα 38. Βήμα 3ο Διαδικασίας EasyAHP στο Qgis – Υπολογισμός υπόλοιπων συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων της πολυκριτηριακής ανάλυσης.....	138
Εικόνα 39. Διαδικασία δημιουργίας χωρικού πλέγματος (grid) για την πολυκριτηριακή ανάλυση στο Qgis	138
Εικόνα 40. Διαδικασία δημιουργίας περιοχών αποκλεισμού στο Qgis	139

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1. Υπολογιζόμενη θνησιμότητα πτηνών από την επίδραση των αιολικών πάρκων σε σχέση με άλλες πηγές ενέργειας (πηγή: προσαρμοσμένο από ΕΛΕΤΑΕΝ, 2023)	18
Σχήμα 2. Επιπτώσεις ανθρωπογενών παρεμβάσεων σε απειλούμενα είδη αρπακτικών (πηγή: προσαρμοσμένο από ΕΛΕΤΑΕΝ, 2023)	19
Σχήμα 3. Αναπαράσταση της τυπικής ιεραρχικής δόμησης ενός θεωρητικού προβλήματος με βάση τη μέθοδο AHP (Ίδια επεξεργασία στο Mermaid)	29
Σχήμα 4. Το διάγραμμα ροής της μεθόδου AHP (Ίδια επεξεργασία στο Mermaid)	32
Σχήμα 5. Η θεωρητική μαθηματική μορφή του Πίνακα απόφασης που δημιουργείται κατά το 1ο στάδιο εφαρμογής της μεθόδου TOPSIS (πηγή: προσαρμοσμένο από Δούκας, Χ. & Ψαρράς, Ι.)	34
Σχήμα 6. Το μαθησιακό μονοπάτι της μεθόδου TOPSIS (Ίδια επεξεργασία στο Mermaid)	36
Σχήμα 7. Βασικά κριτήρια χωροθέτησης α/γ (πηγή: προσαρμοσμένο από Rediske, G., et al., 2021).....	41

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Πυκνότητα αιολικών εγκαταστάσεων στις Δημοτικές Ενότητες του Δήμο Ερυμάνθου	21
Πίνακας 2. Σύνοψη ανασκόπησης επιστημονικής βιβλιογραφίας.....	56
Πίνακας 3. Σύνοψη ελληνικού και ευρωπαϊκού νομοθετικού πλαισίου σχετικά με την αιολική ενέργεια.....	68
Πίνακας 4. Σύνοψη των κυριότερων άρθρων της ΚΥΑ 49828 σχετικά με τη χωροθέτηση α/γ.....	74
Πίνακας 5. Σύνοψη των παραρτημάτων II, III, IV και V της ΚΥΑ 49828 σχετικά με τη χωροθέτηση α/γ.....	76
Πίνακας 6. Σύγκριση παλιού και νέου Ειδικού Χωροταξικού Πλαισίου	79
Πίνακας 7. Περιοχές αποκλεισμού	86
Πίνακας 8. Κλίμακα καταλληλότητας για το κριτήριο της ταχύτητας του ανέμου στην πολυκριτηριακή ανάλυση.....	101

Πίνακας 9. Κλίμακα καταλληλότητας για το κριτήριο της κλίσης του εδάφους στην πολυκριτηριακή ανάλυση.....	102
Πίνακας 10. Κλίμακα καταλληλότητας για το κριτήριο της απόστασης από το οδικό δίκτυο στην πολυκριτηριακή ανάλυση	104
Πίνακας 11. Κλίμακα καταλληλότητας για το κριτήριο της απόστασης από τους οικισμούς για την πολυκριτηριακή ανάλυση	106
Πίνακας 12. Κλίμακα καταλληλότητας για το κριτήριο της απόστασης από τις γραμμές υψηλής τάσης για την πολυκριτηριακή ανάλυση	108
Πίνακας 13. Συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων της πολυκριτηριακής ανάλυσης (EasyAHP)	111
Πίνακας 14. Περιοχές καταλληλότητας Δήμου Ερυμάνθου για εγκατάσταση α/γ	119
Πίνακας 15. Τελικές περιοχές καταλληλότητας Δήμου Ερυμάνθου για εγκατάσταση α/γ	121

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

Α/Γ	Ανεμογεννήτρια/ες
Α/Π	Αιολικό/ά Πάρκο/α
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΓΣΠ	Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών
ΔΕ	Δημοτική Ενότητα
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΕΧΠ	Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο
ΖΕΠ	Ζώνες Ειδικής Προστασίας
ΚΥΑ	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΜΠΕ	Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
ΠΑΠ	Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας
Π.Ε.	Περιφερειακή Ενότητα
ΠΚΑ	Πολυκριτηριακή Ανάλυση
ΡΑΕ	Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας
ΣΜΠΕ	Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
Τ.Κ.	Τοπική Κοινότητα
ΤΚΣ	Τόποι Κοινοτικής Σημασίας
Υ.Α.	Υπουργική Απόφαση
ΦΕΚ	Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως
AHP	Analytic Hierarchy Process
DEM	Digital Elevation Model
GIS	Geographical Information Systems
IAHP	Improved Analytic Hierarchy Process
MCDM	Multi-Criteria Decision Making
SCI	Sites of Community Importance
SPA	Special Protected Areas
TOPSIS	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
WLC	Weighted Linear Combination

1. Εισαγωγή

1.1 Η σημασία των αιολικών πάρκων και της χωροθέτησής τους στο περιβάλλον

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας από τον άνθρωπο παρουσιάζει μια μακροχρόνια ιστορία, η οποία ξεκινάει από την αρχαιότητα με τη χρήση ιστιοφόρων και ανεμόμυλων και φτάνει στο σήμερα, με την τεχνολογία να αξιοποιεί τον άνεμο μέσω ανεμογεννητριών (α/γ), μετατρέποντας την κινητική ενέργεια του αέρα σε ηλεκτρική.

Η επιτάχυνση της κλιματικής αλλαγής και η ταυτόχρονη υποβάθμιση των φυσικών οικοσυστημάτων συνιστούν δύο από τις σοβαρότερες παγκόσμιες προκλήσεις του 21ου αιώνα, οι οποίες δρουν συνδυαστικά και απειλούν τη βιωσιμότητα των ανθρώπινων κοινωνιών και των οικοσυστημάτων που τις υποστηρίζουν (Kati, V. & Kassara, C. 2021a). Στο πλαίσιο αυτό, η μετάβαση σε ένα ενεργειακό σύστημα χαμηλών εκπομπών άνθρακα αποτελεί κεντρική πολιτική προτεραιότητα σε διεθνές, ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο, με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) να διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη των κλιματικών στόχων (Pavlis E., 2025).

Μεταξύ των ΑΠΕ, η αιολική ενέργεια συγκαταλέγεται στις πλέον ώριμες και αποδοτικές τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, συμβάλλοντας σημαντικά στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, χωρίς κατανάλωση υδατικών πόρων και χωρίς εκπομπές ρύπων κατά τη φάση λειτουργίας των εγκαταστάσεων. Η διεθνής βιβλιογραφία αναγνωρίζει εύλογα πλέον ότι τα αιολικά πάρκα επιστρέφουν στην κοινωνία πολλαπλάσια ποσότητα ενέργειας σε σχέση με αυτήν που απαιτείται για την κατασκευή και εγκατάστασή τους, γεγονός που τα καθιστά βασικό πυλώνα της ενεργειακής μετάβασης (Kati, V. & Kassara, C. 2021a).

Ωστόσο, παρά τα αδιαμφισβήτητα οφέλη τους, τα αιολικά πάρκα δεν θεωρούνται περιβαλλοντικά ουδέτερα έργα, ιδιαίτερα όταν η ανάπτυξή τους πραγματοποιείται χωρίς κατάλληλο χωρικό σχεδιασμό και ολοκληρωμένη αξιολόγηση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραμέτρων. Πλήθος μελετών επισημαίνει ότι η ακατάλληλη χωροθέτηση ανεμογεννητριών μπορεί να προκαλέσει σοβαρές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα, όπως απώλεια και κατακερματισμό οικοτόπων, αύξηση της τεχνητής γης, όχληση ή θνησιμότητα

ειδών άγριας πανίδας (π.χ. πτηνών και νυχτερίδων), καθώς και υποβάθμιση των οικοσυστημικών υπηρεσιών (Kati et al, 2025).

Η αλλαγή των χρήσεων γης και ο κατακερματισμός των φυσικών οικοσυστημάτων αναγνωρίζονται πλέον διεθνώς ως η κυριότερη απειλή για τη βιοποικιλότητα, υπερβαίνοντας ακόμη και την άμεση επίδραση της κλιματικής αλλαγής. Ιδιαίτερα κρίσιμος παράγοντας σε αυτό το πλαίσιο είναι η διάνοιξη νέων οδικών δικτύων σε φυσικές περιοχές, η οποία συχνά συνοδεύει την εγκατάσταση αιολικών πάρκων και επιτείνει τις πιέσεις στα οικοσυστήματα (Kati, V. & Kassara, C. 2021a). Οι έμμεσες αυτές επιπτώσεις είναι συχνά εκτεταμένες, σωρευτικές και δύσκολα αναστρέψιμες, γεγονός που καθιστά αναγκαία την προληπτική ενσωμάτωση περιβαλλοντικών κριτηρίων στη φάση του σχεδιασμού (Pavlis E., 2025).

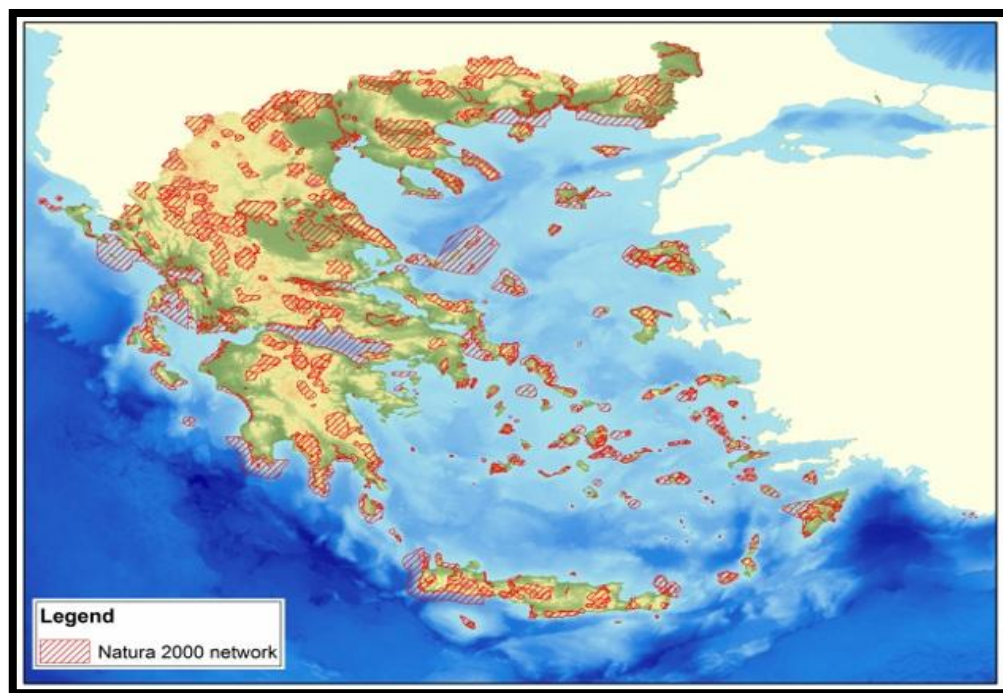
Στο πλαίσιο αυτό, η χωροθέτηση αιολικών πάρκων αποτελεί μία από τις πλέον σύνθετες διαδικασίες λήψης αποφάσεων στον τομέα του ενεργειακού σχεδιασμού, καθώς απαιτεί τη συνεκτίμηση τεχνικών, οικονομικών, κοινωνικών, θεσμικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων σε διαφορετικές χωρικές κλίμακες. Η βελτιστοποίηση του χωρικού σχεδιασμού για τον εντοπισμό των πλέον κατάλληλων θέσεων εγκατάστασης αιολικών πάρκων έχει αναδειχθεί σε βασικό αντικείμενο επιστημονικής έρευνας, με στόχο την επίτευξη της μέγιστης ενεργειακής απόδοσης με το ελάχιστο δυνατό περιβαλλοντικό και κοινωνικό κόστος (Ioannou, K., Tsantopoulos, G. & Arabatzis, G., 2019).

Η συνδυασμένη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) και της πολυκριτηριακής ανάλυσης (Multi Criteria Decision Analysis – MCDA) αποτελεί σήμερα μία από τις πλέον διαδεδομένες και μεθοδολογικές προσεγγίσεις για την κατάλληλη χωροθέτηση αιολικών πάρκων και την αποτελεσματική λήψη αποφάσεων (Bertsiou, M., Theochari, A. & Baltas, E., 2020; Saraswat, S.K. et al, 2021). Μέθοδοι όπως η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (AHP), οι παραλλαγές αυτής (IAHP), καθώς και τεχνικές κατάταξης όπως η TOPSIS, επιτρέπουν τη συστηματική ιεράρχηση και στάθμιση ετερογενών κριτηρίων, ενσωματώνοντας τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά δεδομένα στον χωρικό σχεδιασμό (Ioannou K., 2019; Xu, Y. et al, 2020).

Ιδιαίτερη έμφαση στη σύγχρονη βιβλιογραφία δίνεται πλέον στη συστηματική ενσωμάτωση περιβαλλοντικών και θεσμικών κριτηρίων στη διαδικασία της χωροθέτησης, όπως οι

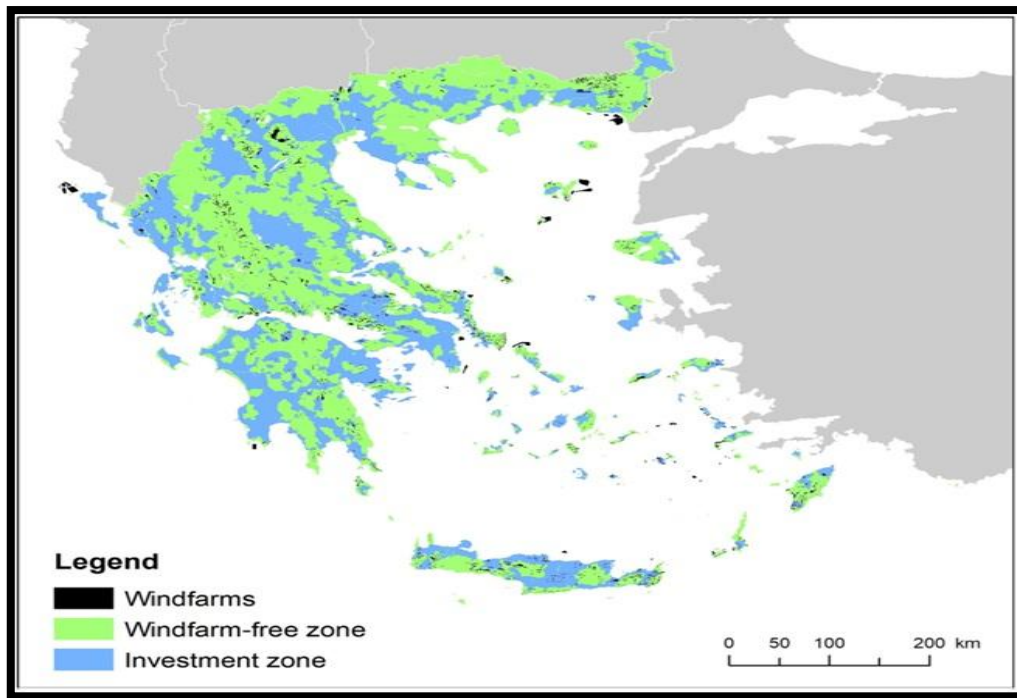
προστατευόμενες περιοχές του δικτύου Natura 2000, οι ζώνες υψηλής οικολογικής ευαισθησίας, οι δείκτες κατακερματισμού του τοπίου και οι περιοχές που βρίσκονται άνευ οδικού δικτύου. Η προσέγγιση αυτή στοχεύει στη μετάβαση από την άναρχη ανάπτυξη αιολικών πάρκων σε ένα πρότυπο αειφορικής χωρικής προτεραιοποίησης, το οποίο θα διοχετεύει τις επενδύσεις σε ήδη υποβαθμισμένες ή κατακερματισμένες περιοχές, προστατεύοντας παράλληλα τα οικολογικά και πιο πολύτιμα τοπία (Kati et al., 2021b).

Στην Ελλάδα, η ανάπτυξη των αιολικών πάρκων παρουσιάζει σημαντική δυναμική, λόγω του υψηλού αιολικού δυναμικού και των φιλόδοξων εθνικών στόχων για τη διείσδυση των ΑΠΕ (Pavlis E., 2025). Παράλληλα, όμως, η χώρα χαρακτηρίζεται και από εξαιρετικά υψηλή βιοποικιλότητα και εκτεταμένο δίκτυο προστατευόμενων περιοχών, γεγονός που καθιστά την ορθολογική χωροθέτηση των αιολικών εγκαταστάσεων ιδιαίτερα κρίσιμο ζήτημα (Kati et al., 2021b). Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται το δίκτυο Natura 2000 της ελληνικής επικράτειας.



Εικόνα 1. Το δίκτυο Natura 2000 στην Ελλάδα (πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΚΑΠΕ))

Η ανάγκη για συνδυασμό ενεργειακής ανάπτυξης και προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος αναδεικνύεται ως κεντρικό ζητούμενο του σύγχρονου χωρικού και περιβαλλοντικού σχεδιασμού. Στην Εικόνα 2 φαίνονται οι περιοχές εκείνες που παρουσιάζουν προοπτικές για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων στην Ελλάδα.



Εικόνα 2. Ζώνες που δείχνουν τις προοπτικές ανάπτυξης των αιολικών πάρκων στην Ελλάδα. (πηγή: Kati et al., 2021b)

Η παρούσα διπλωματική εργασία εντάσσεται σε αυτό το επιστημονικό και θεσμικό πλαίσιο, επιδιώκοντας να συμβάλει στον ορθολογικό σχεδιασμό της χωροθέτησης αιολικών πάρκων μέσω της εφαρμογής πολυκριτηριακής ανάλυσης με έμφαση στα περιβαλλοντικά και θεσμικά κριτήρια, σε τοπική κλίμακα μελέτης. Συγκεκριμένα, μέσα από τη συστηματική αξιοποίηση της διεθνούς και ελληνικής επιστημονικής βιβλιογραφίας, αλλά και την εφαρμογή των κατάλληλων επιστημονικών μεθοδολογιών (AHP και TOPSIS), η εργασία φιλοδοξεί να αναδείξει τη δυνατότητα συνδυασμού της ενεργειακής μετάβασης με την αποτελεσματική προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, συμβάλλοντας σε ένα πρότυπο βιώσιμης ανάπτυξης των αιολικών πάρκων.

1.2 Παρουσίαση περιοχής μελέτης

Η επιλογή της περιοχής μελέτης αποτελεί βασικό στάδιο κάθε ερευνητικής διαδικασίας που αφορά τη χωροθέτηση ενεργειακών υποδομών, καθώς τα γεωγραφικά, τα περιβαλλοντικά, τα θεσμικά και τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά της, επηρεάζουν σε καθοριστικό βαθμό τη διαδικασία εύρεσης κατάλληλων υποψήφιων θέσεων για τη δημιουργία αιολικών πάρκων και της αξιολόγησης της καταλληλότητας εγκατάστασης α/γ σε μια υποψήφια περιοχή. Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, περιοχή μελέτης θα είναι ο Δήμος Ερυμάνθου, της Περιφερειακής Ενότητας Αχαΐας, της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας.

Ο Δήμος Ερυμάνθου αποτελεί μια περιοχή που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη διερεύνηση των δυνατοτήτων ανάπτυξης αιολικών πάρκων, καθώς είναι μια περιοχή που συνδυάζει έντονο ορεινό ανάγλυφο, εκτεταμένες δασικές εκτάσεις, περιορισμένη αστική ανάπτυξη και σημαντική παρουσία προστατευόμενων οικοσυστημάτων. Τα χαρακτηριστικά αυτά καθιστούν τον Δήμο Ερυμάνθου αντιπροσωπευτικό παράδειγμα ενός ημιορεινού – ορεινού Δήμου, όπου η ανάγκη για τη δημιουργία αιολικών πάρκων και την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, αποτελούν τα δύο βασικά μέρη μιας ‘‘ζυγαριάς’’, τα οποία καλούμαστε να εξετάσουμε και να προτείνουμε έναν τρόπο εξισορροπηθούν και να συνυπάρξουν. Στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται η γεωγραφική θέση του Δήμου Ερυμάνθου.



Εικόνα 3. Γεωγραφική θέση του Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια επεξεργασία στο Qgis)

1.2.1 Γεωγραφικά όρια της περιοχής μελέτης

Ο Δήμος Ερυμάνθου βρίσκεται στο νότιο τμήμα της Περιφερειακής Ενότητας Αχαΐας και καλύπτει κυρίως ορεινές και ημιορεινές εκτάσεις της δυτικής Πελοποννήσου. Ειδικότερα συνορεύει:

- Βόρεια με τον Δήμο Πατρέων,
- Ανατολικά με τον Δήμο Καλαβρύτων
- Νότια με την Περιφερειακή Ενότητα του νομού Ηλείας και
- Δυτικά με τον Δήμο Δυτικής Αχαΐας

Η γεωγραφική του θέση τον καθιστά μεταβατική ζώνη μεταξύ των παράκτιων και των πεδινών περιοχών της Αχαΐας και του ορεινού όγκου της νότιας Πελοποννήσου. Η συνολική του έκταση ανέρχεται περίπου στα 582,93 km², γεγονός που τον κατατάσσει στους μεγαλύτερους δήμους της Π.Ε. Αχαΐας. Στην Εικόνα 4 παρουσιάζονται τα γεωγραφικά όρια του Δήμου Ερυμάνθου.



Εικόνα 4. Γεωγραφικά όρια του Δήμου Ερυμάνθου (πηγή: προσαρμοσμένο από Δήμος Ερυμάνθου, 2025)

1.2.2 Διοικητική οργάνωση και πληθυσμιακά στοιχεία

Ο Δήμος Ερυμάνθου συστάθηκε με το πρόγραμμα «Καλλικράτης» (Ν. 3852/2010) και αποτελείται από δημοτικές ενότητες που προέκυψαν από τη συνένωση πρώην καποδιστριακών δήμων και κοινοτήτων. Η διοικητική του έδρα βρίσκεται στη Χαλανδρίτσα, η οποία αποτελεί και τον σημαντικότερο οικιστικό πόλο της περιοχής.

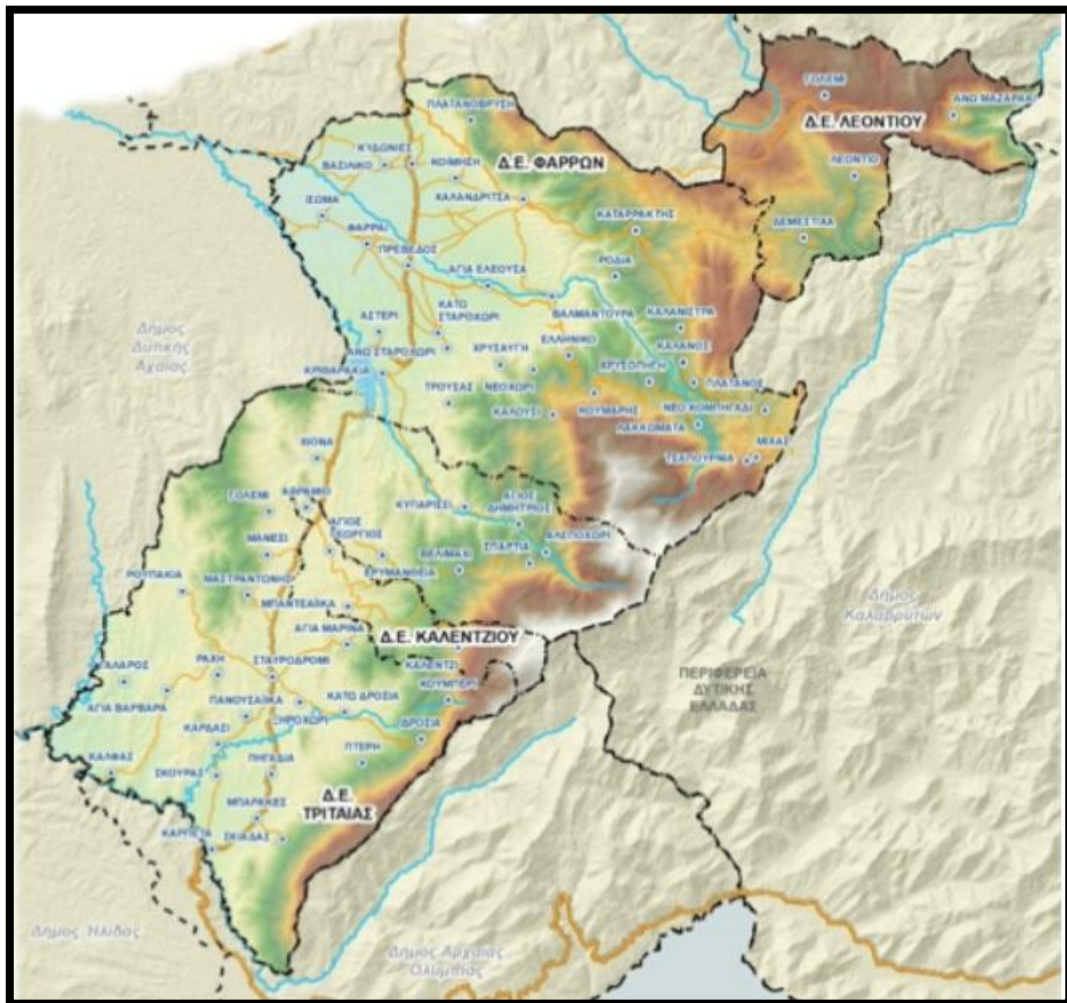
Σύμφωνα με τα στοιχεία της απογραφής του πληθυσμού από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ), ο Δήμος Ερυμάνθου παρουσιάζει:

- χαμηλή πληθυσμιακή πυκνότητα,
- έντονη διασπορά μικρών οικισμών και
- τάσεις πληθυσμιακής γήρανσης και μείωσης, χαρακτηριστικές των ορεινών αγροτικών περιοχών.

Ο Δήμος υποδιαιρείται σε 4 Δημοτικές Ενότητες:

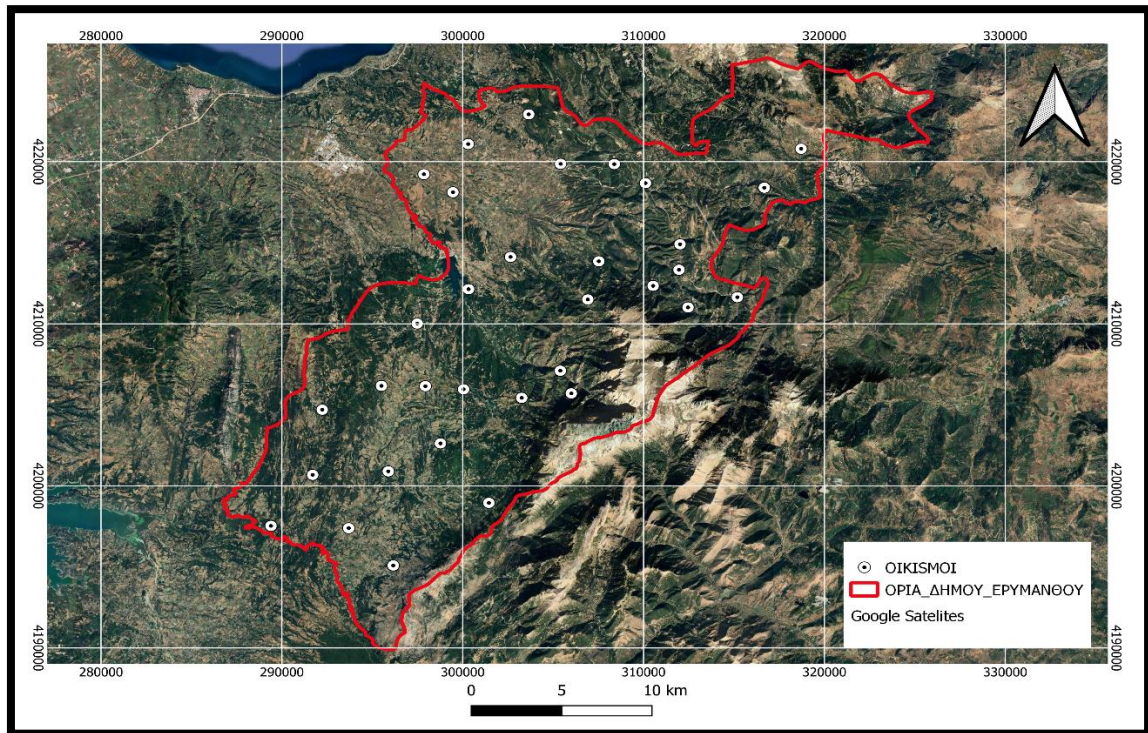
«Τσάκος Χρήστος», «Αξιολόγηση της καταλληλότητας εγκατάστασης αιολικών πάρκων στον Δήμο Ερυμάνθου της Π.Ε. Αχαΐας με τη μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης (AHP - TOPSIS) και των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS): Συνδυασμός περιβαλλοντικών και θεσμικών κριτηρίων»

1. τη ΔΕ Καλεντζίου
2. τη ΔΕ Λεοντίου
3. τη ΔΕ Τριταίας και
4. τη ΔΕ Φαρρών



Εικόνα 5. Οι Δημοτικές Ενότητες του Δήμου Ερυμάνθου
(πηγή: προσαρμοσμένο από Δήμος Ερυμάνθου, 2024)

Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι ιδιαίτερα σημαντικά για τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων, καθώς επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό τη σύγκρουση μεταξύ επενδυτικών σχεδιασμών και χρήσεων κατοικίας, ενώ ταυτόχρονα ενισχύουν τη σημασία κοινωνικών και θεσμικών κριτηρίων αποδοχής. Στην Εικόνα 6 παρουσιάζονται οι οικισμοί του Δήμου Ερυμάνθου.



Εικόνα 6. Οι οικισμοί του Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια επεξεργασία στο Qgis)

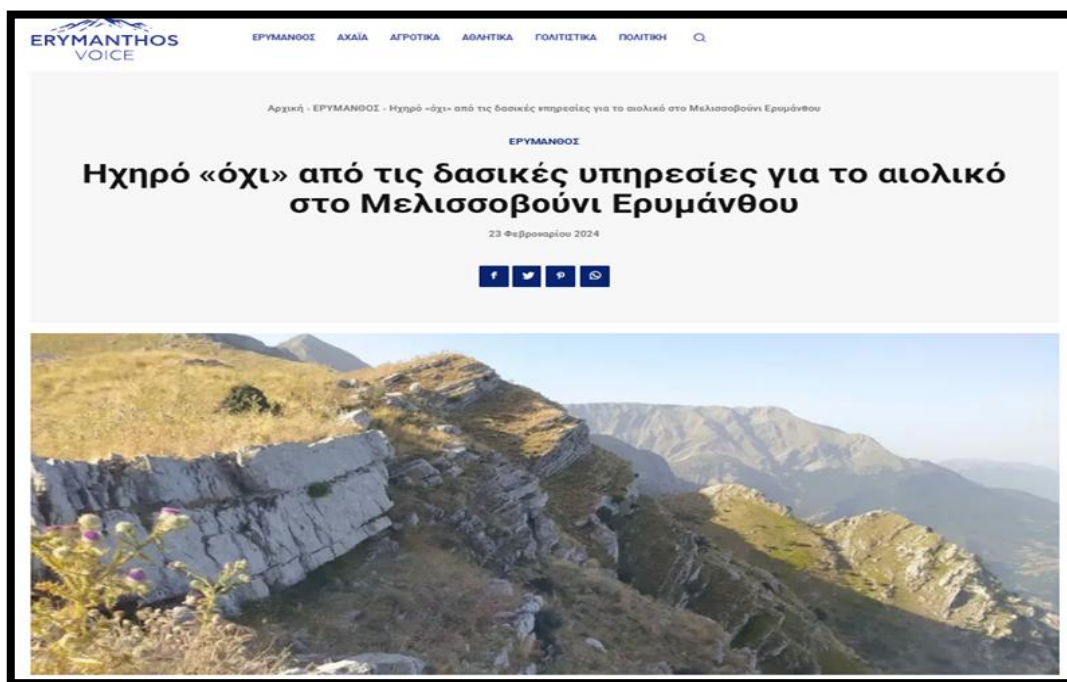
1.2.3 Γεωμορφολογία και ανάγλυφο

Ο Δήμος Ερυμάνθου (2014) χαρακτηρίζεται από έντονο ορεινό ανάγλυφο, με μεγάλα υψόμετρα και σημαντικές κλίσεις εδάφους. Κυρίαρχο μορφολογικό στοιχείο της περιοχής μελέτης αποτελεί το όρος Ερύμανθος, με κορυφές που ξεπερνούν τα 2.000 m., ενώ εκτεταμένες είναι και οι ζώνες με υψόμετρα άνω των 800 – 1.000 m.

Το όρος Ερύμανθος περιλαμβάνει πολλές κορυφές και επεκτείνεται σαν οροσειρά στην Βορειοδυτική Πελοπόννησο και στα όρια των νομών Αχαΐας και Ηλείας. Η υψηλότερη κορυφή του είναι ο Ωλενός (2.224 m.), ο οποίος βρίσκεται εντός των ορίων του νομού Αχαΐας, κοντά στα όρια με το νομό Ηλείας. Η έκθεση του είναι νοτιοδυτική και στα ανατολικά δημιουργεί διακλαδώσεις όπως το ‘Καλλιφώνι και το όρος Λάμπειο. Είναι το τέταρτο υψηλότερο βουνό της Πελοποννήσου, ενώ συμπεριλαμβάνεται στα βουνά της Ελλάδας που ανήκουν στην αλπική ζώνη (άνω των 1.800 m. υψόμετρο).

Άλλες βασικές κορυφές του όρους Ερύμανθος είναι η θέση ‘Μουγγίλα’ με υψόμετρο τα 2.169 m., ο Προφήτης Ηλείας (2.125 m.), ο Πυργάκος (2.050 m.), το Νεραΐδοβούνι (1923

m.), η Ψηλή Τούρλα (1.981 m.), η θέση ‘Λεπίδα’ (1.541 m.), το Μελισσοβούνι (1.464 m.) και ο Άγιος Αθανάσιος (1.291 m.). Η θέση ‘Μελισσοβούνι’ αποτελεί θέση για την οποία έχει εκφραστεί ενδιαφέρον από την πλευρά επενδυτών και εταιρειών για την κατασκευή αιολικών πάρκων. Ωστόσο, η δασική υπηρεσία του νομού Αχαΐας έχει εκφράσει έντονα την αρνητική της άποψη (Εικόνα 7) για την κατασκευή ενός τέτοιου έργου στη συγκεκριμένη θέση, τόσο λόγο της οικολογικής σημασίας της περιοχής, όσο και των επιδράσεων που θα δημιουργούσε η ζώνη κατάληψης του έργου στο έδαφος. Το γεγονός αυτό αποτελεί μια πολύ σημαντική παράμετρο που θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψιν, όχι μόνο κατά τη διαδικασία της πολυκριτηριακής ανάλυσης που θα ακολουθήσουμε σε επίπεδο Δήμου, αλλά και σε οποιαδήποτε περίπτωση προκαταρκτικής μελέτης η οποία αφορά την κατασκευή και τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων σε ορεινές περιοχές.



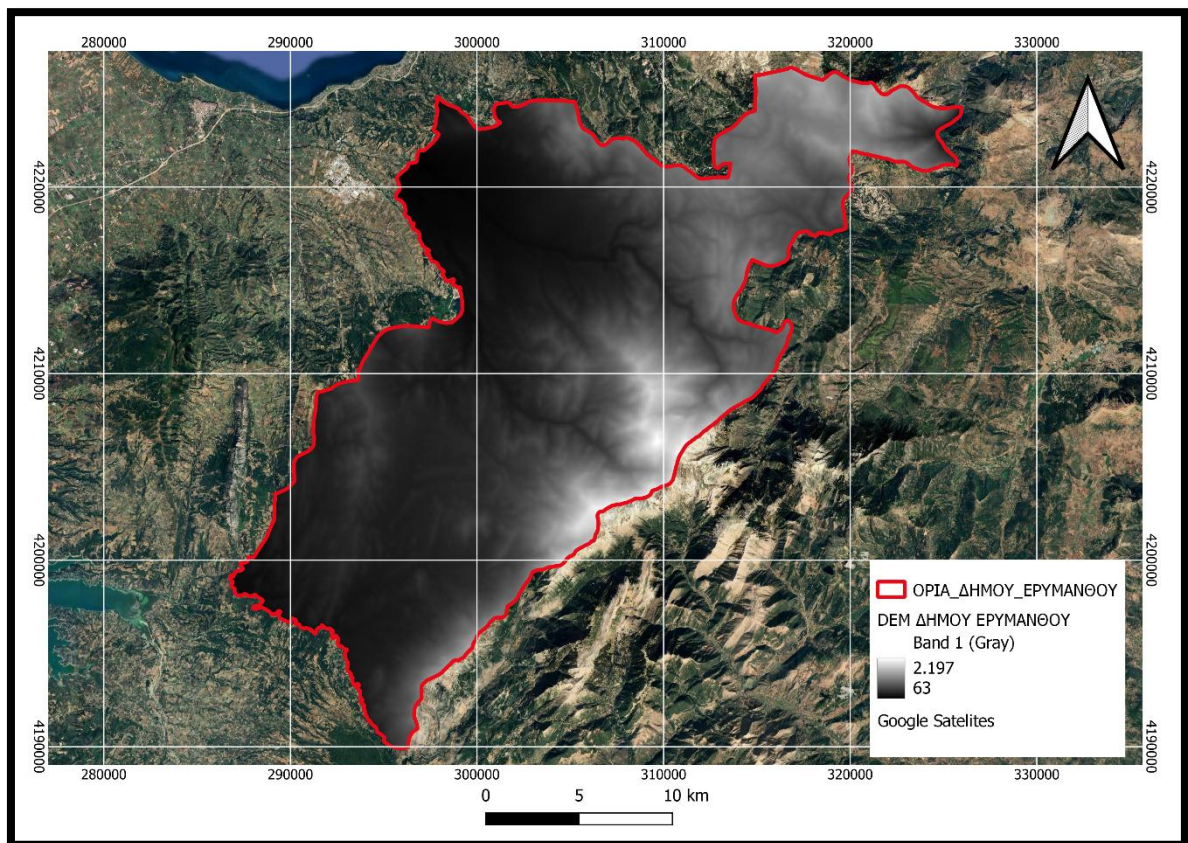
Εικόνα 7. Διαδικτυακό απόσπασμα της Erymanthos Voice σχετικά με την κατασκευή αιολικών πάρκων στη θέση Μελισσοβούνι της Δ.Ε. Φαρρών του Δήμου Ερυμάνθου
(πηγή: προσαρμοσμένο από Erymanthos Voice, 2023)

Η έντονη γεωμορφολογία που παρουσιάζει η περιοχή μελέτης ευνοεί αφενός την ανάπτυξη αυξημένων ανεμολογικών συνθηκών, οι οποίες είναι και ευνοϊκές για τη δημιουργία αιολικών πάρκων, ωστόσο, δημιουργεί και τεχνικούς περιορισμούς, όπως δυσκολία στην

προσβασιμότητα (ύπαρξη οδοποιίας πρόσβασης) λόγω των έντονων κλίσεων, αλλά και περιβαλλοντικούς περιορισμούς, όπως κινδύνους για κατολισθήσεις και διάβρωση του εδάφους.

Αξίζει να σημειωθεί επίσης ότι από το όρος Ερύμανθος πηγάζουν σημαντικοί ποταμοί της περιοχής, όπως ο Πηνειός, ο Σελινούντας, ο Πείρος, κ.α. (Δήμος Ερυμάνθου, 2014).

Τα ανωτέρω μορφολογικά χαρακτηριστικά αποτελούν βασικούς παράγοντες εισόδου, οι οποίοι μπορούν να ληφθούν σοβαρά υπόψιν κατά τη διαδικασία μιας πολυκριτηριακής ανάλυσης με συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών. Στην Εικόνα 8 παρουσιάζεται το ανάγλυφο και η υψομετρική διαμόρφωση της περιοχής του Δήμου Ερυμάνθου.

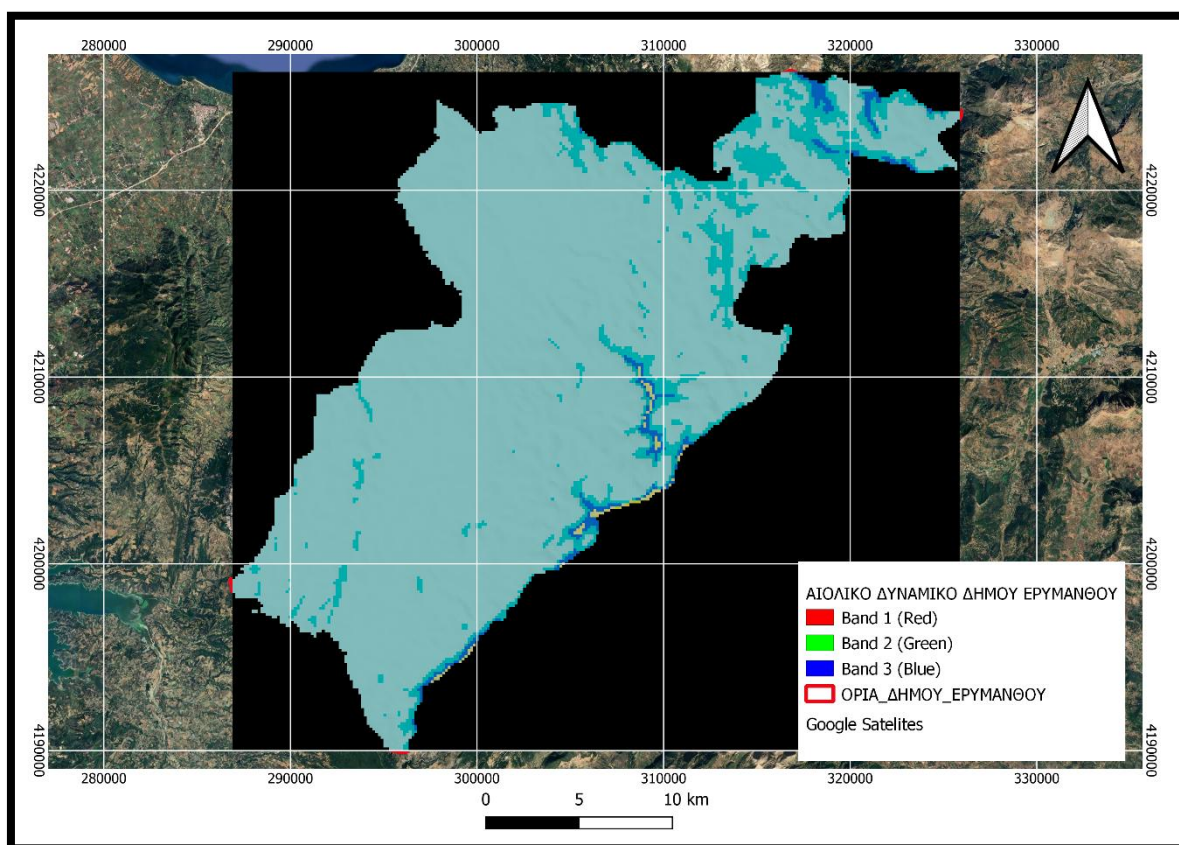


Εικόνα 8. Η υψομετρική διαμόρφωση του εδάφους στην περιοχή του Δήμου Ερυμάνθου - Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους – DEM - Digital Elevation Model (Ιδια επεξεργασία στο Qgis)

1.2.4 Μετεωρολογικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά

Το κλίμα της περιοχής θεωρείται μεσογειακό ορεινό, με χαμηλότερες μέσες θερμοκρασίες σε σχέση με τις πεδινές περιοχές, αυξημένα ύψη βροχής και συχνότερα φαινόμενα ισχυρών ανέμων στα μεγαλύτερα υψόμετρα.

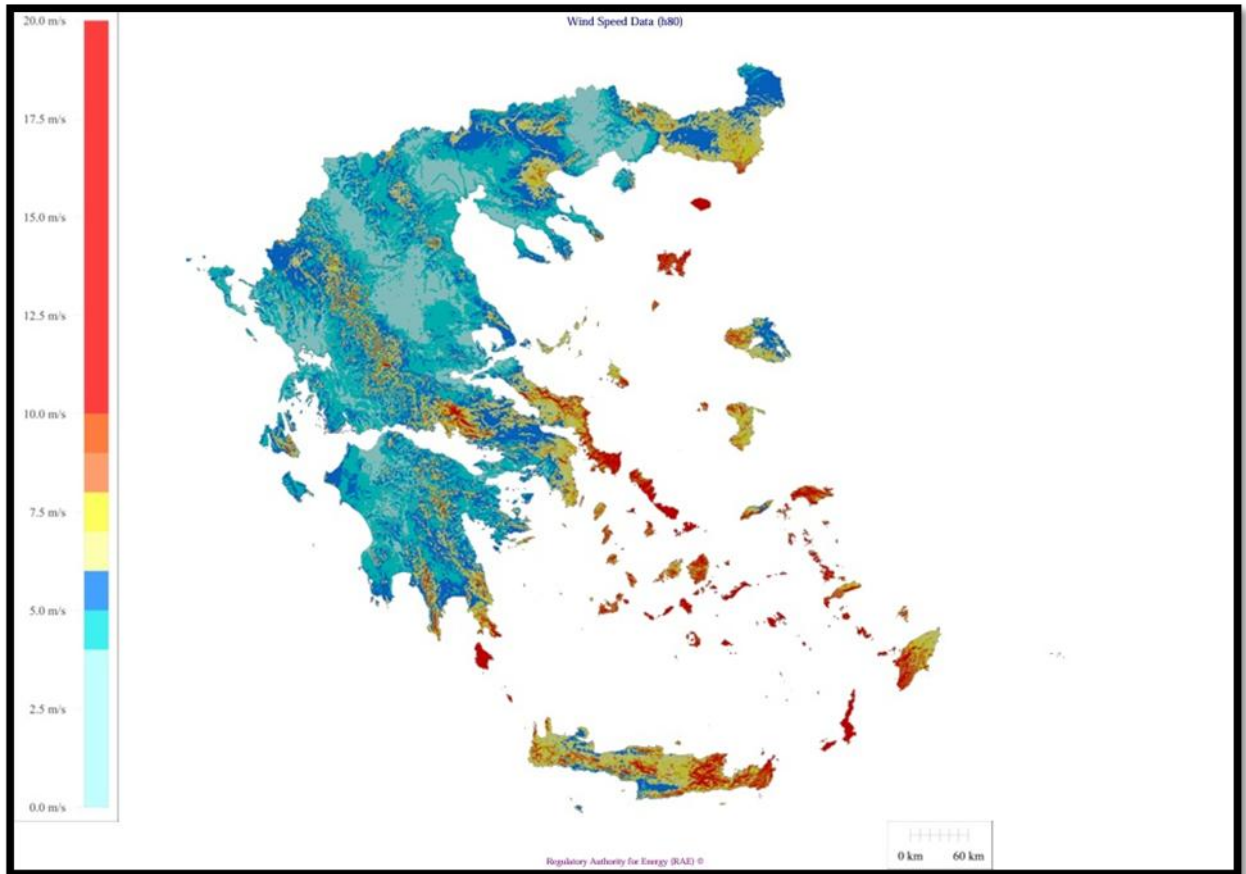
Η ορεινή γεωμορφολογία και η έκθεση των κορυφογραμμών συμβάλλουν στη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών, ιδιαίτερα σε θέσεις υψηλού υψομέτρου και χαμηλής τραχύτητας του εδάφους. Στην Εικόνα 9 παρουσιάζονται ανεμολογικά στοιχεία σχετικά με το αιολικό δυναμικό της περιοχής του Δήμου Ερυμάνθου.



Εικόνα 9. Το αιολικό δυναμικό της περιοχής του Δήμου Ερυμάνθου
(Ίδια επεξεργασία στο Qgis)

Με τον παραπάνω χάρτη (Εικόνα 9) περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο κατανέμεται η ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή του Δήμου Ερυμάνθου. Προκειμένου να γίνει

περισσότερο κατανοητός, θα παραθέσουμε και έναν σχετικό με την Εικόνα 9 χάρτη, αλλά για το σύνολο της ελληνικής επικράτειας (Εικόνα 10):



Εικόνα 10. Το αιολικό δυναμικό για το σύνολο της ελληνικής επικράτειας. (πηγή: ΡΑΑΕΥ, 2026)

1.2.5 Φυσικό περιβάλλον και βιοποικιλότητα

Ο Δήμος Ερυμάνθου ως περιοχή χαρακτηρίζεται από υψηλή περιβαλλοντική αξία, καθώς φιλοξενεί δασικά οικοσυστήματα που εντοπίζονται στη ζώνη της ελάτης, ορεινά λιβάδια και αξιοσημείωτους υδρολογικούς σχηματισμούς (ποτάμια). Διακρίνεται επίσης για το “άγριο” φυσικό του περιβάλλον, τα δάση κωνοφόρων με την πυκνή τους βλάστηση και τα σπάνια είδη πανίδας που το απαρτίζουν.

Όλα αυτά συνθέτουν ένα φυσικό τοπίο με εξαιρετικούς φυσικούς πόρους που δημιουργούν προοπτικές για την ανάπτυξη άλλων ειδών δραστηριοτήτων, όπως η αναψυχή στη φύση, ο αγροτουρισμός, οι πεζοπορίες, κ.α..

Στην περιοχή εντοπίζονται επίσης ζώνες του δικτύου Natura 2000 (Εικόνα 16), καθώς και εκτάσεις υψηλής οικολογικής αξίας, γεγονός που επιβάλλει αυξημένη προσοχή στη χωροθέτηση ενεργειακών έργων.

1.2.5.1 Η βλάστηση του Δήμου Ερυμάνθου

Ο Δήμος Ερυμάνθου (2014) αποτελεί ένα ορεινό σύμπλεγμα με πλούσια βιοποικιλότητα και έντονη παρουσία δασικής βλάστησης. Στις πλαγιές του όρους έχουν καταγραφεί περίπου 970 είδη φυτών, εκ των οποίων τα 90 είναι ελληνικά ενδημικά. Από αυτά, τα 47 απαντώνται αποκλειστικά στη Νότια Ελλάδα, ενώ τα 13 είναι ενδημικά είδη της Πελοποννήσου.

Σε υψόμετρα μέχρι 600 – 800 μέτρα, κυρίως στα δυτικά τμήματα του βουνού, επικρατούν θαμνώνες και δάση αείφυλλων ειδών, με κυρίαρχα είδη το πουρνάρι και το φυλλίκι. Ανάμεσα στους σκληρόφυλλους θάμνους συναντώνται συχνά και φυλλοβόλα είδη, όπως ο μελίος. Στα ανατολικά του Δήμου, σε υψόμετρα 1.000 – 1.200 μέτρων, αναπτύσσονται δάση φυλλοβόλων δέντρων με δρυς και καστανιές, μαζί με άλλα φυλλοβόλα είδη αλλά και πουρνάρια. Τα ελατοδάση καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος του Ερύμανθου, εκτεινόμενα από τα 800 έως τα 1600 μέτρα. Πάνω από τα 1500 μέτρα υψόμετρο εμφανίζονται αλπικά λιβάδια με πλούσια και σπάνια ποώδη βλάστηση, ενώ σε ορισμένες περιοχές απαντώνται αραιές συστάδες κυπαρισσιών που φτάνουν έως τα 1700 μέτρα υψόμετρο.

Γενικότερα, στον Ερύμανθο συναντώνται δάση από έλατα, δρυς, κέδρους, καστανιές, πουρνάρια, πεύκα και πλατάνια, κυρίως κατά μήκος των ποταμών, ενώ κάποιες πλαγιές με υψόμετρο μεταξύ 1400 και 1700 μέτρων καλύπτονται από αραιές συστάδες βουνοκυπαρισσιών. Ακόμη, οι ασφάκες είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες σε ολόκληρο τον ορεινό όγκο, καθώς ευδοκιμούν σε πετρώδη και βραχώδη εδάφη.

Σύμφωνα με τους Li, L., Ma, W., Duan, X., Wang, S., Wang, Q., Gu, H., & Wang, J. (2024), έχει διαπιστωθεί ότι η κατασκευή αιολικών πάρκων έχει σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις τόσο στις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους όσο και στην φυτοκάλυψη του.

Έχει διαπιστωθεί επίσης, ότι η κατασκευή αιολικών πάρκων μεταβάλλει το μικροκλίμα του εδάφους, επηρεάζοντας τη θερμοκρασία του, τις φυσικοχημικές του ιδιότητες και τη

γονιμότητα του, με αποτέλεσμα ο βαθμός φυτοκάλυψης τους εδάφους να μειώνεται σημαντικά κατά τα στάδια κατασκευής και η οικολογική αξία του τοπίου να υποβαθμίζεται. Θεωρείται αναγκαία πριν την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου, η λήψη εύλογων μέτρων για την προστασία και την αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος, προκειμένου ο σκοπός της βιώσιμης ανάπτυξης να επιτυγχάνεται ταυτόχρονα σε συνδυασμό με την βασική περιβαλλοντική αρχή της αειφορίας και να λαμβάνονται υπόψιν μελλοντικές περιβαλλοντικές ανησυχίες. Η διερεύνηση ωστόσο των επιπτώσεων της κατασκευής αιολικών πάρκων στο έδαφος και τη βλάστηση διαφέρει από τόπο σε τόπο και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν οι ιδιαιτερότητες της κάθε περιοχής ξεχωριστά (Li, L., et al., 2024).

Στην Ελλάδα πολλά από τα υφιστάμενα αιολικά πάρκα έχουν κατασκευαστεί εντός δασικών εκτάσεων, έπειτα από θετική και σύμφωνη γνώμη και έγκριση της δασικής υπηρεσίας, αλλά και συναρμόδιων φορέων που εμπλέκονται στην περιβαλλοντική αδειοδότηση ενός αιολικού πάρκου (π.χ. αρχαιολογική υπηρεσία, κ.α.).

Οι μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνοδεύουν τον χωροταξικό σχεδιασμό ενός αιολικού έργου, έχει παρατηρηθεί ότι πολλές φορές υλοποιούνται κυρίως σε περιγραφικό επίπεδο, εξετάζοντας περισσότερο ποιοτικά και μη μετρήσιμα στοιχεία και λιγότερο ποσοτικά. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι η δυνατότητα χωροθέτησης και εν συνεχεία, εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός αιολικού πάρκου στο περιβάλλον γίνεται μη μετρήσιμα, με αποτέλεσμα κατά το στάδιο της γνωμοδοτικής διαδικασίας, η διατύπωση μιας γραπτής γνώμης για τη θέση όπου θα αναπτυχθεί και θα κατασκευαστεί εν τέλει ένα αιολικό πάρκο να γίνεται σχεδόν μόνο περιφραστικά και περιγραφικά, βασιζόμενη σε ποιοτικά κυρίως στοιχεία.

Για παράδειγμα, οι δασικές υπηρεσίες, οι οποίες πολλές φορές καλούνται, όχι μόνο να γνωμοδοτήσουν, αλλά και να εγκρίνουν τον τελικό χωροταξικό σχεδιασμό ενός αιολικού πάρκου που αναπτύσσεται εντός δάσους ή δασικής έκτασης, βασίζονται μόνο σε στοιχεία όπως το εμβαδόν της πλατείας (του αιολικού πάρκου), η επιφάνεια της οδοποιίας πρόσβασης (σε περίπτωση που απαιτείται η διάνοιξη μιας νέας οδοποιίας πρόσβασης) και οι συντεταγμένες των πυλώνων των ανεμογεννητριών.

Σε περίπτωση ύπαρξης πυκνής δασικής βλάστησης εντός ή πλησίον των ανωτέρω στοιχείων ενός αιολικού έργου, το διοικητικό έργο της γνωμοδοτικής διαδικασίας ενός δασικού υπαλλήλου γίνεται πιο δύσκολο, καθώς ο ίδιος, υπερασπιζόμενος το σημαντικότερο του

έργο, που δεν είναι άλλο από την προστασία του δάσους και του φυσικού περιβάλλοντος, αλλά και του χρέους που έχει ταυτόχρονα (ως και διοικητικός υπάλληλος) να συμβάλει με θετικό τρόπο στην υλοποίηση του αιολικού έργου, το οποίο με τη σειρά του συνεισφέρει στο εθνικό συμφέρον, να δυσκολεύεται τελικά να προτείνει εναλλακτικές προτεινόμενες θέσεις για κατασκευή του έργου που να συμβαδίζουν με τον σχεδιασμό του, αλλά ταυτόχρονα και να μην έρχονται σε σύγκρουση ή αντίθεση με ευρύτερους παράγοντες της περιοχής όπου εξελίσσεται και αναπτύσσεται το υπό μελέτη έργο.

Σύμφωνα με την απόφαση του Συμβουλίου της Επικρατείας (ΕΛΕΤΑΕΝ, 2012), η επέμβαση που προκύπτει από την κατασκευή ενός έργου ΑΠΕ, πρέπει να είναι η ελάχιστη αναγκαία, να μην αλλοιώνει τη μορφολογία του εδάφους και να γίνεται με στενή ερμηνεία των σχετικών διατάξεων, προστατεύοντας τον δασικό πλούτο.

Για τον κλάδο των γεωτεχνικών (δασολόγων, γεωπόνων, περιβαλλοντολόγων, κ.λ.π.), ο ανωτέρω προβληματισμός γίνεται εξίσου αισθητός και για την περίπτωση όπου η χωροθέτηση ενός αιολικού πάρκου ταυτίζεται με την ύπαρξη άγριας πανίδας στην ίδια περιοχή.

1.2.5.2 Η Πανίδα του Δήμου Ερυμάνθου

Ο Δήμος Ερυμάνθου (2014) χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα πλούσια πανίδα, με μεγάλη ποικιλία άγριων και σπάνιων ειδών.

Στα θηλαστικά της περιοχής συγκαταλέγονται είδη όπως ο ασβός, ο λαγός, η αλεπού, το τσακάλι, η νυφίτσα, το αγριογούρουνο και το κουνάβι, ενώ στην περιοχή έχει καταγραφεί ακόμη και ύπαρξη βίδρας.

Εξίσου σημαντική για την περιοχή είναι και η παρουσία της ορνιθοπανίδας, με τα σημαντικότερα είδη που καταγράφονται να είναι ο χρυσαετός, το γεράκι, ο καρβουνιάρης, ο δρυοκολάπτης, η τσίχλα, ο χιονοψάλτης, το κοτσύφι, ο σταχτοπετροτσκλής, η ορεινή πέρδικα, η μπεκάτσα, το σπουργίτι, καθώς και είδη κορακοειδών, όπως το κοράκι, η σταχτοκουρούνα, η καρακάξα, η καλιακούδα και η κίσσα.

Η συνύπαρξη αιολικών πάρκων και ορνιθοπανίδας έχει αποτελέσει τα τελευταία χρόνια μια από τις πιο διαδεδομένες αντιπαραθέσεις, τόσο σε κοινωνικό όσο και σε επιστημονικό επίπεδο.

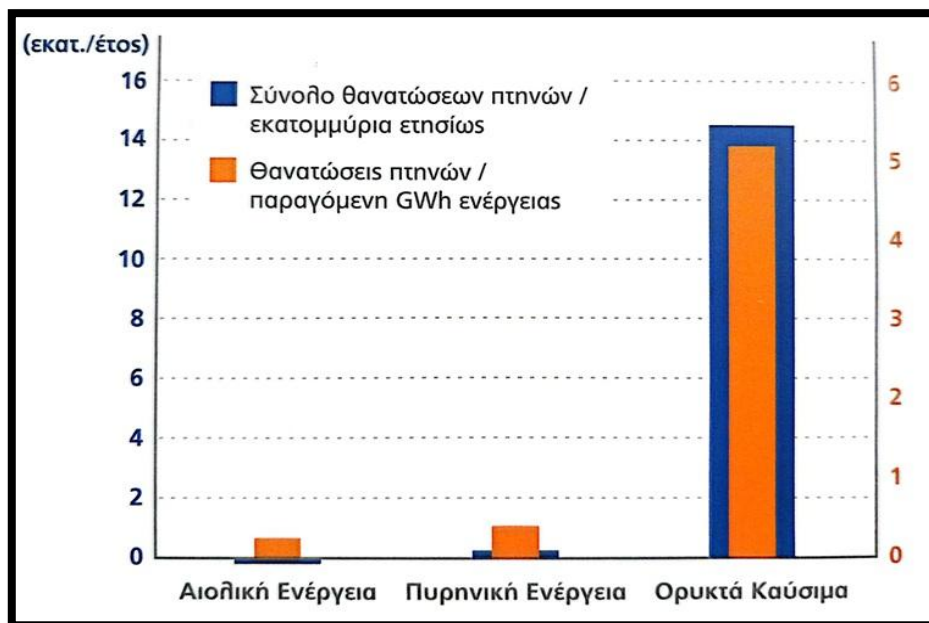
Σύμφωνα με τους Μπακαλούδη και Βλάχο, οι ανεμογεννήτριες έχουν βρεθεί πολλές φορές στο στόχαστρο για τις αρνητικές επιδράσεις που προκαλούν στην άγρια πανίδα και ειδικότερα στην ορνιθοπανίδα, στα ενδιαιτήματα, στην ηχητική ρύπανση, στην επιτάχυνση της διάβρωσης του εδάφους, στην αισθητική όχληση και οπτική υποβάθμιση του τοπίου. Σε πολλές χώρες, όπως οι Η.Π.Α, ο Καναδάς, η Μ. Βρετανία, η Ολλανδία και η Ισπανία, έχουν προκύψει σοβαρά προβλήματα στην άγρια πανίδα από τα αιολικά πάρκα και τις ενεργειακές υποδομές. Οι αρνητικές αυτές επιδράσεις συνοψίζονται κυρίως στα εξής:

- θανάτωση των ειδών της πανίδας από πρόσκρουση στα πτερύγια των ανεμογεννητριών,
- καταστροφή των ενδιαιτημάτων και μεταβολή των φυσικών τους χαρακτηριστικών λόγω διάσπασης του ενιαίου χαρακτήρα τους,
- θανάτωση από ηλεκτροπληξίες στα καλώδια μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας από τις ανεμογεννήτριες στους υποσταθμούς και τα δίκτυα κατανάλωσης, και
- αλλαγή της συμπεριφοράς των ειδών από την παρουσία των ανεμογεννητριών και των οχλήσεων που προκαλούν.

Η θανάτωση των ειδών από πρόσκρουση στις ανεμογεννήτριες οφείλεται είτε σε πρόσκρουση στα πτερύγια, είτε στα ακίνητα μέρη της ανεμογεννήτριας (όπως π.χ. ο κορμός των πτερυγίων και ο κλωβός της γεννήτριας). Θανάτωση ειδών προκαλείται επίσης από την ισχυρή δίνη που δημιουργείται από την κίνηση των πτερυγίων, είτε κατά την ταχύτατη πτώση στο έδαφος κοντά σε χερσαία αιολικά πάρκα, λόγω της αδυναμίας τους να ελέγξουν την πτήση τους.

Σύμφωνα με μελέτες, ο μέσος αριθμός των θανατηφόρων προσκρούσεων κυμαίνεται από 1 έως 37 πτηνά ανά ανεμογεννήτρια ανά έτος, σε αιολικά πάρκα που περιλαμβάνουν λιγότερες από 10 ανεμογεννήτριες (Μπακαλούδης Δ., 2009).

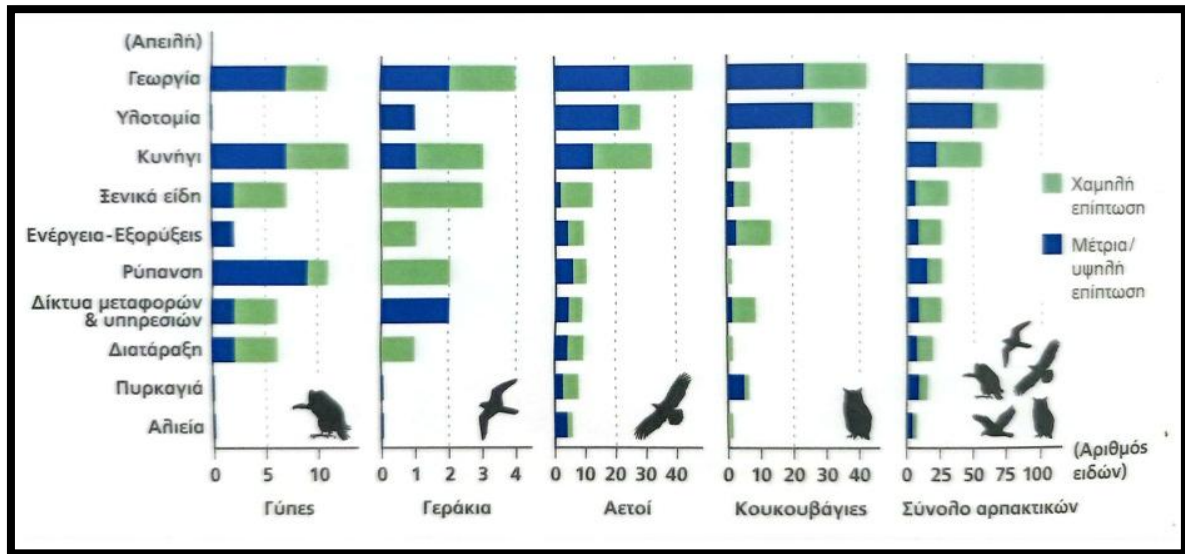
Ο ρυθμός θνησιμότητας είναι σχεδόν ο ίδιος μεταξύ μικρού (διάμετρος πτερυγίων 34 m.) και μεγάλου μεγέθους (διάμετρος πτερυγίων 80 – 100 m.). Στο Σχήμα 1 και στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται η υπολογιζόμενη θνησιμότητα των πτηνών από την αιολική ενέργεια σε σχέση με άλλες πηγές ενέργειας:



Σχήμα 1. Υπολογιζόμενη θνησιμότητα πτηνών από την επίδραση των αιολικών πάρκων σε σχέση με άλλες πηγές ενέργειας (πηγή: προσαρμοσμένο από ΕΛΕΤΑΕΝ, 2023)

Η καταστροφή των ενδιαιτημάτων εξαρτάται κυρίως από τον τύπο των αιολικών πάρκων, εάν δηλαδή πρόκειται για θαλάσσιο ή χερσαίο αιολικό πάρκο. Τα θαλάσσια αιολικά πάρκα ασκούν σχεδόν μηδενική αρνητική επίδραση στα θαλάσσια ενδιαιτήματα. Ωστόσο, οι επιδράσεις των χερσαίων αιολικών πάρκων στα χερσαία ενδιαιτήματα είναι ιδιαίτερα σημαντικές, καθώς για την κατασκευή τους απαιτείται συχνά διάνοιξη νέων δρόμων (εφόσον δεν υπάρχει υφιστάμενη οδοποιΐα) και σημαντική εκχέρσωση δασικών εκτάσεων για τη δημιουργία της πλατείας, την εγκατάσταση των α/γ και της διασύνδεσης τους με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι οχλήσεις που προκαλούν τα αιολικά πάρκα διαφοροποιούνται ανάλογα με την εποχή του έτους, την περιοχή και τα είδη της άγριας πανίδας. Η συνεχής όχληση που προκαλείται από την περιστροφή των πτερυγίων των ανεμογεννητριών, μπορεί να εκτοπίσει αρκετά είδη πτηνών από το ενδιαίτημα τους, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να προκαλέσει σημαντικές δονήσεις στο έδαφος, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η συμπεριφορά πολλών θηλαστικών.



Σχήμα 2. Επιπτώσεις ανθρωπογενών παρεμβάσεων σε απειλούμενα είδη αρπακτικών (πηγή: προσαρμοσμένο από ΕΛΕΤΑΕΝ, 2023)

Σύμφωνα με τον Μπακαλούδη, οι αρνητικές επιδράσεις εκτείνονται σε μια ζώνη 600 m. περιμετρικά των ανεμογεννητριών και είναι δυνατόν να αυξάνονται και από άλλες δραστηριότητες, όπως η επίσκεψη τεχνικού προσωπικού για συντήρηση και παρακολούθηση του αιολικού έργου.

Τα αιολικά πάρκα υποβαθμίζουν με έμμεσο τρόπο τα ενδιαίτηματα της άγριας πανίδας, κατακερματίζοντας περιοχές που θεωρούνται κρίσιμες για την επιβίωση των ειδών. Τα περισσότερα είδη ικανοποιούν τις βιολογικές τους απαιτήσεις σε διαφορετικά ενδιαίτηματα τα οποία είναι κατανομημένα με ανομοιόμορφο τρόπο στον χώρο.

Η παρουσία των ανεμογεννητριών ωστόσο, διασπά τη συνοχή των ενδιαιτημάτων αυτών, διαχωρίζοντας τις περιοχές αναπαραγωγής των ειδών από αυτές της τροφοληψίας και ανάπαυσης προκαλώντας έτσι μείωση της αναπαραγωγής τους και κατά συνέπεια μείωση του πληθυσμού τους.

Σύμφωνα με την Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας (ΕΛΕΤΑΕΝ, 2023), στην Ελλάδα υπάρχει ολοκληρωμένο θεσμικό πλαίσιο προστασίας για την ορνιθοπανίδα, το οποίο διασφαλίζει την ορθή χωροθέτηση των αιολικών σταθμών, την ορθή εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την παρακολούθηση κατά τη λειτουργία τους.

1.2.6 Υφιστάμενη κατάσταση σχετικά με την αιολική ενέργεια στην περιοχή μελέτης

Στον Δήμο Ερυμάνθου και στις όμορες περιοχές του νομού Αχαΐας παρατηρείται περιορισμένη αλλά αυξημένη δραστηριότητα αιολικών επενδύσεων. Η περιοχή επηρεάζεται από το Ειδικό χωροταξικό πλαίσιο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), το οποίο καθορίζει τις ζώνες αποκλεισμού και καταλληλότητας.

Η κατανόηση του θεσμικού πλαισίου θεωρείται πολύ κρίσιμη, καθώς λειτουργεί ως φίλτρο καταλληλότητας πριν την εφαρμογή των μαθηματικών μεθόδων αξιολόγησης.

Η εγκατάσταση αιολικών πάρκων στον ελληνικό χώρο, και ειδικότερα στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας, όπου ανήκει και ο Δήμος Ερυμάνθου, εξελίσσεται υπό την επίδραση ενός πολυεπίπεδου θεσμικού πλαισίου που στοχεύει στην επίτευξη της ενεργειακής μετάβασης αλλά ταυτόχρονα θέτει αυστηρούς περιβαλλοντικούς και χωροταξικούς περιορισμούς.

Σε εθνικό επίπεδο, η Ελλάδα έχει θεσπίσει νομοθετικές πρωτοβουλίες για την ενίσχυση των επενδύσεων ΑΠΕ, όπως ο νόμος 4685/2020 και σχετικές υπουργικές αποφάσεις που απλοποιούν τις διαδικασίες αδειοδότησης και ενθαρρύνουν επενδύσεις έως και σε δημόσια γη, δίχως αυστηρά κριτήρια αποκλεισμού (Kati et al., 2021b). Οι ρυθμίσεις αυτές δημιούργησαν ένα ευνοϊκό περιβάλλον για τις αιολικές επενδύσεις, οδηγώντας στην υποβολή ενός πολύ μεγάλου αριθμού αιτήσεων (πάνω από 1.900 για ΑΣΠΗΕ, με συνολική ισχύ άνω των 64 GW μέχρι το 2020, δηλαδή πολλαπλάσια του εθνικού στόχου μέχρι το 2030) ακόμα και εντός περιοχών του δικτύου Natura 2000.

Παράλληλα, σε ευρωπαϊκό επίπεδο, το ειδικό χωροταξικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ καθορίζει κατευθύνσεις για την κατανομή των έργων, ενσωματώνοντας γενικές περιβαλλοντικές αρχές, αλλά χωρίς πάντα να ορίζει σαφείς αποκλειστικές ζώνες για προστατευόμενες περιοχές. Το αποτέλεσμα είναι ότι σε πολλές περιπτώσεις δεν υφίσταται επαρκής εκ των προτέρων αποκλεισμός των ευαίσθητων οικοσυστημάτων, αφήνοντας σημαντικό χώρο για υποκειμενικές κρίσεις κατά τη φάση της αδειοδότησης (Kati et al., 2021b). Το γεγονός αυτό εντείνει την υποβολή προσφυγών και νομικών αντιπαραθέσεων, ειδικά όταν οι επενδύσεις βρίσκονται σε άμεση γειτνίαση με προστατευόμενες ζώνες ή όταν δεν έχουν ληφθεί υπόψη επαρκώς οι επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Σύμφωνα με τον γεωπληροφοριακό χάρτη της ΡΑΑΕΥ (ΡΑΑΕΥ, 2026), ο Δήμος Ερυμάνθου παρουσιάζει σημαντική χωροταξική δυνατότητα σε τρεις από τις τέσσερις

Δημοτικές του Ενότητες (Πίνακας 1). Η επιτρεπόμενη πυκνότητα εγκατάστασης ορίζεται σε 0,66 τυπικές ανεμογεννήτριες ανά 1.000 στρέμματα, όπου υπάρχει διαθέσιμη έκταση.

Η Δημοτική Ενότητα Λεοντίου διαθέτει έκταση 72.051,28 στρεμμάτων και μέγιστο επιτρεπόμενο αριθμό 47,55 Α/Γ. Με ισοδυναμία 16,01 Α/Γ βάσει παραγωγής, παρουσιάζει το υψηλότερο ποσοστό κάλυψης φέρουσας ικανότητας (33,67%), γεγονός που δείχνει μεγαλύτερη αξιοποίηση του διαθέσιμου δυναμικού σε σχέση με τις άλλες Δημοτικές Ενότητες.

Η Δημοτική Ενότητα Τριταίας, με τη μεγαλύτερη έκταση (246.542,56 στρ.), έχει και τον υψηλότερο θεωρητικά μέγιστο επιτρεπόμενο αριθμό ανεμογεννητριών (162,72 Α/Γ). Ωστόσο, η υφιστάμενη ισοδυναμία παραγωγής είναι χαμηλή (1,60 Α/Γ), με αποτέλεσμα το ποσοστό κάλυψης να περιορίζεται μόλις στο 0,98%.

Αντίστοιχα, η Δημοτική Ενότητα Φαρρών, με έκταση 242.644,36 στρ. και μέγιστο επιτρεπόμενο αριθμό 160,15 Α/Γ, εμφανίζει επίσης χαμηλή αξιοποίηση (7,16%).

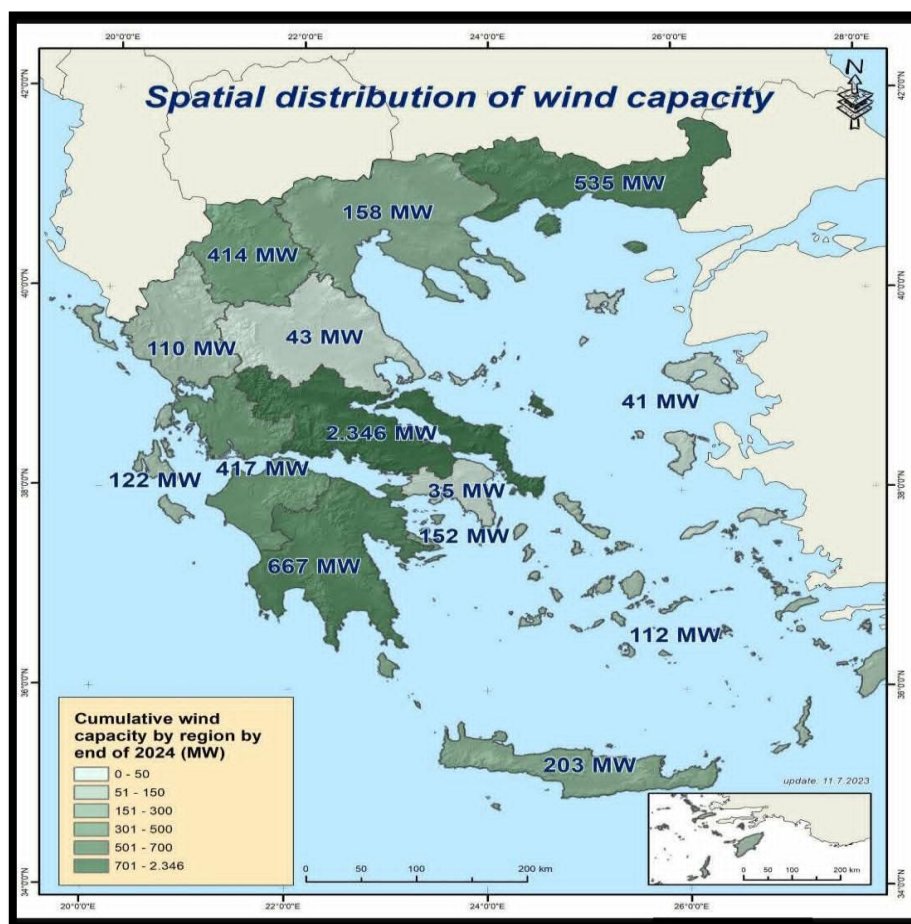
Η Δημοτική Ενότητα Καλεντζίου παρουσιάζει μηδενικά μεγέθη στον Πίνακα, γεγονός που υποδηλώνει απουσία διαθέσιμης ή επιτρεπόμενης χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων.

Δημοτική Ενότητα	Έκταση (σε στρ.)	Επιτρ. Κάλυψη (Τυπ. Α/Γ/1.000 στρ.)	Μέγιστος Επιτρ. Αριθμός Α/Γ	Ισοδυναμία Α/Γ (Παραγωγής)	Ισοδυναμία σε ΠΑΠ	Ποσοστό Κάλυψης Φέρουσας Ικαν. (%)
Καλεντζίου	0	0	0	0	0	0%
Λεοντίου	72.051,28	0,66	47,55	16,01	0,00	33,67%
Τριταίας	246.542,56	0,66	162,72	1,6	0,00	0,98%
Φαρρών	242.644,36	0,66	160,15	11,46	0,00	7,16%

Πίνακας 1. Πυκνότητα αιολικών εγκαταστάσεων στις Δημοτικές Ενότητες του Δήμο Ερυμάνθου (πηγή: προσαρμοσμένο από ΡΑΑΕΥ, 2026)

Συνολικά λοιπόν, ο Δήμος Ερυμάνθου εμφανίζει (θεωρητικά) σημαντικό δυναμικό ανάπτυξης αιολικής ενέργειας, με ιδιαίτερα μεγάλες δυνατότητες στις ενότητες Τριταΐας και Φαρρών, ενώ η μέχρι σήμερα αξιοποίηση παραμένει περιορισμένη σε σχέση με τη μέγιστη επιτρεπόμενη φέρουσα ικανότητα.

Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε ότι η συνολική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς των υφιστάμενων ανεμογεννητριών στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Ερυμάνθου (Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας) μέχρι το τέλος του 2024 (Εικόνα 11), κυμαίνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα, αν και χαμηλότερα σε σχέση με άλλες περιφέρειες της χώρας, όπως της Στερεάς Ελλάδας, της Πελοποννήσου και της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης.



Εικόνα 11. Συνολική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς ανά ελληνική περιφέρεια, προερχόμενη από την αιολική ενέργεια μέχρι το τέλος του 2024 (πηγή: προσαρμοσμένο από ΕΛΕΤΑΕΝ, 2025)

1.2.7 Σχέση περιοχής μελέτης με τη μεθοδολογία της έρευνας

Η επιλογή του Δήμου Ερυμάνθου ως περιοχή μελέτης για την εφαρμογή μεθοδολογιών AHP – TOPSIS σε περιβάλλον GIS δεν είναι τυχαία, καθώς βασίζεται σε συγκεκριμένους, μετρήσιμους λόγους που συνδέουν τα γεωγραφικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά της περιοχής με τις απαιτήσεις της μεθοδολογίας αξιολόγησης καταλληλότητας.

Αρχικά, το έντονα ορεινό και ανομοιογενές ανάγλυφο δημιουργεί ένα φυσικό πλαίσιο όπου οι διαφορές μεταξύ θέσεων ως προς την τεχνική και περιβαλλοντική καταλληλότητα είναι ιδιαίτερα έντονες, καθιστώντας απαραίτητη τη χρήση σύνθετων πολυκριτηριακών υπολογισμών αντί για απλές αποστάσεις ή κανόνες αποκλεισμού.

Δεύτερον, η ταυτόχρονη παρουσία ευαίσθητων οικοσυστημάτων στην περιοχή, όπως τμημάτων του δικτύου Natura 2000 και ζωνών υψηλής οικολογικής σημασίας, καθιστά επιτακτική την ενσωμάτωση περιβαλλοντικών στοιχείων στη διαδικασία αξιολόγησης της καταλληλότητας για αιολικά πάρκα. Ταυτόχρονα, οι οριογραμμές των προστατευόμενων περιοχών του δικτύου Natura 2000, οι γεωγραφικές θέσεις των οικισμών και οι χρήσεις γης, μπορούν να λειτουργήσουν ως περιορισμοί στην πολυκριτηριακή ανάλυση, εξαλείφοντας με αυτόν τον τρόπο μη επιθυμητές περιοχές πριν από την αξιολόγηση και την ιεράρχηση των υποψήφιων θέσεων.

Αξίζει να σημειωθεί επίσης ότι ο τρόπος με τον οποίο διαμορφώνεται κοινωνικοοικονομικά η περιοχή (διάσπαρτοι οικισμοί κατά μήκος του Δήμου και εκτάσεις που βρίσκονται άνευ οδικού δικτύου) δημιουργεί απαιτήσεις για την ένταξη και κοινωνικών κριτηρίων στην πολυκριτηριακή ανάλυση, όπως η δημιουργία κατάλληλων αποστάσεων ασφαλείας από τους οικισμούς της περιοχής και την αποφυγή δημιουργίας αιολικών πάρκων εντός αγροτικών εκτάσεων και καλλιεργειών που αποτελούν περιουσίες των κατοίκων της περιοχής.

Η σύνδεση των παραπάνω παραγόντων με τις μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης (AHP και TOPSIS), σε συνδυασμό με τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών μπορεί να επιτρέψει τη δημιουργία μιας λογικής και περιβαλλοντικά συνετής ιεραρχίας καταλληλότητας, η οποία θα μπορεί να υποστηρίξει τη διαδικασία λήψης μιας απόφασης σχετικά με το που θα μπορούν να εγκατασταθούν α/γ στην περιοχή του Δήμου Ερυμάνθου.

1.3 Σκοπός, στόχοι και ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας

Ο βασικός σκοπός της εργασίας είναι να εξεταστεί η δυνατότητα χωροθέτησης αιολικών πάρκων σε επίπεδο Δήμου, να αναπτυχθεί μια αξιόπιστη και επιστημονικά τεκμηριωμένη μεθοδολογία για τον εντοπισμό των καταλληλότερων θέσεων στην περιοχή του Δήμου Ερυμάνθου, με τρόπο που να επιτρέπει την ενεργειακή ανάπτυξη, μετάβαση και αυτονομία της περιοχής, αλλά και να ελαχιστοποιεί ταυτόχρονα τις αρνητικές επιπτώσεις στο φυσικό και κοινωνικό της περιβάλλον.

Ο κύριος στόχος είναι να αξιοποιηθούν περιβαλλοντικά, τεχνικά και οικονομικά κριτήρια της περιοχής, τα οποία σε συνδυασμό τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (gis) και τις μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης AHP και TOPSIS, να αποδώσουν μια σειρά από τελικούς χάρτες που θα αξιολογούν και θα υποδεικνύουν τις κατάλληλες θέσεις για τη δημιουργία αιολικών πάρκων και την εγκατάσταση α/γ στην περιοχή του Δήμου Ερυμάνθου της ΠΕ Αχαΐας και θα αποτελούν τη βάση για τη δημιουργία ενός συστήματος λήψης απόφασης, με το οποίο θα επιτυγχάνεται μια ισορροπημένη απόφαση ανάμεσα στην αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού, την προστασία της βιοποικιλότητας και των χρήσεων γης, καθώς και της κοινωνικής αποδοχής από την πλευρά των κατοίκων της περιοχής.

Τα βασικά ερευνητικά ερωτήματα που τίθενται αφορούν κυρίως: ποιες περιοχές είναι περισσότερο κατάλληλες για ανάπτυξη αιολικών εγκαταστάσεων, ποια κριτήρια έχουν τη μεγαλύτερη βαρύτητα στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, ποια κριτήρια θεωρούνται καταλληλότερα για τη χωροθέτηση α/γ στην περιοχή του Δήμου Ερυμάνθου, πώς μπορούν να συνδυαστούν αντικρουόμενοι στόχοι (ενεργειακή ανάπτυξη και περιβαλλοντική προστασία) και ποιο μοντέλο πολυκριτηριακής ανάλυσης παρέχει τα πιο αξιόπιστα αποτελέσματα για ορθολογική χωροθέτηση. Συνολικά, η διεθνής βιβλιογραφία συγκλίνει στο ότι η σωστή χωροθέτηση αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επιτυχή ανάπτυξη των αιολικών πάρκων και τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα των επενδύσεων στον τομέα της αιολικής ενέργειας.

1.4 Παρουσίαση της δομής της εργασίας

Η δομή της εργασίας αποτελείται συνολικά από 6 κεφάλαια. Με το παρόν κεφάλαιο (Κεφάλαιο 1) έγινε μια μικρή εισαγωγή στην παρουσίαση της περιοχής του Δήμου Ερυμάνθου της ΠΕ Αχαΐας, που αποτελεί και τη βασική μελέτη περίπτωσης (case study).

Αναφερθήκαμε επίσης στη σημασία που έχει η χωροθέτηση των αιολικών πάρκων στο περιβάλλον και θέσαμε τους βασικούς στόχους και τα κυριότερα ερευνητικά ερωτήματα που πραγματεύεται το θέμα της εργασίας.

Στο 2^ο κεφάλαιο γίνεται ανασκόπηση της βασικής επιστημονικής βιβλιογραφίας που μελετήθηκε. Αρχικά γίνεται μια μικρή εισαγωγή για τη χρησιμότητα της πολυκριτηριακής ανάλυσης στη χωροθέτηση των αιολικών πάρκων. Παρουσιάζεται το θεωρητικό και μεθοδολογικό πλαίσιο των δύο βασικών μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης που θα ακολουθήσουμε (της AHP και TOPSIS) και στο τέλος παρουσιάζονται οι κυριότερες έρευνες που έχουν γίνει σχετικά με την εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης στη χωροθέτηση των α/γ στην Ελλάδα και το εξωτερικό τα τελευταία χρόνια.

Στο 3^ο κεφάλαιο γίνεται ανασκόπηση του νομοθετικού πλαισίου που διέπει τα αιολικά πάρκα και την αιολική ενέργεια στην Ελλάδα και την ΕΕ. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται οι βασικότεροι νόμοι που διέπουν την αδειοδότηση, τη χωροθέτηση και την κατασκευή των α/γ στην Ελλάδα και την ΕΕ και γίνεται μια ειδική αναφορά στον βασικότερο νόμο που θέτει τους κυριότερους κανόνες και περιορισμούς σχετικά με τη χωροθέτηση των α/γ στην Ελλάδα, την ΚΥΑ 49828 του 2008.

Στο 4^ο κεφάλαιο αναπτύσσεται σε περιβάλλον gis η μεθοδολογία που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 2 (AHP και TOPSIS). Συγκεκριμένα γίνεται επιλογή και στάθμιση των κυριότερων κριτηρίων που σχετίζονται με τη χωροθέτηση α/γ στην περιοχή του Δήμου Ερυμάνθου και επεξεργάζονται τα κυριότερα δεδομένα.

Στο 5^ο κεφάλαιο γίνεται εφαρμογή της μεθοδολογίας για την περίπτωση της περιοχής έρευνας και παράγονται οι σημαντικότεροι χάρτες καταλληλότητας για την περιοχή του Δήμου Ερυμάνθου.

Τέλος, στο 6^ο κεφάλαιο γίνεται μία σύνοψη των σημαντικότερων ευρημάτων από τους χάρτες καταλληλότητας που αναπτύχθηκαν στο κεφάλαιο 5, διεξάγονται τα κυριότερα συμπεράσματα της έρευνας, γίνονται προτάσεις για τη βιώσιμη ανάπτυξη του Δήμου Ερυμάνθου και αναφέρονται ορισμένες προοπτικές για μελλοντική έρευνα.

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Η χρησιμότητα της πολυκριτηριακής ανάλυσης στη χωροθέτηση των αιολικών πάρκων

Η χωροθέτηση αιολικών πάρκων αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία λήψης αποφάσεων, στην οποία πολλοί τεχνικοί, περιβαλλοντικοί, κοινωνικοοικονομικοί και θεσμικοί παράγοντες, οι οποίοι συχνά αλληλοσυγκρούονται. Η ανάγκη της ταυτόχρονης συνεκτίμησης πολλαπλών και ετερογενών κριτηρίων καθιστά την πολυκριτηριακή ανάλυση ένα από τα πλέον κατάλληλα εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων στον τομέα της ενεργειακής χωροθέτησης. Όπως επισημαίνεται και στη διεθνή βιβλιογραφία, η βελτιστοποίηση του χωρικού σχεδιασμού για τον εντοπισμό των πλέον κατάλληλων θέσεων για την εγκατάσταση α/γ αποτελεί ένα από τα πλέον απαιτητικά ζητήματα στον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Ιωαννου, Κ., κ.α., 2019).

Η πολυκριτηριακή ανάλυση επιτρέπει τη συστηματική ενσωμάτωση ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων σε ένα ενιαίο πλαίσιο αξιολόγησης, προσφέροντας τη δυνατότητα στάθμισης της σχετικής σημασίας κάθε κριτηρίου. Η ανάγκη αυτή προκύπτει από το γεγονός ότι η καταλληλότητα μιας θέσης δεν εξαρτάται αποκλειστικά από το αιολικό δυναμικό, αλλά και από παραμέτρους όπως η απόσταση από οικισμούς, οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί, η προσβασιμότητα και η διαθεσιμότητα δικτύων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (Vavatsikos, Α., κ.α., 2019). Στην πράξη, η απλή εφαρμογή κριτηρίων αποκλεισμού δεν επαρκεί για την ανάδειξη της βέλτιστης λύσης, καθώς απαιτείται ιεράρχηση εναλλακτικών περιοχών με βάση ένα σύνθετο σύστημα αξιολόγησης (Siamak, M., et al., 2020).

Η διεθνής εμπειρία έχει καταδείξει ότι οι μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης, όταν συνδυάζονται με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, μπορούν να αποτελέσουν ένα ισχυρό εργαλείο χωρικής ανάλυσης, ικανό να υποστηρίξει διαφανείς διαδικασίες λήψης αποφάσεων (Wang, Q., et al., 2024). Ο συνδυασμός GIS και πολυκριτηριακής ανάλυσης επιτρέπει τη χωρική απεικόνιση, επεξεργασία και σύνθεση δεδομένων διαφορετικής φύσης και κλίμακας, διευκολύνοντας τον εντοπισμό περιοχών υψηλής καταλληλότητας (Sakka, E.G., et al., 2020). Επιπλέον, η ενσωμάτωση περιβαλλοντικών δεικτών, όπως ο κατακερματισμός του τοπίου, η εγγύτητα σε προστατευόμενες περιοχές και η ευαισθησία

ειδών, έχει αναδειχθεί ως κρίσιμο στοιχείο για την αποφυγή σημαντικών οικολογικών επιπτώσεων (Komninou, M., et al., 2023).

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη μέθοδο Αναλυτικής Ιεράρχησης (AHP), η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στη χωροθέτηση αιολικών πάρκων λόγω της ικανότητάς της να αποδίδει βάρη στα κριτήρια μέσω συγκρίσεων ανά ζεύγη και να ελέγχει τη συνέπεια των κρίσεων των εμπειρογνομόνων.

Η AHP επιτρέπει τη μετατροπή υποκειμενικών εκτιμήσεων σε ποσοτικά βάρη, συμβάλλοντας στη μείωση της αβεβαιότητας κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων (Saraswat, S.K., et al. 2021).

Παράλληλα, η μέθοδος TOPSIS χρησιμοποιείται για την κατάταξη εναλλακτικών λύσεων με βάση την εγγύτητά τους σε μία ιδανική και μία μη ιδανική λύση, παρέχοντας ένα σαφές και κατανοητό σύστημα ιεράρχησης. Η συνδυασμένη εφαρμογή των μεθόδων AHP–TOPSIS έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική στη διαμόρφωση χαρτών καταλληλότητας για έργα ΑΠΕ (Ιοαννου, K., κ.α., 2019).

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι η δυνατότητα ενσωμάτωσης κοινωνικών και θεσμικών παραμέτρων στη διαδικασία χωροθέτησης. Η κοινωνική αποδοχή των αιολικών πάρκων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διαφάνεια της διαδικασίας επιλογής θέσεων και από την επαρκή συνεκτίμηση περιβαλλοντικών και τοπικών ιδιαιτεροτήτων (Zhao, X., et al., 2025). Επιπλέον, έχει επισημανθεί ότι η απουσία σαφών κριτηρίων αποκλεισμού σε ευαίσθητες περιοχές οδηγεί συχνά σε συγκρούσεις και καθυστερήσεις κατά την αδειοδότηση (Kati, et al., 2021b). Η πολυκριτηριακή προσέγγιση μπορεί να λειτουργήσει προληπτικά, ενσωματώνοντας εξ αρχής θεσμικούς περιορισμούς και κατευθύνσεις χωροταξικού σχεδιασμού, μειώνοντας τον κίνδυνο νομικών εμπλοκών.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η χρήση πολυκριτηριακής ανάλυσης στη χωροθέτηση αιολικών πάρκων δε συμβάλλει μόνο στη βελτίωση της τεχνικοοικονομικής αποδοτικότητας των έργων αλλά και στη διασφάλιση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας (Sassi, R. & Souheil, E.A., 2023). Η ορθολογική επιλογή θέσεων μειώνει τις επιπτώσεις σε οικοσυστήματα, περιορίζει τον κατακερματισμό τοπίου και προστατεύει περιοχές υψηλής οικολογικής αξίας (Komninou, M., et al., 2023). Ταυτόχρονα, διευκολύνει τη στρατηγική ενεργειακή πολιτική, ευθυγραμμίζοντας τις επενδύσεις σε ΑΠΕ με τους εθνικούς και

ευρωπαϊκούς στόχους για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Borhani, M., et al. 2025).

Η πολυκριτηριακή ανάλυση προσφέρει επίσης τη δυνατότητα ανάπτυξης εναλλακτικών σεναρίων, επιτρέποντας τη διερεύνηση της επίδρασης διαφορετικών συνόλων βαρών ή κριτηρίων στα τελικά αποτελέσματα. Η προσέγγιση αυτή ενισχύει τη διαφάνεια και την αξιοπιστία της διαδικασίας, καθώς καθιστά σαφές πώς μεταβάλλεται η ιεράρχηση των περιοχών υπό διαφορετικές προτεραιότητες πολιτικής ή περιβαλλοντικής προστασίας. Με τον τρόπο αυτό, η MCDA δεν λειτουργεί απλώς ως εργαλείο τεχνικής αξιολόγησης, αλλά ως πλαίσιο διαλόγου μεταξύ εμπλεκόμενων φορέων.

Συνολικά, η βιβλιογραφία συγκλίνει στην άποψη ότι η πολυκριτηριακή ανάλυση, ιδίως όταν συνδυάζεται με τεχνολογίες GIS, αποτελεί μια ολοκληρωμένη, ευέλικτη και επιστημονικά τεκμηριωμένη μεθοδολογική προσέγγιση για τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων (Wang, Q., et al., 2024). Η δυνατότητα ενσωμάτωσης τεχνικών, περιβαλλοντικών, κοινωνικών και θεσμικών κριτηρίων σε ένα ενιαίο σύστημα αξιολόγησης την καθιστά απαραίτητο εργαλείο στον σύγχρονο ενεργειακό σχεδιασμό (Vavatsikos, A.P., κ.α., 2019).

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, η εφαρμογή της μεθοδολογίας AHP–TOPSIS σε περιβάλλον GIS βασίζεται σε αυτήν τη διεθνή ερευνητική κατεύθυνση, επιδιώκοντας την παραγωγή επιστημονικά τεκμηριωμένων χαρτών καταλληλότητας για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων στον Δήμο Ερυμάνθου, με συνδυασμό περιβαλλοντικών και θεσμικών κριτηρίων.

2.1.1 Η μέθοδος AHP

Η μέθοδος AHP (Analytic Hierarchy Process) αναπτύχθηκε από τον Thomas Saaty το 1970 και αποτελεί ένα από τα πλέον σημαντικά και ευρέως χρησιμοποιούμενα εργαλεία πολυκριτηριακής λήψης αποφάσεων. Η βασική της συμβολή έγκειται στη δυνατότητα ενσωμάτωσης τόσο ποσοτικών όσο και ποιοτικών κριτηρίων σε ένα ενιαίο, συνεκτικό πλαίσιο ανάλυσης. Σε αντίθεση με παραδοσιακές προσεγγίσεις που βασίζονται αποκλειστικά σε αριθμητικές πράξεις και δεδομένα, η AHP αξιοποιεί την ανθρώπινη κρίση ως βασικό στοιχείο πληροφόρησης, μετατρέποντας υποκειμενικές αξιολογήσεις σε μαθηματικά επεξεργάσιμες μορφές.

Η κεντρική ιδέα της μεθόδου βασίζεται στην παρατήρηση ότι οι άνθρωποι είναι περισσότερο ικανοί και συνεπείς όταν συγκρίνουν δύο στοιχεία κάθε φορά, παρά όταν επιχειρούν να αξιολογήσουν ταυτόχρονα μεγάλο αριθμό εναλλακτικών. Με βάση αυτή την αρχή, η AHP οργανώνει το πρόβλημα σε μια ιεραρχική δομή, η οποία ξεκινά από τον γενικό στόχο, συνεχίζει με τα επιμέρους κριτήρια και ενδεχομένως, υποκριτήρια, και καταλήγει στις εναλλακτικές επιλογές. Η ιεραρχική αυτή αποδόμηση επιτρέπει την ανάλυση ενός σύνθετου προβλήματος σε μικρότερα και πιο διαχειρίσιμα μέρη, διευκολύνοντας τη συστηματική αξιολόγηση. Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται μια τυπική ιεραρχική δομή ενός θεωρητικού προβλήματος:



Σχήμα 3. Αναπαράσταση της τυπικής ιεραρχικής δομής ενός θεωρητικού προβλήματος με βάση τη μέθοδο AHP (Ίδια επεξεργασία στο Mermaid)

Η ποσοτικοποίηση των προτιμήσεων πραγματοποιείται μέσω συγκρίσεων ανά ζεύγη (pairwise comparisons). Για κάθε σύνολο στοιχείων που ανήκουν στο ίδιο επίπεδο της ιεραρχίας, κατασκευάζεται ένας πίνακας συγκρίσεων, στον οποίο κάθε στοιχείο συγκρίνεται με κάθε άλλο ως προς ένα συγκεκριμένο κριτήριο. Οι συγκρίσεις αυτές εκφράζονται αριθμητικά με βάση μια θεμελιωμένη κλίμακα εντάσεων, η οποία αποτυπώνει τη σχετική υπεροχή ενός στοιχείου έναντι ενός άλλου. Ο πίνακας που προκύπτει διαθέτει σημαντικές ιδιότητες, όπως η αμοιβαιότητα (reciprocity), σύμφωνα με την οποία αν ένα στοιχείο είναι k φορές σημαντικότερο από ένα άλλο, τότε το δεύτερο είναι $1/k$ φορές λιγότερο σημαντικό από το πρώτο.

Από τους πίνακες συγκρίσεων προκύπτουν τα διανύσματα προτεραιοτήτων, τα οποία εκφράζουν τη σχετική σημασία των στοιχείων. Σύμφωνα με τον Saaty, ο υπολογισμός αυτών των διανυσμάτων βασίζεται στη θεωρία των ιδιοτιμών και των ιδιοδιανυσμάτων (Saaty, 1990), μέσω επίλυσης της παρακάτω εξίσωσης ($A = (a_{ij})$) (1):

$$A = (a_{ij}) \quad (1)$$

όπου $a_{ij} = w_i/w_j$, με (A) να είναι ο πίνακας συγκρίσεων και (w) το διάνυσμα προτεραιοτήτων.

Το κύριο ιδιοδιάνυσμα (principal eigenvector) παρέχει μια αναλογική κλίμακα (ratio scale), η οποία αποτυπώνει με συνέπεια τις κρίσεις του ατόμου που καλείται να πάρει την απόφαση.

Ένα ιδιαίτερα σημαντικό χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι η δυνατότητα ελέγχου της συνέπειας των κρίσεων. Δεδομένου ότι οι ανθρώπινες αξιολογήσεις είναι επιρρεπείς σε αντιφάσεις, η AHP εισάγει τον δείκτη συνέπειας (CI - Consistency Index) και τον λόγο συνέπειας (CR - Consistency Ratio), οι οποίοι επιτρέπουν την αξιολόγηση της αξιοπιστίας των συγκρίσεων. Όταν ο λόγος συνέπειας βρίσκεται κάτω από ένα αποδεκτό όριο, οι κρίσεις θεωρούνται επαρκώς συνεπείς· διαφορετικά, απαιτείται επανεξέταση των αρχικών εκτιμήσεων.

Η τελική φάση της μεθόδου αφορά τη σύνθεση των επιμέρους αποτελεσμάτων. Τα τοπικά βάρη των εναλλακτικών ως προς κάθε κριτήριο συνδυάζονται με τα βάρη των ίδιων των κριτηρίων, μέσω μιας διαδικασίας στάθμισης και άθροισης. Το αποτέλεσμα είναι ένα συνολικό διάνυσμα προτεραιοτήτων, το οποίο επιτρέπει την κατάταξη των εναλλακτικών και την επιλογή της βέλτιστης λύσης. Η διαδικασία αυτή αντανάκλα τη συνολική επίδραση όλων των κριτηρίων, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τη σχετική σημασία τους όσο και την απόδοση των εναλλακτικών σε κάθε ένα από αυτά.

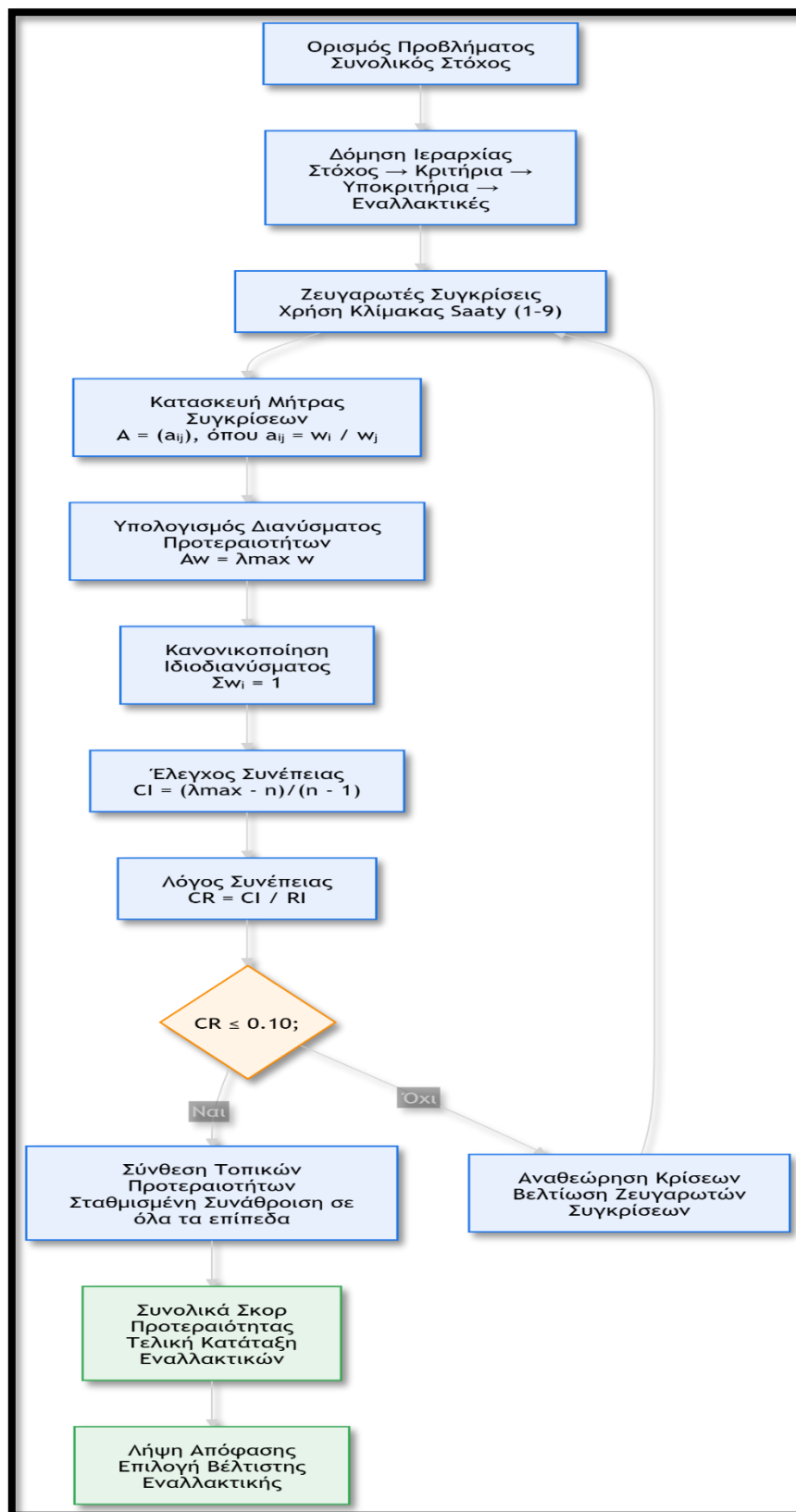
Ένα από τα σημαντικά θεωρητικά στοιχεία της AHP είναι η διάκριση μεταξύ σχετικής και απόλυτης μέτρησης. Στη σχετική μέτρηση, οι εναλλακτικές συγκρίνονται απευθείας μεταξύ τους, ενώ στην απόλυτη μέτρηση αξιολογούνται με βάση προκαθορισμένες κατηγορίες ή επίπεδα απόδοσης. Η επιλογή μεταξύ των δύο προσεγγίσεων εξαρτάται από τη φύση του προβλήματος και τη διαθεσιμότητα πληροφοριών.

Επιπλέον, η μέθοδος αναδεικνύει την έννοια της «σπανιότητας» και της «αφθονίας» ενός κριτηρίου, υποδεικνύοντας ότι ένα κριτήριο είναι περισσότερο καθοριστικό όταν διαφοροποιεί έντονα τις εναλλακτικές, ενώ έχει μικρότερη επίδραση όταν οι εναλλακτικές εμφανίζουν παρόμοια απόδοση.

Η θεωρητική θεμελίωση της AHP εκτείνεται πέρα από τη γραμμική άλγεβρα, ενσωματώνοντας έννοιες από τη θεωρία γράφων και την ψυχολογία της ανθρώπινης κρίσης (Saaty, 1990). Η χρήση του κύριου ιδιοδιανύσματος συνδέεται με την έννοια της κυριαρχίας (dominance) μεταξύ των εναλλακτικών, ενώ η σταθερότητα των αποτελεσμάτων σε μικρές μεταβολές των δεδομένων εξασφαλίζει την αξιοπιστία της μεθόδου. Παράλληλα, η AHP αναγνωρίζει ότι οι αριθμητικές κλίμακες δεν έχουν εγγενές νόημα ανεξάρτητα από την ερμηνεία τους, και ότι η αξία των αποτελεσμάτων εξαρτάται από τη σωστή αποτύπωση των προτιμήσεων.

Σημαντική προσοχή απαιτείται στη χρήση δεδομένων που προέρχονται από τυπικές κλίμακες μέτρησης, όπως οικονομικές ή φυσικές μονάδες. Η απλή κανονικοποίηση τέτοιων δεδομένων μπορεί να οδηγήσει σε παραπλανητικά αποτελέσματα, εάν προηγουμένως δεν έχει πραγματοποιηθεί κατάλληλη σύνθεση. Η μέθοδος AHP υπογραμμίζει ότι η μηχανική επεξεργασία αριθμών χωρίς ερμηνεία μπορεί να αλλοιώσει τη σημασία των δεδομένων, και προτείνει την αξιολόγηση των μετρήσεων μέσω κρίσεων που λαμβάνουν υπόψη το πλαίσιο και τον σκοπό της απόφασης.

Συνολικά, η AHP δεν αποτελεί απλώς μια μαθηματική τεχνική, αλλά ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο σκέψης για τη λήψη αποφάσεων. Συνδυάζει τη δομημένη ανάλυση με την ανθρώπινη κρίση, γεφυρώνοντας το χάσμα μεταξύ ποσοτικών δεδομένων και ποιοτικών εκτιμήσεων. Η ευελιξία της, η δυνατότητα ελέγχου της συνέπειας και η ικανότητά της να χειρίζεται πολύπλοκα προβλήματα την καθιστούν ιδιαίτερα χρήσιμη σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Το ουσιαστικό μήνυμα της μεθόδου είναι ότι οι αριθμοί αποκτούν πραγματική αξία μόνο όταν αντανακλούν με ακρίβεια τις ανθρώπινες προτιμήσεις και τις πραγματικές συνθήκες του προβλήματος, καθιστώντας την AHP ένα ισχυρό εργαλείο για τεκμηριωμένη και ορθολογική λήψη αποφάσεων. Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται το μαθησιακό μονοπάτι της μεθόδου AHP:



Σχήμα 4. Το διάγραμμα ροής της μεθόδου AHP (Ίδια επεξεργασία στο Mermaid)

2.2.2 Η μέθοδος TOPSIS

Σύμφωνα με τους Δούκας και Ψαρράς, η μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) προτάθηκε για πρώτη φορά από τους Hwang και Yoon το 1981 και αναπτύχθηκε ως εναλλακτική προσέγγιση στις μεθόδους της οικογένειας ELECTRE (Δούκας, Χ. & Ψαρράς, Ι.).

Πρόκειται για μια αντισταθμιστική μέθοδο λήψης αποφάσεων, η οποία βασίζεται στην αρχή ότι η βέλτιστη εναλλακτική πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στη θετική ιδανική λύση και ταυτόχρονα όσο το δυνατόν πιο μακριά από την αρνητική ιδανική λύση, με βάση τη γεωμετρική τους απόσταση.

Η διαδικασία της TOPSIS περιλαμβάνει τη δημιουργία και κανονικοποίηση ενός Πίνακα απόφασης (εναλλακτικές λύσεις ως προς κριτήρια), τον υπολογισμό ενός σταθμισμένου πίνακα, καθώς και τον καθορισμό μιας θετικής και αρνητικής ιδανικής λύσης, ώστε να προκύψει η τελική κατάταξη των τελικών επιλογών.

Στη συνέχεια, σύμφωνα με τους Δούκας και Ψαρράς, η μέθοδος εξελίχθηκε σημαντικά μέσω της συμβολής του Chen (2000), ο οποίος εισήγαγε την έννοια των τριγωνικών ασαφών αριθμών για τον υπολογισμό αποστάσεων, οδηγώντας στη δημιουργία της μεθοδολογίας Fuzzy TOPSIS. Η εξέλιξη αυτή επεκτάθηκε περαιτέρω από τους Chen και Tsao το 2008 και τους Chen και Lee το 2010, επιτρέποντας τη διαχείριση διαφορετικών τύπων δεδομένων σε ασαφή περιβάλλοντα (Δούκας, Χ. & Ψαρράς, Ι.).

Η μέθοδος TOPSIS ξεχωρίζει για τη σαφή, συστηματική και εύκολα εφαρμόσιμη υπολογιστική της διαδικασία, η οποία αντανakλά αποτελεσματικά τη λογική της ανθρώπινης επιλογής. Σε αντίθεση με μεθόδους που βασίζονται σε διμερείς συγκρίσεις, μπορεί να αξιολογήσει μεγάλο αριθμό εναλλακτικών λύσεων και κριτηρίων με μεγαλύτερη ευελιξία. Επιπλέον, διαθέτει πολλές επεκτάσεις που την καθιστούν ιδιαίτερα χρήσιμη σε σύνθετα ή αβέβαια περιβάλλοντα λήψης αποφάσεων.

Τέλος, ανταποκρινόμενη στις σύγχρονες ανάγκες ενσωμάτωσης συμπεριφορικών παραγόντων, όπως η αποφυγή απωλειών, η μέθοδος εξελίχθηκε περαιτέρω με τη δημιουργία της Behavioural TOPSIS από τους Yoon και Kyung το 2017, προσθέτοντας στη διαδικασία λήψης αποφάσεων στοιχεία συμπεριφορικής οικονομικής (Δούκας, Χ. & Ψαρράς, Ι.).

Σύμφωνα με τους Δούκας και Ψαρράς, το μεθοδολογικό πλαίσιο της μεθόδου TOPSIS βασίζεται στα παρακάτω βήματα:

Βήμα 1^ο: Διαμόρφωση του πίνακα A (Σχήμα 5), όπου καταγράφονται οι επιδόσεις των εναλλακτικών λύσεων ως προς τα επιλεγμένα κριτήρια αξιολόγησης. Συγκεκριμένα, οι γραμμές του πίνακα αντιστοιχούν στις εναλλακτικές επιλογές και οι στήλες στα κριτήρια, ενώ κάθε στοιχείο x_{ij} εκφράζει την επίδοση της εναλλακτικής επιλογής A_i προς το κριτήριο C_j . Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται η θεωρητική μαθηματική μορφή του πίνακα απόφασης A:

$$A = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{1n} \\ x_{m1} & x_{mn} \end{bmatrix}$$

Σχήμα 5. Η θεωρητική μαθηματική μορφή του Πίνακα απόφασης που δημιουργείται κατά το 1ο στάδιο εφαρμογής της μεθόδου TOPSIS (πηγή: προσαρμοσμένο από Δούκας, Χ. & Ψαρράς, Ι.)

Στο Σχήμα 5, οι συμβολισμοί $A_1, A_2, \dots, A_m$, με $i = 1, 2, \dots, m$ αναπαριστούν τις εναλλακτικές επιλογές. Τα $C_1, C_2, \dots, C_n$, με $j = 1, 2, \dots, n$ είναι τα κριτήρια και x_{ij} είναι η επίδοση της εναλλακτικής A_i έναντι του κριτηρίου C_j .

Βήμα 2^ο: Γίνεται κανονικοποίηση του πίνακα απόφασης, ώστε οι τιμές των διαφορετικών κριτηρίων να γίνουν συγκρίσιμες ανεξάρτητα από τις μονάδες μέτρησης τους. Η κανονικοποίηση επιτυγχάνεται μέσω διανυσματικής μεθόδου, κατά την οποία κάθε στοιχείο διαιρείται με τη ρίζα του αθροίσματος των τετραγώνων των τιμών του αντίστοιχου κριτηρίου. Με αυτόν τον τρόπο προκύπτει ο κανονικοποιημένος πίνακας R . Κάθε στοιχείο του πίνακα R μπορεί να υπολογισθεί βάσει της παρακάτω σχέσης $r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$ (2):

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (2)$$

Όπου το r_{ij} αναπαριστά την κανονικοποιημένη επίδοση της εναλλακτικής A_i έναντι του κριτηρίου C_i .

Βήμα 3^ο: Ακολουθεί ο υπολογισμός του σταθμισμένου κανονικοποιημένου πίνακα P , όπου κάθε κανονικοποιημένη τιμή πολλαπλασιάζεται με το βάρος του αντίστοιχου κριτηρίου. Τα βάρη αυτά εκφράζουν τη σχετική σημασία κάθε κριτηρίου στη διαδικασία λήψης απόφασης και το άθροισμά τους ισούται με τη μονάδα (Εξίσωση $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ (3):

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (3)$$

Η σταθμισμένη κανονικοποιημένη αξία p_{ij} μπορεί με αυτό τον τρόπο να υπολογισθεί βάσει της παρακάτω σχέσης (Εξίσωση $p_{ij} = w_i \times r_{ij}$ (4):

$$p_{ij} = w_i \times r_{ij} \quad (4)$$

Βήμα 4^ο: Προσδιορίζονται οι θετικές και αρνητικές ιδεατές λύσεις. Η θετική ιδεατή λύση P^+ αποτελείται από τις καλύτερες δυνατές τιμές κάθε κριτηρίου, ενώ η αρνητική ιδεατή λύση P^- από τις χειρότερες. Για τα κριτήρια οφέλους επιλέγονται οι μέγιστες τιμές, ενώ για τα κριτήρια κόστους οι ελάχιστες.

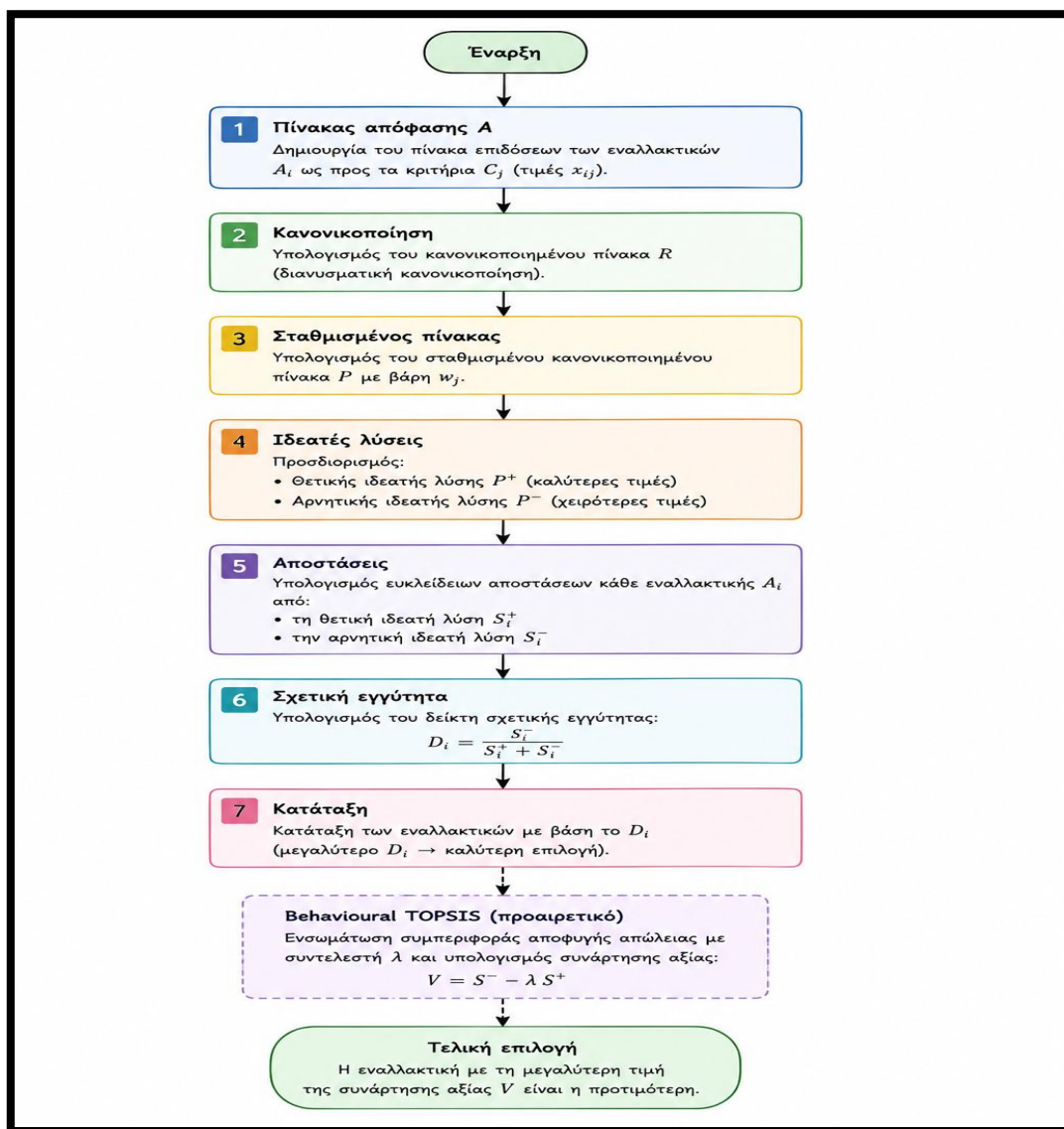
Βήμα 5^ο: Υπολογίζονται οι ευκλείδειες αποστάσεις κάθε εναλλακτικής λύσης από τη θετική ιδεατή λύση (S_i^+) και από την αρνητική ιδεατή λύση (S_i^-). Οι αποστάσεις αυτές εκφράζουν το πόσο κοντά ή μακριά βρίσκεται κάθε επιλογή από τις δύο ακραίες καταστάσεις.

Βήμα 6^ο: Η σχετική εγγύτητα κάθε εναλλακτικής προς την ιδανική λύση προσδιορίζεται μέσω του δείκτη D_i , ο οποίος υπολογίζεται ως ο λόγος της απόστασης από την αρνητική ιδεατή λύση προς το άθροισμα των αποστάσεων από τη θετική και την αρνητική ιδεατή λύση. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του δείκτη, τόσο πιο επιθυμητή θεωρείται η εναλλακτική.

Στην περίπτωση της Behavioural TOPSIS, το παραδοσιακό μοντέλο επεκτείνεται ώστε να ενσωματώνει συμπεριφορικά χαρακτηριστικά στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, λαμβάνοντας υπόψη τη διαφορετική στάση απέναντι στα κέρδη και τις απώλειες. Εισάγεται

έτσι ο συντελεστής αποφυγής απωλειών (λ), ο οποίος εκφράζει την ευαισθησία του αποφασίζοντος στις απώλειες σε σχέση με τα κέρδη. Μέσω αυτού του συντελεστή διαμορφώνεται η τελική συνάρτηση αξίας, βάσει της οποίας πραγματοποιείται η τελική κατάταξη των εναλλακτικών.

Συνολικά, το μεθοδολογικό πλαίσιο της TOPSIS προσφέρει ένα σαφές, δομημένο και υπολογιστικά αποτελεσματικό εργαλείο αξιολόγησης σύνθετων προβλημάτων πολλαπλών κριτηρίων, επιτρέποντας τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων σε περιβάλλοντα αβεβαιότητας και πολυπλοκότητας. Στο Σχήμα 6 παρουσιάζεται το μαθησιακό μονοπάτι της μεθόδου TOPSIS:



Σχήμα 6. Το μαθησιακό μονοπάτι της μεθόδου TOPSIS (Ίδια επεξεργασία στο Mermaid)

2.2 Προηγούμενες έρευνες σχετικά με τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων στο περιβάλλον

Η χωροθέτηση αιολικών πάρκων είναι μια πολυεπίπεδη και περίπλοκη διαδικασία, καθώς για τη λήψη μίας απόφασης καλούμαστε να λάβουμε υπόψιν διάφορους παράγοντες και κριτήρια (περιβαλλοντικά, κοινωνικά, τεχνικά, οικονομικά, κ.λ.π.).

Τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί κατά καιρούς διάφορες έρευνες που πραγματεύονται το πρόβλημα της επίλυσης της χωροθέτησης α/γ με τη βοήθεια της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Ακολουθούν παραδείγματα μελετών χωροθέτησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων και κερδοφορίας που έγιναν τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα και το εξωτερικό.

2.2.1 Μελέτες χωροθέτησης

Οι Borhani, Danehkar, Moeinaddini και Sobhani (2025), ασχολήθηκαν με τη χωροθέτηση και την αξιολόγηση της καταλληλότητας περιοχών για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων στον βόρειο κόλπο του Ομάν στο Ιράν (επαρχία Σιστάν και Μπαλουχιστάν). Συγκεκριμένα κατέγραψαν κριτήρια χωροθέτησης για αιολικά πάρκα, όπως η ταχύτητα και η συνέχεια του ανέμου, οι στρατιωτικές περιοχές και τα ιστορικά μνημεία, χρησιμοποίησαν τη μέθοδο Delphi, μια μέθοδο πολυκριτηριακής ανάλυσης, για την επιλογή και επιβεβαίωση των κριτηρίων χωροθέτησης. Εφαρμόσανε το μοντέλο της ιεραρχικής αναλυτικής μεθόδου (μέθοδος AHP) προκειμένου να δώσουν βάρη στα κριτήρια που επιλέξαν. Αφού συνδύασαν τα βάρη με τα γεωχωρικά δεδομένα μέσω της μεθόδου WLC (Weighted Linear Combination), ιεραρχήσανε τις περιοχές που προκύψαν με τη μέθοδο TOPSIS και τον αλγόριθμο τεχνητής νοημοσύνης Whale Optimazation Algorithm (WOA) και στο τέλος κατηγοριοποίησαν τις περιοχές σε ακατάλληλες, μέτριες, κατάλληλες και πολύ κατάλληλες.

Οι Yousefi, Moradi, Zahedi και Ranjbar (2024), ασχολήθηκαν με την χωροθέτηση και την αξιολόγηση της καταλληλότητας περιοχών για εγκατάσταση αιολικών πάρκων στη δυτική περιοχή του Ιράν (επαρχία Kermanshah), με στόχο τόσο την παραγωγή ενέργειας όσο και τις εξαγωγές από το Ιράκ. Συγκεκριμένα μελετήσανε τη χαμηλή συμμετοχή των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα των αναπτυσσόμενων χωρών, εστιάζοντας περισσότερο στη δυτική περιοχή του Ιράν και ειδικά στην επαρχία Kermanshah Province. Χρησιμοποίησαν τα

γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και πολυκριτηριακή ανάλυση για να αναλύσουν παράγοντες όπως ηλεκτρικά, τεχνοοικονομικά, περιβαλλοντικά κριτήρια και υποδομές για να εντοπίσουν κατάλληλες περιοχές για αιολικά πάρκα. Εφαρμόζοντας την αναλυτική ιεραρχική μέθοδο (μέθοδος AHP) καθορίσανε συντελεστές βαρύτητας και εφαρμόζοντας κατάλληλη μεθοδολογία εντόπισαν 4 κατάλληλες περιοχές (A, B, C, D) με συνολική δυναμικότητα 216 MW. Υπολόγισαν ως περιβαλλοντικό όφελος τη μείωση 1,26 εκατ. τόνων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και συγκρίνανε τα προτεινόμενα αιολικά πάρκα με τις υφιστάμενες θερμικές μονάδες φυσικού αερίου.

Οι Sassi και Souheeli (2023), ασχολήθηκαν με την χωροθέτηση και αξιολόγηση της καταλληλότητας περιοχών για μεγάλης κλίμακας αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα στην Τυνησία. Αφού πραγματοποίησαν βιβλιογραφική ανασκόπηση για τον καθορισμό κριτηρίων καταλληλότητας και περιοριστικών παραγόντων, χρησιμοποίησαν γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και μέθοδο πολυκριτηριακής ανάλυσης (AHP) για στάθμιση κριτηρίων και δημιούργησαν τελικούς χάρτες καταλληλότητας με τη μέθοδο weighted overlay. Υπολόγισαν επίσης την ενεργειακή δυναμικότητα των κατάλληλων περιοχών σε 40,9 TWh ετησίως για αιολικά και 781,8 KWh ετησίως για φωτοβολταϊκά. Στο τέλος συνδέσανε τα αποτελέσματα με τον εθνικό ενεργειακό στόχο της χώρας μέχρι το 2030.

Οι Yousefi, Motlagh και Montazeri (2022), ασχολήθηκαν με την χωροθέτηση αιολικού πάρκου στην επαρχία Semnan Province στο κεντρικό Ιράν, με στόχο τον εντοπισμό κατάλληλων περιοχών βάσει τεχνικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών κριτηρίων. Οι ερευνητές αυτοί, αφού προσδιόρισαν ως βασικά κριτήρια χωροθέτησης την ταχύτητα του ανέμου, την κλίση του εδάφους, την απόσταση από ενεργειακές υποδομές και την απόσταση από οδικά δίκτυα, εφάρμοσαν περιορισμούς με βάση την τοπική και συνταγματική νομοθεσία. Χρησιμοποιώντας επίσης τα GIS και ως μέθοδο πολυκριτηριακής ανάλυσης την AHP, κατηγοριοποίησαν την περιοχή έρευνας τους σε 9 κλάσεις καταλληλότητας. Αφού διαπίστωσαν ότι περίπου το 36,2% της περιοχής έρευνας τους είναι ακατάλληλο για την εγκατάσταση α/γ και ότι το 7,66% περίπου της περιοχής εξυπηρετεί τις βέλτιστες κατηγορίες για ανάπτυξη αιολικών πάρκων, στο τέλος συμπέραναν, ότι πέρα από τα φυσικά κριτήρια (άνεμος, κλίση, κ.λ.π.), οι υποδομές είναι εκείνες που επηρεάζουν σημαντικά το κόστος και την τελική απόφαση.

Οι Ifkirne, M., El Bouhi, H., Acharki, S., Pham, Q. B., Farah, A., και Linh, N. T. T. (2022), ασχολήθηκαν με τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων στη Γαλλία, χρησιμοποιώντας GIS και πολυκριτηριακή ανάλυση (AHP), με σκοπό τον εντοπισμό κατάλληλων περιοχών για την εκτίμηση της ενεργειακής τους δυναμικότητας και για την κάλυψη των τοπικών αναγκών. Η έρευνα τους εστίασε σε περιοχές της Γαλλίας, όπου η παραγωγή αιολικής ενέργειας είναι χαμηλή λόγω των κοινωνικών, τοπογραφικών και περιβαλλοντικών περιορισμών. Συγκεκριμένα, αφού συνδύασαν γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και πολυκριτηριακή ανάλυση (AHP) για την επιλογή κατάλληλων περιοχών, επέλεξαν 6 βασικά κριτήρια, με κυριότερα:

1. Την ταχύτητα του ανέμου, στην οποία απέδωσαν συντελεστή βαρύτητας 38%,
2. Τις προστατευόμενες περιοχές της περιοχής έρευνας, στο οποίο κριτήριο δώσανε συντελεστή βαρύτητας 26%,
3. Την απόσταση από υποσταθμούς και οδικό δίκτυο με συντελεστή 13%,
4. Την κλίση του εδάφους με συντελεστή 5% και
5. Το υψόμετρο της περιοχής με συντελεστή 3%.

Χρησιμοποιώντας τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών για την χωρική ανάλυση των δεδομένων, το excel για τον υπολογισμό των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων και την γλώσσα προγραμματισμού python για αυτοματοποίηση της διαδικασίας επεξεργασίας των raster δεδομένων, εντόπισαν επιφάνειες (εντός της περιοχής έρευνας) συνολικής έκτασης 651 km². Η επιφάνεια αυτή αποτελούσε το 6,98% της συνολικής περιοχής μελέτης. Αφού υπολόγισαν θεωρητική ενεργειακή παραγωγή 182,6 – 280,2 MW ανά κατάλληλη τοποθεσία (με έκταση άνω των 400 εκταρίων (ha) και μέση εγκατεστημένη ισχύ περίπου 45 MW ανά πάρκο, εκτίμησαν ότι η παραγόμενη ενέργεια μπορεί να καλύψει τις ανάγκες μεταφορών, θέρμανσης και ηλεκτρισμού της περιοχής.

Οι Garcia, A.R. & Moran, T.G. (2021), ασχολήθηκαν επίσης με την χωροθέτηση αιολικών πάρκων στο Βόρειο Μεξικό. Χρησιμοποιώντας μεθοδολογία AHP δημιούργησαν ένα ιεραρχικό μοντέλο λήψης απόφασης και αφού εξέτασαν τεχνικά, οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια, στάθμισαν τα κριτήρια αυτά και εντόπισαν τις σημαντικότερες μεταβλητές. Στη συνέχεια μετέτρεψαν κάθε μεταβλητή σε χάρτη καταλληλότητας και με χρήση του αλγορίθμου map algebra συνδύασαν τους χάρτες αυτούς. Με βάση τους χάρτες αυτούς, παρήγαγαν έναν τελικό χάρτη που απεικονίζει ποσοστά

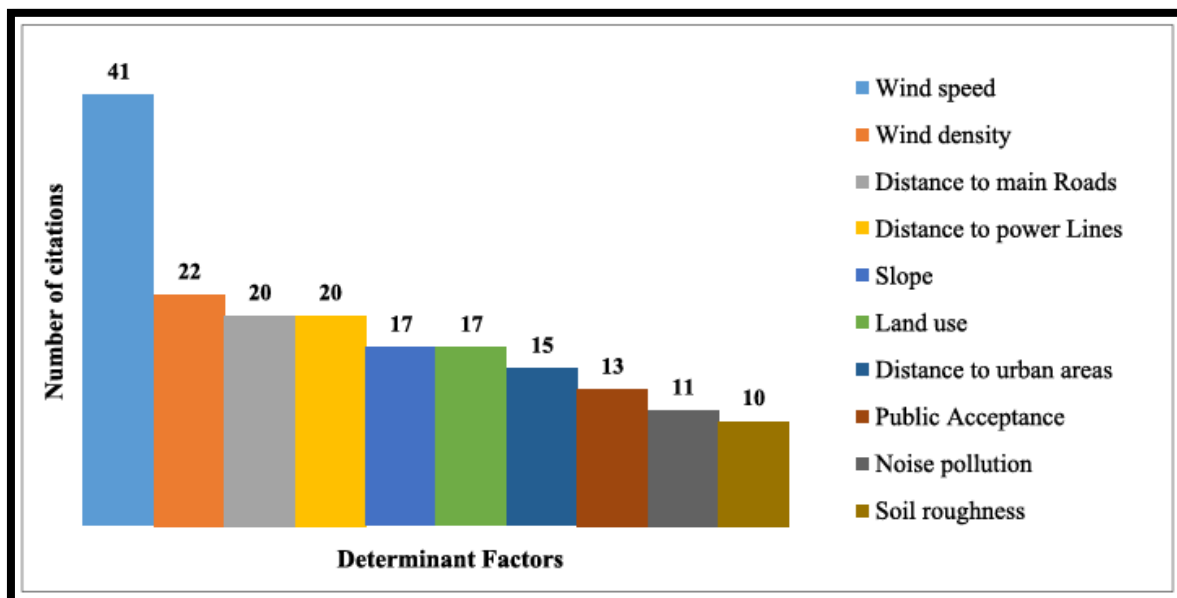
εφικτότητας και στο τέλος κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι καταλληλότερες περιοχές για δημιουργία αιολικών πάρκων, βρίσκονται στο νότιο τμήμα της Coahuila.

Οι Sarasswat, Digalwar, Yavad και Kumar (2021), ασχολήθηκαν με τη χωρική αξιολόγηση καταλληλότητας για ηλιακά πάρκα στην Ινδία, χρησιμοποιώντας GIS και πολυκριτηριακή ανάλυση, με στόχο την υποστήριξη ενεργειακού σχεδιασμού και ανάπτυξης πολιτικών για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στη χώρα. Συγκεκριμένα αξιολόγησαν την ανάγκη σωστής χωροθέτησης λόγω μείωσης των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων, της αύξησης των τιμών των καυσίμων και των περιβαλλοντικών ανησυχιών, χρησιμοποίησαν GIS και πολυκριτηριακή ανάλυση για συνδυασμό τεχνικών οικονομικών κοινωνικών και περιβαλλοντικών κριτηρίων και υπολόγισαν ποσοστά καταλληλότητας 0,91%, ως πολύ κατάλληλο για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων και 4,13% για την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών. Στο τέλος διαπίστωσαν ότι η πολιτεία Rajasthan της Ινδίας διαθέτει τη μεγαλύτερη έκταση κατάλληλης γης και για την ανάπτυξη αιολικών (και φωτοβολταϊκών) πάρκων και πρότειναν το μοντέλο που εφαρμόσανε στην έρευνα τους, ως εργαλείο για την άσκηση της ενεργειακής πολιτικής και για την αξιολόγηση των έργων.

Οι Rediske, G., Burin, H.P., Rigo, P.D., Rosa, C.B., Michels, L. & Siluk, J.C.M. (2021), πραγματοποίησαν μια συστηματική ανασκόπηση βιβλιογραφίας με σκοπό να εντοπίσουν τους σημαντικότερους παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή τοποθεσίας για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Η μελέτη τους εξέτασε περιοριστικούς, οικονομικούς, περιβαλλοντικούς και κοινωνικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη χωροθέτηση ανεμογεννητριών. Συγκεκριμένα, ανέλυσαν προηγούμενες έρευνες για να προσδιορίσουν ποια κριτήρια είναι καθοριστικά για την επιλογή μιας κατάλληλης περιοχής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ταχύτητα του ανέμου αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα, ενώ ακολουθούν η πυκνότητα του ανέμου και η εγγύτητα σε οδικό δίκτυο. Παράλληλα, σημαντικοί περιορισμοί που αναφέρονται συχνά στη βιβλιογραφία είναι οι προστατευόμενες περιοχές, τα υδατορέματα και οι μεταναστευτικές διαδρομές των ειδών πανίδας.

Επιπλέον, η έρευνα τους κατέγραψε τις βασικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τη διαδικασία επιλογής τοποθεσίας, όπως τεχνικές πολυκριτηριακής λήψης αποφάσεων, χρήση λογισμικών γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και στατιστικές μεθόδους. Στόχος της μελέτης ήταν να συγκεντρώσει και να οργανώσει αυτές τις πληροφορίες, ώστε

να διευκολύνει ερευνητές και επενδυτές να λαμβάνουν πιο τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με την ανάπτυξη αιολικών έργων. Στο Σχήμα 7 παρουσιάζονται τα κυριότερα κριτήρια που χρησιμοποιούνται στη χωροθέτηση των α/γ:



Σχήμα 7. Βασικά κριτήρια χωροθέτησης α/γ (πηγή: προσαρμοσμένο από Rediske, G., et al., 2021)

Οι Kati, V. & Kassara, C. (2021), έκαναν πρόταση για χωροθέτηση χερσαίων αιολικών πάρκων στην Ελλάδα λαμβάνοντας υπόψιν τις επιπτώσεις που προκύπτουν από την κατασκευή των έργων αυτών στο περιβάλλον και τη βιοποικιλότητα. Διαπίστωσαν ότι παρόλο που στην Ελλάδα υπάρχει ικανοποιητική πρόοδος σχετικά με την ανάπτυξη αιολικών σταθμών και την επίτευξη των εθνικών ενεργειακών στόχων, η πρόοδος σχετικά με την διατήρηση της βιοποικιλότητας στη χώρα μας είναι μη ικανοποιητική και η ανάγκη για τη δημιουργία ενός πιο βιώσιμου και περισσότερο φιλοπεριβαλλοντικού πλαισίου για την ανάπτυξη και χωροθέτηση αιολικών πάρκων παρουσιάζεται περισσότερο σημαντική από οποιαδήποτε άλλη φορά σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια. Υποστηρίζαν ότι ο ακατάλληλος σχεδιασμός και η χωροθέτηση επιφέρουν μια σειρά σοβαρών αρνητικών επιπτώσεων στη βιοποικιλότητα, απειλώντας προστατευόμενα είδη και προκαλώντας ταυτόχρονα συγκρούσεις με διάφορες αποφάσεις, όπως η οδηγία 2018/2021 για τις ΑΠΕ, η ευρωπαϊκή οδηγία 92/43/ΕΟΚ για τους οικοτόπους και η ευρωπαϊκή οδηγία 2009/147/ΕΕ για τα πτηνά, επισημαίνοντας με αυτόν τον τρόπο ότι η επίτευξη των στόχων των ΑΠΕ χωρίς την αλλαγή των χρήσεων γης και της απώλειας της βιοποικιλότητας, αποτελεί ένα

από τα κυριότερα παγκόσμια σύνθετα προβλήματα για τα οποία πρέπει οπωσδήποτε να βρεθεί άμεσα μια λύση. Χρησιμοποιώντας δεδομένα από 6 διαφορετικές βάσεις οικολογικών δεδομένων και στατιστικούς ελέγχους, κατέληξαν σε ένα πλαίσιο χωροθέτησης για έργα ΑΠΕ στη χώρα μας, το οποίο πρότειναν ως σχέδιο για βιώσιμη ενεργειακή πολιτική στην ελληνική πολιτεία.

Οι Bertsiou, M., Theochari, A. και Baltas, E. (2020), ασχολήθηκαν με τη χωροθέτηση ανεμογεννητριών σε νησί του Βορείου Αιγαίου (Φούρνοι Κορσεών), με σκοπό την ενεργειακή αυτονομία της περιοχής και τη βέλτιστη επιλογή θέσεων εγκατάστασης βάσει τεχνικών, οικονομικών και νομοθετικών κριτηρίων. Συνδυάζοντας και εκείνοι τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών με την πολυκριτηριακή ανάλυση για την αξιολόγηση κατάλληλων περιοχών, προσδιόρισαν 3 διαφορετικά σενάρια. Εφαρμόζοντας ως περιορισμούς ελάχιστες αποστάσεις από οικισμούς και τις διατάξεις του ελληνικού νομοθετικού πλαισίου, διαπίστωσαν ότι, το 27,9% της έκτασης του νησιού είναι απαγορευμένη ζώνη και ότι περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό και χαμηλότερο υψόμετρο μειώνουν το κόστος εγκατάστασης. Στο τέλος της έρευνας τους, πραγματοποιώντας μία ανάλυση ευαισθησίας, έδειξαν ότι ο τύπος του κριτηρίου επηρεάζει περισσότερο τα αποτελέσματα από τον συντελεστή βαρύτητας που υπολογίσθηκε και θεωρήθηκε κατά τη διαδικασία της πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Οι Xu, Y., Li, Y., Zheng, L., Cui L., Li, S., Li, W. & Cai, Y. (2020), ασχολήθηκαν με τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων στην περιοχή Wafangdian της Κίνας, αναπτύσσοντας μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία που συνδυάζει τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών με προηγμένες τεχνικές πολυκριτηριακής ανάλυσης (IAHP και stochastic VIKOR) για την αξιολόγηση και ιεράρχηση κατάλληλων περιοχών. Συγκεκριμένα έλαβαν υπόψιν βασικούς περιορισμούς για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και την ασφάλεια της παραγωγής στην περιοχή έρευνας τους, στάθμισαν κριτήρια όπως οι κοινωνικές επιπτώσεις, το οικονομικό όφελος, η τοπογραφία και η οικολογική προστασία, υπολόγισαν δείκτες καταλληλότητας και κατέταξαν τις εναλλακτικές περιοχές. Διαπίστωσαν ότι το 30,2% της περιοχής έρευνας τους είναι κατάλληλο για δημιουργία αιολικών πάρκων και από αυτό μόνο το 3,36% είναι υψηλής καταλληλότητας. Συνέκριναν τα αποτελέσματα της έρευνας τους με τα υπάρχοντα αιολικά πάρκα της περιοχής τους επιβεβαίωσαν την αξιοπιστία του μοντέλου που

ακολούθησαν και πρότειναν την εφαρμογή της μεθόδου και σε άλλες μορφές ΑΠΕ (ηλιακή, υδροηλεκτρική, γεωθερμική, βιομάζα).

Οι Habib M. και Matouk A. (2020), ασχολήθηκαν με τη χωροθέτηση και τη βέλτιστη κατανομή αιολικών πάρκων στη Συρία, χρησιμοποιώντας GIS και πολυκριτηριακή ανάλυση (AHP), ενώ παράλληλα ανέπτυξαν και μια γεωβάση δεδομένων για τη συστηματική υποστήριξη του ενεργειακού σχεδιασμού. Συγκεκριμένα προσδιόρισαν βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας και χρησιμοποιώντας τα GIS και τη μέθοδο AHP για τη στάθμιση των κριτηρίων που επέλεξαν, ανέπτυξαν ένα μοντέλο ανάλυσης καταλληλότητας γης (land suitability model). Σχεδίασαν μια ολοκληρωμένη γεωβάση δεδομένων για αιολικά πάρκα, με εννοιολογικό, λογικό και φυσικό σχεδιασμό και στο τέλος απέδειξαν ότι η ολοκληρωμένη χρήση των GIS και της AHP, αποτελεί ένα αποτελεσματικό εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων.

Οι Siamak, M., Hossein, Y., Younes, N. & Diego, R. (2020), ασχολήθηκαν με την εκτίμηση του αιολικού δυναμικού και τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων στην επαρχία Alborz του Ιράν, χρησιμοποιώντας GIS και πολυκριτηριακή ανάλυση (AHP), με στόχο την υποστήριξη του εθνικού ενεργειακού σχεδιασμού. Συγκεκριμένα ανέπτυξαν ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για την εκτίμηση αιολικών πόρων ως μέθοδο πολυκριτηριακής ανάλυσης την AHP για στάθμιση κριτηρίων και ArcGIS για χωρική ανάλυση, εφάρμοσαν κριτήρια όπως η κλίση του εδάφους, η ταχύτητα του ανέμου, η απόσταση από το ηλεκτρικό δίκτυο και τους υποσταθμούς, απόσταση από αστικές περιοχές και απόσταση από οδικά δίκτυα και απέκλεισαν ακατάλληλες περιοχές βάσει δομικών, τοπογραφικών και οικολογικών παραμέτρων. Στο τέλος της έρευνας τους διαπίστωσαν ότι το 20% της περιοχής είναι κατάλληλο για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων και ότι η νοτιοανατολική ζώνη της επαρχίας Alborz έχει την υψηλότερη προτεραιότητα. Πραγματοποίησαν επίσης ανάλυση ευαισθησίας, δείχνοντας ότι τα κριτήρια που σχετίζονται με την ηλεκτρική ενέργεια επηρεάζουν σημαντικά τη διαθέσιμη έκταση.

Οι Cunden, T.S.M., Doorga, J., Lollchund, M.R. & Rughooputh, S.D.D.V. (2020), ασχολήθηκαν με τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων στο νησί Mauritius (στο νοτιοδυτικό τμήμα του Ινδικού Ωκεανού), χρησιμοποιώντας GIS και πολυκριτηριακή ανάλυση (AHP και WLC), με στόχο τη δημιουργία χάρτη καταλληλότητας βάσει τεχνικών και χωρικών περιορισμών. Συγκεκριμένα οι ερευνητές εντόπισαν και αφαίρεσαν ζώνες αποκλεισμού

(exclusion zones) από τον χάρτη του αιολικού δυναμικού της περιοχής, επέλεξαν 9 κριτήρια αξιολόγησης καταλληλότητας και τα στάθμισαν με την μέθοδο AHP. Δημιούργησαν ζώνες προστασίας (buffer zones) και δείκτες καταλληλότητας, ανέπτυξαν raster layers για τις περιπτώσεις που ήθελαν να εξετάσουν αποστάσεις από το οδικό δίκτυο και τις γραμμές υψηλής τάσης, για το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) και για την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου και αφού συνδύασαν όλα τα επίπεδα αυτά με τη μέθοδο WLC (Weighted Linear Combination) παρήγαγαν τελικό χάρτη κατάλληλων περιοχών για αιολικά πάρκα, ταξινομημένο βάσει της πυκνότητας που παρουσιάζει το αιολικό δυναμικό. Τέλος, οι Ioannou, K., Tsantopoulos, G. & Arabatzis, G. (2019), ασχολήθηκαν με τη βελτιστοποίηση της χωροθέτησης αιολικών πάρκων στην περιοχή της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, όπου εφάρμοσαν ως μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης, την AHP και την TOPSIS, συνδυάζοντας τις με τα GIS, με σκοπό την επιλογή και ιεράρχηση των καταλληλότερων περιοχών με οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά αποδεκτό τρόπο. Αντιμετώπισαν τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων ως ένα σύνθετο πρόβλημα, με ποιοτικές και ποσοτικές παραμέτρους και συγκρουόμενα κριτήρια (οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά). Με τη μέθοδο AHP, έκαναν στάθμιση των κριτηρίων και με τα GIS χωρική απεικόνιση και ανάλυση, ενώ με την μέθοδο TOPSIS ιεράρχησαν τις επιλεγμένες περιοχές από την ιδανικότερη προς τη λιγότερο ιδανική. Με τη μεθοδολογία που εφάρμοσαν, βοήθησαν κατά τη διαδικασία λήψης των αποφάσεων να διαχειριστούν παραμέτρους που ήταν αντικρουόμενες μεταξύ τους, να πετύχουν οικονομικά και περιβαλλοντικά αποδεκτές λύσεις και να εξασφαλίσουν κοινωνική αποδοχή από την πλευρά των πολιτών.

2.2.2 Μελέτες Οικονομικές

Οι Amjad, F., Agyekum, E.B., Shah, L.A. και Abbas, A. (2021), ασχολήθηκαν με τον εντοπισμό και τη βελτιστοποίηση περιοχών για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων στη Γκάνα, συνδυάζοντας πολυκριτηριακή ανάλυση (AHP) με χωρική ανάλυση και τεχνοοικονομική αξιολόγηση, στο πλαίσιο του εθνικού σχεδιασμού επέκτασης του δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ερευνητές ανέπτυξαν μια νέα μεθοδολογία που συνδυάζει την χωρική πολυκριτηριακή ανάλυση, την μέθοδο AHP για στάθμιση κριτηρίων και την μεθοδολογία density-based clustering για αυτόματο προσδιορισμό και βελτιστοποίηση ορίων περιοχών. Αφού εντόπισαν 14 γεωγραφικές περιοχές (clusters) με υψηλό αιολικό

δυναμικό και αφού διασφάλισαν ότι οι περιοχές βρίσκονται κοντά σε οδικά δίκτυα και δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, πραγματοποίησαν τεχνοοικονομική ανάλυση (LCOE, payback period, IRR) και περιβαλλοντική αξιολόγηση (εκπομπές CO₂ και CO). Στο τέλος κατέληξαν σε χαμηλότερο ενεργειακό κόστος 0,21 \$/kWh, χαμηλότερη οικονομική απόδοση IRR 22,8% για την περιοχή με κωδική ονομασία “Cluster M” και χαμηλότερη περιβαλλοντική απόδοση για την γεωγραφική θέση με κωδική ονομασία (Cluster L).

Οι Sakka, E.G., Billionis D.V., B., Vamvatsikos, D. & Gantes, C.J. (2020), πραγματοποίησαν μια μελέτη σκοπιμότητας για την ανάπτυξη μεσαίου μεγέθους χερσαίων αιολικών πάρκων στην Ελλάδα, με στόχο να αξιολογήσουν τη χρηματοοικονομική βιωσιμότητα τέτοιων επενδύσεων. Για την αξιολόγηση της κερδοφορίας χρησιμοποίησαν δύο βασικούς οικονομικούς δείκτες: 1) την καθαρή παρούσα αξία (Net Present Value – NPV) και τον εσωτερικό βαθμό απόδοσης (Internal Rate of Return – IRR). Στη μελέτη τους εξετάστηκε ένα πλήρες παράδειγμα αιολικού πάρκου που αποτελείται από δέκα ανεμογεννήτριες ισχύος 3.2 MW η καθεμία, συμπεριλαμβάνοντας όλη την απαραίτητη υποδομή μεταφοράς, μετατροπής ηλεκτρικής ενέργειας και μεταφορών που απαιτείται για τη λειτουργία του έργου. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν πραγματικά δεδομένα ταχύτητας ανέμου από 285 μετεωρολογικούς σταθμούς σε όλη τη χώρα, καλύπτοντας χρονικές περιόδους από 1 έως 12 έτη. Επιπλέον, συνυπολόγισαν αναλυτικά το κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και χρηματοδότησης για έναν τυπικό κύκλο ζωής 20 ετών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει τη βιωσιμότητα ενός αιολικού πάρκου είναι το αιολικό δυναμικό της περιοχής. Σύμφωνα με την ανάλυση, οι πιο κερδοφόρες περιοχές για εγκατάσταση αιολικών πάρκων είναι τα νησιά του Αιγαίου Πελάγους, οι νότιες και κεντρικές παράκτιες περιοχές της ηπειρωτικής χώρας, η ανατολική Πελοπόννησος και η νότια Αττική. Αντίθετα, πολλές άλλες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας εμφανίζονται οριακά κερδοφόρες ή ακόμη και ζημιογόνες με βάση τις σημερινές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας, την υπάρχουσα τεχνολογία ανεμογεννητριών και το κόστος επένδυσης.

Τέλος, οι Vavatsikos, A.P., Arvanitidou, A. & Petsas, D. (2019), ασχολήθηκαν με την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πλαισίου σχεδιασμού και αξιολόγησης επενδύσεων σε αιολικά πάρκα, συνδυάζοντας GIS, πολυκριτηριακή ανάλυση και χρηματοοικονομικές τεχνικές (Monte Carlo Simulation), με εφαρμογή στην περιοχή της Θράκης στην Ελλάδα.

Οι ερευνητές συνδύασαν ανάλυση σε περιβάλλον GIS πολυκριτηριακή ανάλυση και παραδοσιακές μεθόδους οικονομικής αξιολόγησης (CPEM). Πρότειναν ένα πλαίσιο που δεν περιορίζεται στην επιλογή μιας θέσης μόνο, αλλά δημιουργεί χαρτοφυλάκια (portfolios) αιολικών έργων. Ενσωμάτωσαν την μέθοδο οικονομικής αξιολόγησης επενδύσεων (Monte Carlo Simulation - CPEM) για ανάλυση αβεβαιότητας και σταθερότητας επενδυτικών επιλογών, στόχευσαν στη μείωση της απαιτούμενης έκτασης, στη μεγιστοποίηση παραγωγής ενέργειας, στη βελτιστοποίηση της επενδυτικής απόδοσης και στην εξέταση τοπικών χαρακτηριστικών και εμπλούτισαν τη χωρική αξιολόγηση με οικονομικά δεδομένα για πιο ρεαλιστικό επενδυτικό σχεδιασμό.

2.2.3 Μελέτες Περιβαλλοντικές

Πέρα από τις ανωτέρω έρευνες που έχουν διεξαχθεί σχετικά με την εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης στη χωροθέτηση των αιολικών πάρκων όμως τα τελευταία χρόνια, σημαντική έρευνα έχει διεξαχθεί επίσης και για τη χωροθέτηση α/γ σε περιοχές που αποτελούν ιδιαίτερα φυσικά τοπία και παρουσιάζουν αυξημένη βιοποικιλότητα.

Ο Δήμος Ερυμάνθου της ΠΕ Αχαΐας αποτελεί χαρακτηριστική περίπτωση περιοχής με πλούσια βιοποικιλότητα, δασική κάλυψη και έντονο φυσικό ανάγλυφο, τα οποία συνυπάρχουν με το αυξημένο επενδυτικό ενδιαφέρον για κατασκευή αιολικών έργων.

Θεωρείται λοιπόν χρήσιμο πριν προχωρήσουμε στη διερεύνηση κατάλληλων περιοχών για εγκατάσταση α/γ στην περιοχή του Δήμου Ερυμάνθου, να γίνει και μια μικρή βιβλιογραφική ανασκόπηση για την έρευνα σχετικά με τη δημιουργία αιολικών πάρκων και την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που έχουν τέτοιας κλίμακας έργα σε περιοχές που παρουσιάζουν βιοποικιλότητα, με βαθμό όμοιο με εκείνον του Δήμου Ερυμάνθου αλλά και περιοχές που έχουν “υποστεί” το τίμημα να υποβαθμιστούν περιβαλλοντικά προκειμένου να “φιλοξενήσουν” ένα αιολικό έργο. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μπορεί να έχει η κατασκευή ενός αιολικού σε μια συγκεκριμένη θέση στο περιβάλλον, μπορεί κάλλιστα να επηρεάσει τη χωροθέτηση τους μέσα σε αυτό.

Οι Kati, V., Spiliopoulou, K., Stefanidis, A. & Kassara, C. (2025), ασχολήθηκαν με την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μεγάλου αιολικού έργου εντός προστατευόμενης περιοχής Natura 2000 στην κεντρική Εύβοια, εξετάζοντας ζητήματα βιοποικιλότητας, κατακερματισμού οικοσυστημάτων και εφαρμογής της ευρωπαϊκής

περιβαλλοντικής νομοθεσίας. Συγκεκριμένα, μελέτησαν τις επιπτώσεις ενός μεγάλου αιολικού πάρκου βιομηχανικής κλίμακας εντός προστατευόμενης περιοχής, υπολόγισαν την ένταση της τεχνητής κάλυψης γης (land take intensity), την απώλεια δασικών εκτάσεων, η οποία εκτιμήθηκε σε 14%, τη μείωση του φυσικού χαρακτήρα του τοπίου (από 49% σε 4%) και τον κατακερματισμό των ενδιαιτημάτων (roadless areas). Ανέλυσαν ακόμη την επικάλυψη του έργου σε περιοχές Natura 2000, περιοχές που είναι σημαντικές για τα είδη πτηνών και σε περιοχές κρίσιμης βιοποικιλότητας, ενώ εκτίμησαν επίσης τις επιπτώσεις σε 23 παγκοσμίως απειλούμενα είδη και 44 ενδημικά είδη. Με την επιστημονική τους έρευνα άσκησαν επίσης κριτική στην εφαρμογή της ευρωπαϊκής περιβαλλοντικής νομοθεσίας και διατύπωσαν προτάσεις πολιτικής για τη βιώσιμη ανάπτυξη έργων ΑΠΕ.

Οι Zhao, X., Li, F., Yuan, Y., Ari, G., Yan, Y., Zhang, Q., Olhnuud, A. & Liu, P. (2025), ασχολήθηκαν με τη μελέτη των επιπτώσεων αιολικών πάρκων στη φυτική βιοποικιλότητα και στη λειτουργική ποικιλότητα των λιβαδικών οικοσυστημάτων στην κεντρική Μογγολία, αναλύοντας τον τρόπο με τον οποίο η εγκατάσταση α/γ επηρεάζει τη σύνθεση, τα λειτουργικά χαρακτηριστικά και την παραγωγικότητα των φυτικών κοινοτήτων. Συγκεκριμένα, πραγματοποίησαν επιτόπια έρευνα σε 108 δειγματοληπτικές επιφάνειες, κατέγραψαν 10 λειτουργικά χαρακτηριστικά φυτών (plant functional traits) και εφάρμοσαν γενική γραμμική παλινδρόμηση (general linear regression analysis). Αξιολόγησαν τον τρόπο με τον οποίο η παρουσία ενός αιολικού πάρκου επηρεάζει τη φυτική ποικιλότητα, τη λειτουργική ποικιλότητα, τη σύνθεση των ειδών και την παραγωγικότητα των βιοκοινοτήτων. Στο τέλος της έρευνας τους, διαπίστωσαν ότι με την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου, μειώνεται η λειτουργική και η ειδική ποικιλότητα, παρατηρείται σύγκλιση στη σύνθεση των ειδών, αυξάνονται ορισμένα χαρακτηριστικά (όπως π.χ. το ύψος και η φυλλική επιφάνεια των φυτών), μειώνεται η περιεκτικότητα του εδάφους σε φώσφορο και μειώνεται η συνολική παραγωγικότητα. Με βάση αυτά που διαπίστωσαν, πρότειναν επιστημονικές κατευθύνσεις για πιο οικολογικό και περισσότερο φιλοπεριβαλλοντικό σχεδιασμό αιολικών πάρκων.

Οι Li, L., Ma, W., Duan, X., Wang, S., Wang, Q., Gu, H., & Wang, J. (2024), μελέτησαν τις επιπτώσεις από την κατασκευή και τη λειτουργία ενός αιολικού πάρκου στη βλάστηση και τη γονιμότητα του εδάφους στην επαρχία Huan της Κίνας. Συγκεκριμένα εξέτασαν: 1) τη βλάστηση της περιοχής έρευνας τους, όπου χρησιμοποίησαν δείκτες όπως ο NDVI

(Normalized Difference Vegetation Index) και ο FVC (Fractional Vegetation Cover) και 2) τις ιδιότητες του εδάφους, όπου ανέλυσαν στοιχεία όπως το PH του εδάφους, το διαθέσιμο κάλιο και φώσφορο, τον ολικό άνθρακα και το ολικό άζωτο. Μέσα από την έρευνα τους στους 2 ανωτέρω παράγοντες, διαπίστωσαν ότι η εγκατάσταση ανεμογεννητριών προκαλεί μείωση της βλάστησης και υποβάθμιση βασικών χαρακτηριστικών του εδάφους, παρά το γεγονός ότι η βλάστηση αναγεννιέται με την πάροδο του χρόνου. Ειδικότερα, από την έρευνα που πραγματοποιήσανε στις ιδιότητες του εδάφους διαπίστωσαν ότι η κατασκευή ενός αιολικού πάρκου προκαλεί μείωση βασικών θρεπτικών στοιχείων, ενώ το PH (του εδάφους) δεν παρουσίασε σημαντικές αλλαγές. Βασικό εύρημα κατά την έρευνα τους επίσης ήταν το γεγονός ότι το υψόμετρο και η κατασκευή του αιολικού πάρκου, επηρέαζαν σημαντικά τα χαρακτηριστικά του εδάφους.

Οι Kati, V. & Vlachopoulos, K. (2024), πραγματοποίησαν μια ολοκληρωμένη μελέτη αντίκρουσης για την περίπτωση αιολικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην κεντρική Εύβοια, με σκοπό την προστασία της φύσης και του ορεινού όγκου της περιοχής. Αναλύοντας γεωχωρικά δεδομένα, διαπίστωσαν ότι ο σχεδιασμός ενός αιολικού πάρκου ήταν ελλιπής και ότι η υλοποίηση του θα προκαλούσε μεγαλύτερη κατάτμηση της ορεινής περιοχής από εκείνη που προβλεπόταν από την ΜΠΕ που συντάχθηκε από τον μελετητή του έργου.

Οι Daoutis, C. & Lempesi, A. (2023), αξιολόγησαν τον οικολογικό ρόλο των παρυφών των δασικών δρόμων στην Περιφερειακή Ενότητα Καβάλας, εφαρμόζοντας ανάλυση SWOT και AHP. Συγκεκριμένα κατέγραψαν δυνατότητες (Strengths), αδυναμίες (Weaknesses), ευκαιρίες (Opportunities) και απειλές (Threats), που προκύπτουν κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας μελέτης δασικής οδοποιΐας στο έδαφος. Από την ανάλυση που κάνανε καταλήξαν στο ότι οι παρυφές τους συμβάλλουν σημαντικά στη διατήρηση της φυτικής ποικιλότητας, αλλά ταυτόχρονα δημιουργούν κατακερματισμό και περιβαλλοντικές πιέσεις στα δασικά οικοσυστήματα. Επίσης, συνδύασαν την ανάλυση SWOT με τη μέθοδο AHP (για ιεράρχηση κριτηρίων) προκειμένου να ποσοτικοποιήσουν τη σχετική βαρύτητα κάθε κατηγορίας SWOT και τη βαρύτητα των επιμέρους υποκριτηρίων που θέσανε. Βασικά ευρήματα κατά την έρευνα τους ήταν ότι:

1. οι παρυφές των δασικών δρόμων προστατεύουν την υψηλή φυτική ποικιλότητα και τον ενδημισμό,

2. δημιουργούν κενά στη βλάστηση και κατακερματίζουν τα οικοσυστήματα,
3. προσφέρουν πρόσβαση σε νέα λιβαδικά οικοσυστήματα μέσω του οδικού δικτύου και
4. συμβάλουν στην μικροκλιματική αλλαγή.

Πολλές φορές οι δρόμοι γ' κατηγορίας, (δασικοί δρόμοι - χωματόδρομοι) αποτελούν συνοδά έργα των αιολικών πάρκων, καθώς για την κατασκευή τους απαιτείται σε αρκετές περιπτώσεις η διάνοιξη νέων δασικών δρόμων ή επέμβαση σε υφιστάμενους (π.χ. με διαπλάτυνση του οδοστρώματος, κατασκευή μπάρας ελιγμού, κ.α.) για τη διασύνδεση του κεντρικού οδικού δικτύου με τις θέσεις εγκατάστασης των α/γ. Παρ' όλο που η συγκεκριμένη έρευνα δεν εστιάζει επακριβώς στο θέμα της χωροθέτησης των ανεμογεννητριών, δίνει ωστόσο χρήσιμες πληροφορίες για τους δασικούς δρόμους, οι οποίοι λειτουργούν ως οδοποιίες πρόσβασης για την κατασκευή αιολικών πάρκων. Για το λόγο αυτό επομένως, θεωρείται απαραίτητο κατά την εξέταση της τελικής χωροθέτησης ενός αιολικού πάρκου, να λαμβάνονται υπόψιν και παράγοντες που αφορούν συνοδά έργα που συνδέονται με την κατασκευή τους.

Οι Moustakas, A., Georgiakakis, P., Kret, E., & Kapsalis, E. (2023), διερεύνησαν τους παράγοντες εκείνους των α/γ που επηρεάζουν τη θνησιμότητα των νυχτερίδων στην περιοχή της Θράκης. Από τα χαρακτηριστικά των α/γ, εξέτασαν το ύψος του πύργου, τη διάμετρο του ρότορα και την ηλεκτρική ισχύς και εξετάζοντας ως βέλτιστη ακτίνα αλληλεπίδρασης μεταξύ α/γ και τύπων κάλυψης γης τα 5 km, ανέπτυξαν και επικύρωσαν στατιστικό μοντέλο που συσχέτισε: 1) την ηλεκτρική ισχύ των α/γ, 2) τον τύπο φυσικής κάλυψης γης, 3) την απόσταση από υδάτινα στρώματα, 4) τοπογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής και 5) θανάτους νυχτερίδων. Αφού κάνανε ανάλυση διακύμανσης χρησιμοποίησαν στατιστικό μοντέλο για πρόβλεψη μελλοντικών θανάτων από υφιστάμενες, αλλά μη καταγεγραμμένες α/γ στην περιοχή και περιοχές όπου έχουν αδειοδοτηθεί αιολικά πάρκα, αλλά δε λειτουργούσαν ακόμη. Από την ανάλυση που κάνανε, καταλήξαν στο συμπέρασμα ότι:

1. Οι περιοχές με φυσική κάλυψη γης μεγαλύτερη του 50% σε ακτίνα 5 km, παρουσιάζουν σημαντικά υψηλότερη θνησιμότητα για τις νυχτερίδες στην περιοχή.
2. Όσο μεγαλύτερη η ηλεκτρική ισχύς των α/γ, τόσο περισσότεροι οι θάνατοι των νυχτερίδων που καταγράφονται,

3. Η μελλοντική ανάπτυξη αιολικών πάρκων προβλέπει σημαντική αύξηση της θνησιμότητας των νυχτερίδων.

Οι Xanthakis, M., Katsimanis, N., & Antonopoulos, N. (2022), μελέτησαν την πιθανή θνησιμότητα και τη συμπεριφορά των πτηνών απέναντι σε αιολικό πάρκο στην περιοχή της Κεφαλλονιάς και διαπίστωσαν ότι δεν καταγράφηκαν θάνατοι, ενώ τα κυρίαρχα είδη ορνιθοπανίδας της περιοχής (γερακίνα και βραχοκιρκίνεζο) εμφάνιζαν χαμηλή οικολογική ευαισθησία και περιορισμένη συμπεριφορική αντίδραση απέναντι στις ανεμογεννήτριες. Συγκεκριμένα, παρατήρησαν ότι η συμπεριφορά των ειδών της ορνιθοπανίδας απέναντι στις ανεμογεννήτριες ήταν ελάχιστη έως μηδενική κατά την προσέγγισή τους. Συχνότερη ήταν η μετακίνησή τους όταν η πτήση τους παρατηρούνταν ανάμεσα σε ζεύγη ανεμογεννητριών, ενώ λιγότερο συχνή ήταν όταν η πτήση τους παρατηρούνταν παράλληλα ή πάνω από αυτές. Μέσα από την έρευνά τους διαπίστωσαν ότι:

1. Τα πτηνά στην περιοχή δεν παρουσιάζουν σημαντικό βαθμό θνησιμότητας,
2. Τα επικρατέστερα είδη της περιοχής εμφάνιζαν χαμηλό κίνδυνο σύγκρουσης με τον πύργο μιας α/γ και
3. Η συμπεριφορά πτήσης των ειδών δεν παρουσίασε έντονη διαταραχή από την παρουσία των α/γ στην περιοχή.

Οι Diffendorfer, Vanderhoof, M.K. & Ancona, Z.H. (2022), διερεύνησαν τον τρόπο με τον οποίο οι αεροδυναμικές δίνες των α/γ επηρεάζουν το μικροκλίμα και τη χλωρίδα σε αιολικά πάρκα των ΗΠΑ, διαπιστώνοντας ότι οι επιδράσεις μπορεί να είναι θετικές ή αρνητικές, εξαρτώμενες κυρίως από τις κλιματικές συνθήκες, χωρίς να εμφανίζουν σωρευτική μακροχρόνια τάση. Συγκεκριμένα χρησιμοποίησαν ωριαία δεδομένα ανέμου για να μοντελοποιήσουν ζώνες wake και non-wake γύρω από τις α/γ. Ανέλυσαν δορυφορικά δεδομένα για την χλωρίδα της περιοχής με δείκτες τηλεπισκόπησης, εφάρμοσαν στατιστικά μοντέλα τύπου BACI (Before After Control Impact) και περιόρισαν τα δείγματα τους σε περιοχές χωρίς αλλαγές χρήσης γης, στον κύριο τύπο βλάστησης και σε διαταραγμένες περιοχές πριν και μετά την κατασκευή αιολικών πάρκων. Βασικό εύρημα της έρευνας τους ήταν ότι σε 10 από τα 17 αιολικά πάρκα της περιοχής έρευνας τους, παρατηρήθηκαν σημαντικές επιδράσεις wakes, δηλαδή διαταραχές στον αέρα που δημιουργείται πίσω από μια α/γ, όταν ο άνεμος περνάει μέσα από τον ρότορα.

Οι Kati, V., Kassara, C., Vrontisi, Z. & Moustakas, A. (2021), εξέτασαν τη σύγκρουση που μπορεί να προκύψει μεταξύ της ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας και της προστασίας της βιοποικιλότητας. Συγκεκριμένα μελέτησαν τον τρόπο με τον οποίο ο χωροταξικός σχεδιασμός μπορεί να συμβάλει στη βιώσιμη ανάπτυξη των αιολικών πάρκων, ώστε να μειωθούν οι αρνητικές επιπτώσεις στη φύση. Για τον σκοπό αυτό πρότειναν μια νέα μεθοδολογία χωροθέτησης, σύμφωνα με την οποία οι επενδύσεις σε αιολική ενέργεια θα πρέπει να κατευθύνονται κυρίως σε κατακερματισμένες περιοχές που βρίσκονται εκτός προστατευόμενων περιοχών του δικτύου Natura 2000. Η προσέγγιση αυτή εφαρμόστηκε ως μελέτη περίπτωσης στην Ελλάδα, με στόχο να αξιολογηθεί αν είναι δυνατόν να επιτευχθούν οι ενεργειακοί στόχοι της χώρας χωρίς σημαντικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα. Οι ερευνητές ανέλυσαν δεδομένα για την αιολική δυναμικότητα, τις προστατευόμενες περιοχές και τις οικολογικά ευαίσθητες ζώνες, προκειμένου να εντοπίσουν περιοχές όπου η ανάπτυξη αιολικών πάρκων θα ήταν ενεργειακά αποδοτική αλλά και περιβαλλοντικά πιο βιώσιμη.

2.2.4 Μελέτες Κοινωνιολογικές

Οι Komninou, M., Afouxenidis, A., Souliotis, N. & Karoulas, G. (2023), μελέτησαν τον τρόπο με τον οποίο διαμορφώνεται η κοινωνική αποδοχή των αιολικών πάρκων στην Ελλάδα, αναλύοντας τον ρόλο και τις συμμαχίες των περιβαλλοντικών ΜΚΟ (Μη Κυβερνητικών Οργανώσεων). Μελέτησαν ‘‘συμμαχίες λόγου’’ (discourse coalitions) και συνεργασίες ή συγκρούσεις μεταξύ φορέων σε τοπικό και εθνικό επίπεδο και πραγματοποιώντας βιβλιογραφική έρευνα και συνεντεύξεις ανέλυσαν τον τρόπο με τον οποίο διαμορφώνεται η κοινωνική αποδοχή ή η αντίθεση απέναντι στα αιολικά πάρκα σε τοπικό επίπεδο. Βασικότερα ευρήματα κατά την έρευνα τους ήταν ότι:

1. Οι εθνικές και τοπικές περιβαλλοντικές οργανώσεις, τείνουν να υιοθετούν μια πιο αυστηρή και πιο κριτική στάση απέναντι στα αιολικά πάρκα. Επίσης συμμετέχουν πιο ενεργά σε τοπικές αντιδράσεις και διαδηλώσεις σχετικά με την κατασκευή αιολικών πάρκων.
2. Οι ΜΚΟ μπορούν να επηρεάσουν την κοινωνική αποδοχή γύρω από τα αιολικά πάρκα είτε υποστηρίζοντας την τεχνολογία της αιολικής ενέργειας γενικά, είτε αντιδρώντας σε συγκεκριμένα έργα και τοποθεσίες.

3. Η παρέμβαση σε τοπικό επίπεδο αφορά κυρίως αντιδράσεις και διαμαρτυρίες παρά την υποστήριξη έργων.

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται μια σύνοψη της ανασκόπησης της επιστημονικής βιβλιογραφίας ως προς τον τύπο της μελέτης και τη μεθοδολογία που εφαρμόστηκε σε κάθε μία από τις παραπάνω έρευνες που πραγματοποιήθηκαν τα τελευταία χρόνια σχετικά με την εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης στη χωροθέτηση των α/γ στο περιβάλλον στην Ελλάδα και το εξωτερικό:

Περιοχή/Χώρα	Τύπος Μελέτης	Στόχος	Μέθοδος	Πηγή
Κόλπος Ομάν/Ιράν	Χωροταξική	Εύρεση κατάλληλων θέσεων για αιολικά πάρκα	Delphi, AHP, WLC, TOPSIS, WOA	Borhani, M., et al., 2025
Επαρχία Kermanshah/ Ιράν	Χωροταξική - Περιβαλλοντική	Εύρεση κατάλληλων θέσεων για αιολικά πάρκα	AHP και GIS	Yousefi, H., et al., 2024
Τυνησία	Χωροταξική	Εύρεση κατάλληλων θέσεων για αιολικά πάρκα	AHP, GIS, Weighted overlay	Sassi, R. & Souheil, E.A., 2023
Επαρχία Σεμνάν/Ιράν	Χωροταξική	Εύρεση κατάλληλων θέσεων για αιολικά πάρκα	ArcGis, AHP	Yousefi, H., Motlagh, S. G., & Montazeri, M. 2022

Νότια Γαλλία	Χωροταξική	Εύρεση κατάλληλων θέσεων για αιολικά πάρκα	GIS, AHP	Ifkirne, M. et al., 2022
Γκάνα	Τεχνοοικονομική - Περιβαλλοντική	Βελτιστοποίηση χωροθέτησης	LCOE, payback period, IRR	Amjad, F., et al., 2021
Βόρειο Μεξικό	Χωροταξική	Ανάλυση καταλληλότητας για χωροθέτηση α/γ	GIS, AHP	Garcia, A.R. & Moran, T.G., 2021
Ινδία	Χωροταξική	Εύρεση κατάλληλων θέσεων για αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα	GIS, MCDM, F-AHP	Saraswat, S.K., et al., 2021
Φούρνοι Κορσεών (Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος)/ Ελλάδα	Χωροταξική	Εύρεση κατάλληλων θέσεων για αιολικά πάρκα	GIS, AHP-MCDM	Bertsiou, M., Theochari, A. και Baltas, E. (2020)
Wafangdian/ Κίνα	Χωροταξική	Εύρεση κατάλληλων θέσεων για αιολικά πάρκα	IAHP και stochastic VIKOR	Xu, Y., et al., 2020

Συρία	Χωροταξική	Εύρεση κατάλληλων θέσεων για αιολικά και πάρκα	AHP και GIS	Habib, M. & Matouk, A. (2020)
Επαρχία Alborz/ Ιράν	Χωροταξική	Εύρεση κατάλληλων θέσεων για αιολικά πάρκα	AHP, GIS και ανάλυση ευαισθησίας	Siamak, M., et al., 2020
Νήσος Mauritius/ Νοτιοδυτικό τμήμα Ινδικού Ωκεανού	Χωροταξική	Εύρεση κατάλληλων θέσεων για αιολικά πάρκα	AHP, GIS, WLC	Cunden, T.S.M., et al., 2020
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη/Ελλάδα	Χωροταξική	Χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων	GIS, AHP, TOPSIS	Ioannou, K., Tsantopoulos, G. & Arabatzis, G. (2019)
Ελλάδα	Οικονομική	Ανάπτυξη πλαισίου σχεδιασμού και οικονομικής αξιολόγησης αιολικών πάρκων	GIS, CPEM	Vavatsikos, A.P., Arvanitidou, A. & Petsas, D. (2019)
Κεντρική Εύβοια/Ελλάδα	Περιβαλλοντική	Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων	Δείκτες βιοποικιλότητας, εθνική και	Kati, V., Spiliopoulou, K., Stefanidis, A. & Kassara, C. (2025)

			ευρωπαϊκή περιβαλλοντική νομοθεσία	
Μογγολία	Περιβαλλοντική	Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων	Γενική γραμμική παλινδρόμηση (general linear regression analysis).	Zhao, X., et al., 2025
Επαρχία Huan/Κίνα	Περιβαλλοντική	Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων	NDVI, FVC	Li, L., et al., 2024
Εύβοια/Ελλάδα	Περιβαλλοντική	Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων	Ανάλυση γεωχωρικών δεδομένων	Kati, V. & Vlachopoulos, K. (2024)
Καβάλα/ Ελλάδα	Περιβαλλοντική	Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων	AHP, SWOT	Daoutis, C. & Lempesi, A. (2023)
Περιφέρεια Θράκης/ Ελλάδα	Περιβαλλοντική	Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από κατασκευή αιολικών πάρκων σε πληθυσμούς νυχτερίδων	Data Analysis	Moustakas, A., et al., 2023

Ελλάδα	Κοινωνιολογική	Εκτίμηση του βαθμού κοινωνικής αποδοχής των αιολικών πάρκων	Discourse coalitions	Komninou, M., et al., 2023
Κεφαλλονιά/ Ελλάδα	Περιβαλλοντική	Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από κατασκευή αιολικών πάρκων στην ορνιθοπανίδα	Data Analysis	Xanthakis, M., Katsimanis, N., & Antonopoulos, N. (2022)
ΗΠΑ	Περιβαλλοντική	Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την κατασκευή αιολικών πάρκων	BACI model	Diffendorfer, Vanderhoof, M.K. & Ancona, Z.H. (2022)
Ελλάδα	Περιβαλλοντική	Εύρεση κατάλληλων δικτύων για εγκατάσταση αιολικών πάρκων	Ανάλυση χωρικών δεδομένων	Kati, V., et al., 2021
Ελλάδα	Χωροταξική – Περιβαλλοντική	Εύρεση φιλοπεριβαλλοντικών θέσεων για εγκατάσταση α/γ	Γεωχωρική ανάλυση δεδομένων, περιβαλλοντική πολιτική	Kati, V. & Kassara, C. (2021)
Ελλάδα	Οικονομική	Αξιολόγηση κερδοφορίας	NPV, IRR	Σακκάς et al., 2020

Πίνακας 2. Σύνοψη ανασκόπησης επιστημονικής βιβλιογραφίας

3. Νομοθεσία αιολικής ενέργειας

3.1 Ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο

Η νομοθεσία που περιστρέφεται αποκλειστικά γύρω από την αιολική ενέργεια στην Ελλάδα επικεντρώνεται κυρίως στη διαδικασία της αδειοδότησης και της προστασίας του περιβάλλοντος και δευτερευόντως στη διαδικασία που αφορά τη διασύνδεση των συναφών έργων με το ενεργειακό δίκτυο.

Τα τελευταία χρόνια έχουν θεσπιστεί αρκετοί νόμοι σχετικά με τη ρύθμιση και την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στη χώρα μας. Οι κυριότεροι από αυτούς τους νόμους και κανονισμούς αναπτύσσονται παρακάτω.

3.3.1. Νόμος 3468/2006 (Α' 129)

Ο νόμος 3468/2006 (ΦΕΚ Α' 129) καθορίζει το πλαίσιο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα, συμπεριλαμβανομένης και της αιολικής ενέργειας. Ανάμεσα στις κύριες διατάξεις του συγκεκριμένου νόμου, δίνονται κίνητρα για την παραγωγή και την ενίσχυση της αιολικής ενέργειας, συμπεριλαμβάνοντας ένα σύστημα εγγυημένων τιμών για την αγορά ενέργειας από ΑΠΕ. Επίσης, καθορίζει τους όρους και τις διαδικασίες για την αδειοδότηση έργων ΑΠΕ, μεταξύ αυτών και για τις α/γ.

3.3.2. Νόμος 4001/2011 (Α' 179)

Ο νόμος 4001/2011 είναι ο βασικός νόμος που θεσπίζει το ρυθμιστικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ στην Ελλάδα, την ηλεκτρική ενέργεια και την οργάνωση της αγοράς ηλεκτρισμού (μεταξύ άλλων και για την αιολική ενέργεια). Συγκεκριμένα ρυθμίζει θέματα αδειοδότησης και σύνδεσης με το δίκτυο, την εκμετάλλευση και τα κριτήρια για την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ.

Παρέχει επίσης προνόμια στους παραγωγούς ΑΠΕ σε σχέση με την προτεραιότητα στην ένταξη της παραγόμενης ενέργειας στο δίκτυο.

3.3.3. Νόμος 4042/2012 (Α' 24)

Με τον νόμο αυτό επισημαίνεται η σημασία για την προστασία του περιβάλλοντος κατά την ανάπτυξη έργων ΑΠΕ. Το κυριότερο "μήνυμα" του νόμου αυτού είναι ότι όλα τα έργα

(συμπεριλαμβανομένων και των αιολικών), πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις περί περιβαλλοντικής αδειοδότησης και να καταδεικνύουν τη μη αρνητική τους επίδραση στο φυσικό περιβάλλον.

3.3.4. Νόμος 4414/2016 (Α' 149)

Ο νόμος 4414/2016 επέτρεψε την απλοποίηση και την επιτάχυνση της αδειοδότησης των έργων ΑΠΕ στην Ελλάδα, διευκολύνοντας περισσότερο τη διαδικασία για την εγκατάσταση α/γ.

Ειδικότερα εισήγαγε το σύστημα των διαγωνισμών για την αιολική ενέργεια και άλλες μορφές ΑΠΕ, με σκοπό τη μείωση του κόστους και την αποτελεσματικότερη ανάπτυξη των έργων. Καθόρισε επίσης τις διαδικασίες για την αδειοδότηση έργων ΑΠΕ με στόχο την ταχύτερη ανάπτυξη τους και στήριξε τη μετάβαση στην καθαρή ενέργεια και ενίσχυσε την αποδοτικότητα και τη βιωσιμότητα των έργων.

3.3.5. Νόμος 4513/2018 (Α' 9)

Με τον νόμο αυτό εφαρμόστηκαν διατάξεις για την εφαρμογή μέτρων για την ανάπτυξη έργων ΑΠΕ στην Ελλάδα και καθορίστηκαν νέες διαδικασίες αδειοδότησης, καθώς και νέες υποχρεώσεις για την προστασία του περιβάλλοντος.

3.3.6. Νόμος 4602/2019 (Α' 45)

Ο νόμος αυτός επικεντρώθηκε στην ενεργειακή πολιτική της χώρας και την ανάπτυξη των ΑΠΕ. Επικαιροποίησε το νομοθετικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ στην Ελλάδα, με στόχο τη στήριξη της «Πράσινης Συμφωνίας» (Green Deal).

Ειδικότερα σαν νόμος συμπεριλαμβάνει την ενίσχυση της στρατηγικής για την επέκταση της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα, επιβάλλει ρυθμίσεις για τη δημιουργία ενός ευνοϊκού περιβάλλοντος για την ανάπτυξη έργων ΑΠΕ (συμπεριλαμβανομένων και των αιολικών πάρκων) και ορίζει διαδικασίες και κίνητρα για τις επενδύσεις σε αιολικές και άλλες μορφές ΑΠΕ.

3.3.7. Νόμος 4685/2020 (Α' 92)

Ο νόμος αυτός επικεντρώθηκε στον εκσυγχρονισμό και την ενίσχυση της διαφάνειας στο χώρο της ενέργειας. Συγκεκριμένα αναθεώρησε και εκσυγχρόνισε τη διαδικασία αδειοδότησης των ΑΠΕ. Εισήγαγε νέα εργαλεία για τη διευκόλυνση των επενδύσεων, τη μείωση της γραφειοκρατίας και τη διαφάνεια στη διαδικασία αδειοδότησης των έργων ΑΠΕ (ειδικά για τους σταθμούς που αναφέρονται στα άρθρα 11^A, 12, 13, 15, 19 και 126 του ίδιου νόμου).

3.3.8. Νόμος 4864/2021 (Α' 237)

Ο νόμος αυτός επικεντρώθηκε στην ενίσχυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μέσω διασυνδέσεων και νέων τεχνολογιών σχετικά με την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας. Αύξησε επίσης τη σημασία των αιολικών πάρκων και την ανάγκη για την ενσωμάτωσή τους στο ευρωπαϊκό ενεργειακό δίκτυο.

3.3.9. Νόμος 4951/2022 (Α' 129)

Ο νόμος αυτός αφορά κυρίως ρυθμίσεις για την άμεση και ταχύτερη αδειοδότηση έργων ΑΠΕ στην Ελλάδα. Περιλαμβάνει σημαντικές αλλαγές και βελτιώσεις στον τομέα της ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας και άλλων μορφών ΑΠΕ.

Τα βασικότερα σημεία του νόμου 4951/2022 σχετικά με την αιολική ενέργεια, αφορούν πρωτίστως την επιτάχυνση και την απλοποίηση της αδειοδοτικής διαδικασίας. Συγκεκριμένα ο νόμος εισήγαγε διαδικασίες που στοχεύουν στη μείωση του απαιτούμενου χρόνου για την αδειοδότηση έργων ΑΠΕ (συμπεριλαμβανομένων και των αιολικών πάρκων), έκανε ευέλικτη και περισσότερο διαφανή τη διαδικασία αδειοδότησης με σκοπό την εξοικονόμηση χρόνου και την ενίσχυση των επενδύσεων σχετικά με την αιολική ενέργεια και δημιούργησε μητρώο αιολικών πάρκων για να παρακολουθούνται σε πραγματικό χρόνο τα έργα και να αποφεύγονται οι καθυστερήσεις.

Απλοποίησε επίσης τις διαδικασίες περιβαλλοντικών αδειοδοτήσεων, εισάγοντας νέες απλοποιημένες διαδικασίες για την περιβαλλοντική αδειοδότηση των έργων ΑΠΕ, ώστε να μειωθούν οι γραφειοκρατικές διαδικασίες και να επιταχυνθεί η εφαρμογή τους. Επιταχύνθηκε ακόμη η διαδικασία έκδοσης περιβαλλοντικών αδειών, υπό τον όρο ότι τα

έργα πληρούν τις περιβαλλοντικές προδιαγραφές και τις απαιτήσεις για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος.

Δημιούργησε ακόμη την “Ανάπτυξη Υποδομών ΑΠΕ” και διαγωνιστικών διαδικασιών, εισάγοντας τη δυνατότητα για την γρήγορη ανάπτυξη και εγκατάσταση α/γ μέσω διαγωνιστικών διαδικασιών, οι οποίοι εξασφαλίζουν τη διαφάνεια και τη μειωμένη τιμή παραγωγής ενέργειας, ενώ προωθούν την ανταγωνιστικότητα στον τομέα της αιολικής ενέργειας.

Ο ανωτέρω νόμος προχώρησε επίσης σε ρυθμίσεις σχετικά με τις διαδικασίες για τα αιολικά πάρκα σε περιοχές Natura 2000. Συγκεκριμένα παραχώρησε τη δυνατότητα για μελέτη και ανάπτυξη αιολικών έργων σε περιοχές Natura 2000, υπό την προϋπόθεση ότι πληρούν αυστηρές περιβαλλοντικές προδιαγραφές και δεν επιφέρουν σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στην τοπική βιοποικιλότητα. Εισήγαγε επίσης τη διαδικασία της “ενιαίας περιβαλλοντικής εκτίμησης”, η οποία επιτρέπει τη συγκέντρωση όλων των αδειοδοτικών απαιτήσεων σε μια ενιαία διαδικασία για τα έργα ΑΠΕ.

Καθιέρωσε επίσης νέους κανόνες για τη διασύνδεση και τη χωροθέτηση. Συγκεκριμένα η χωροθέτηση των αιολικών πάρκων γίνεται πιο ευέλικτη, καθώς διευρύνονται οι περιοχές για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών, με προτεραιότητα τις περιοχές που παρουσιάζουν υψηλό αιολικό δυναμικό. Επιταχύνεται επίσης η διαδικασία διασύνδεσης των αιολικών πάρκων με το ηλεκτρικό δίκτυο, προκειμένου να ενισχυθεί η παραγωγή και διανομή της πράσινης ενέργειας.

Επιπρόσθετα, θεσμοθετήθηκαν κίνητρα για τη χρηματοδότηση έργων ΑΠΕ. Συγκεκριμένα ο ανωτέρω νόμος πρόσφερε νέα χρηματοδοτικά εργαλεία και κίνητρα για την ανάπτυξη έργων ΑΠΕ, προκειμένου να ενθαρρύνει τις επενδύσεις και να συμβάλει στην επίτευξη των στόχων της χώρας για τη μείωση των εκπομπών του CO₂ και την προώθηση της πράσινης ενέργειας.

Τέλος, με τον νόμο 4951/2022, εκσυγχρονίστηκαν αναπτύχθηκαν νέες τεχνολογίες σχετικά με την αποθήκευση της ενέργειας. Συγκεκριμένα ο νόμος προέβλεψε την ενίσχυση της ανάπτυξης τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας (με συσσωρευτές ή αντλησιοταμιευτήρες) με σκοπό τη βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας των αιολικών πάρκων, επιτρέποντας έτσι την καλύτερη διαχείριση των περιόδων με υψηλή παραγωγή ενέργειας, καθώς και της ζήτησης.

3.3.10. Νόμος 4964/2022 (Α' 150)

Ο νόμος αυτός αναφέρεται σε ρυθμίσεις για την ενίσχυση των ΑΠΕ και την ταχύτερη ανάπτυξη τους στην Ελλάδα. Περιλαμβάνει σημαντικές διατάξεις που επηρεάζουν και την αιολική ενέργεια, προκειμένου να επιτευχθούν οι εθνικοί και ευρωπαϊκοί στόχοι για τη μετάβαση σε καθαρές πηγές ενέργειας. Ο νόμος εισάγει μέτρα που επιταχύνουν την ανάπτυξη έργων ΑΠΕ, συμπεριλαμβανομένων και των αιολικών πάρκων, και βελτιώνουν τη διαδικασία αδειοδότησης και την ενσωμάτωση των ΑΠΕ στο δίκτυο (άρθρα 2, 65-67, 174 και 176).

3.3.11. Νόμος 5037/2023 (Α' 78)

Ο νόμος αυτός εντάσσεται στο ευρύτερο πλαίσιο της στρατηγικής για την πράσινη μετάβαση της χώρας, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι της για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την ενίσχυση της καθαρής ενέργειας.

Τα κυριότερα σημεία του νόμου σχετικά με την αιολική ενέργεια, αφορούν πρωτίστως την απλοποίηση και την επιτάχυνση της αδειοδοτικής διαδικασίας. Σχετικά με αυτό, ο νόμος έκανε ακόμη πιο ευέλικτη και περισσότερο αποτελεσματική την αδειοδότηση των έργων ΑΠΕ, απλοποιώντας τη γραφειοκρατία, μειώνοντας έτσι τις καθυστερήσεις που παρατηρούνται σε πολλά έργα. Υιοθέτησε επίσης ένα σύστημα ψηφιακής αδειοδότησης, το οποίο επέτρεψε τη διαχείριση των αιτήσεων και των διαδικασιών μέσω ηλεκτρονικών πλατφορμών, προσφέροντας με αυτόν τον τρόπο μεγαλύτερη διαφάνεια και ταχύτητα στις διαδικασίες.

Θεσμοθέτησε επίσης διαγωνισμούς και διαφανείς διαδικασίες για την ανάθεση έργων ΑΠΕ, εισάγοντας κατάλληλο σύστημα διαγωνισμού για την αιολική ενέργεια, το οποίο εξασφαλίζει τον ανταγωνισμό στην αγορά και καλύτερες τιμές σχετικά με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με τους διαγωνισμούς ενισχύεται η διαφάνεια της αδειοδοτικής διαδικασίας και προσφέρονται κίνητρα για τις επενδύσεις στην αιολική ενέργεια, μειώνοντας παράλληλα το κόστος παραγωγής ενέργειας και μειώνοντας την αποδοτικότητα.

Προχώρησε επίσης σε ρυθμίσεις για την χωροθέτηση των αιολικών πάρκων, προωθώντας μεθόδους επανααξιολόγησης, προκειμένου να εξασφαλιστεί η καλύτερη εκμετάλλευση των περιοχών με υψηλό αιολικό δυναμικό και να αποφεύγονται συγκρούσεις με μορφές

χρήσεων γης, όπως η γεωργία και ο τουρισμός. Καθόρισε ακόμη νέες κατάλληλες περιοχές για τη δημιουργία αιολικών πάρκων, ενώ προέβλεψε επίσης την ανάγκη για ενίσχυση των μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος.

Ενίσχυσε τις διαδικασίες για την διασύνδεση των αιολικών πάρκων στο ηλεκτρικό δίκτυο της χώρας, προκειμένου να διασφαλιστεί η αποτελεσματικότερη ενσωμάτωση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας στο εθνικό ενεργειακό σύστημα και εισήγαγε μέτρα για την ενίσχυση των υποδομών του δικτύου, προκειμένου να εξασφαλιστεί η αποτελεσματικότερη μεταφορά και διανομή της παραγόμενης ενέργειας, ακόμη και σε απομακρυσμένες περιοχές που φιλοξενούν αιολικά πάρκα.

Στο πλαίσιο της αιολικής ενέργειας, ο νόμος προώθησε επίσης την ανάπτυξη τεχνολογιών για την αποθήκευση ενέργειας, όπως σταθμούς για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας (γνωστές και ως μπαταρίες) και αντλησιοταμιευτήρες, προκειμένου να βελτιωθεί η αποδοτικότητα του συστήματος και να εξασφαλιστεί η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών ακόμα και όταν η παραγωγή αιολικής ενέργειας δεν είναι επαρκής.

Καθόρισε αυστηρές περιβαλλοντικές προϋποθέσεις για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων σε περιοχές Natura 2000 και άλλες προστατευόμενες περιοχές, εξασφαλίζοντας την προστασία της βιοποικιλότητας και του φυσικού περιβάλλοντος. Για τις περιπτώσεις έργων σε οικολογικά ευαίσθητες περιοχές, ο νόμος υποχρεώνει τους επενδυτές να προχωρούν σε ενδεδειγμένες εκτιμήσεις περιβαλλοντικών επιπτώσεων και να υιοθετούν μέτρα για την προστασία των οικοσυστημάτων.

Τέλος, ο νόμος ενίσχυσε την έρευνα και την καινοτομία στον τομέα των ΑΠΕ, χρηματοδοτώντας νέες τεχνολογίες και πρακτικές που μπορούν να βελτιώσουν την αποδοτικότητα και τη βιωσιμότητα των αιολικών έργων και πρόσφερε κίνητρα για την ανάπτυξη προηγμένων τεχνολογιών ανεμογεννητριών, τη μείωση του κόστους και την ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης (άρθρα 141, 158, 163 και 164).

3.3.12. Νόμος 5106/2024 (Α' 63)

Ο νόμος αυτός επιδίωξε να ενισχύσει περαιτέρω την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα, επιταχύνοντας ακόμη περισσότερο τις διαδικασίες αδειοδότησης, ενισχύοντας έτσι την ανταγωνιστικότητα των έργων και βελτιώνοντας τις υποδομές για τη διασύνδεση και την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας.

Με τη δημιουργία ενός ευνοϊκού και ευέλικτου νομοθετικού πλαισίου, η Ελλάδα επιδιώκει να επιτύχει τους στόχους της σχετικά με τη βιώσιμη ανάπτυξη που έχει θέσει απέναντι στην ΕΕ, την ενεργειακή ανεξαρτησία της και την προστασία του περιβάλλοντος, προχωρώντας στην ενεργειακή μετάβαση προς τις ΑΠΕ.

Μεταξύ άλλων, σημαντικότερα σημεία του νόμου είναι η ενίσχυση της έρευνας και της καινοτομίας στον τομέα των ΑΠΕ, με υποστήριξη για έρευνα και καινοτομία σχετικά με την ανάπτυξη αποδοτικότερων τεχνολογιών ανεμογεννητριών, νέες τεχνικές για την αύξηση της παραγωγής και τη μείωση του κόστους των έργων ΑΠΕ και η παροχή κινήτρων για την ανάπτυξη και εφαρμογή νέων που θα συμβάλουν στην πράσινη μετάβαση και στην επίτευξη των στόχων βιωσιμότητας και ενεργειακής αποδοτικότητας.

Τέλος, υποστήριξε την ανάπτυξη έργων ΑΠΕ σε απομακρυσμένες ή νησιωτικές περιοχές της Ελλάδας, συμβάλλοντας στην ενεργειακή αυτονομία των περιοχών αυτών και στην ενίσχυση της πράσινης ενέργειας σε τοπικό επίπεδο. Παράλληλα εισήγαγε οικονομικά κίνητρα και επιδότηση έργων ΑΠΕ σε περιοχές με περιορισμένη πρόσβαση στο κεντρικό δίκτυο για την ενίσχυση της ‘‘πράσινης’’ μετάβασης.

3.2 Ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο

Η ευρωπαϊκή νομοθεσία για την αιολική ενέργεια συγκροτείται από ένα σύνολο κανονισμών, οδηγιών και στρατηγικών που στοχεύουν στην προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), με ιδιαίτερη έμφαση στην αιολική ενέργεια. Όλα αυτά εντάσσονται στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας και της επιδίωξης για κλιματική ουδετερότητα έως το 2050. Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά εργαλεία πολιτικής της ΕΕ στον τομέα αυτό.

Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (European Green Deal), που υιοθετήθηκε το 2019, αποτελεί τον κεντρικό άξονα της στρατηγικής της ΕΕ για βιώσιμη ανάπτυξη. Στοχεύει στη σταδιακή απεξάρτηση από τον άνθρακα και στη μετάβαση σε καθαρές μορφές ενέργειας, με την αιολική ενέργεια να διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο. Στο πλαίσιο αυτό, έχει τεθεί ο στόχος τουλάχιστον το 40% της ενέργειας να προέρχεται από ΑΠΕ έως το 2030.

Η Στρατηγική της ΕΕ για την Υπεράκτια Αιολική Ενέργεια (EU Offshore Wind Strategy), που παρουσιάστηκε το 2020, δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη της θαλάσσιας αιολικής ενέργειας. Προβλέπει την εγκατάσταση 60 GW έως το 2030 και 300 GW έως το

2050, συμβάλλοντας τόσο στη μείωση των εκπομπών όσο και στην ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας.

Η οδηγία 2009/28/EK (RES Directive) θέτει το βασικό πλαίσιο για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην ΕΕ, καθορίζοντας ως στόχο τη συμμετοχή τους κατά 20% στην τελική κατανάλωση ενέργειας έως το 2020. Η εφαρμογή της ενίσχυσε σημαντικά τις εθνικές πολιτικές υπέρ της αιολικής ενέργειας. Στη συνέχεια, επικαιροποιήθηκε μέσω της Οδηγίας 2018/2001/ΕΕ (RED II).

Η οδηγία 2018/2001/ΕΕ (RED II) εισάγει πιο φιλόδοξους στόχους, προβλέποντας τουλάχιστον 32% συμμετοχή των ΑΠΕ έως το 2030. Παράλληλα, δίνει έμφαση στη διευκόλυνση της ανάπτυξης νέων έργων, μειώνοντας τα διοικητικά εμπόδια και επιταχύνοντας τις διαδικασίες αδειοδότησης.

Η οδηγία 2023/2413/ΕΕ (RED III) αυξάνει τον δεσμευτικό στόχο των ΑΠΕ στο 42,5% έως το 2030. Παράλληλα, απλοποιεί δραστικά τις αδειοδοτήσεις έργων και θέτει αυστηρά κριτήρια για τη βιομηχανία, τις μεταφορές και τα κτίρια.

Η νομοθεσία που σχετίζεται με τη βιοποικιλότητα ενσωματώνει απαιτήσεις για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος κατά την ανάπτυξη έργων ΑΠΕ. Ιδιαίτερα για τα αιολικά έργα, απαιτείται αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ώστε να διασφαλίζεται η προστασία των οικοσυστημάτων και των προστατευόμενων περιοχών.

Ο Κανονισμός 347/2013/ΕΕ για τα διευρωπαϊκά ενεργειακά δίκτυα αποσκοπεί στη βελτίωση της διασύνδεσης των ηλεκτρικών συστημάτων μεταξύ των κρατών-μελών. Αυτό διευκολύνει τη μεταφορά αιολικής ενέργειας από περιοχές με υψηλό δυναμικό παραγωγής προς περιοχές με αυξημένη ζήτηση.

Ο κανονισμός 2020/852/ΕΕ συνδέει την ενεργειακή πολιτική με τη βιώσιμη χρηματοδότηση, αναδεικνύοντας τη σημασία των ΑΠΕ – και ειδικότερα της αιολικής ενέργειας – για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Τέλος, ο κανονισμός 2021/1119/ΕΕ (Ευρωπαϊκός Κλιματικός Νόμος) θεσπίζει τον δεσμευτικό στόχο της κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050. Στο πλαίσιο αυτό, η περαιτέρω ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας θεωρείται κρίσιμη, ενώ παράλληλα προωθούνται επενδύσεις σε έργα ΑΠΕ και η ενίσχυση των διασυνοριακών ενεργειακών υποδομών. Στον Πίνακα 3, παρουσιάζεται μια σύνοψη του ελληνικού και ευρωπαϊκού

νομοθετικού πλαισίου που διέπει την αδειοδότηση, την κατασκευή και τη χωροθέτηση των αιολικών πάρκων:

Νομοθετική Διάταξη	ΦΕΚ / Τίτλος απόφασης	Σημασία του νόμου για τα αιολικά πάρκα
N. 3468/2006	Τεύχος Α΄ 129/27-6-2006	Νομιμοποίηση των κανόνων εγκατάστασης και αδειοδότησης των α/γ, των τιμών και των περιοχών όπου επιτρέπεται η εγκατάσταση τους
N. 4001/2011	Τεύχος Α΄ 179/22-8-2011	Νομιμοποίηση της απελευθέρωσης της αγοράς, της λειτουργίας των ενεργειακών δικτύων και των αρμοδιοτήτων της ΡΑΕ
N. 4042/2012	Τεύχος Α΄ 24/13-2-2012	Το ΦΕΚ του νόμου 4042/2012 θεσπίζει την ποινική προστασία του περιβάλλοντος και καθορίζει το ευρωπαϊκό πλαίσιο για τη διαχείριση αποβλήτων
N. 4414/2016	Τεύχος Α΄ 149/9-8-2016	θεσπίζει τις ανταγωνιστικές δημοπρασίες και το νέο καθεστώς στήριξης για την αποζημίωση της αιολικής ενέργειας
N. 4513/2018	Τεύχος Α΄ 9/23-1-2018	Επιτρέπει σε πολίτες και ΟΤΑ να ιδρύουν Ενεργειακές Κοινότητες για συλλογικά αιολικά έργα και αυτοπαραγωγή
N. 4602/2019	Τεύχος Α΄ 45/9-3-2019	Παρατείνει τις προθεσμίες υλοποίησης αιολικών έργων και ρυθμίζει τη συμμετοχή τους σε κοινούς ανταγωνιστικούς διαγωνισμούς

N. 4685/2020	Τεύχος Α΄ 92/7-5-2020	Απλοποιεί δραστικά την περιβαλλοντική αδειοδότηση και θεσπίζει τη Βεβαίωση Παραγωγού για ταχύτερη ανάπτυξη αιολικών έργων
N. 4864/2021	Τεύχος Α΄ 237/2-12-2021	Εντάσσει μεγάλα αιολικά έργα στις Στρατηγικές Επενδύσεις, προσφέροντας ταχεία αδειοδότηση και ειδικά χωροταξικά προνόμια
N. 4951/2022	Τεύχος Α΄ 129/4-7-2022	Εφαρμόζεται διαδικασία ψηφιοποίησης των αδειών, απλοποιείται η διαδικασία διασύνδεσης των αιολικών έργων στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και εισάγεται πλαίσιο για αποθήκευση ενέργειας με αιολικά
N. 4964/2022	Τεύχος Α΄ 150/30-7-2022	Θεσπίζει το πρώτο ολοκληρωμένο πλαίσιο για την ανάπτυξη και αδειοδότηση υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Ελλάδα. Η νομοθεσία καθορίζει τις Περιοχές Οργανωμένης Ανάπτυξης Υπεράκτιων Αιολικών και τις διαδικασίες για τις άδειες έρευνας
N. 5037/2023	Τεύχος Α΄ 78/29-3-2023	Μετονομάζει τη ΡΑΕ σε ΡΑΕΥ, ρυθμίζει θέματα υδάτων/αποβλήτων και εκσυγχρονίζει το πλαίσιο για τις Ενεργειακές Κοινότητες ΑΠΕ
N. 5106/2024	Τεύχος Α΄ 63/1-5-2024	Εκσυγχρονίζει το πλαίσιο για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα, ρυθμίζει τις περικοπές ενέργειας και ενισχύει την ενεργειακή ασφάλεια

Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία 2019	European Green Deal 2019	Θεσπίζει τον στόχο για κλιματική ουδετερότητα έως το 2050, προωθώντας μαζικά τα χερσαία και θαλάσσια αιολικά έργα
Στρατηγική της ΕΕ για την Υπεράκτια Αιολική Ενέργεια	An EU Strategy to harness the potential of offshore renewable energy for a climate neutral future	Επιδιώκει τη μαζική ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων για την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας, μέσω κοινών θαλάσσιων χώρων και επενδύσεων μέχρι το 2030 και το 2050
Οδηγία 2018/2001/ΕΕ (RED II)	Οδηγία (ΕΕ) 2018/2001 για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές	Αυξάνει τους πράσινους στόχους, απλοποιεί τις αδειοδοτήσεις και προωθεί τις διμερείς συμβάσεις για ταχύτερη ανάπτυξη αιολικών πάρκων
Οδηγία 2023/2413/ΕΕ (RED III)	Οδηγία (ΕΕ) 2023/2413 για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές	Αυξάνει τον δεσμευτικό στόχο των ΑΠΕ στο 42,5% έως το 2030 για την ΕΕ
Κανονισμός 347/2013/ΕΕ	«Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 347/2013 σχετικά με τις κατευθυντήριες γραμμές για τις διευρωπαϊκές	Επιταχύνει τις διασυνοριακές ηλεκτρικές διασυνδέσεις (Έργα Κοινού Ενδιαφέροντος - PCI), επιτρέποντας τη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων αιολικής ενέργειας μεταξύ κρατών-μελών

	ενεργειακές υποδομές	
Κανονισμός 2020/852/ΕΕ	Κανονισμός (ΕΕ) 2020/852 σχετικά με τη θέσπιση πλαισίου για τη διευκόλυνση των βιώσιμων επενδύσεων	Καθορίζει ποια έργα είναι περιβαλλοντικά βιώσιμα, κατευθύνοντας πράσινα κεφάλαια στην κατασκευή και λειτουργία αποδοτικών αιολικών πάρκων χωρίς σημαντική βλάβη
Κανονισμός 2021/1119/ΕΕ	Κανονισμός (ΕΕ) 2021/1119 για τη θέσπιση πλαισίου με στόχο την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας	Μετατρέπει σε νομική υποχρέωση την κλιματική ουδετερότητα, επιβάλλοντας τη ραγδαία αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων από χερσαία και θαλάσσια αιολικά έργα

Πίνακας 3. Σύνοψη ελληνικού και ευρωπαϊκού νομοθετικού πλαισίου σχετικά με την αιολική ενέργεια

3.3 Το Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο (ΕΧΠ) - Η ΚΥΑ 49828 (ΦΕΚ 2464/3-12-2008)

Η ΥΑ 49828 αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές ΚΥΑ που έχουν δημοσιευτεί στον τομέα της ενέργειας και του χωροταξικού σχεδιασμού μέχρι σήμερα στην Ελλάδα. Με την απόφαση αυτή εγκρίθηκε το πρώτο ‘Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ’ στη χώρα μας, το οποίο έθεσε τις βασικότερες κατευθύνσεις για τη χωροθέτηση έργων ΑΠΕ και άλλων μορφών καθαρής ενέργειας, μεταξύ των οποίων και για τις ανεμογεννήτριες. Πρόκειται για το βασικότερο χωροταξικό εργαλείο για έργα ΑΠΕ στη χώρα μας, καθώς καθορίζει μια σειρά από παράγοντες όπως, που επιτρέπεται η εγκατάσταση έργων ΑΠΕ, ποιες είναι οι σημαντικότερες περιοχές αποκλεισμού ή περιορισμών (περιοχές Natura 2000, ιστορικά μνημεία, προστατευόμενες ζώνες, κ.λ.π.), ποια είναι τα κυριότερα κριτήρια χωροθέτησης, κ.α..

Η ανάγκη για τη θέσπιση του πλαισίου αυτού προέκυψε από τη ραγδαία αύξηση του ενδιαφέροντος για επενδύσεις σε ΑΠΕ, σε συνδυασμό με την υποχρέωση της χώρας να συμμορφωθεί με τις ευρωπαϊκές πολιτικές για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Το Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο για τις ΑΠΕ αποσκοπεί στην εξισορρόπηση δύο βασικών στόχων:

- 1) αυτήν της προώθησης της παραγωγής καθαρής ενέργειας και
- 2) της προστασίας του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος

Η ΚΥΑ 49828/2008 περιλαμβάνει βασικές κατευθυντήριες αρχές για την ανάπτυξη έργων ΑΠΕ, τη χωρική οργάνωση των σχετικών δραστηριοτήτων, τον καθορισμό ζωνών καταλληλότητας και αποκλεισμού και ειδικά κριτήρια για κάθε μορφή ενέργειας.

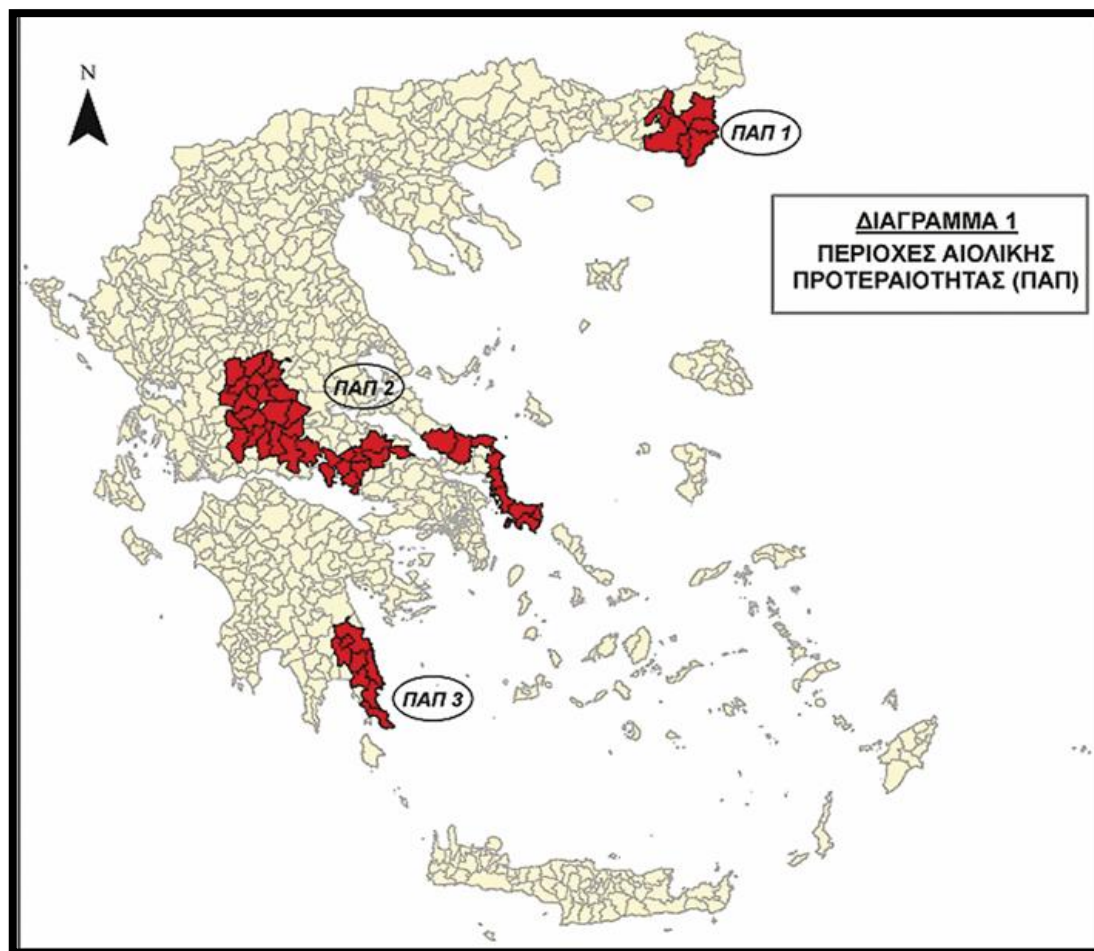
Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην αιολική ενέργεια, καθώς κατά τον χρόνο έκδοσης της απόφασης αποτελούσε την πιο ώριμη και διαδεδομένη μορφή ΑΠΕ στην Ελλάδα. Το χωροταξικό πλαίσιο συνοδεύεται από Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΣΜΠΕ), η οποία αξιολογεί τις συνολικές επιπτώσεις της εφαρμογής του.

Με την απόφαση αυτή η αιολική ενέργεια αντιμετωπίζεται ως βασικός πυλώνας της ενεργειακής πολιτικής της χώρας. Η ανάπτυξη αιολικών πάρκων θεωρείται κρίσιμη για τη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, την ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας και την επίτευξη των εθνικών και ευρωπαϊκών στόχων.

Ωστόσο, λόγω της έντονης χωρικής και οπτικής επίδρασης των ανεμογεννητριών, κρίθηκε απαραίτητος ο αυστηρός καθορισμός κανόνων χωροθέτησης.

Το Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο διακρίνει τον εθνικό χώρο σε κατηγορίες ανάλογα με τη δυνατότητα εγκατάστασης αιολικών έργων.

Η πρώτη κατηγορία είναι οι περιοχές αποκλεισμού, όπου απαγορεύεται η εγκατάσταση αιολικών πάρκων, περιλαμβάνονται περιοχές απόλυτης προστασίας της φύσης, πυρήνες εθνικών δρυμών, αρχαιολογικοί χώροι υψηλής σημασίας, μνημεία παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς και ορισμένες περιοχές Natura 2000 (υπό προϋποθέσεις). Στην Εικόνα 12 παρουσιάζονται οι Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (ΠΑΠ) της ελληνικής επικράτειας:



Εικόνα 12. Περιοχές αιολικής προτεραιότητας (ΠΑΠ) της ελληνικής επικράτειας (ΠΑΠ) της ελληνικής επικράτειας (πηγή: προσαρμοσμένο από Εθνικό Τυπογραφείο, 2008)

Ακολουθούν οι περιοχές περιορισμένης καταλληλότητας, στις οποίες επιτρέπεται η εγκατάσταση υπό αυστηρούς όρους και έπειτα από ειδική αξιολόγηση. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι ζώνες Natura 2000, τα τοπία ιδιαίτερου φυσικού κάλλους και οι περιοχές με σημαντική τουριστική δραστηριότητα.

Τελευταία κατηγορία αποτελούν οι περιοχές προτεραιότητας, τις οποίες απαρτίζουν θέσεις με υψηλό αιολικό δυναμικό και σχετικά υψηλές περιβαλλοντικές συγκρούσεις. Στις θέσεις αυτές είθισται να ενθαρρύνεται η ανάπτυξη αιολικών πάρκων.

Η απόφαση θέτει επίσης συγκεκριμένα κριτήρια για τη χωροθέτηση των ανεμογεννητριών, τα οποία αποσκοπούν στη μείωση των επιπτώσεων. Τα κριτήρια αυτά καθορίζουν ελάχιστες αποστάσεις από οικισμούς, μεμονωμένες κατοικίες, τουριστικές εγκαταστάσεις, οδικά

δίκτυα και αρχαιολογικούς χώρους. Οι αποστάσεις αποσκοπούν κυρίως στην προστασία της ποιότητας της ζωής των κατοίκων, τη μείωση θορύβου και της οπτικής όχλησης.

Εισάγεται για πρώτη φορά η έννοια της «φέρουσας ικανότητας», δηλαδή του μέγιστου αριθμού ανεμογεννητριών που μπορεί να υποστηρίξει μια περιοχή, χωρίς να υποβαθμιστεί σημαντικά. Η εκτίμηση αυτή στηρίζεται σε παράγοντες όπως η μορφολογία του εδάφους, το τοπίο, η βιοποικιλότητα και η συνολική πυκνότητα των εγκαταστάσεων που παρατηρείται σε μια υπό μελέτη περιοχή. Με βάση τα παραπάνω δίνεται ιδιαίτερη έμφαση κατά τη χωροθέτηση έργων ΑΠΕ στην αποφυγή της αλλοίωσης των τοπίων, στη διατήρηση της φυσιογνωμίας των περιοχών και στην προστασία θέσεων με πανοραμική θέα, ενώ αξιολογούνται επίσης οι επιπτώσεις σε προστατευόμενα είδη πανίδας, στην πανίδα και τη διατάραξη των οικοσυστημάτων.

Η απόφαση 49828 περιλαμβάνει επίσης ειδικές σημαντικές πρωτοβουλίες για τη συγκέντρωση ανεμογεννητριών σε οργανωμένα αιολικά πάρκα, όπως την προώθηση της εγκατάστασης τους σε ομάδες και όχι διάσπαρτα ή με μεμονωμένο τρόπο, την ενθάρρυνση για αξιοποίηση ήδη επιβαρυσμένων περιοχών και την αποφυγή της υπερσυγκέντρωσης τους σε ευαίσθητες περιοχές. Επιπλέον, προβλέπει την ανάγκη πρόσβασης μέσω οδικού δικτύου, της διασύνδεσης των έργων με το ηλεκτρικό δίκτυο και την ελαχιστοποίηση των επεμβάσεων στο φυσικό ανάγλυφο των περιοχών επέμβασης.

Ο νόμος επεκτάθηκε ακόμη στις χρήσεις γης και στη σχέση που πρέπει να έχουν οι δραστηριότητες των έργων ΑΠΕ με αυτές. Βασική τοποθέτηση του νόμου σχετικά με τις χρήσεις γης, είναι ότι η χωροθέτηση των ανεμογεννητριών θα πρέπει να εξετάζεται σε συνάρτηση με παράγοντες, όπως η γεωργία, η κτηνοτροφία, ο τουρισμός και η πολιτιστική κληρονομιά. Σε κάθε περίπτωση βασικός στόχος πρέπει να είναι η αποφυγή συγκρούσεων μεταξύ των παραγόντων αυτών και να επιτυγχάνεται η πολυλειτουργικότητα του χώρου, εντός του οποίου αναπτύσσεται ένα έργο ΑΠΕ.

Τέλος, ο νόμος αναφέρεται στην αδειοδοτική διαδικασία και στον τρόπο με τον οποίο αυτή εφαρμόζεται όταν υπάρχει επενδυτικό ενδιαφέρον για την ανάπτυξη ενός έργου ΑΠΕ και τη χωροθέτηση του στο περιβάλλον. Η εφαρμογή του πλαισίου κατά την περιβαλλοντική αδειοδότηση ενός έργου ΑΠΕ, περιλαμβάνει την εκπόνηση και την υποβολή μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΜΠΕ), τη δημόσια διαβούλευση της μελέτης και του έργου

και την τελική αξιολόγηση του από τις αρμόδιες αρχές (γνωμοδότηση, τροποποίηση, κ.λ.π.). Σε κάθε περίπτωση η συμμόρφωση με το ειδικό χωροταξικό πλαίσιο αποτελεί βασική προϋπόθεση για την τελική έγκριση ενός έργου ΑΠΕ. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζεται μία σύνοψη των σημαντικότερων άρθρων της απόφασης 49828/2008 που σχετίζονται με τη χωροθέτηση των α/γ και των σκοπών που εξυπηρετούν σχετικά με την αιολική ενέργεια:

Άρθρο	Σκοπός άρθρου σχετικά με τη χωροθέτηση α/γ
Άρθρο 1	Θεσπίζεται η ανάγκη χωροθέτησης α/γ με οργανωμένο σχεδιασμό, ώστε να επιτυγχάνεται ισορροπία ανάμεσα στην προστασία του περιβάλλοντος και των χρήσεων γης
Άρθρο 2	Θέτονται τεχνικές και χωροταξικές έννοιες πάνω στις οποίες στηρίζεται όλο το σύστημα χωροθέτησης των αιολικών πάρκων (π.χ. τυπική α/γ, μέγιστη πυκνότητα και φέρουσα ικανότητα)
Άρθρο 3	Καθορίζεται ποιες εγκαταστάσεις υπάγονται στο χωροταξικό πλαίσιο και ότι η περιβαλλοντική αδειοδότηση είναι υποχρεωτική. Γίνεται σαφές ότι η ανάπτυξη αιολικών έργων πρέπει να συνδυάζει χωροταξικό σχεδιασμό και περιβαλλοντικό έλεγχο
Άρθρο 4	Καθιστά σαφές ότι η χωροθέτηση πρέπει να βασίζεται στο αιολικό δυναμικό και η ένταξη τους στο περιβάλλον πρέπει να γίνεται με αρμονικό τρόπο.
Άρθρο 5	Χωρίζεται ο εθνικός χώρος σε κατηγορίες, καθορίζονται περιοχές αιολικής προτεραιότητας και εισάγεται επισήμως η έννοια της φέρουσας ικανότητας

Άρθρο 6	Καθορίζει περιοχές αποκλεισμού, περιβαλλοντικούς περιορισμούς, αποστάσεις ασφαλείας και προστασία του τοπίου για χωροθέτηση αιολικών πάρκων
Άρθρο 7	Καθορίζονται μέγιστες πυκνότητες ανεμογεννητριών ανά ΟΤΑ, περιορισμοί σε τουριστικές περιοχές και κανόνες ένταξης στο τοπίο
Άρθρο 8	Περιορίζεται η πυκνότητα των α/γ στα νησιά, θέτονται όρια ισχύος στα μη διασυνδεδεμένα νησιά και απαιτείται ένταξη στο τοπίο
Άρθρο 9	Καθορίζονται οι ορεινές περιοχές της Αττικής όπου επιτρέπεται η εγκατάσταση α/γ, θέτεται ως όριο κάλυψης το 8% και απαιτείται η συμβατότητα των έργων στο τοπίο
Άρθρο 10	Επιτρέπονται υπεράκτια αιολικά πάρκα και εγκαταστάσεις σε ακατοίκητες νησίδες με περιορισμούς αποστάσεων, προστασία ακτών και τοπίων πολιτιστικής κληρονομιάς.
Άρθρο 11	Καθορίζεται ότι ο έλεγχος εφαρμογής των κριτηρίων χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων, πρέπει να γίνεται κατά τη χορήγηση της άδειας παραγωγής.

Πίνακας 4. Σύνοψη των κυριότερων άρθρων της ΚΥΑ 49828 σχετικά με τη χωροθέτηση α/γ

Σε αυτό το σημείο αξίζει να εστιάσουμε σε τέσσερις έννοιες που μας παρουσιάζονται για πρώτη φορά. Η έννοια της τυπικής α/γ, η έννοια της φέρουσας ικανότητας, οι Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (Π.Α.Π.) και οι Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (Π.Α.Κ.). Σύμφωνα με το άρθρο 2 της ΚΥΑ 49828/2008, ως:

- Τυπική α/γ (ή ισοδύναμη αυτής), χαρακτηρίζεται η α/γ που έχει διάμετρο ρότορα ίση με 85 μ., ενώ ως
- Φέρουσα ικανότητα, ορίζεται ο μέγιστος αριθμός των τυπικών α/γ που επιτρέπεται να εγκατασταθούν σε μια περιοχή.

Σύμφωνα με το ίδιο ως άνω άρθρο, ως:

- Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (Π.Α.Π.), ορίζονται οι περιοχές της ηπειρωτικής χώρας που διαθέτουν συγκριτικά πλεονεκτήματα για την εγκατάσταση αιολικών σταθμών και ταυτόχρονα προσφέρονται για την επίτευξη των χωροταξικών στόχων του Ειδικού Πλαισίου. Στις περιοχές αυτές προσδιορίζεται η μέγιστη δυνατότητα χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων (φέρουσα ικανότητα). Ενώ ως
- Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (Π.Α.Κ.), ορίζονται όλοι οι πρωτοβάθμιοι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.) της ηπειρωτικής χώρας που δεν περιλαμβάνονται στις Π.Α.Π., εφόσον περιλαμβάνουν περιοχές ή θέσεις που κρίνονται ενεργειακά αποδοτικές για την ανάπτυξη αιολικών εγκαταστάσεων.

Σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τη χωροθέτηση των α/γ και των αιολικών πάρκων παρέχουν και τα παραρτήματα II, III, IV και V της ίδιας απόφασης. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζεται μία σύνοψη των κυριότερων πληροφοριών που μας παρέχουν τα παραρτήματα αυτά.

Παράρτημα	Σημασία για τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων
II	Αποτελεί εργαλείο ελέγχου της καταλληλότητας μιας θέσης για εγκατάσταση α/γ παρουσιάζοντας πίνακες ελάχιστων αποστάσεων από οικισμούς, αρχαιολογικούς χώρου, τουριστικές περιοχές, ακτές και περιοχές
III	Καθορίζει το πόσες α/γ μπορούν να εγκατασταθούν σε μια περιοχή χωρίς να παρουσιαστεί υπερσυγκέντρωση έργων, προσδιορίζοντας τη φέρουσα ικανότητα των Π.Α.Π. και των μέγιστων επιτρεπόμενων πυκνοτήτων των αιολικών εγκαταστάσεων

IV	Θέτει κανόνες για την ένταξη των αιολικών εγκαταστάσεων στο τοπίο και περιορισμό των οπτικών επιπτώσεων
V	Διατυπώνει τη διαδικασία συμμόρφωσης των αιολικών έργων με τα κριτήρια χωροθέτησης και τους περιορισμούς του Ειδικού Χωροταξικού Πλαισίου κατά την χωροθέτηση

Πίνακας 5. Σύνοψη των παραρτημάτων II, III, IV και V της ΚΥΑ 49828 σχετικά με τη χωροθέτηση α/γ

3.4 Το νέο Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο (ΕΧΠ) για τις ΑΠΕ (2026)

Κατά το χρόνο συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας βρίσκεται σε δημόσια διαβούλευση το νέο Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο για τις ΑΠΕ, το οποίο δεν έχει ακόμη εγκριθεί και συνεπώς δεν έχει τεθεί σε ισχύ. Η διαβούλευση του εν λόγω πλαισίου ξεκίνησε στις 20 Μαΐου του 2026 και προβλέπεται να ολοκληρωθεί στις 24 Ιουνίου του 2026. Ως εκ τούτου, το ισχύον πλαίσιο χωροθέτησης εξακολουθεί να είναι το Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο ΑΠΕ του 2008 (Υ.Α. 49828/2008, ΦΕΚ Β' 2464/2008).

Σύμφωνα με το παράρτημα Πελοποννήσου & Δυτικής Στερεάς Ελλάδας του Γεωτεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΓΕΩΤΕΕ, 2026) για τις α/γ και τους αιολικούς σταθμούς, το νέο Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο που βρίσκεται σε διαβούλευση, προβλέπει να απαγορεύσει την εγκατάσταση τους στις εξής περιπτώσεις:

- Στην Αττική και τη Μητροπολιτική Περιοχή Θεσσαλονίκης
- Εντός περιοχών με υψόμετρο άνω των 1.200 μ.
- Σε υγροτόπους τύπου Ραμσάρ καθώς και μικρούς νησιωτικούς υγροτόπους
- Σε περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ως τοπία ιδιαίτερου φυσικού κάλλους, καθώς και στους πυρήνες των εθνικών δρυμών
- Εντός των ζωνών απόλυτης προστασίας της φύσης και των ζωνών προστασίας της φύσης του ν. 1650/1986
- Σε νησιά με έκταση μικρότερη των 300 km² εκτός αν αφορούν την κάλυψη αναγκών δημοσίου συμφέροντος του εκάστοτε νησιού (π.χ. εγκαταστάσεις αφαλάτωσης, κ.λ.π.)

- Σε περιοχές με υψηλή τουριστική ανάπτυξη, όπως αυτές ορίζονται στο Νέο Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο για τον Τουρισμό
- Σε εκτός σχεδίου περιοχές στις οποίες προβλέπεται η ανάπτυξη χρήσεων τουρισμού και αναψυχής
- Σε τμήματα λατομικών περιοχών, μεταλλευτικών και εξορυκτικών ζωνών που λειτουργούν επιφανειακά
- Σε περιοχές άνευ δρόμων που καθορίζονται με αποφάσεις του ΥΠΕΝ και
- Σε ακτές κολύμβησης

Ειδικότερα, εντός ΖΕΠ, δηλαδή περιοχών προστασίας της ορνιθοπανίδας που αποτελούν μέρος του δικτύου NATURA 2000, επιτρέπονται αιολικοί σταθμοί μόνο κατ' εξαίρεση, στην περίπτωση που συντρέχουν ταυτόχρονα 2 προϋποθέσεις:

- Προβλέπεται ρητά από εγκεκριμένη ειδική περιβαλλοντική μελέτη και
- Το αιολικό δυναμικό που παρουσιάζει η περιοχή είναι μεγαλύτερο από 7,5 m/s (σύμφωνα με τον αιολικό χάρτη που έχει δημοσιευτεί στην ιστοσελίδα της ΡΑΑΕΥ - Εικόνα 10)

Επιτρέπονται μόνο στις «Περιοχές Καταλληλότητας», δηλαδή σε Δημοτικές Ενότητες με αιολικό δυναμικό μεγαλύτερο από 4 m/s (σύμφωνα με τον αιολικό χάρτη που έχει στην ιστοσελίδα της η ΡΑΑΕΥ - Εικόνα 10) και μόνο υπό την προϋπόθεση ότι δεν ισχύει κάποιος από τους ανωτέρω (ειδικότερους) περιορισμούς, όπως το υψόμετρο άνω των 1.200 μέτρων (Εικόνα 8), Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ), Τοπία Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους, υγρά τοπία Ράμσαρ, κ.λ.π., καθώς και λαμβάνοντας υπόψη την υπολειπόμενη έκταση της Δημοτικής Ενότητας, σύμφωνα τα στοιχεία της ΡΑΑΕΥ, όπως ισχύει έως σήμερα (ΓΕΩΤΕΕ, 2026).

Τέλος, επισημαίνεται ότι στο νησιωτικό χώρο το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό κάλυψης εδάφους (φέρουσα ικανότητα) από αιολικούς σταθμούς δεν μπορεί να υπερβαίνει το 4% της έκτασης ανά Δημοτική Ενότητα (ΓΕΩΤΕΕ, 2026)

Με βάση τις παραπάνω αλλαγές που προβλέπει να εισάγει το νέο Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο για τις ΑΠΕ (μετά τη διαβούλευση και εφόσον ψηφιστεί), καθώς και τα κριτήρια που έχουν θεσμοθετηθεί από την ΚΥΑ 49828 του 2008, οι βασικές διαφορές μεταξύ του παλιού (2008) και του νέου (2026) Ειδικού Χωροταξικού Πλαισίου, μπορούμε να τους συνοψίσουμε στον Πίνακα 6.

ΘΕΜΑ	ΕΧΠ ΑΠΕ 2008 (ΚΥΑ 49828/2008)	Νέο Σχέδιο ΕΧΠ ΑΠΕ 2026 (υπό διαβούλευση)
Βασική ιδέα	Προώθηση της αιολικής ενέργειας μέσω καθορισμού περιοχών προτεραιότητας και κανόνων χωροθέτησης	Αυστηρότερος χωρικός έλεγχος με έμφαση στην προστασία περιβάλλοντος, τοπίου και τοπικών κοινωνιών
Χωρική οργάνωση	ΠΑΠ (Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας) και ΠΑΚ (Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας)	Ενιαίο σύστημα ζωνών καταλληλότητας, αποκλεισμού και προστασίας με σαφέστερους κανόνες
Περιοχές αποκλεισμού	Περιοχές Natura, εθνικοί δρυμοί, αρχαιολογικοί χώροι, οικισμοί, τουριστικές περιοχές κ.ά.	Διατηρούνται οι αποκλεισμοί και επεκτείνονται σε νέες κατηγορίες ευαίσθητων περιοχών
Υψομετρικά όρια	Δεν προβλέπεται γενικό υψομετρικό όριο	Προτείνεται αποκλεισμός νέων αιολικών εγκαταστάσεων σε περιοχές άνω των 1.200 m υψομέτρου
Νησιωτικός χώρος	Επιτρέπονται αιολικά με όριο κάλυψης και περιορισμούς ισχύος	Προβλέπονται αυστηρότεροι περιορισμοί σε μικρά νησιά και περιοχές υψηλής περιβαλλοντικής ευαισθησίας

Τουριστικές περιοχές	Προστασία ορισμένων τουριστικών ζωνών	Μεγαλύτερη βαρύτητα στη διατήρηση του τουριστικού τοπίου και της φυσιογνωμίας περιοχών υψηλού τουριστικού ενδιαφέροντος
Τοπίο	Κανόνες ένταξης μέσω του παραρτήματος IV της ΚΥΑ	Ενισχυμένη αξιολόγηση τοπίου και οπτικών επιπτώσεων
Φέρουσα ικανότητα	Καθορίζεται κυρίως με ποσοστά κάλυψης ανά ΟΤΑ	Ενσωματώνονται επιπλέον χωρικά και περιβαλλοντικά κριτήρια για τον περιορισμό της συγκέντρωσης έργων
Θαλάσσια αιολικά	Γενικές προβλέψεις για θαλάσσιες περιοχές	Ειδικότερο πλαίσιο για υπεράκτια αιολικά και προστατευόμενες θαλάσσιες ζώνες
Αποθήκευση ενέργειας	Δεν προβλέπεται κάτι	Ενσωματώνονται για πρώτη φορά συστήματα αποθήκευσης στο χωροταξικό σχεδιασμό

Πίνακας 6. Σύγκριση παλιού και νέου Ειδικού Χωροταξικού Πλαισίου

3.5 Ειδικά ζητήματα εγκατάστασης και λειτουργίας α/γ

Στην Ελλάδα, η χωροταξία για τις ανεμογεννήτριες ρυθμίζεται από διάφορους νόμους, υπουργικές αποφάσεις και εγκύκλιες διαταγές, οι οποίες καθορίζουν τους όρους και τις περιοχές για την ανάπτυξη των αιολικών πάρκων. Το Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο (ΕΧΠ) για τις ΑΠΕ, το οποίο εγκρίθηκε με την ΚΥΑ 49828/2008 που αναφέρθηκε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο 3.3, περιγράφει τους βασικούς κανόνες και τις προϋποθέσεις για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων και άλλων έργων ΑΠΕ. Ορισμένα από τα κυριότερα ζητήματα που πραγματεύεται η ελληνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία σχετικά με την εγκατάσταση και λειτουργία των ανεμογεννητριών και των αιολικών πάρκων αναπτύσσονται παρακάτω.

3.5.1 Κατευθυντήριες γραμμές για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών

Οι κατευθυντήριες γραμμές για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών δίνουν έμφαση στην επιλογή κατάλληλων περιοχών που παρουσιάζουν υψηλό αιολικό δυναμικό, αποφεύγοντας χώρους που υπόκεινται σε αυστηρή προστασία, όπως περιοχές Natura 2000, εθνικά πάρκα και υγρότοποι διεθνούς σημασίας. Παρότι η εγκατάσταση ανεμογεννητριών εντός περιοχών Natura μπορεί να επιτραπεί μόνο υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις, βασική προϋπόθεση σε κάθε περίπτωση αποτελεί η μη σημαντική επίπτωση στη βιοποικιλότητα. Παράλληλα απαιτείται η τήρηση ελάχιστης απόστασης τουλάχιστον 500 μέτρων από οικισμούς για ανεμογεννήτριες μέσου ύψους, ενώ για μεγαλύτερες κατασκευές προβλέπονται ακόμη μεγαλύτερες αποστάσεις.

Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στις χρήσεις γης, με προτεραιότητα σε εκτάσεις δευτερεύουσας παραγωγικής σημασίας ή που δε παρουσιάζουν σημάδια εκμετάλλευσης ή διαχείρισης, όπως είναι οι ορεινές περιοχές και οι βραχώδεις εκτάσεις, ενώ αποφεύγεται η εγκατάσταση σε αγροτικές εκτάσεις με υψηλή παραγωγικότητα και σε περιοχές που παρουσιάζουν έντονη τουριστική ή πολιτιστική δραστηριότητα, ώστε να αποφεύγονται οι συγκρούσεις μεταξύ των χρήσεων γης.

Η εγκατάσταση των ανεμογεννητριών προϋποθέτει επίσης την εκπόνηση Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), η οποία εξετάζει με διεξοδικό τρόπο τις επιπτώσεις που προκαλούνται από την υλοποίηση του έργου στο τοπίο, τα οικοσυστήματα και τις τοπικές κοινότητες, καλύπτοντας ζητήματα όπως ο θόρυβος, η οπτική όχληση και οι

πιθανές επιπτώσεις σε προστατευόμενα είδη. Επιπλέον, τα έργα ΑΠΕ, οφείλουν να είναι συμβατά με τους υφιστάμενα περιφερειακά και τοπικά χωροταξικά σχέδια. Ιδιαίτεροι περιορισμοί ισχύουν για ιστορικούς τόπους, παραδοσιακούς οικισμούς και περιοχές με σημαντική πολιτιστική ή φυσική αξία.

Τέλος, το χωροταξικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ βρίσκεται σε διαδικασία αναθεώρησης κατά την περίοδο 2022 - 2023, με στόχο τη βελτίωση των κατευθύνσεων και την προσαρμογή στις σύγχρονες ανάγκες της πράσινης ενέργειας, περιλαμβάνοντας καλύτερη οριοθέτηση των κατάλληλων περιοχών και επίτευξη της ισορροπίας μεταξύ της περιβαλλοντικής προστασίας και της ενεργειακής μετάβασης.

3.5.2 Προστατευόμενες περιοχές και περιορισμοί

Η Ελλάδα, όπως και τα υπόλοιπα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, υπάρχει υποχρέωση συμμόρφωσης με τις ευρωπαϊκές οδηγίες για την προστασία του περιβάλλοντος, όπως η Οδηγία 92/43/ΕΟΚ για τους οικότοπους και η Οδηγία 2009/147/ΕΚ για τα πτηνά. Το θεσμικό αυτό πλαίσιο θέτει σημαντικούς περιορισμούς στην ανάπτυξη αιολικών πάρκων, ιδίως σε περιοχές με αυξημένη περιβαλλοντική αξία, όπως το δίκτυο Natura 2000. Στις περιοχές αυτές, η εγκατάσταση αιολικών σταθμών δεν αποκλείεται, αλλά προϋποθέτει την εκπόνηση αυστηρών περιβαλλοντικών εκτιμήσεων και σε πολλές περιπτώσεις, την έγκριση τους από τις αρμόδιες περιβαλλοντικές αρχές (δασαρχεία, διευθύνσεις περιβάλλοντος, κ.λ.π.), ώστε να διασφαλίζεται η προστασία των οικοτόπων και των ειδών.

3.5.3 Στρατηγική χωροθέτησης αιολικών πάρκων

Η Ειδική Στρατηγική Χωροθέτησης Αιολικών Πάρκων, η οποία θεσπίστηκε από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), αποτελεί βασικό εργαλείο για την ορθολογική κατανομή των έργων αιολικής ενέργειας στον ελληνικό χώρο. Στο πλαίσιο αυτό, λαμβάνονται υπόψη κρίσιμα κριτήρια που σχετίζονται τόσο με την προστασία των κατοίκων όσο και με τη διατήρηση της οικονομικής και περιβαλλοντικής ισορροπίας. Συγκεκριμένα, προβλέπεται ότι οι ανεμογεννήτριες δεν πρέπει να εγκαθίστανται σε μικρή απόσταση από κατοικημένες περιοχές ή περιοχές με υψηλή πληθυσμιακή συγκέντρωση, προκειμένου να διασφαλίζονται η ασφάλεια και η ποιότητα ζωής των κατοίκων. Παράλληλα, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην αποφυγή εγκατάστασης σε περιοχές με έντονη

τουριστική δραστηριότητα ή σημαντική φυσική ομορφιά, καθώς τέτοιες παρεμβάσεις ενδέχεται να επηρεάσουν αρνητικά τον τουριστικό τομέα και την ελκυστικότητα των περιοχών αυτών.

3.5.4 Ανεμογεννήτριες και δάση

Η εγκατάσταση ανεμογεννητριών σε δασικές περιοχές αποτελεί ένα ιδιαίτερα ευαίσθητο και σύνθετο ζήτημα, καθώς συνδέεται αφενός με την ανάγκη ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας και αφετέρου με την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Τα δάση διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση της βιοποικιλότητας, στην απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα και στη συνολική ισορροπία των οικοσυστημάτων, γεγονός που τα καθιστά συχνά αντικείμενο αυστηρής προστασίας. Ωστόσο, η μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δημιουργεί πιέσεις για αξιοποίηση τέτοιων περιοχών, οδηγώντας συχνά σε συγκρούσεις και στην ανάγκη για αυστηρότερα νομοθετικά και κανονιστικά πλαίσια.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εγκατάσταση ανεμογεννητριών σε δάση μπορεί να είναι σημαντικές και πολυδιάστατες. Η τοποθέτηση των υποδομών ενδέχεται να προκαλέσει αλλοίωση ή και καταστροφή φυσικών οικοτόπων, επηρεάζοντας ιδιαίτερα είδη χλωρίδας και πανίδας που είναι ήδη ευάλωτα ή προστατευόμενα. Παράλληλα, υπάρχει κίνδυνος απώλειας βιοποικιλότητας, καθώς η διατάραξη των οικοσυστημάτων μπορεί να οδηγήσει σε απομάκρυνση ειδών και σε μεταβολές στη λειτουργία τους. Επιπλέον, οι ανεμογεννήτριες ενδέχεται να επηρεάσουν άμεσα την τοπική πανίδα, ιδίως τα πτηνά και τις νυχτερίδες, τα οποία διατρέχουν κίνδυνο σύγκρουσης με τις εγκαταστάσεις. Τέλος, η κατασκευή των απαραίτητων υποδομών, όπως δρόμοι πρόσβασης και δίκτυα μεταφοράς, μπορεί να επιφέρει αποψίλωση δασικών εκτάσεων, επιδεινώνοντας τις επιπτώσεις στο οικοσύστημα και μεταβάλλοντας τη φυσική δομή του τοπίου.

3.5.5 Ανεμογεννήτριες σε αναδασωτές περιοχές

Η εγκατάσταση ανεμογεννητριών σε αναδασωτές περιοχές αποτελεί ένα ιδιαίτερα κρίσιμο νομικό και περιβαλλοντικό ζήτημα, το οποίο έχει απασχολήσει έντονα τη νομολογία. Χαρακτηριστική είναι η απόφαση της Ολομέλειας του Συμβουλίου της Επικρατείας 2499/2012, η οποία αφορά την αδειοδότηση έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως τα αιολικά πάρκα, σε τέτοιου είδους εκτάσεις. Σύμφωνα με την απόφαση αυτή, η εγκατάσταση ανεμογεννητριών οφείλει να εναρμονίζεται με τις αρχές της βιώσιμης

ανάπτυξης και της προστασίας του περιβάλλοντος, ενώ οι όροι αδειοδότησης πρέπει να συμμορφώνονται πλήρως με τη νομοθεσία που προστατεύει το φυσικό τοπίο και τη βιοποικιλότητα.

Το δικαστήριο υπογράμμισε τη σημασία της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, η οποία πρέπει να βασίζεται σε ειδική και εμπειριστατωμένη αξιολόγηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις περιοχές του δικτύου Natura 2000, όπου οι σχετικές μελέτες οφείλουν να εξετάζουν διεξοδικά κατά πόσο η εγκατάσταση επηρεάζει αρνητικά τους προστατευόμενους οικοτόπους και τα είδη. Παράλληλα, η απόφαση εισάγει την ανάγκη τήρησης της αρχής της αναλογικότητας, σύμφωνα με την οποία το όφελος από την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας πρέπει να σταθμίζεται με τις ενδεχόμενες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ώστε να αποφεύγονται δυσανάλογες βλάβες στο φυσικό περιβάλλον.

Σε γενικότερο επίπεδο, το Συμβούλιο της Επικρατείας έχει αναγνωρίσει ότι τα έργα ΑΠΕ μπορούν να εξυπηρετούν σκοπούς υπέρτερου δημόσιου συμφέροντος, λόγω της συμβολής τους στη βιώσιμη ανάπτυξη και στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Ωστόσο, η εγκατάστασή τους σε αναδασωτέες περιοχές επιτρέπεται μόνο υπό αυστηρές προϋποθέσεις, όπως η απόδειξη ότι δεν υπάρχει εναλλακτική θέση εκτός της συγκεκριμένης έκτασης, η διασφάλιση ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι περιορισμένες και η μη αναίρεση του σκοπού της αναδάσωσης. Στο ίδιο πνεύμα, ο νόμος 4685/2020 προβλέπει ότι, υπό συγκεκριμένους όρους, είναι δυνατή η εγκατάσταση έργων ΑΠΕ σε αναδασωτέες εκτάσεις, εφόσον αυτές κριθούν κατάλληλες για ενεργειακές ή άλλες υποδομές και η χρήση τους θεωρηθεί απολύτως αναγκαία.

4. Μεθοδολογία

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι ο προσδιορισμός των καταλληλότερων περιοχών για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών στον Δήμο Ερυμάνθου της Π.Ε. Αχαΐας. Για τον εντοπισμό των κατάλληλων περιοχών εφαρμόστηκε η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (Analytic Hierarchy Process - AHP) και στη συνέχεια η Τεχνική Προσέγγισης κατά την Ομοιότητα με την Ιδανική Λύση (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution - TOPSIS).

Η εγκατάσταση ανεμογεννητριών αποτελεί σύνθετη διαδικασία λήψης αποφάσεων, καθώς απαιτείται η ταυτόχρονη συνεκτίμηση περιβαλλοντικών, τεχνικών, οικονομικών και κοινωνικών παραμέτρων. Για τον λόγο αυτό, πριν από την εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης, ήταν απαραίτητος ο προσδιορισμός των κατάλληλων κριτηρίων αξιολόγησης, καθώς και ο αποκλεισμός των περιοχών όπου η εγκατάσταση αιολικών έργων δεν επιτρέπεται ή δεν θεωρείται συμβατή με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο.

4.1 Επιλογή και στάθμιση κριτηρίων

Η επιλογή των κατάλληλων κριτηρίων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στάδια της πολυκριτηριακής ανάλυσης, καθώς επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την αξιοπιστία και την εγκυρότητα των τελικών αποτελεσμάτων. Στην παρούσα εργασία, η επιλογή των κριτηρίων βασίστηκε τόσο στη διεθνή βιβλιογραφία όσο και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης.

Στη μελέτη επιλογής κατάλληλων τοποθεσιών για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων στην Π.Ε. Κοζάνης, οι Latinopoulos και Kechagia (2015) χρησιμοποίησαν έξι κριτήρια αξιολόγησης: την κλίση, την ταχύτητα ανέμου, τις χρήσεις γης, την απόσταση από το οδικό δίκτυο, την απόσταση από περιοχές Natura 2000 και την απόσταση από συγκεκριμένες θέσεις ενδιαφέροντος, όπως αρχαιολογικούς χώρους, τουριστικές εγκαταστάσεις και προστατευόμενα τοπία. Αντίστοιχα, οι Bili και Vagiona (2018) αξιολόγησαν την καταλληλότητα χωροθέτησης αιολικών πάρκων στην Άνδρο, λαμβάνοντας υπόψη την ταχύτητα ανέμου, την κλίση εδάφους, την απόσταση από το οδικό δίκτυο, την απόσταση από το ηλεκτρικό δίκτυο και την κοινωνική αποδοχή. Επιπλέον, οι Höfer et al. (2016) εφάρμοσαν την ανάλυση AHP για τον προσδιορισμό βέλτιστων θέσεων χωροθέτησης

αιολικών πάρκων στην περιοχή Aachen της Γερμανίας, χρησιμοποιώντας εννέα κριτήρια, μεταξύ των οποίων το αιολικό δυναμικό, η απόσταση από οδικό και ηλεκτρικό δίκτυο, η κλίση του εδάφους, η απόσταση από αστικές περιοχές, η απόσταση από σημεία ενδιαφέροντος, η απόσταση από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος, ο τύπος κάλυψης γης και η αρχιτεκτονική του τοπίου.

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση (Πίνακας 2) προκύπτει ότι τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται σε μελέτες χωροθέτησης αιολικών πάρκων μπορούν να διακριθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες: περιβαλλοντικά κριτήρια, όπως η ταχύτητα ανέμου και οι προστατευόμενες περιοχές, τεχνικά κριτήρια, όπως η κλίση του εδάφους, και τεχνοοικονομικά κριτήρια, όπως οι αποστάσεις από υφιστάμενες υποδομές.

Εκτίμηση κατάλληλων περιοχών

Πριν από την επιλογή και στάθμιση των κριτηρίων, πραγματοποιήθηκε ο αποκλεισμός των περιοχών στις οποίες δεν είναι δυνατή ή δεν θεωρείται συμβατή η εγκατάσταση ανεμογεννητριών. Οι περιοχές αυτές ορίζονται ως ζώνες αποκλεισμού (exclusion zones) και προσδιορίζονται με βάση το θεσμικό πλαίσιο, περιβαλλοντικούς περιορισμούς, τεχνικούς παράγοντες και κοινωνικές παραμέτρους. Οι περιοχές που παραμένουν μετά την αφαίρεση των ζωνών αποκλεισμού αποτελούν το χωρικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο εφαρμόζεται η πολυκριτηριακή ανάλυση.

Ο αποκλεισμός των περιοχών πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το Άρθρο 6 του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (υποκεφάλαιο 3.3 για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΦΕΚ 2464/Β/3-12-2008). Στο στάδιο αυτό, εκτός από την απομάκρυνση των ασύμβατων περιοχών, καθορίστηκαν και οι ελάχιστες απαιτούμενες αποστάσεις μεταξύ των αιολικών εγκαταστάσεων και γειτονικών χρήσεων γης, δραστηριοτήτων και τεχνικών υποδομών.

Η διαδικασία αποκλεισμού βασίστηκε τόσο στο ισχύον ελληνικό θεσμικό πλαίσιο όσο και στη διεθνή βιβλιογραφία. Οι βασικές κατηγορίες περιοχών αποκλεισμού παρουσιάζονται στον Πίνακα 7:

Είδος	Περιοχές Αποκλεισμού
Σημειακές	Ιστορικά Μνημεία, Αρχαιολογικοί Χώροι, Μονές, Λίμνες, Ακτές Κολύμβησης, Ελικοδρόμιο, Μονάδα Επεξεργασίας Απορριμμάτων (ΜΕΑ)
Γραμμικές	Οδικό Δίκτυο, Σιδηροδρομικό Δίκτυο Δίκτυο Υψηλής Τάσης, Ποτάμια
Επιφανειακές	Τόποι Κοινοτικής Σημασίας και Ζώνες Ειδικής Προστασίας του δικτύου NATURA 2000, Καταφύγια Άγριας Ζωής/Ελεγχόμενη Κυνηγητική Περιοχή Οικισμοί, Λατομικές περιοχές Μεταλλευτικές – εξορυκτικές ζώνες, Εκτάσεις γης υψηλής παραγωγικότητας

Πίνακας 7. Περιοχές αποκλεισμού

Στην παρούσα εργασία αποκλείστηκαν αρχικά οι περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος, στις οποίες περιλαμβάνονται οι ζώνες Natura 2000, τα εθνικά πάρκα, οι προστατευόμενοι βιότοποι, οι λίμνες, τα ποτάμια και οι υγρότοποι. Ο αποκλεισμός των περιοχών αυτών κρίθηκε απαραίτητος για την προστασία της βιοποικιλότητας και τη μείωση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την εγκατάσταση ανεμογεννητριών.

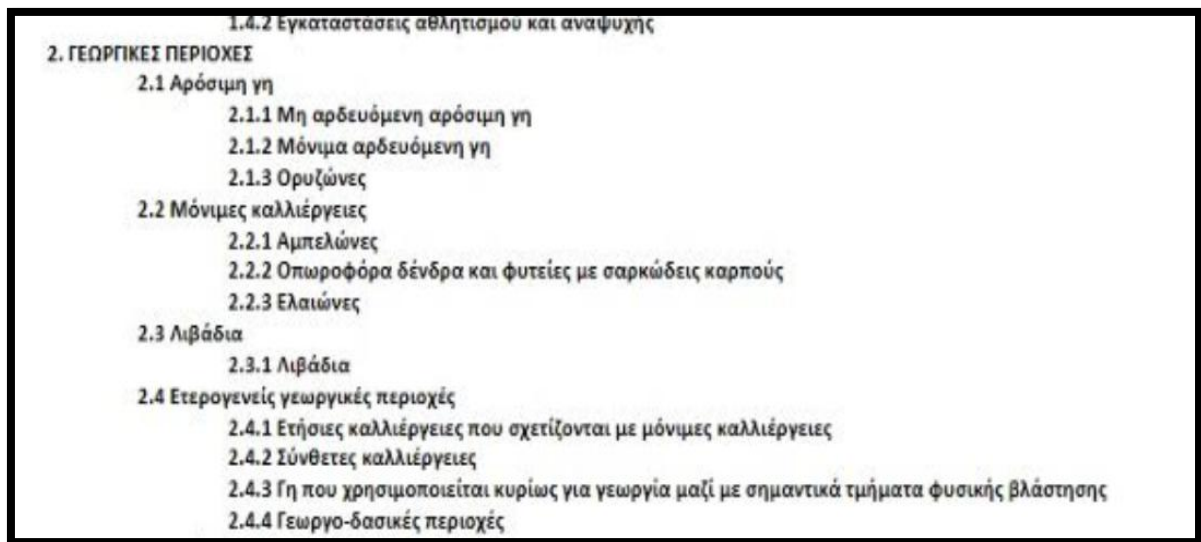
Αποκλείστηκαν, επίσης, περιοχές πολιτιστικού και αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, όπως αρχαιολογικοί χώροι, μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς και θρησκευτικοί χώροι. Στις περιοχές αυτές εφαρμόζονται ζώνες προστασίας (buffer zones), με στόχο την αποφυγή οπτικής και λειτουργικής όχλησης, καθώς και τη διατήρηση της πολιτιστικής και ιστορικής τους αξίας.

Στις ζώνες αποκλεισμού εντάχθηκαν και οι οικιστικές περιοχές, τόσο οι μεγαλύτεροι οικισμοί όσο και οι μικρότεροι ή παραδοσιακοί οικισμοί. Γύρω από τις περιοχές αυτές εφαρμόστηκαν ζώνες προστασίας, ώστε να μειωθεί η πιθανότητα οπτικής και ακουστικής όχλησης και να διασφαλιστεί η ποιότητα ζωής των κατοίκων.

Ζώνες αποκλεισμού εφαρμόστηκαν και γύρω από βασικές υποδομές, όπως το οδικό δίκτυο, οι σιδηροδρομικές γραμμές και τα δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Η εφαρμογή

των ζωνών αυτών σχετίζεται κυρίως με λόγους ασφάλειας, λειτουργικότητας και προστασίας των υφιστάμενων υποδομών.

Τέλος, αποκλείστηκαν περιοχές με βάση τις χρήσεις γης. Πιο συγκεκριμένα, αφαιρέθηκαν περιοχές υψηλής παραγωγικότητας γεωργικής γης και περιοχές έντονης κτηνοτροφικής δραστηριότητας. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα CORINE Land Cover, ενώ οι κωδικοί που αποκλείστηκαν λόγω κάλυψης γης ήταν οι 211, 212, 221, 222, 223, 241, 242 και 243 (Εικόνα 13):



Εικόνα 13. Χρήσεις γης Corine (πηγή: προσαρμοσμένο από Ποϊραζίδη, 2021)

Μετά τον αποκλεισμό των παραπάνω περιοχών, ακολούθησε η επιλογή των κριτηρίων αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν για τον εντοπισμό των καταλληλότερων θέσεων. Με βάση τη βιβλιογραφία και τα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, επιλέχθηκαν πέντε βασικά κριτήρια: η ταχύτητα ανέμου, η κλίση εδάφους, η απόσταση από οικισμούς, η απόσταση από το οδικό δίκτυο και η απόσταση από το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Ταχύτητα Ανέμου

Η ταχύτητα ανέμου αποτελεί το σημαντικότερο κριτήριο για τη χωροθέτηση ανεμογεννητριών, καθώς επηρεάζει άμεσα την ενεργειακή απόδοση και τη βιωσιμότητα ενός αιολικού πάρκου. Περιοχές με υψηλές ταχύτητες ανέμου εμφανίζουν αυξημένο

δυναμικό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και, επομένως, θεωρούνται περισσότερο κατάλληλες για την εγκατάσταση αιολικών έργων.

Στην παρούσα εργασία, η εκτίμηση του αιολικού δυναμικού βασίστηκε σε δεδομένα μέσης ταχύτητας ανέμου σε ύψος 120 m (h120), καθώς το ύψος αυτό προσεγγίζει το ύψος λειτουργίας σύγχρονων ανεμογεννητριών.

Κλίση εδάφους

Η κλίση του εδάφους αποτελεί σημαντικό τεχνικό και οικονομικό κριτήριο, καθώς συνδέεται με τη δυνατότητα εγκατάστασης, τη σταθερότητα των έργων και το κόστος κατασκευής. Περιοχές με μικρές κλίσεις θεωρούνται καταλληλότερες, διότι μειώνουν τις τεχνικές δυσκολίες, περιορίζουν τις ανάγκες εκσκαφών και διευκολύνουν την πρόσβαση και την κατασκευή των απαραίτητων υποδομών.

Απόσταση από οικισμούς

Η απόσταση από οικισμούς αποτελεί κρίσιμο κριτήριο, καθώς η εγγύτητα των ανεμογεννητριών σε κατοικημένες περιοχές μπορεί να προκαλέσει οπτική και ακουστική όχληση. Για τον λόγο αυτό, προτιμώνται περιοχές που βρίσκονται σε μεγαλύτερη απόσταση από οικισμούς, ενώ οι περιοχές που βρίσκονται πολύ κοντά σε αυτούς αποκλείονται από την ανάλυση.

Απόσταση από οδικό δίκτυο

Η απόσταση από το οδικό δίκτυο αποτελεί τόσο κριτήριο αποκλεισμού όσο και κριτήριο αξιολόγησης. Η εγγύτητα σε υφιστάμενες οδικές υποδομές είναι σημαντική για τη μεταφορά εξοπλισμού, την κατασκευή και τη συντήρηση των ανεμογεννητριών. Κατά συνέπεια, περιοχές που βρίσκονται κοντά στο οδικό δίκτυο θεωρούνται καταλληλότερες, καθώς μειώνεται το κόστος πρόσβασης και περιορίζεται η ανάγκη διάνοιξης νέων δρόμων.

Απόσταση από δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Η απόσταση από το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί επίσης σημαντικό τεχνοοικονομικό κριτήριο. Όσο μικρότερη είναι η απόσταση μιας υποψήφιας περιοχής από το υφιστάμενο δίκτυο, τόσο χαμηλότερο είναι το κόστος σύνδεσης του αιολικού πάρκου.

Επιπλέον, η εγγύτητα στο ηλεκτρικό δίκτυο συμβάλλει στη μείωση των απωλειών μεταφοράς και στη βελτίωση της συνολικής ενεργειακής απόδοσης του έργου.

4.2 Περιγραφή πολυκριτηριακής ανάλυσης - TOPSIS

Στις περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ως επιτρεπόμενες για τη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων πραγματοποιείται συγκριτική αξιολόγηση με βάση τα επιλεγμένα κριτήρια. Η πολυκριτηριακή ανάλυση της παρούσας εργασίας υλοποιήθηκε σε δύο διαδοχικά στάδια. Αρχικά εφαρμόστηκε η μέθοδος AHP για τον προσδιορισμό των βαρών των κριτηρίων και στη συνέχεια η μέθοδος TOPSIS για την αξιολόγηση και κατάταξη των εναλλακτικών χωρικών μονάδων.

Η AHP αποτελεί μέθοδο πολυκριτηριακής ανάλυσης που συμβάλλει στη λήψη αποφάσεων σε προβλήματα όπου εμπλέκονται πολλαπλά κριτήρια. Η μέθοδος αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1970 από τον Thomas Saaty και βασίζεται στη σύγκριση των κριτηρίων ανά ζεύγη, με σκοπό τον προσδιορισμό της σχετικής τους βαρύτητας και την ιεράρχησή τους (Pohekar και Ramachandran, 2004).

Η σύγκριση των κριτηρίων κατά ζεύγη πραγματοποιείται με τη χρήση της κλίμακας σχετικής σημαντικότητας 1-9 του Saaty. Η τιμή 1 δηλώνει ίση σημαντικότητα μεταξύ δύο κριτηρίων, ενώ οι τιμές 3, 5, 7 και 9 αντιστοιχούν σε μέτρια, ισχυρή, πολύ ισχυρή και ακραία σημαντικότητα αντίστοιχα. Στις περιπτώσεις όπου η σχέση σημαντικότητας είναι αντίστροφη, χρησιμοποιούνται οι αντίστροφες τιμές, όπως 1/3, 1/5, 1/7 και 1/9 (Saaty, 1990).

Τα βάρη που προκύπτουν από τις συγκρίσεις καταγράφονται σε τετραγωνικό πίνακα, του οποίου οι γραμμές και οι στήλες αντιστοιχούν στα υπό εξέταση κριτήρια. Κάθε στοιχείο του πίνακα πρέπει να είναι θετικό, ενώ ισχύει η σχέση αμοιβαιότητας μεταξύ των συγκρίσεων. Μετά τη συμπλήρωση του πίνακα υπολογίζεται το άθροισμα κάθε στήλης και στη συνέχεια δημιουργείται κανονικοποιημένος πίνακας, στον οποίο κάθε στοιχείο προκύπτει από τη διαίρεση της αρχικής τιμής με το άθροισμα της αντίστοιχης στήλης. Το βάρος του κάθε κριτηρίου προκύπτει ως ο μέσος όρος των τιμών της αντίστοιχης γραμμής του κανονικοποιημένου πίνακα.

Η αξιοπιστία των συγκρίσεων ελέγχεται μέσω του Δείκτη Συνέπειας (Consistency Index - CI) και του Λόγου Συνέπειας (Consistency Ratio - CR). Σύμφωνα με τον Saaty (1990), όταν

ο λόγος συνέπειας είναι μικρότερος από 0,10, οι συγκρίσεις θεωρούνται αποδεκτές. Σε διαφορετική περίπτωση, απαιτείται επανεξέταση των ζευγαρωτών συγκρίσεων, ώστε να μειωθεί η ασυνέπεια του πίνακα.

Στην παρούσα εργασία η μέθοδος AHP εφαρμόστηκε μέσω του πρόσθετου εργαλείου EasyAHP στο περιβάλλον του λογισμικού QGIS. Το πρόσθετο αυτό επιτρέπει τη δημιουργία πίνακα ζευγαρωτών συγκρίσεων, τον υπολογισμό των βαρών των κριτηρίων και την παραγωγή χάρτη καταλληλότητας μέσω του συνδυασμού των επιμέρους θεματικών επιπέδων.

Μετά τον προσδιορισμό των βαρών των κριτηρίων εφαρμόστηκε η μέθοδος TOPSIS. Η βασική αρχή της TOPSIS στηρίζεται στην έννοια της ιδανικής και της μη ιδανικής λύσης. Η βέλτιστη εναλλακτική θεωρείται εκείνη που βρίσκεται πλησιέστερα στην ιδανική λύση, η οποία περιλαμβάνει τις καλύτερες τιμές για κάθε κριτήριο, και ταυτόχρονα απέχει περισσότερο από τη μη ιδανική λύση, η οποία περιλαμβάνει τις δυσμενέστερες τιμές.

Η εφαρμογή της TOPSIS (Σχήμα 6) περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια: κατασκευή του Πίνακα αποφάσεων με τις εναλλακτικές θέσεις και τα κριτήρια, κανονικοποίηση των δεδομένων, εφαρμογή των βαρών που προέκυψαν από την AHP, προσδιορισμό της ιδανικής και της μη ιδανικής λύσης, υπολογισμό των αποστάσεων κάθε εναλλακτικής από τις δύο λύσεις και υπολογισμό του δείκτη σχετικής εγγύτητας (D_i). Ο δείκτης αυτός εκφράζει τον βαθμό καταλληλότητας κάθε εναλλακτικής, καθώς όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του τόσο καταλληλότερη θεωρείται η αντίστοιχη θέση.

4.3 Χρήση GIS και επεξεργασία δεδομένων

Ο εντοπισμός των καταλληλότερων θέσεων για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών πραγματοποιήθηκε με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και συγκεκριμένα του λογισμικού QGIS. Η χρήση GIS κρίθηκε απαραίτητη, καθώς επιτρέπει τη διαχείριση, επεξεργασία, ανάλυση και οπτικοποίηση διαφορετικών χωρικών δεδομένων που σχετίζονται με τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων.

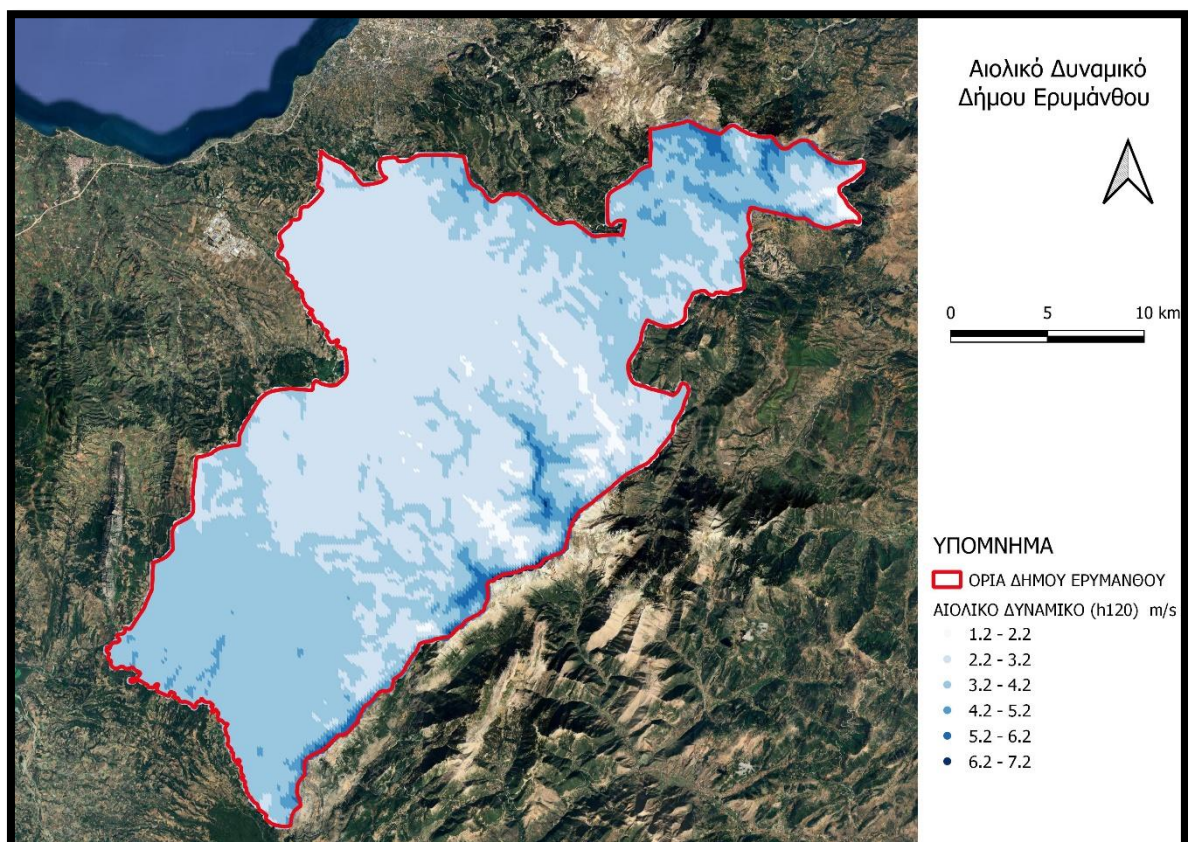
Τα δεδομένα εισήχθησαν στο QGIS είτε σε μορφή shapefile (SHP) είτε σε μορφή raster. Το πρώτο στάδιο επεξεργασίας αφορούσε την ομογενοποίηση τους, ώστε όλα τα επίπεδα πληροφορίας να προβάλλονται στο ίδιο σύστημα αναφοράς. Στην παρούσα εργασία

χρησιμοποιήθηκε το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ '87/GGRS87), το οποίο είναι κατάλληλο για χωρικές αναλύσεις στον ελληνικό χώρο.

Η προεπεξεργασία των δεδομένων ήταν απαραίτητη, ώστε όλα τα κριτήρια να είναι συγκρίσιμα και να μπορούν να ενσωματωθούν στην πολυκριτηριακή ανάλυση. Ανάλογα με τον τύπο κάθε δεδομένου εφαρμόστηκαν διαφορετικές διαδικασίες, όπως μετατροπή διανυσματικών δεδομένων σε raster, υπολογισμός αποστάσεων, αναταξινόμηση τιμών και εφαρμογή μάσκας αποκλεισμού.

Αιολικό Δυναμικό

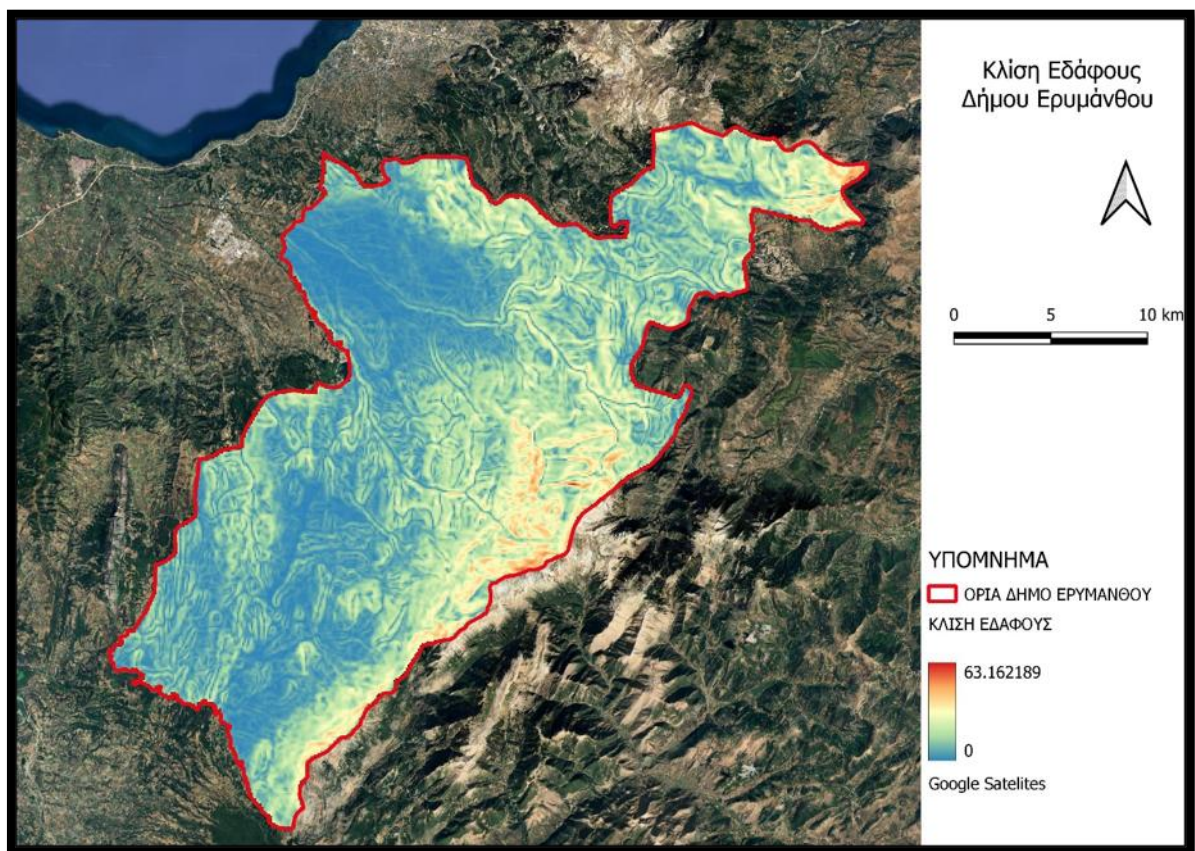
Τα δεδομένα του αιολικού δυναμικού ήταν διαθέσιμα σε μορφή shapefile. Αρχικά μετατράπηκαν σε raster με τη χρήση του εργαλείου Rasterize (Vector to Raster). Στη συνέχεια, το παραγόμενο raster αναταξινομήθηκε με βάση τις τιμές ταχύτητας του ανέμου και τον βαθμό καταλληλότητας που αντιστοιχεί σε κάθε εύρος τιμών. Η αναταξινόμηση πραγματοποιήθηκε με το εργαλείο Reclassify by Table του QGIS (Εικόνα 14).



Εικόνα 14. Αιολικό Δυναμικό Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)

Κλίση εδάφους

Για τον υπολογισμό της κλίσης του εδάφους χρησιμοποιήθηκε το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM) της περιοχής μελέτης (Εικόνα 8). Με τη χρήση του εργαλείου slope του QGIS δημιουργήθηκε αρχείο raster κλίσεων, το οποίο στη συνέχεια αναταξινομήθηκε σε κατηγορίες καταλληλότητας (Εικόνα 15). Η διαδικασία αυτή επέτρεψε τη μετατροπή των συνεχών τιμών κλίσης σε διακριτές βαθμίδες, οι οποίες μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην πολυκριτηριακή ανάλυση.



Εικόνα 15. Κλίση εδάφους του Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)

Απόσταση από οικισμούς, οδικό δίκτυο, δίκτυο ενέργειας

Για τα κριτήρια που βασίζονται στην απόσταση από συγκεκριμένα χωρικά χαρακτηριστικά, όπως οι οικισμοί, το οδικό δίκτυο και το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, απαιτήθηκε επιπλέον επεξεργασία. Αρχικά, τα διανυσματικά δεδομένα μετατράπηκαν σε raster και στη συνέχεια εφαρμόστηκε το εργαλείο Proximity Distance Raster. Με τον τρόπο αυτό υπολογίστηκε η απόσταση κάθε κελιού από το αντίστοιχο χωρικό στοιχείο.

Τα παραγόμενα raster αποστάσεων αναταξινομήθηκαν σε βαθμούς καταλληλότητας, σύμφωνα με τα όρια που καθορίστηκαν για κάθε κριτήριο. Η διαδικασία αυτή ήταν απαραίτητη, ώστε τα διαφορετικά κριτήρια να εκφραστούν στην ίδια κλίμακα αξιολόγησης και να μπορούν να συνδυαστούν τόσο στην AHP όσο και στην TOPSIS.

5. Μελέτη περίπτωσης

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η εφαρμογή της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε στο Κεφάλαιο 4, με στόχο τον εντοπισμό των καταλληλότερων θέσεων για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων στον Δήμο Ερυμάνθου. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού QGIS για την επεξεργασία των χωρικών δεδομένων, την εφαρμογή της AHP και την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων, ενώ για την εφαρμογή της μεθόδου TOPSIS χρησιμοποιήθηκε το Microsoft Excel.

5.1 Εφαρμογή Μεθοδολογίας

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας οργανώθηκε σε τρία βασικά στάδια. Αρχικά προσδιορίστηκαν και αφαιρέθηκαν οι ζώνες αποκλεισμού, ώστε να παραμείνουν μόνο οι περιοχές στις οποίες επιτρέπεται η εγκατάσταση αιολικών έργων. Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν οι θεματικοί χάρτες των κριτηρίων αξιολόγησης και πραγματοποιήθηκε η αναταξινόμηση τους σε κοινή κλίμακα καταλληλότητας. Τέλος, εφαρμόστηκαν οι μέθοδοι AHP και TOPSIS για την παραγωγή των τελικών χαρτών καταλληλότητας και την ιεράρχηση των υποψήφιων περιοχών.

5.1.1. Περιοχές αποκλεισμού

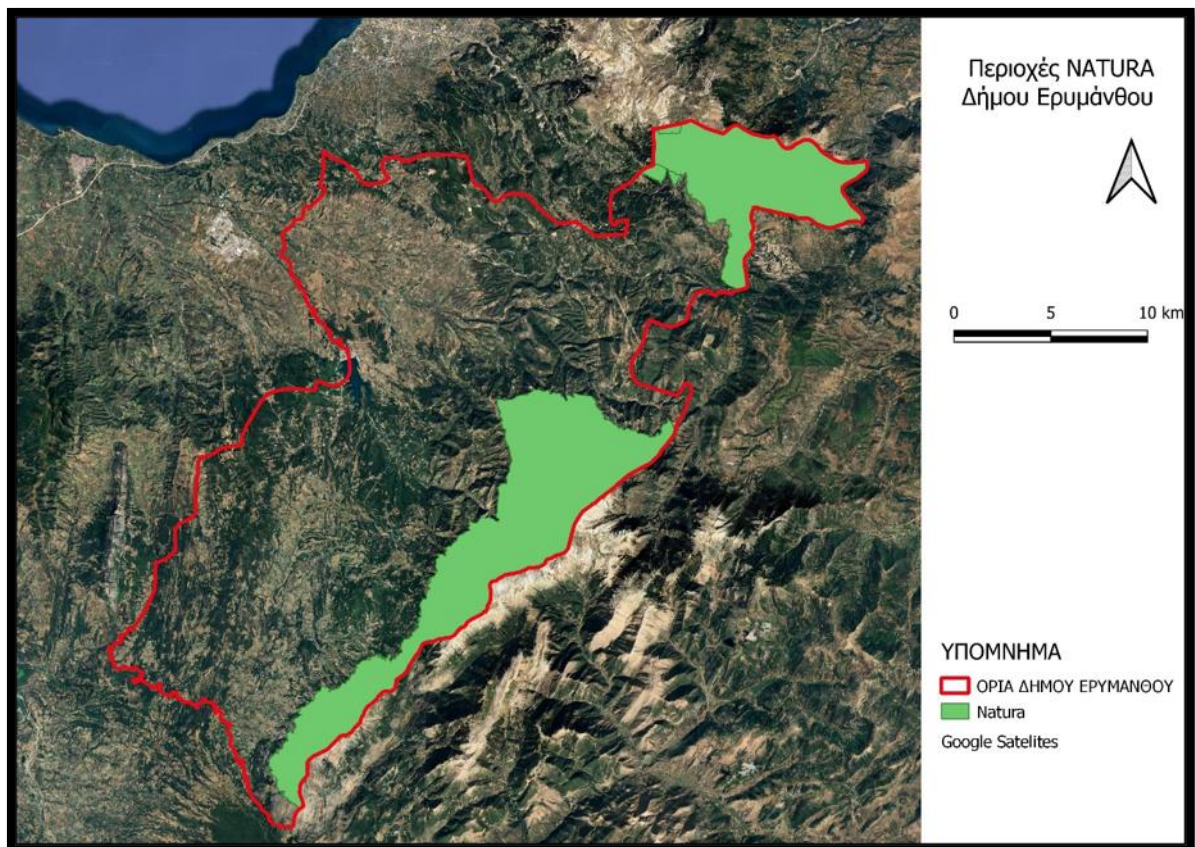
Το πρώτο στάδιο της ανάλυσης αφορούσε τον εντοπισμό και τον αποκλεισμό των περιοχών στις οποίες δεν επιτρέπεται ή δεν θεωρείται κατάλληλη η εγκατάσταση ανεμογεννητριών. Ο αποκλεισμός πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με περιβαλλοντικά, θεσμικά και τεχνικά κριτήρια και αποτέλεσε βασική προϋπόθεση για την αξιοπιστία της μετέπειτα πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Περιβαλλοντικά κριτήρια

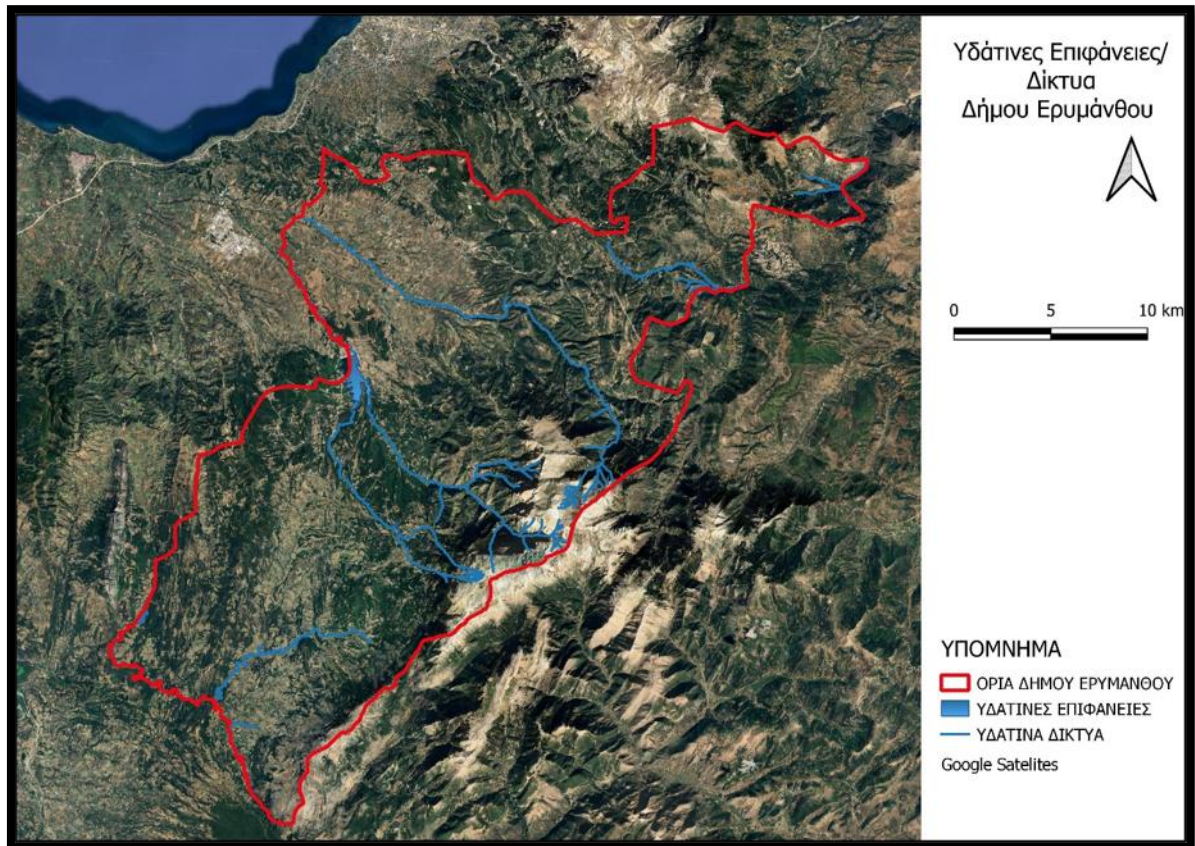
Αρχικά εντοπίστηκαν οι περιοχές Natura 2000 (Εικόνα 16), καθώς και τα υδάτινα σώματα και υδρογραφικά δίκτυα της περιοχής μελέτης (Εικόνα 17). Οι περιοχές Natura 2000 διακρίνονται σε Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (Sites of Community Importance - SCI), Ζώνες Ειδικής Προστασίας (SPA) και περιοχές που συνδυάζουν τις δύο παραπάνω

κατηγορίες (SCI/SPA). Οι περιοχές αυτές προστατεύονται για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και την προστασία ειδών και οικοτόπων ευρωπαϊκής σημασίας.

Για τις περιοχές αυτές εφαρμόστηκαν ζώνες αποκλεισμού, προκειμένου να διασφαλιστεί η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και να περιοριστούν οι πιθανές επιπτώσεις από την εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Η χαρτογράφηση των περιοχών αυτών είχε ιδιαίτερη σημασία, καθώς οι προστατευόμενες ζώνες καταλαμβάνουν σημαντικό τμήμα του Δήμου Ερυμάνθου και επηρεάζουν άμεσα το διαθέσιμο χωρικό πεδίο της ανάλυσης.



Εικόνα 16. Περιοχές Natura 2000 του Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)

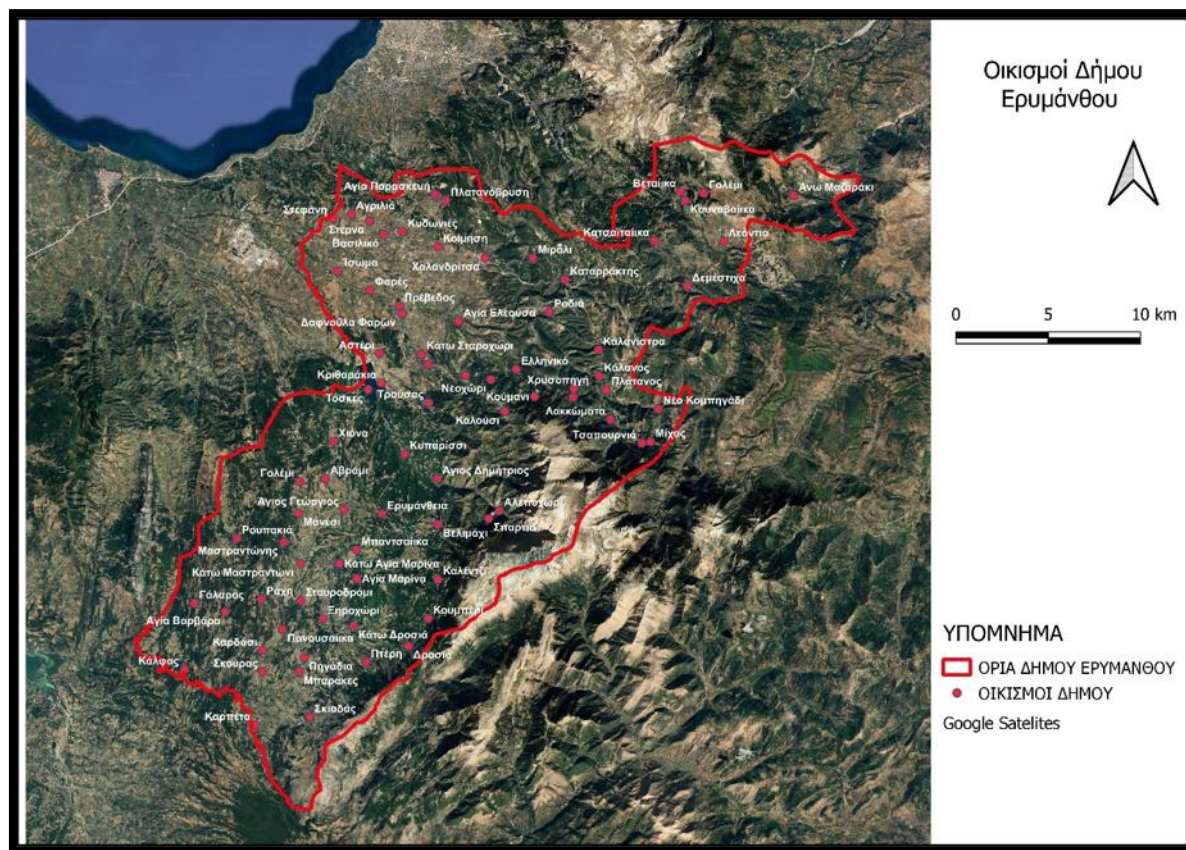


Εικόνα 17. Υδρογραφικό Δίκτυο Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)

Οικισμοί

Οι οικισμοί εντοπίστηκαν μέσω διαθέσιμων χωρικών δεδομένων σε μορφή shapefile (Εικόνα 6). Στη συνέχεια εφαρμόστηκε ζώνη αποκλεισμού γύρω από κάθε οικισμό (buffer zone), ώστε να απομακρυνθούν από την ανάλυση οι περιοχές όπου η εγκατάσταση ανεμογεννητριών θα μπορούσε να προκαλέσει οπτική ή ακουστική όχληση στους κατοίκους της περιοχής. Δεδομένου ότι ο Δήμος Ερυμάνθου δεν περιλαμβάνει μεγάλες αστικές συγκεντρώσεις, αλλά κυρίως μικρότερους οικισμούς αγροτικού και ημιορεινού χαρακτήρα, η εφαρμογή ζώνης αποκλεισμού ακτίνας 500 m κρίθηκε κατάλληλη για την προστασία του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος.

Η χαρτογραφική αποτύπωση των οικισμών (Εικόνα 18) δείχνει ότι οι κατοικημένες ζώνες κατανέμονται διάσπαρτα στην περιοχή μελέτης. Η διάσπαρτη αυτή χωρική κατανομή δημιουργεί πολλαπλές ζώνες αποκλεισμού, οι οποίες περιορίζουν σε σημαντικό βαθμό τις διαθέσιμες περιοχές για περαιτέρω αξιολόγηση.

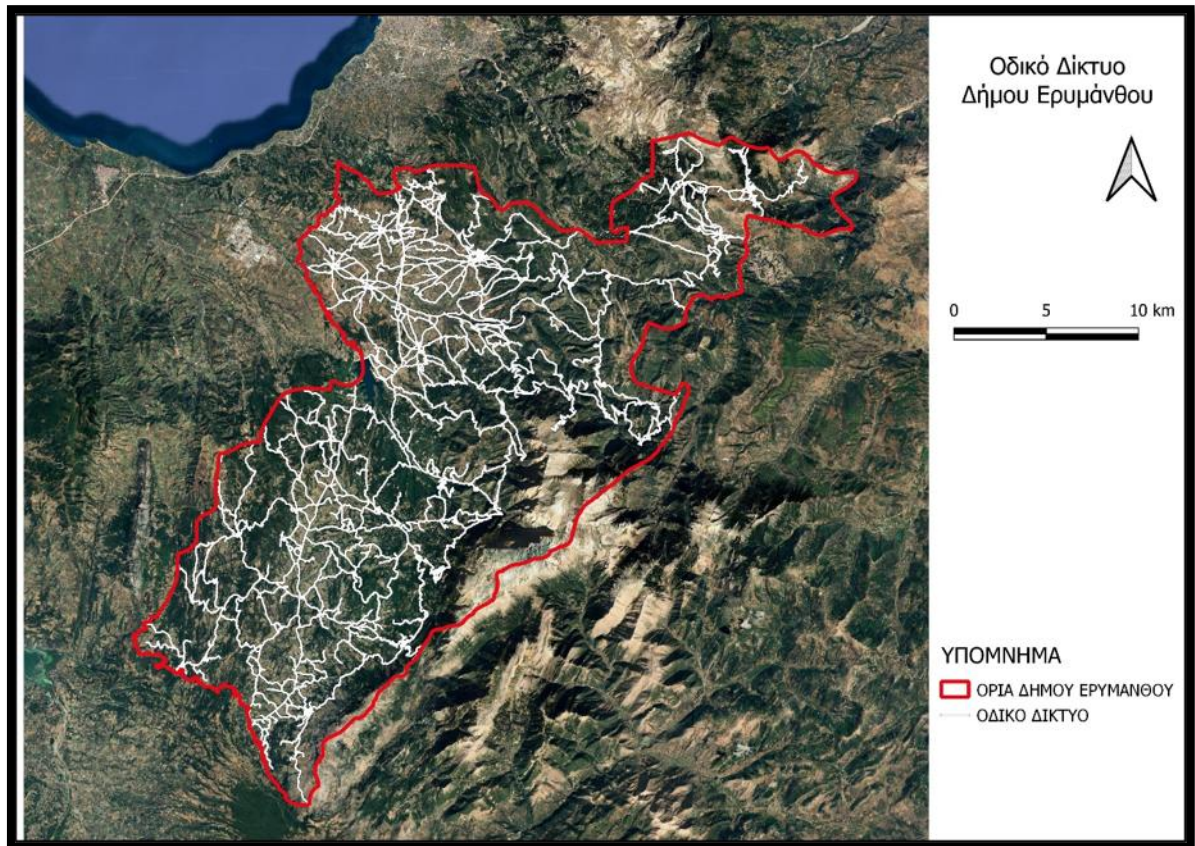


Εικόνα 18. Οι οικισμοί Δήμου Ερυμάνθου με τις ονομασίες τους (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)

Οδικό δίκτυο

Το οδικό δίκτυο της περιοχής μελέτης (Εικόνα 19) περιλαμβάνει κύριους και δευτερεύοντες οδικούς άξονες, οι οποίοι εξυπηρετούν τη σύνδεση των οικισμών και την πρόσβαση στις ορεινές και ημιορεινές περιοχές του Δήμου. Για λόγους ασφάλειας και λειτουργικότητας εφαρμόστηκε ζώνη αποκλεισμού γύρω από τους βασικούς οδικούς άξονες.

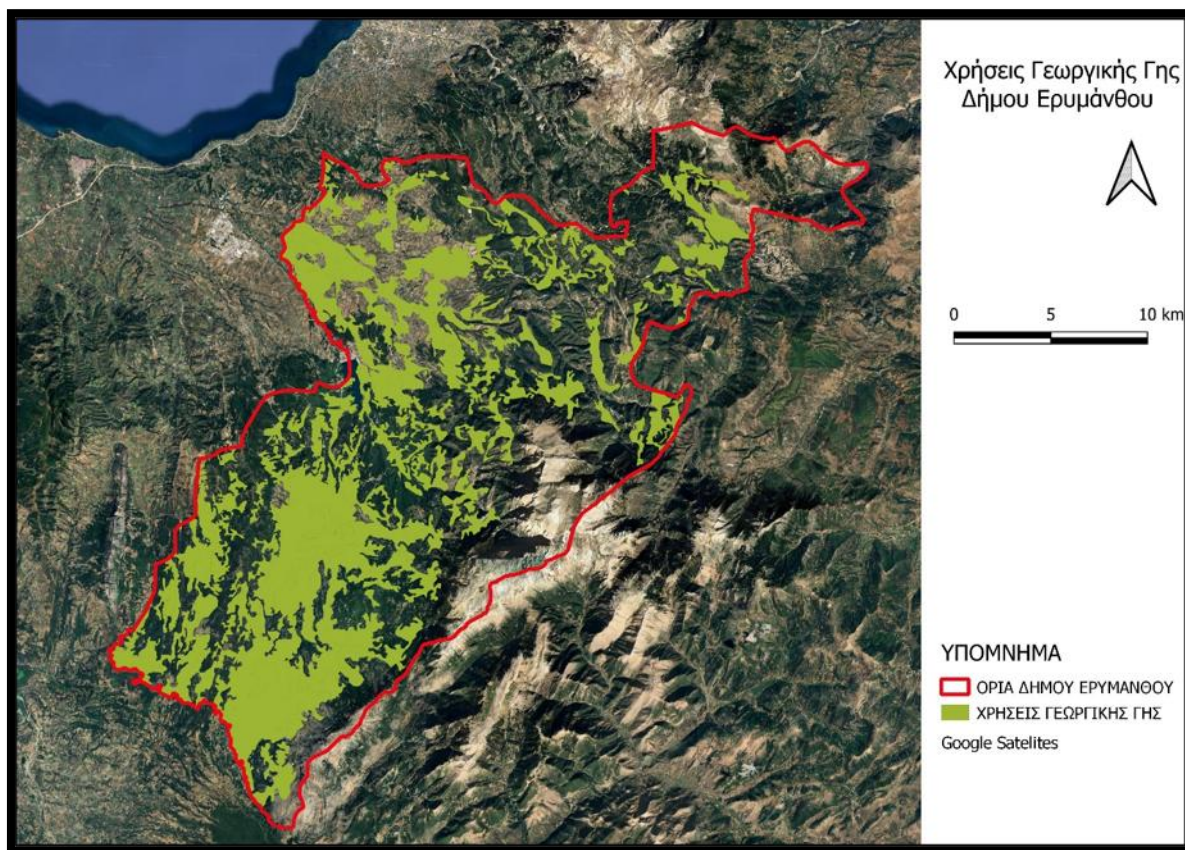
Η ύπαρξη οδικού δικτύου αποτελεί διττό παράγοντα στη χωροθέτηση αιολικών πάρκων. Από τη μία πλευρά, πολύ μικρή απόσταση από τους δρόμους μπορεί να δημιουργεί ζητήματα ασφάλειας, ενώ από την άλλη πλευρά, η εγγύτητα στο οδικό δίκτυο μειώνει το κόστος πρόσβασης και διευκολύνει την κατασκευή και συντήρηση ενός αιολικού έργου. Για τον λόγο αυτό, το οδικό δίκτυο αντιμετωπίστηκε τόσο ως παράγοντας αποκλεισμού όσο και ως κριτήριο αξιολόγησης.



Εικόνα 19. Οδικό Δίκτυο Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)

Χρήσεις γης

Οι χρήσεις γης προέκυψαν από τα δεδομένα CORINE Land Cover. Από την ανάλυση αποκλείστηκαν περιοχές υψηλής γεωργικής παραγωγικότητας και περιοχές έντονης γεωργικής ή κτηνοτροφικής δραστηριότητας (Εικόνα 13), καθώς η εγκατάσταση αιολικών πάρκων στις περιοχές αυτές θεωρείται λιγότερο συμβατή με τις υφιστάμενες χρήσεις γης. Η χαρτογράφηση των χρήσεων γης (Εικόνα 20) είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς επιτρέπει την αναγνώριση περιοχών όπου η εγκατάσταση αιολικών έργων ενδέχεται να συγκρούεται με υφιστάμενες παραγωγικές δραστηριότητες των κατοίκων της περιοχής. Με τον τρόπο αυτό, η χωροθέτηση δεν βασίζεται μόνο σε τεχνικά και ενεργειακά κριτήρια, αλλά λαμβάνει υπόψη και την υφιστάμενη λειτουργία του χώρου.

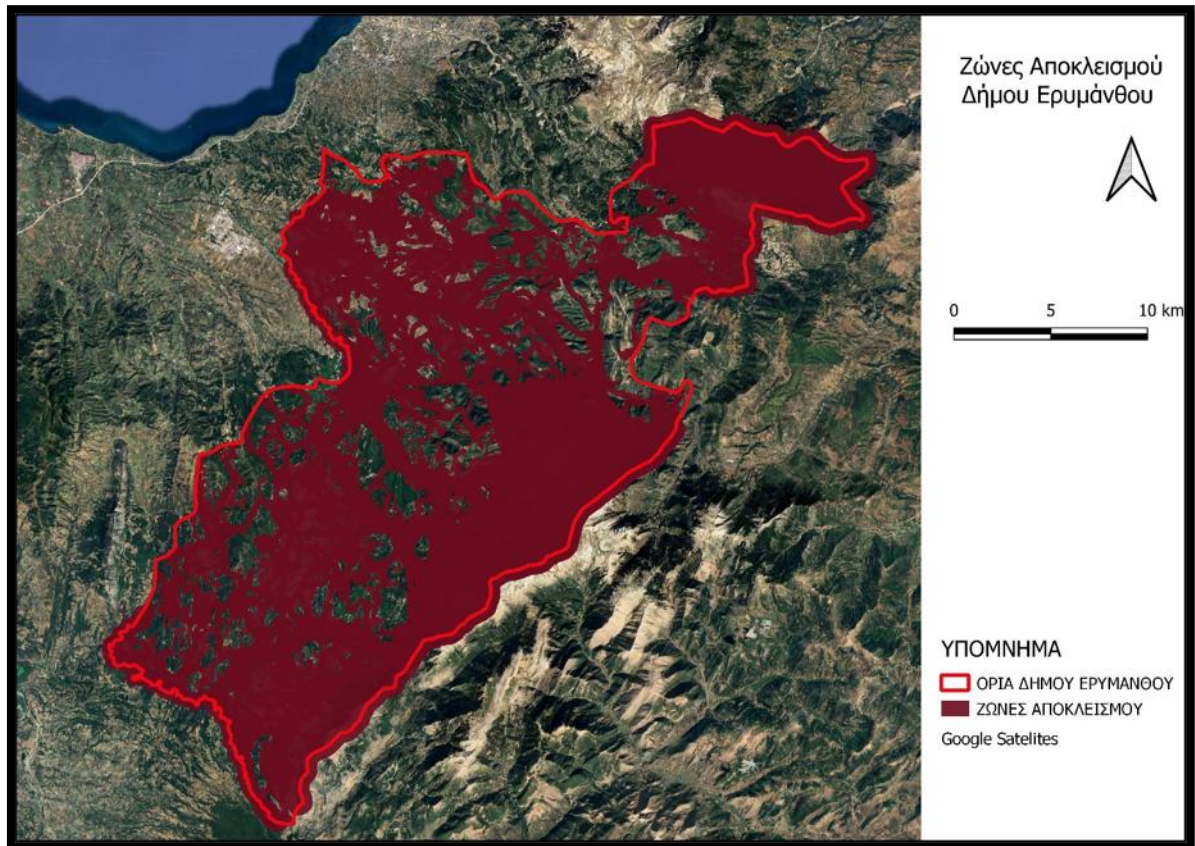


Εικόνα 20. Χρήσεις γης του Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω κατηγορίες, καθώς και τις ζώνες προστασίας που δημιουργήθηκαν γύρω από κάθε χρήση, προέκυψε ο τελικός χάρτης ζωνών αποκλεισμού (Εικόνα 21).

Από τον τελικό χάρτη ζωνών αποκλεισμού παρατηρείται ότι σημαντικό τμήμα της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται ως μη κατάλληλο για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Ο αποκλεισμός αυτός οφείλεται κυρίως στην παρουσία προστατευόμενων περιοχών Natura 2000, υδάτινων σωμάτων, οικιστικών ζωνών και ασύμβατων χρήσεων γης. Οι ζώνες αυτές δημιουργούν εκτεταμένους χωρικούς περιορισμούς, μειώνοντας σημαντικά την έκταση των περιοχών που μπορούν να αξιολογηθούν στο επόμενο στάδιο.

Οι εναπομείνουσες επιτρεπόμενες περιοχές εντοπίζονται κυρίως σε ορεινές και ημιορεινές ζώνες, όπου οι περιβαλλοντικοί και θεσμικοί περιορισμοί εμφανίζονται λιγότερο έντονοι. Το αποτέλεσμα αυτό αναδεικνύει τη σημασία του σταδίου αποκλεισμού, καθώς καθορίζει το πραγματικό χωρικό πεδίο εφαρμογής της πολυκριτηριακής ανάλυσης και αποτρέπει την αξιολόγηση περιοχών που εξ αρχής δεν είναι θεσμικά ή περιβαλλοντικά αποδεκτές.



Εικόνα 21. Ζώνες αποκλεισμού Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)

5.1.2. Χάρτες με κριτήρια

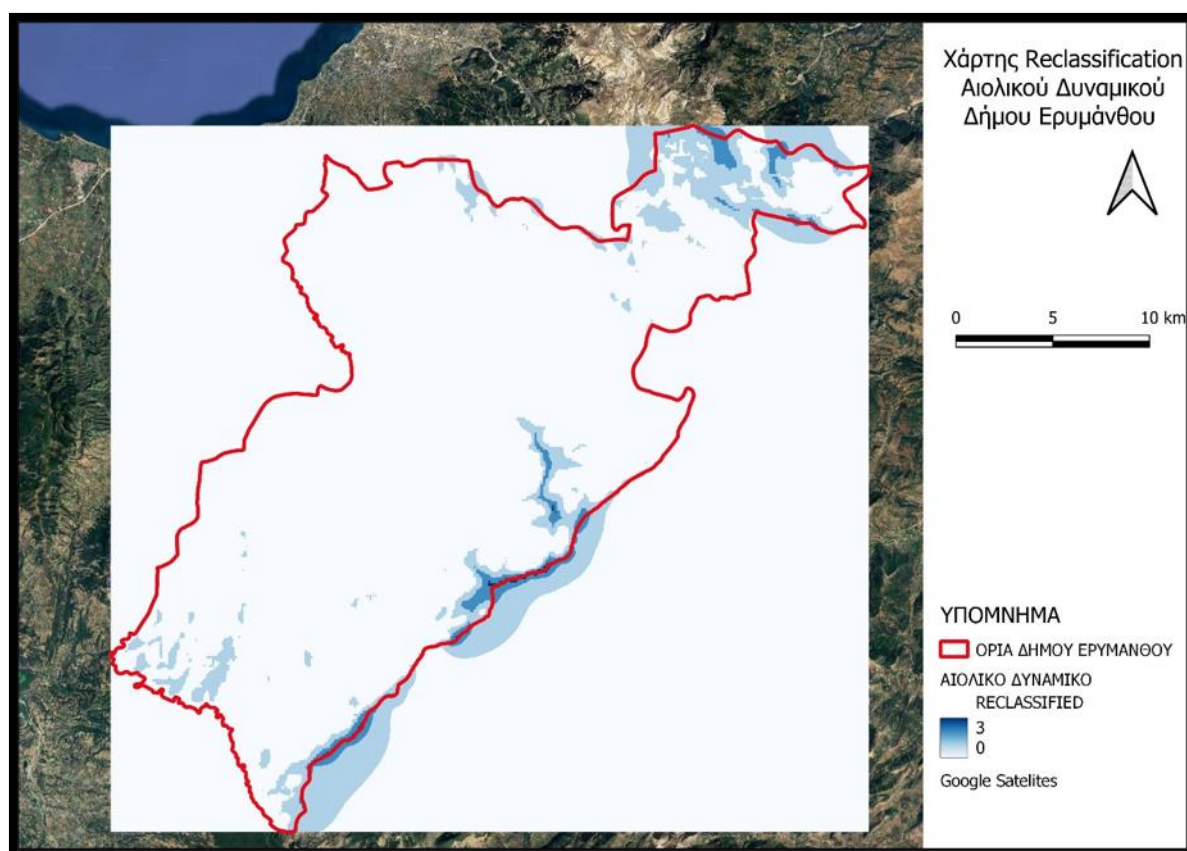
Αιολικό Δυναμικό

Το αιολικό δυναμικό αποτελεί βασικό κριτήριο για τη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων, καθώς από αυτό εξαρτώνται η ενεργειακή αποδοτικότητα και η οικονομική βιωσιμότητα ενός αιολικού πάρκου. Η διαβάθμιση των ανεμολογικών δεδομένων είναι απαραίτητη προκειμένου να προσδιοριστεί ο βαθμός καταλληλότητας των επιμέρους περιοχών, δίνοντας προτεραιότητα σε θέσεις με υψηλότερες ταχύτητες ανέμου. Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, ορίστηκε ως κατώτερο όριο καταλληλότητας η ταχύτητα ανέμου των 4 m/s. Περιοχές με τιμές μικρότερες από αυτό το όριο χαρακτηρίστηκαν ως ακατάλληλες και έλαβαν βαθμό καταλληλότητας 0, καθώς κρίθηκε ότι δεν πληρούν τις ελάχιστες προϋποθέσεις λειτουργίας. Στον Πίνακα 8 παρουσιάζεται η κλίμακα καταλληλότητας που χρησιμοποιήθηκε για το κριτήριο της ταχύτητας του ανέμου.

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	4
>12 m/s	5

Πίνακας 8. Κλίμακα καταλληλότητας για το κριτήριο της ταχύτητας του ανέμου στην πολυκριτηριακή ανάλυση

Με βάση την αναταξινόμηση των ανεμολογικών δεδομένων δημιουργήθηκε ο χάρτης καταλληλότητας αιολικού δυναμικού (Εικόνα 22).



Εικόνα 22. Χάρτης reclassification Αιολικού Δυναμικού Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)

Από τον χάρτη αιολικού δυναμικού προκύπτει ότι οι υψηλότερες τιμές ταχύτητας ανέμου εντοπίζονται κυρίως στις ορεινές περιοχές του Δήμου Ερυμάνθου. Οι περιοχές αυτές λαμβάνουν υψηλότερο βαθμό καταλληλότητας και εμφανίζονται ιδιαίτερα ευνοϊκές για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών. Αντίθετα, οι χαμηλότερες τιμές εντοπίζονται σε πεδινότερες ή περισσότερο προστατευμένες ζώνες, οι οποίες εμφανίζουν μειωμένη ενεργειακή απόδοση. Η χωρική αυτή διαφοροποίηση αναδεικνύει τον καθοριστικό ρόλο του αιολικού δυναμικού στη συνολική αξιολόγηση.

Κλίση εδάφους

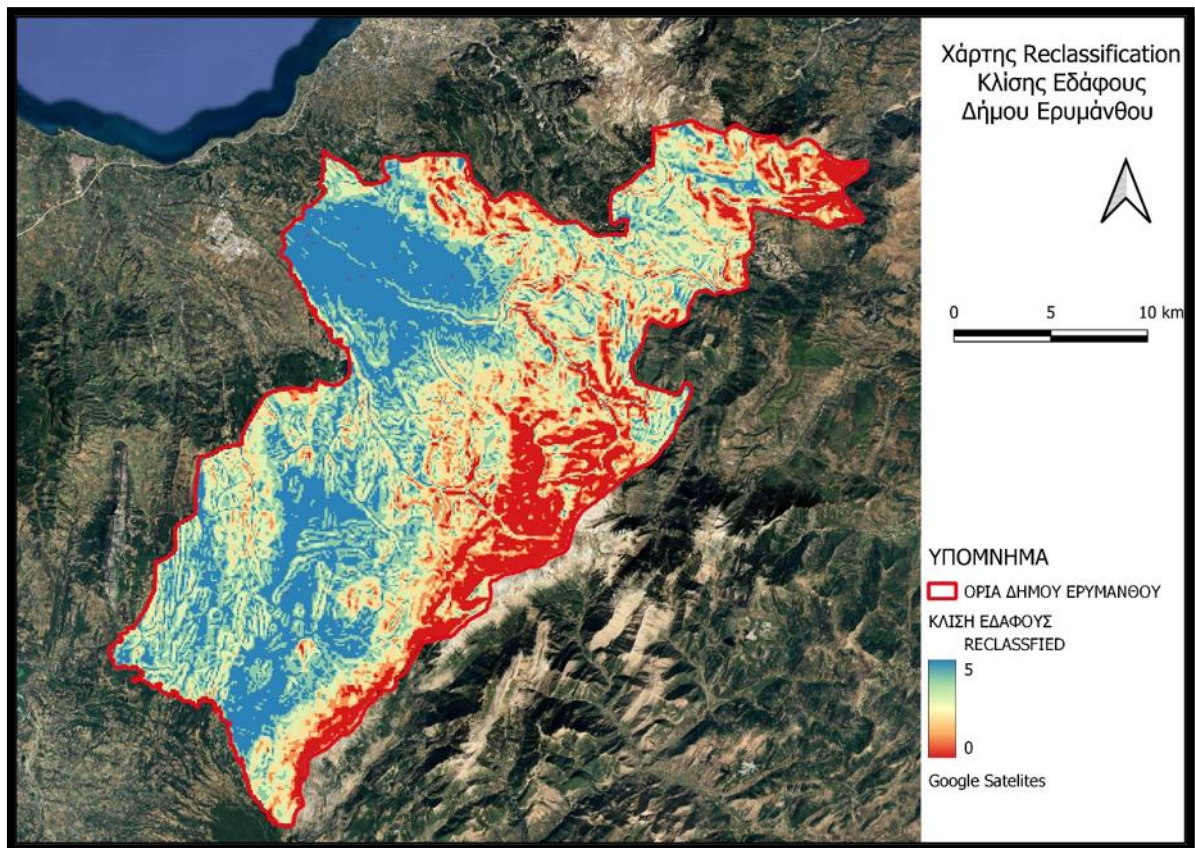
Η κλίση του εδάφους αποτελεί σημαντικό τεχνοοικονομικό κριτήριο, καθώς επηρεάζει το κόστος κατασκευής, τη δυνατότητα πρόσβασης και τη συνολική υλοποίηση ενός αιολικού έργου. Στην παρούσα εργασία, οι περιοχές με μικρές κλίσεις θεωρήθηκαν καταλληλότερες, ενώ όσο αυξάνεται η κλίση του εδάφους τόσο μειώνεται ο βαθμός καταλληλότητας.

Οι βαθμοί καταλληλότητας που χρησιμοποιήθηκαν για την κλίση εδάφους παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.

Κλίση Εδάφους	Βαθμός καταλληλότητας
>25%	0
20-25%	1
15-20%	2
10-15%	3
5-10%	4
0-5%	5

Πίνακας 9. Κλίμακα καταλληλότητας για το κριτήριο της κλίσης του εδάφους στην πολυκριτηριακή ανάλυση

Με βάση την αναταξινόμηση των τιμών του Πίνακα 9, δημιουργήθηκε ο χάρτης καταλληλότητας σχετικά με τις κλίσεις του εδάφους (Εικόνα 23).



Εικόνα 23. Χάρτης reclassification κλίσης εδάφους Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)

Ο χάρτης κλίσης εδάφους (Εικόνα 23) δείχνει ότι οι περιοχές με χαμηλές κλίσεις εντοπίζονται κυρίως σε πεδινές και ημιορεινές ζώνες, ενώ οι μεγαλύτερες κλίσεις παρατηρούνται στις ορεινές περιοχές. Το στοιχείο αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς σε αρκετές περιπτώσεις οι ορεινές περιοχές εμφανίζουν υψηλό αιολικό δυναμικό, αλλά η αυξημένη κλίση περιορίζει την τεχνική και οικονομική τους καταλληλότητα. Επομένως, η κλίση λειτουργεί ως εξισορροπητικός παράγοντας στην τελική αξιολόγηση.

Απόσταση από οδικό δίκτυο

Η εγγύτητα στο οδικό δίκτυο λειτουργεί ως σημαντικό τεχνοοικονομικό κριτήριο. Περιοχές που βρίσκονται κοντά σε υφιστάμενους δρόμους θεωρούνται περισσότερο κατάλληλες, καθώς μειώνεται το κόστος κατασκευής και λειτουργίας ενός αιολικού πάρκου. Επιπλέον, περιορίζεται η ανάγκη διάνοιξης νέων δρόμων για τη μεταφορά εξοπλισμού και την πρόσβαση στις θέσεις εγκατάστασης.

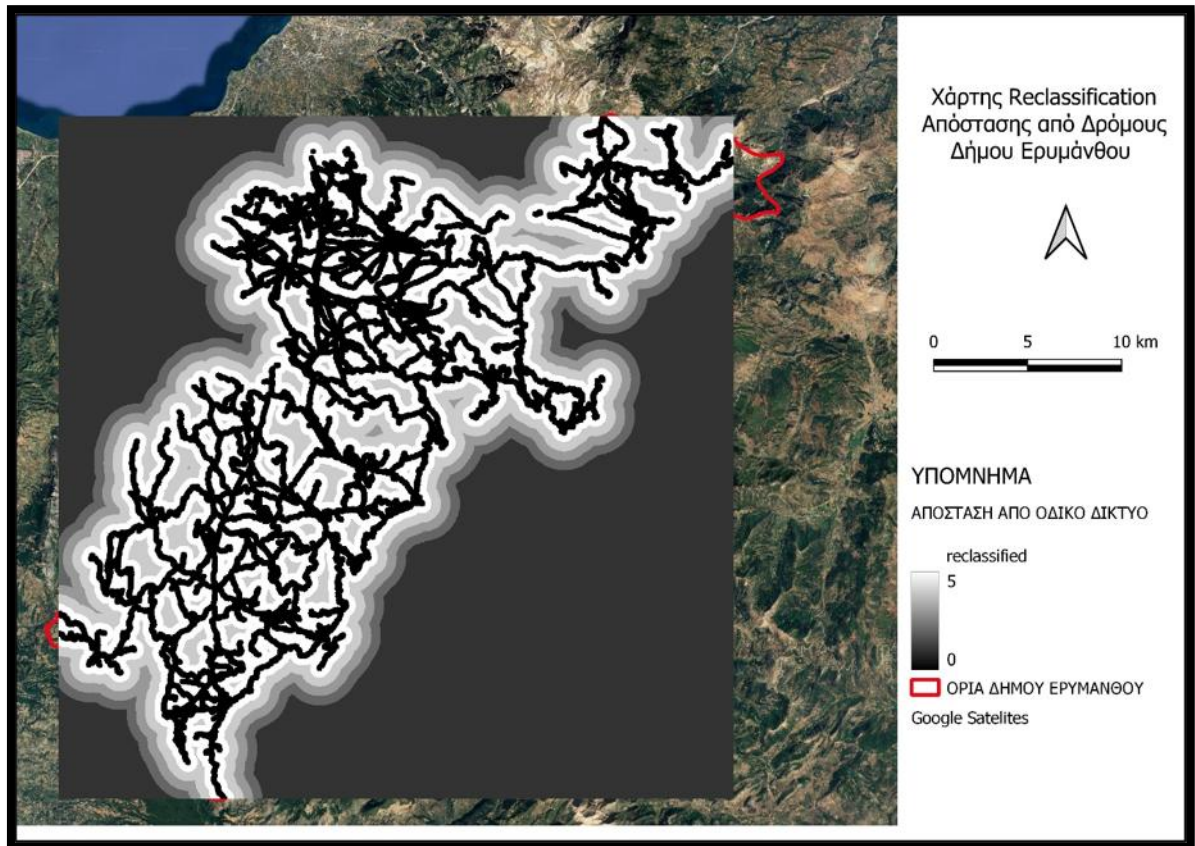
Στην παρούσα μελέτη, οι περιοχές που βρίσκονται σε μικρή έως μέτρια απόσταση από το υφιστάμενο οδικό δίκτυο έλαβαν υψηλότερη βαθμολογία καταλληλότητας. Ωστόσο, οι περιοχές που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 150 m έλαβαν βαθμό 0, καθώς θεωρήθηκαν μη κατάλληλες για λόγους ασφάλειας και λειτουργικής απόστασης από τις οδικές υποδομές.

Παρακάτω (Πίνακας 10) παρουσιάζεται ο σχετικός πίνακας με τον βαθμό καταλληλότητας για το οδικό δίκτυο.

Απόσταση από οδικό δίκτυο	Βαθμός καταλληλότητας
<150 μέτρα	0
>2000 μέτρα	1
1500-2000 μέτρα	2
1000-1500 μέτρα	3
500-1000 μέτρα	4
150-500 μέτρα	5

Πίνακας 10. Κλίμακα καταλληλότητας για το κριτήριο της απόστασης από το οδικό δίκτυο στην πολυκριτηριακή ανάλυση

Με βάση την αναταξινόμηση των τιμών του Πίνακα 10, δημιουργήθηκε ο χάρτης καταλληλότητας σχετικά με τις αποστάσεις από το οδικό δίκτυο (Εικόνα 24).



Εικόνα 24. Χάρτης reclassification απόστασης από το οδικό δίκτυο του Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)

Από τον χάρτη της Εικόνας 24 προκύπτει ότι οι περιοχές που βρίσκονται σε μικρή έως μέτρια απόσταση από το οδικό δίκτυο παρουσιάζουν αυξημένη καταλληλότητα, καθώς εξασφαλίζεται ευκολότερη πρόσβαση και μειώνεται το κόστος κατασκευής υποδομών. Αντίθετα, οι απομακρυσμένες περιοχές εμφανίζουν χαμηλότερη καταλληλότητα, καθώς η ανάγκη δημιουργίας νέων δρόμων μπορεί να αυξήσει τόσο το οικονομικό κόστος όσο και την περιβαλλοντική επιβάρυνση.

Απόσταση από οικισμούς

Το κριτήριο της απόστασης από οικισμούς αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στη διαδικασία χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων, καθώς συνδέεται άμεσα με την προστασία του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος και τη διασφάλιση της ποιότητας ζωής των κατοίκων. Όπως αναφέρθηκε, γύρω από τους οικισμούς εφαρμόστηκαν ζώνες αποκλεισμού

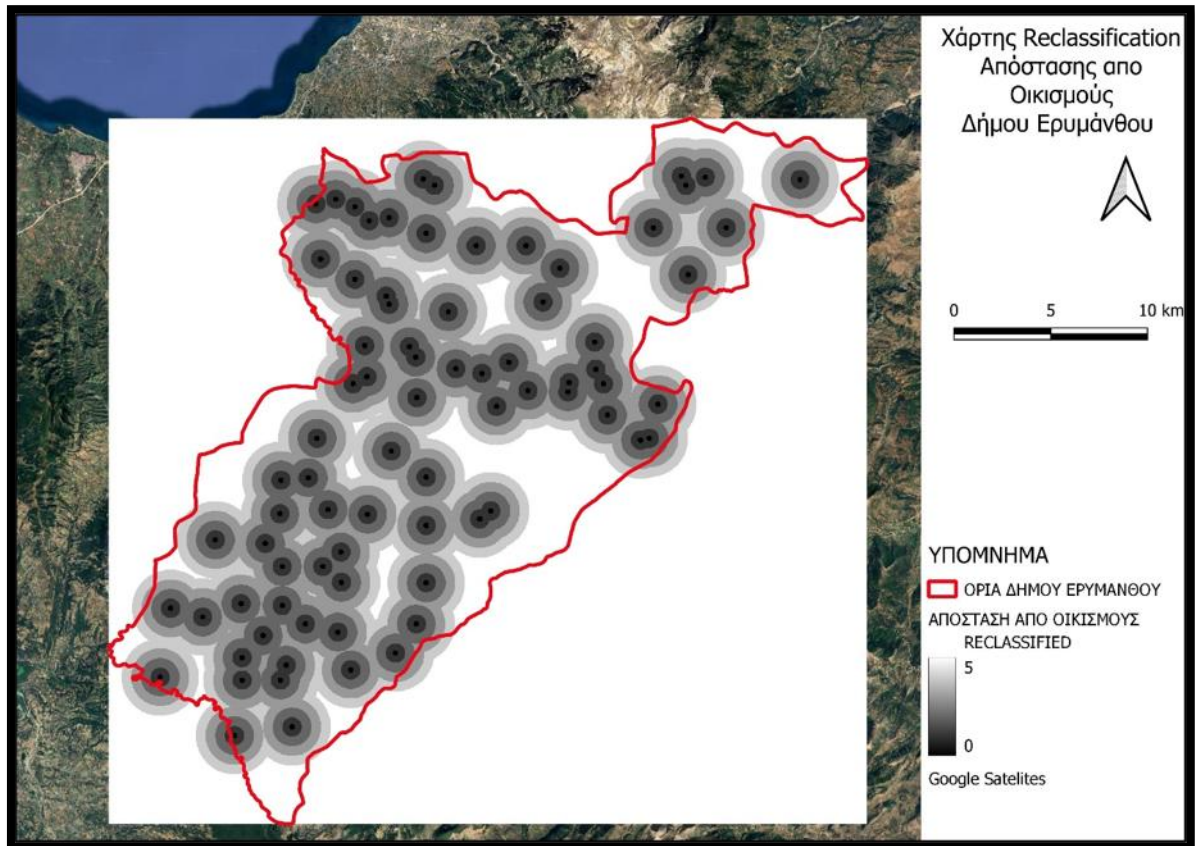
(buffer zones), σύμφωνα με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο και τις απαιτήσεις προστασίας από οπτική και ακουστική όχληση των κατοίκων της περιοχής.

Η απόσταση από τους οικισμούς λειτουργεί και ως κριτήριο αξιολόγησης. Περιοχές που βρίσκονται σε μεγαλύτερη απόσταση από κατοικημένες ζώνες θεωρούνται καταλληλότερες, καθώς μειώνεται η πιθανότητα κοινωνικών αντιδράσεων και περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Αντίθετα, όσο μικρότερη είναι η απόσταση από έναν οικισμό, τόσο μειώνεται η καταλληλότητα της περιοχής για εγκατάσταση αιολικού πάρκου. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 11) παρουσιάζεται ο βαθμός καταλληλότητας σχετικά με τις αποστάσεις από τους οικισμούς.

Απόσταση από οικισμούς	Βαθμός καταλληλότητας
<500 μέτρα	0
500- 1000 μέτρα	1
1000-1500 μέτρα	2
1500-2000 μέτρα	3
2000-2500 μέτρα	4
>3000 μέτρα	5

Πίνακας 11. Κλίμακα καταλληλότητας για το κριτήριο της απόστασης από τους οικισμούς για την πολυκριτηριακή ανάλυση

Με βάση την αναταξινόμηση των τιμών του Πίνακα 11, δημιουργήθηκε ο χάρτης καταλληλότητας σχετικά με τις αποστάσεις από τους οικισμούς (Εικόνα 25).



Εικόνα 25. Χάρτης reclassification απόστασης από τους οικισμούς του Δήμου Ερυμάνθου (Ίδια Επεξεργασία στο QGIS)

Απόσταση από πυλώνες της ΔΕΗ

Το κριτήριο της απόστασης από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί σημαντική παράμετρο για τη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων, καθώς επηρεάζει άμεσα το κόστος υλοποίησης και τη λειτουργικότητα του έργου. Η εγγύτητα των υποψήφιων θέσεων στο δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας συνεπάγεται μικρότερες ανάγκες για την κατασκευή νέων υποδομών διασύνδεσης και περιορισμό των τεχνικών παρεμβάσεων στο φυσικό περιβάλλον.

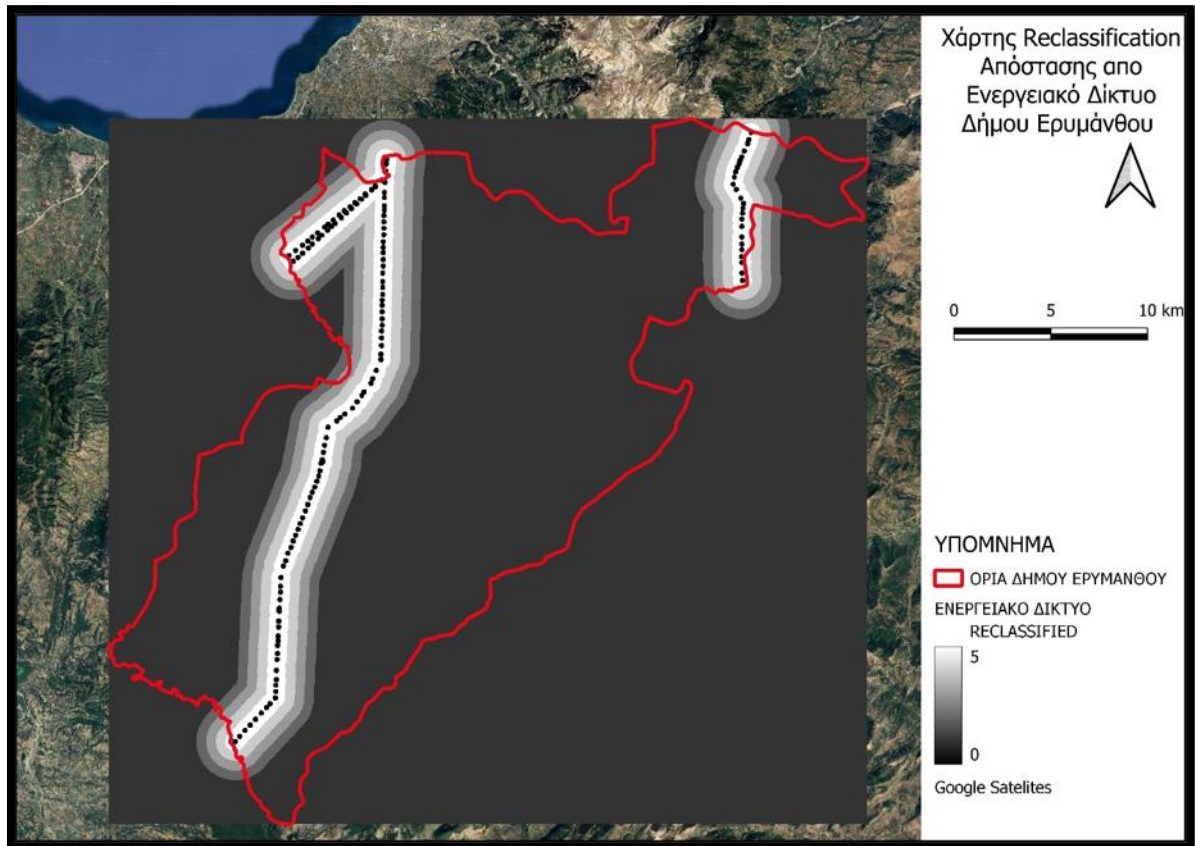
Συγκεκριμένα, όσο μικρότερη είναι η απόσταση από τους πυλώνες μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο μειώνεται το κόστος σύνδεσης του αιολικού πάρκου με το δίκτυο. Αντίθετα, οι μεγάλες αποστάσεις συνεπάγονται αυξημένο κόστος, μεγαλύτερες τεχνικές απαιτήσεις και πιθανώς μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση. Στον παρακάτω πίνακα

(Πίνακας 12) παρουσιάζεται ο βαθμός καταλληλότητας σχετικά με τις αποστάσεις από τις γραμμές υψηλής τάσης της περιοχής μελέτης.

Απόσταση από ηλεκτρικό δίκτυο	Βαθμός καταλληλότητας
<150 μέτρα	0
>2000 μέτρα	1
1500-2000 μέτρα	2
1000-1500 μέτρα	3
500-1000 μέτρα	4
150-500 μέτρα	5

Πίνακας 12. Κλίμακα καταλληλότητας για το κριτήριο της απόστασης από τις γραμμές υψηλής τάσης για την πολυκριτηριακή ανάλυση

Με βάση την αναταξινόμηση των τιμών του Πίνακα 12, δημιουργήθηκε ο χάρτης καταλληλότητας σχετικά με τις αποστάσεις από το ενεργειακό δίκτυο (Εικόνα 26).



Εικόνα 26. Χάρτης reclassification απόστασης από ενεργειακό δίκτυο (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)

Οι περιοχές που βρίσκονται σε μικρή έως μέτρια απόσταση από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας εμφανίζουν αυξημένη καταλληλότητα, καθώς μειώνεται το κόστος διασύνδεσης και περιορίζονται οι απαιτούμενες τεχνικές παρεμβάσεις. Αντίθετα, οι περιοχές που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από το δίκτυο εμφανίζουν χαμηλότερη καταλληλότητα, παρά το γεγονός ότι σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να διαθέτουν υψηλό αιολικό δυναμικό (Εικόνα 26).

5.2 Παραγωγή χαρτών καταλληλότητας

5.2.1. Αξιολόγηση με την πολυκριτηριακή ανάλυση (AHP)

Η αξιολόγηση της καταλληλότητας των υποψήφιων περιοχών στον Δήμο Ερυμάνθου πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (AHP) και τη χρήση του εργαλείου EasyAHP στο QGIS (Εικόνα 34, Εικόνα 35, Εικόνα 36, Εικόνα 37 και Εικόνα 38 του παραρτήματος).

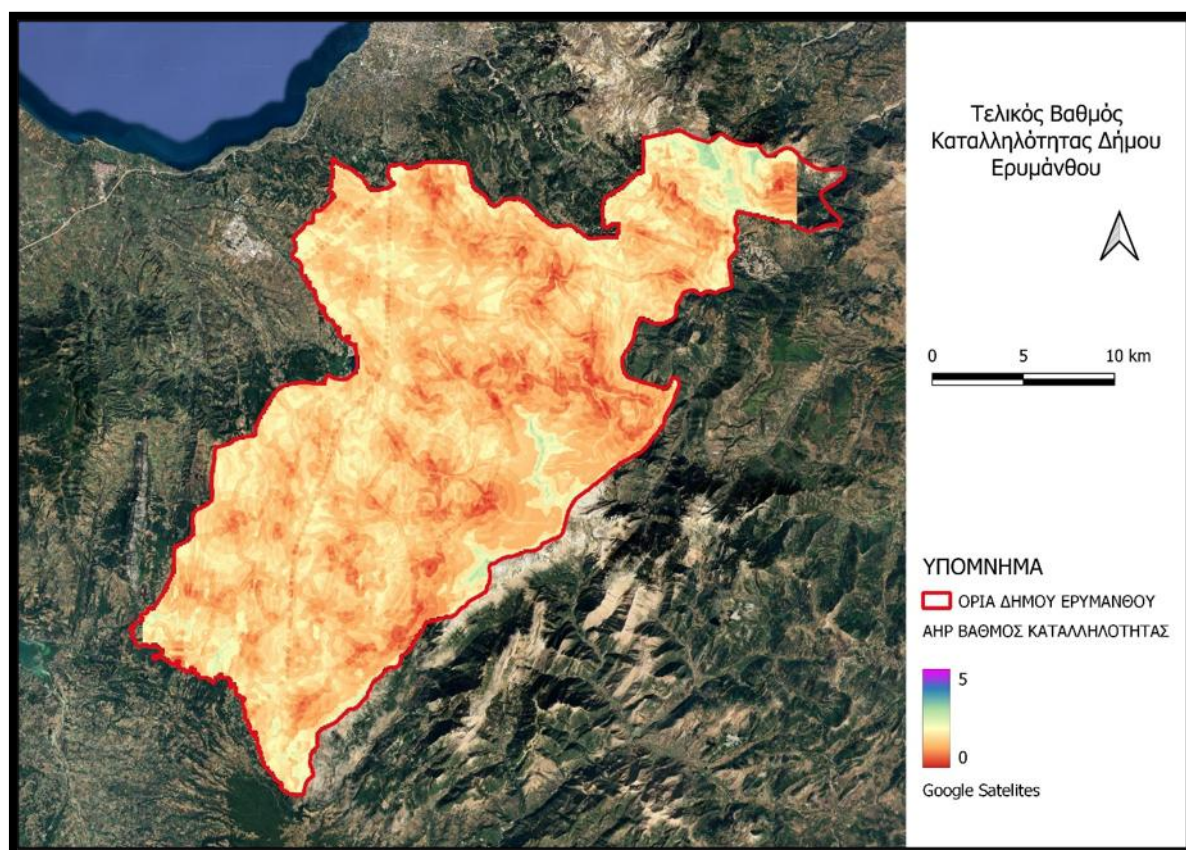
Στο πλαίσιο της AHP, το πρόβλημα της χωροθέτησης αποδομείται στα βασικά κριτήρια αξιολόγησης που παρουσιάστηκαν προηγουμένως. Στη συνέχεια πραγματοποιούνται ζευγαρωτές συγκρίσεις μεταξύ των κριτηρίων, με στόχο τον προσδιορισμό της σχετικής βαρύτητάς τους. Τα βάρη αυτά εκφράζουν τον βαθμό επιρροής κάθε κριτηρίου στη συνολική αξιολόγηση και κανονικοποιούνται ώστε το άθροισμά τους να ισούται με τη μονάδα (Εξίσωση $\sum_{j=1}^{j=n} w_j = 1$ (3)).

Η τελική στάθμιση προκύπτει από τον συνδυασμό των βαρών με τις τιμές καταλληλότητας των επιμέρους κριτηρίων, οδηγώντας στη δημιουργία ενός συνολικού δείκτη καταλληλότητας για κάθε χωρική μονάδα. Η ταχύτητα του ανέμου έλαβε το μεγαλύτερο βάρος (0,527), καθώς αποτελεί τον καθοριστικότερο παράγοντα για την ενεργειακή απόδοση των ανεμογεννητριών (Σχήμα 7). Η κλίση εδάφους έλαβε ενδιάμεση βαρύτητα (0,125), ενώ η απόσταση από οικισμούς, η απόσταση από το οδικό δίκτυο και η απόσταση από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας θεωρήθηκαν τεχνοοικονομικά και χωρικά κριτήρια με μικρότερη αλλά ουσιαστική συμβολή στην τελική αξιολόγηση. Στον Πίνακα 13 παρουσιάζονται οι συντελεστές βαρύτητας των 5 βασικών κριτηρίων (αιολικό δυναμικό, κλίση εδάφους, απόσταση από οικισμούς, απόσταση από οδικό δίκτυο και απόσταση από γραμμές υψηλής τάσης) που λήφθηκαν υπόψιν κατά την πολυκριτηριακή ανάλυση με τη μέθοδο AHP, όπως αυτοί προσδιορίστηκαν έπειτα από την εφαρμογή της εντολής EasyAHP στο Qgis.

Κριτήριο	Συντελεστής
Αιολικό δυναμικό	0,527
Κλίση εδάφους	0,125
Απόσταση από οικισμούς	0,201
Απόσταση από οδικό δίκτυο	0,072
Απόσταση από γραμμές υψηλής τάσης	0,076

Πίνακας 13. Συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων της πολυκριτηριακής ανάλυσης (EasyAHP)

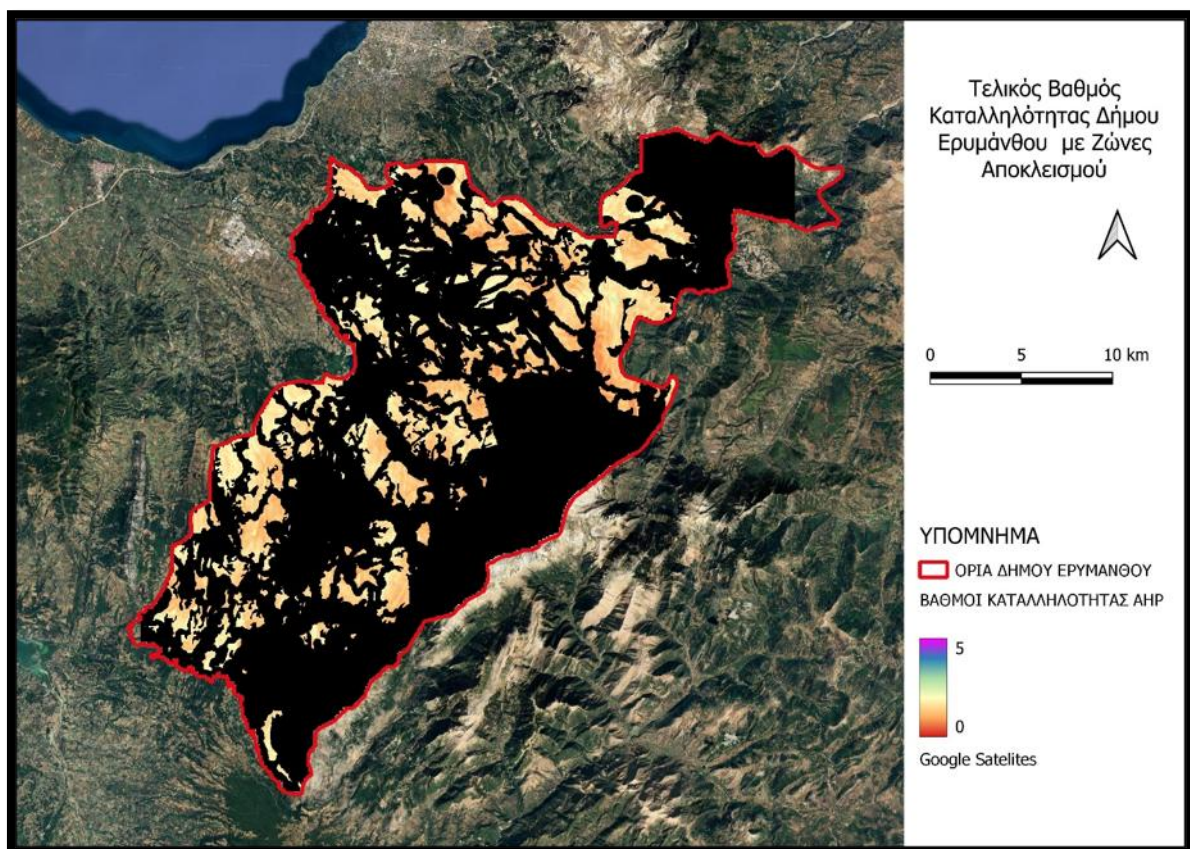
Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας AHP δημιουργήθηκε χάρτης (Εικόνα 27) στον οποίο αποτυπώνονται οι περιοχές της περιοχής μελέτης ανάλογα με τον βαθμό καταλληλότητας που προέκυψε.



Εικόνα 27. Τελικός βαθμός καταλληλότητας (Ίδια Επεξεργασία στο QGIS)

Ο χάρτης που προέκυψε (Εικόνα 27) από την εφαρμογή της AHP παρουσιάζει τη χωρική κατανομή της καταλληλότητας με βάση τη στάθμιση των κριτηρίων. Παρατηρείται ότι δεν εμφανίζονται περιοχές με μέγιστο βαθμό καταλληλότητας 5. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι καμία περιοχή δεν συγκεντρώνει ταυτόχρονα τις βέλτιστες τιμές σε όλα τα κριτήρια (αιολικό δυναμικό, κλίση εδάφους, απόσταση από οικισμούς, οδικό δίκτυο και δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Πρόκειται για ένα εύρημα αναμενόμενο σε μελέτες πολυκριτηριακής ανάλυσης χωροθέτησης, καθώς οι περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό δεν ταυτίζονται πάντα με περιοχές χαμηλής κλίσης ή υψηλής προσβασιμότητας.

Οι περιοχές μέσης και υψηλής καταλληλότητας εντοπίζονται κυρίως σε ζώνες όπου συνδυάζονται ικανοποιητικό αιολικό δυναμικό, αποδεκτές κλίσεις και σχετικά ευνοϊκή εγγύτητα σε υποδομές. Ωστόσο, επειδή ο αρχικός χάρτης εφαρμόστηκε στο σύνολο της περιοχής μελέτης, κρίθηκε απαραίτητη η αφαίρεση των ζωνών αποκλεισμού, ώστε να αποτυπωθούν με μεγαλύτερη σαφήνεια οι περιοχές που μπορούν πράγματι να αξιολογηθούν για χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων (Εικόνα 28).



Εικόνα 28. Τελικός βαθμός καταλληλότητας με ζώνες αποκλεισμού (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)

5.2.2. Εφαρμογή TOPSIS

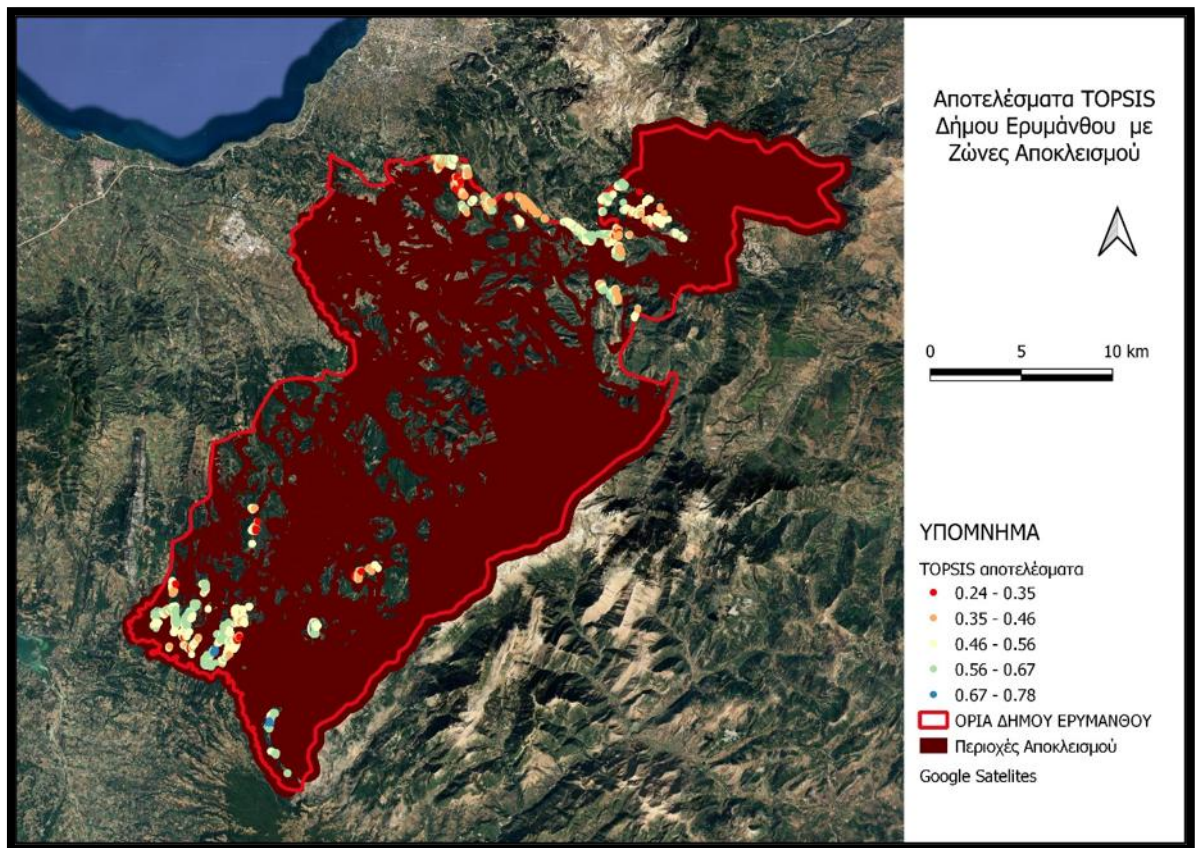
Μετά τον προσδιορισμό των βαρών των κριτηρίων μέσω της AHP (Πίνακας 13), ακολούθησε η εφαρμογή της μεθόδου TOPSIS, με σκοπό την τελική αξιολόγηση και κατάταξη των εναλλακτικών χωρικών μονάδων ως προς την καταλληλότητα τους για εγκατάσταση ανεμογεννητριών. Η μέθοδος βασίζεται στην αρχή ότι η βέλτιστη εναλλακτική είναι εκείνη που βρίσκεται πλησιέστερα στην ιδανική λύση και ταυτόχρονα μακρύτερα από τη μη-ιδανική λύση.

Στην παρούσα ανάλυση, η TOPSIS χρησιμοποιήθηκε για να κατατάξει τις επιτρεπόμενες περιοχές της περιοχής μελέτης με βάση τα πέντε επιλεγμένα κριτήρια: ταχύτητα ανέμου, κλίση εδάφους, απόσταση από οικισμούς, απόσταση από οδικό δίκτυο και απόσταση από πυλώνες του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας.

Για την εφαρμογή της TOPSIS απαιτήθηκε αρχικά ο προσδιορισμός των εναλλακτικών λύσεων. Ως εναλλακτικές θεωρήθηκαν τα σημεία ενός κανονικού χωρικού πλέγματος (grid), το οποίο δημιουργήθηκε εντός της περιοχής μελέτης στο QGIS (Εικόνα 39). Το πλέγμα αυτό αποτέλεσε το σύνολο των χωρικών μονάδων που αξιολογήθηκαν.

Πριν από τη δημιουργία του πλέγματος εφαρμόστηκαν οι περιορισμοί αποκλεισμού, ώστε να αφαιρεθούν από την ανάλυση οι μη επιτρεπόμενες περιοχές (Εικόνα 40). Ειδικότερα, χρησιμοποιήθηκε δυαδική μάσκα περιορισμών, στην οποία οι απαγορευμένες περιοχές έλαβαν τιμή 1 και οι επιτρεπόμενες τιμή 0. Η μάσκα αυτή συνδυάστηκε με το αποτέλεσμα της AHP, ώστε να διατηρηθούν μόνο οι επιτρεπόμενες χωρικές μονάδες για το επόμενο στάδιο της TOPSIS.

Τα αποτελέσματα της TOPSIS παρουσιάζονται (Εικόνα 29) μέσω του δείκτη σχετικής εγγύτητας (D_i), ο οποίος εκφράζει τη σχετική καταλληλότητα κάθε χωρικής μονάδας. Οι υψηλότερες τιμές του δείκτη αντιστοιχούν σε περιοχές που βρίσκονται πλησιέστερα στην ιδανική λύση και μακρύτερα από τη μη-ιδανική.



Εικόνα 29. Αποτελέσματα TOPSIS με ζώνες αποκλεισμού (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)

Ο χάρτης αποτελεσμάτων της TOPSIS (Εικόνα 29) παρουσιάζει την τελική κατάταξη των χωρικών μονάδων ως προς την καταλληλότητά τους. Παρατηρείται ότι οι υψηλότερες τιμές του δείκτη εγγύτητας συγκεντρώνονται σε συγκεκριμένες ζώνες όπου συνδυάζονται υψηλό αιολικό δυναμικό, σχετικά ήπιες κλίσεις και ικανοποιητική εγγύτητα σε βασικές υποδομές. Η μέθοδος TOPSIS επιτρέπει τη σαφέστερη διαφοροποίηση των περιοχών σε σχέση με την AHP, καθώς δεν παράγει μόνο έναν σταθμισμένο δείκτη, αλλά αξιολογεί κάθε εναλλακτική ως προς την απόστασή της από την ιδανική και τη μη-ιδανική λύση.

5.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μέθοδο TOPSIS αποτυπώθηκαν αρχικά ως σημειακά δεδομένα, όπου κάθε σημείο αντιστοιχούσε σε μια χωρική θέση και έφερε τιμή καταλληλότητας (TOPSIS score). Ωστόσο, για την εξαγωγή ουσιαστικών συμπερασμάτων σχετικά με τη χωρική κατανομή των κατάλληλων περιοχών, κρίθηκε απαραίτητος ο

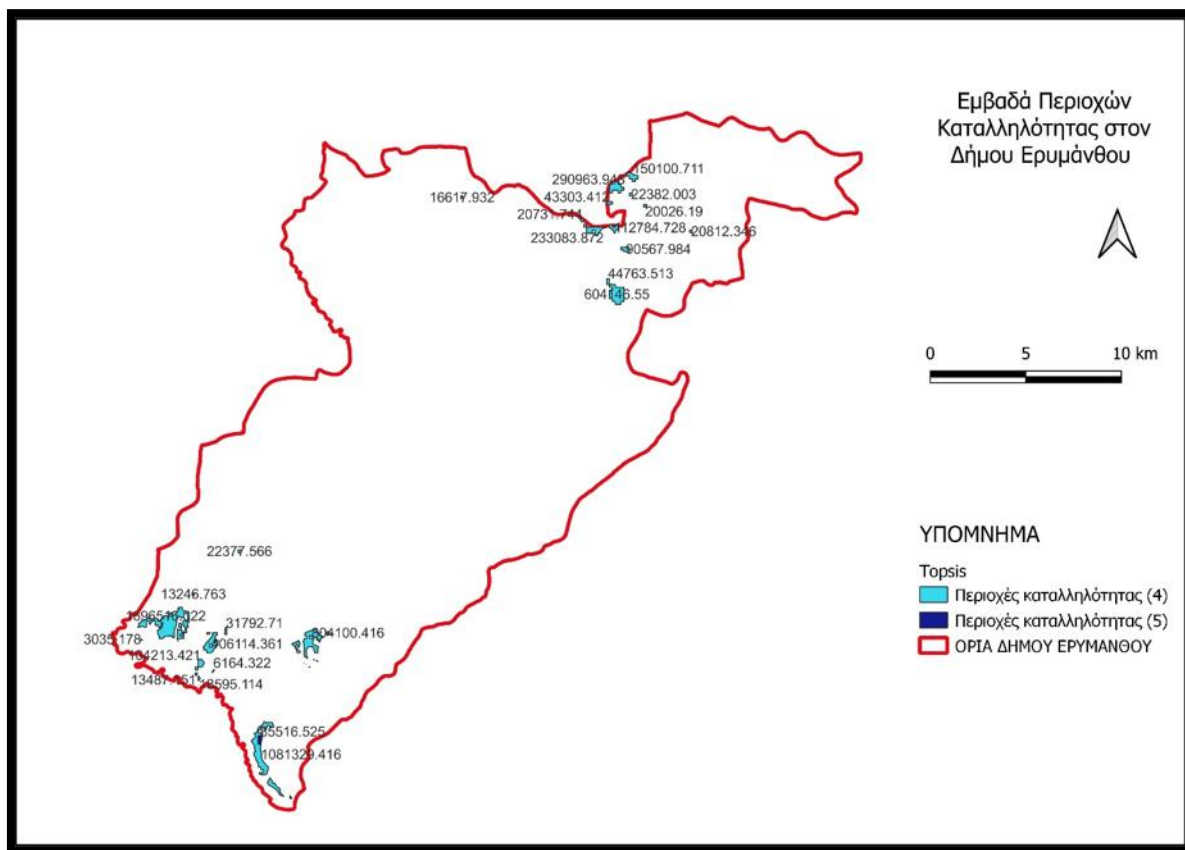
μετασχηματισμός των διακριτών σημειακών τιμών σε συνεχείς χωρικές επιφάνειες και στη συνέχεια σε πολυγωνικές ζώνες.

Αρχικά εφαρμόστηκε η μέθοδος παρεμβολής Inverse Distance Weighting (IDW), με στόχο τη δημιουργία ενός συνεχούς επιφανειακού μοντέλου καταλληλότητας. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην παραδοχή ότι οι τιμές σε γειτονικές θέσεις παρουσιάζουν μεγαλύτερη ομοιότητα σε σχέση με τις τιμές σε απομακρυσμένες περιοχές. Με τον τρόπο αυτό, οι σημειακές τιμές TOPSIS μετατράπηκαν σε συνεχή επιφάνεια καταλληλότητας.

Η διαδικασία υλοποιήθηκε μέσω του εργαλείου IDW Interpolation του QGIS και το αποτέλεσμα ήταν ένα συνεχές ψηφιδωτό αρχείο (raster), το οποίο απεικονίζει τη χωρική κατανομή της καταλληλότητας εντός της περιοχής μελέτης. Στη συνέχεια, το raster περιορίστηκε στα όρια του Δήμου Ερυμάνθου, ώστε οι τιμές καταλληλότητας να υπολογίζονται αποκλειστικά εντός της εξεταζόμενης περιοχής.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε αναταξινόμηση των συνεχών τιμών του raster σε πέντε διακριτές κατηγορίες καταλληλότητας, με βάση τα διαστήματα που προέκυψαν από την ανάλυση TOPSIS: πολύ χαμηλή καταλληλότητα, χαμηλή καταλληλότητα, μέτρια καταλληλότητα, υψηλή καταλληλότητα και πολύ υψηλή καταλληλότητα. Τέλος, το αναταξινομημένο raster μετατράπηκε σε διανυσματικό αρχείο πολυγώνων, όπου κάθε πολύγωνο αντιστοιχεί σε μια ζώνη συγκεκριμένου βαθμού καταλληλότητας.

Η διαδικασία αυτή οδήγησε στη δημιουργία θεματικού χάρτη καταλληλότητας, στον οποίο αποτυπώνονται χωρικά συνεχείς ζώνες διαφορετικών επιπέδων καταλληλότητας. Οι ζώνες υψηλής και πολύ υψηλής καταλληλότητας αποτελούν τις επικρατέστερες περιοχές για περαιτέρω αξιολόγηση και πιθανή χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων. Οι ζώνες αυτές παρουσιάζονται στον ακόλουθο χάρτη μαζί με τα αντίστοιχα εμβαδά τους (Εικόνα 30).

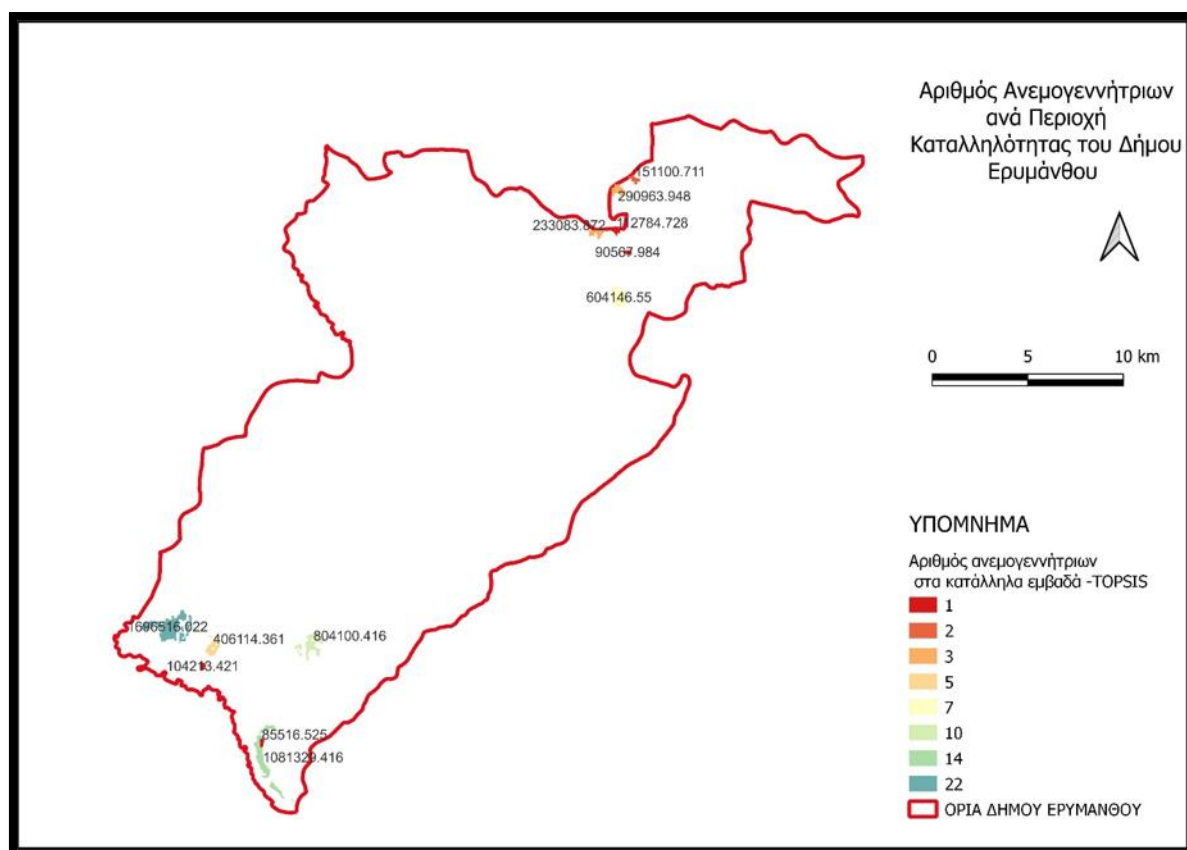


Εικόνα 30. Εμβαδά περιοχών καταλληλότητας (Ίδια Επεξεργασία στο QGIS)

Από τον χάρτη της Εικόνας 30 παρατηρείται ότι μόνο μία περιοχή χαρακτηρίζεται ως πολύ υψηλής καταλληλότητας, ενώ οι υπόλοιπες εντάσσονται στην κατηγορία υψηλής καταλληλότητας. Η ύπαρξη περιορισμένου αριθμού περιοχών πολύ υψηλής καταλληλότητας δείχνει ότι οι βέλτιστες συνθήκες χωροθέτησης εμφανίζονται σε συγκεκριμένα τμήματα του Δήμου και δεν κατανέμονται ομοιόμορφα στον χώρο. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αναμενόμενο, καθώς η υψηλή καταλληλότητα προκύπτει από τον συνδυασμό πολλών παραγόντων και όχι από την ευνοϊκή τιμή ενός μόνο κριτηρίου.

Από τις περιοχές με υψηλό δείκτη καταλληλότητας, ορισμένες αποκλείστηκαν στη συνέχεια επειδή το εμβαδόν τους δεν ήταν επαρκές για την εγκατάσταση ανεμογεννήτριας. Σύμφωνα με την παράγραφο 10 του άρθρου 2 του ΦΕΚ 2464/Β/3-12-2008, η τυπική επιφάνεια κάλυψης αντιστοιχεί σε 75,86 στρέμματα ανά τυπική ανεμογεννήτρια, δηλαδή 75.860 m² ανά ανεμογεννήτρια. Επομένως, οι περιοχές με εμβαδόν μικρότερο από το όριο αυτό αφαιρέθηκαν από την τελική αξιολόγηση.

Μετά την εφαρμογή του κριτηρίου ελάχιστου εμβαδού, δημιουργήθηκε ο τελικός χάρτης καταλληλότερων περιοχών, στον οποίο υπολογίστηκε και ο πιθανός αριθμός ανεμογεννητριών που μπορούν να εγκατασταθούν σε κάθε περιοχή (Εικόνα 31).

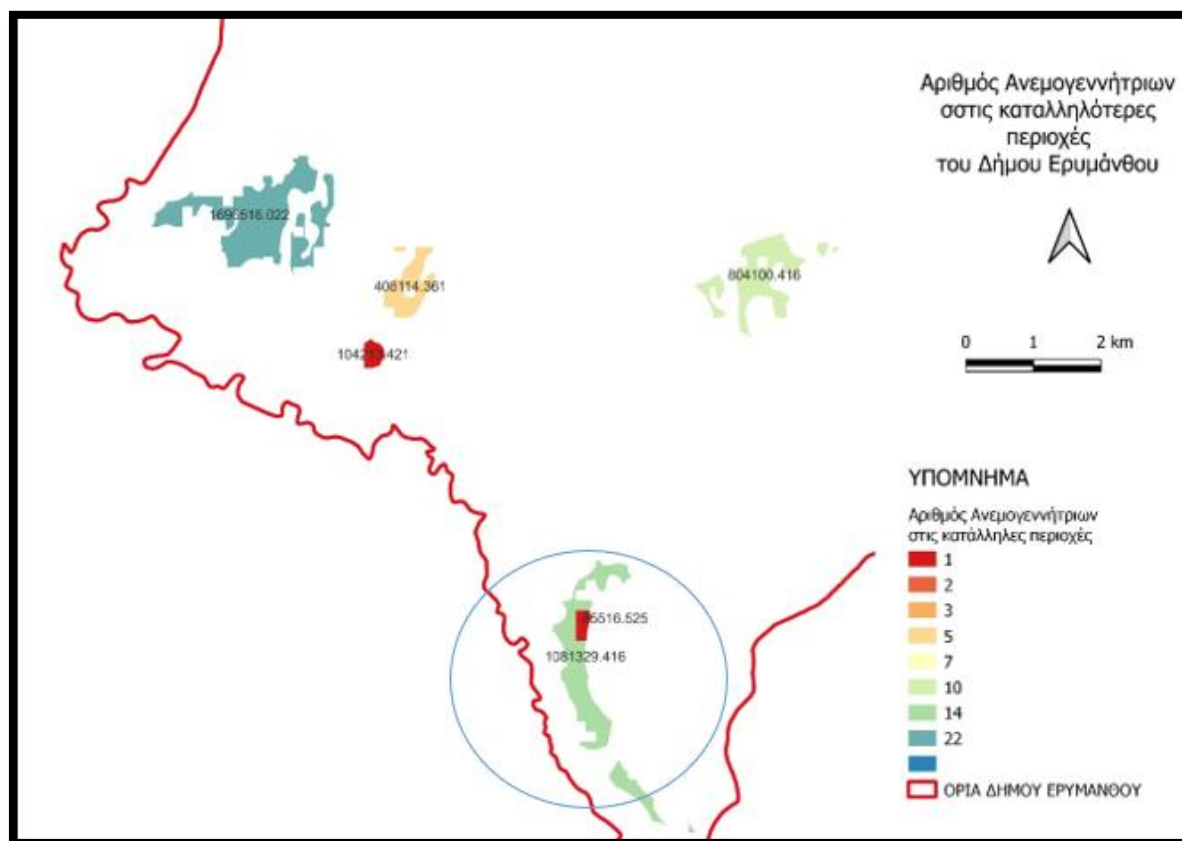


Εικόνα 31. Αριθμός ανεμογεννητριών ανά περιοχή καταλληλότητας (Ιδια Επεξεργασία στο QGIS)

Ο τελικός χάρτης (Εικόνα 31) δείχνει ότι οι περιοχές που πληρούν τόσο τα κριτήρια καταλληλότητας όσο και το ελάχιστο απαιτούμενο εμβαδόν είναι περιορισμένες. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει τη σημασία της συνδυαστικής προσέγγισης που ακολουθήθηκε, καθώς μια περιοχή μπορεί να εμφανίζει υψηλό δείκτη καταλληλότητας, αλλά να μην είναι πρακτικά αξιοποιήσιμη εάν δεν διαθέτει επαρκή έκταση.

Με βάση τη χωρική κατανομή των τελικών πολυγώνων, το νότιο τμήμα του Δήμου Ερυμάνθου αναδεικνύεται ως το πλέον κατάλληλο για τη δημιουργία αιολικών πάρκων. Στην περιοχή αυτή εμφανίζονται τα μεγαλύτερα πολύγωνα υψηλής καταλληλότητας, καθώς και το πολύγωνο που χαρακτηρίζεται από τον μέγιστο βαθμό καταλληλότητας. Παρότι στο συγκεκριμένο πολύγωνο μπορεί να εγκατασταθεί περιορισμένος αριθμός ανεμογεννητριών,

η γειτνίασή του με περιοχές υψηλής καταλληλότητας ενισχύει τη συνολική δυναμική της ζώνης για την ανάπτυξη αιολικού έργου (Εικόνα 32).



Εικόνα 32. Αριθμός ανεμογεννητριών στις καταλληλότερες περιοχές (Ίδια επεξεργασία στο QGIS)

Συνολικά, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η καταλληλότητα χωροθέτησης αιολικών πάρκων στον Δήμο Ερυμάνθου δεν εξαρτάται από ένα μεμονωμένο κριτήριο, αλλά από τον συνδυασμό του αιολικού δυναμικού, της μορφολογίας του εδάφους, της απόστασης από οικισμούς και της εγγύτητας σε υφιστάμενες υποδομές. Η εφαρμογή των μεθόδων AHP και TOPSIS, σε συνδυασμό με τα GIS, επέτρεψε τη συστηματική αξιολόγηση των χωρικών δεδομένων και την τεκμηριωμένη ανάδειξη των επικρατέστερων περιοχών για μελλοντική διερεύνηση.

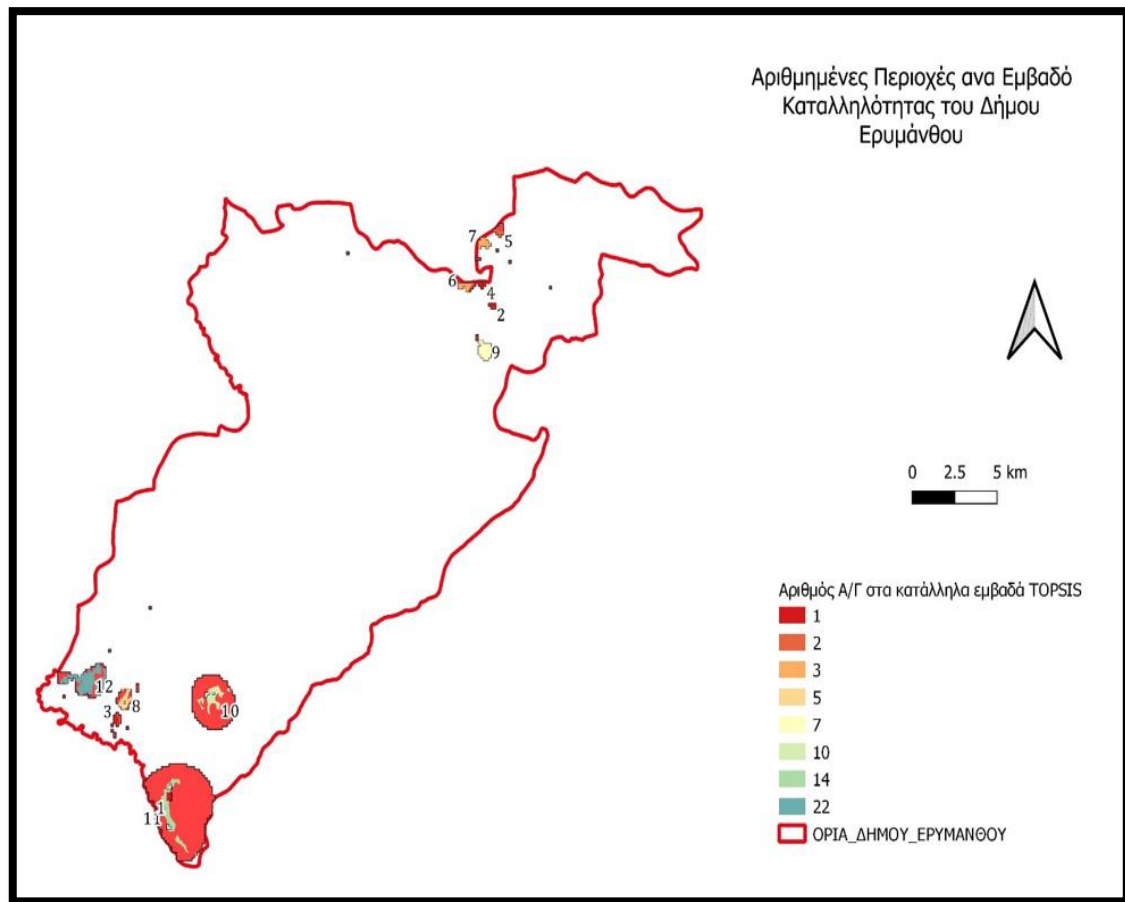
Συνοψίζοντας, με βάση την πληροφορία που μας παρέχει ο χάρτης της Εικόνα 30, οι τελικές περιοχές που θεωρούνται κατάλληλες για εγκατάσταση α/γ στην περιοχή του Δήμου Ερυμάνθου (μαζί με τα εμβαδά τους), είναι συνολικά 12. Στον χάρτη της Εικόνα 31, παρουσιάζεται ο αριθμός των α/γ που δύναται να χωροθετηθούν ανά περιοχή

καταλληλότητας. Στην Εικόνα 5, παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο οριοθετούνται οι Δημοτικές Ενότητες (Φαρρών, Καλεντζίου, Λεοντίου και Τριταίας) του Δήμου Ερυμάνθου. Ως εκ τούτου, η τελική κατανομή των υποψήφιων περιοχών που θεωρούνται κατάλληλες για εγκατάσταση α/γ, μαζί με το εμβαδό τους, τον αριθμό των α/γ και τη Δημοτική Ενότητα στην οποία αντιστοιχεί η κάθε μία από τις υποψήφιες αυτές περιοχές, συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 14):

Περιοχή	Εμβαδό σε m ²	Εμβαδό σε km ²	Αριθμός Ανεμογεννητριών	Δημοτική Ενότητα
1	85.516,525	0,085517	1	Δ.Ε. Τριταίας
2	90.567,984	0,090568	1	Δ.Ε. Φαρρών
3	104.213,421	0,104213	1	Δ.Ε. Τριταίας
4	112.784,728	0,112785	1	Δ.Ε. Φαρρών
5	151.100,711	0,115101	2	Δ.Ε. Λεοντίου
6	233.083,872	0,233084	3	Δ.Ε. Φαρρών
7	290.963,948	0,290964	3	Δ.Ε. Λεοντίου
8	406.114,361	0,406115	5	Δ.Ε. Τριταίας
9	604.146,55	0,604147	7	Δ.Ε. Φαρρών
10	804.100,416	0,804101	10	Δ.Ε. Τριταίας
11	1.081.329,416	1,081329	14	Δ.Ε. Τριταίας
12	1.696.516,022	1,696516	22	Δ.Ε. Τριταίας
Σύνολο	-	5,54	70	-

Πίνακας 14. Περιοχές καταλληλότητας Δήμου Ερυμάνθου για εγκατάσταση α/γ

Τέλος, γίνεται μία κανονική αρίθμηση στις περιοχές καταλληλότητας από το 1 μέχρι το 12. Με βάση την αρίθμηση αυτή προκύπτει ο παρακάτω τελικός χάρτης (Εικόνα 33):



Εικόνα 33. Τελική αρίθμηση περιοχών καταλληλότητας Δήμου Ερυμάνθου (Ιδια επεξεργασία στο Qgis)

Έχοντας υπόψιν όμως το γεγονός ότι στην πραγματικότητα 1 και 2 ανεμογεννήτριες συνολικά, ως αριθμοί δεν μπορούν να υποστηρίξουν πρακτικά τη λειτουργία ενός αιολικού πάρκου, θα θέσουμε ως παραδοχή ότι η λειτουργία ενός αιολικού πάρκου δύναται να επιτευχθεί όταν έχουμε ως ελάχιστο αριθμό τις 3 ανεμογεννήτριες. Επομένως, στον ανωτέρω Πίνακα 14 και στην ανωτέρω Εικόνα 33, οι περιοχές για τις οποίες προκύπτουν από 1 ή και 2 ανεμογεννήτριες, θα μπορούσαν στην πράξη να παραληφθούν. Ως εκ τούτου τις τελικές περιοχές για εγκατάσταση μπορούμε να τις συνοψίσουμε στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 15):

Περιοχή	Εμβαδό σε m ²	Εμβαδό σε km ²	Αριθμός Ανεμογεννητριών	Δημοτική Ενότητα
6	233.083,872	0,233084	3	Δ.Ε. Φαρρών
7	290.963,948	0,290964	3	Δ.Ε. Λεοντίου
8	406.114,361	0,406115	5	Δ.Ε. Τριταίας
9	604.146,55	0,604147	7	Δ.Ε. Φαρρών
10	804.100,416	0,804101	10	Δ.Ε. Τριταίας
11	1.081.329,416	1,081329	14	Δ.Ε. Τριταίας
12	1.696.516,022	1,696516	22	Δ.Ε. Τριταίας
Σύνολο	-	5,11	64	-

Πίνακας 15. Τελικές περιοχές καταλληλότητας Δήμου Ερυμάνθου για εγκατάσταση α/γ

6. Σύνοψη – Συμπεράσματα – Προτάσεις - Προοπτικές για μελλοντική έρευνα

6.1 Σύνοψη

Η παρούσα μελέτη επιβεβαιώνει την αποτελεσματικότητα της πολυκριτηριακής ανάλυσης (AHP – TOPSIS) σε συνδυασμό με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) για τη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων στην περιοχή του Δήμου Ερυμάνθου της ΠΕ Αχαΐας. Η συστηματική ενσωμάτωση περιβαλλοντικών, τεχνικών και τεχνοοικονομικών κριτηρίων επέτρεψε την αντικειμενική αξιολόγηση της καταλληλότητας της περιοχής μελέτης, μειώνοντας την αβεβαιότητα στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Τα αποτελέσματα τεκμηριώνουν ότι η καταλληλότητα των θέσεων προκύπτει από τη συνδυαστική επίδραση πολλαπλών παραμέτρων και όχι από μεμονωμένα κριτήρια. Η υψηλή συμβολή του αιολικού δυναμικού, σε συνδυασμό με ευνοϊκές μορφολογικές συνθήκες και επαρκή εγγύτητα σε υποδομές, οδήγησε στην ανάδειξη συγκεκριμένων ζωνών ως βέλτιστων. Τα κυριότερα κριτήρια που συνέβαλαν στην ανάδειξη των βέλτιστων ζωνών για εγκατάσταση α/γ ήταν:

- Το αιολικό δυναμικό
- Η κλίση του εδάφους
- Η απόσταση από τους οικισμούς
- Η απόσταση από το υφιστάμενο οδικό δίκτυο και
- Η απόσταση από τις γραμμές υψηλής τάσης

Η συμφωνία μεταξύ των αποτελεσμάτων της AHP και της TOPSIS ενισχύει την αξιοπιστία για συνδυαστική χρήση της μεθοδολογίας, καθιστώντας την ως ένα ισχυρό εργαλείο υποστήριξης χωροταξικού, ενεργειακού σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων.

6.2 Συμπεράσματα

Αρχικό αξιοσημείωτο εύρημα της έρευνας που έγινε, είναι το ποσοστό της συνολικής έκτασης του Δήμου Ερυμάνθου που κρίθηκε κατάλληλο για εγκατάσταση α/γ. Όπως διατυπώθηκε και στο υποκεφάλαιο 1.2.1, η συνολική έκταση του Δήμου Ερυμάνθου είναι 582,9 km². Σύμφωνα με τα στοιχεία του Πίνακα 15, η συνολική έκταση που προκύπτει από το άθροισμα των εμβαδών των περιοχών που θεωρούνται κατάλληλες για εγκατάσταση α/γ

είναι 5,11 km². Αυτό μας δείχνει ότι σχεδόν το 1% της συνολικής έκτασης του Δήμου Ερυμάνθου θεωρείται κατάλληλο για κατασκευή αιολικών πάρκων. Το πόρισμα αυτό παρουσιάζει λογική, αφού σύμφωνα με τον χάρτη του ΕΧΠ (Εικόνα 12), η περιοχή μελέτης δεν υπάγεται στις Περιοχές Αιολικές Προτεραιότητες. Ωστόσο, η ανάγκη για τη δημιουργία ενεργειακά αυτόνομων περιοχών όπως επιβάλει η ελληνική και ευρωπαϊκή πολιτική, καθώς και το επενδυτικό ενδιαφέρον που παρουσιάζεται από την πλευρά του ιδιωτικού τομέα, είναι δύο βασικοί παράγοντες που οδήγησαν και στη διερεύνηση του σκοπού του θέματος της παρούσας διπλωματικής εργασίας περαιτέρω.

Ειδικότερα, οι περιοχές που εντοπίστηκαν στο νότιο τμήμα του Δήμου Ερυμάνθου και συγκεκριμένα στη ΔΕ Τριταίας (Εικόνα 5) έπειτα από την εφαρμογή της μεθοδολογίας TOPSIS, παρουσιάζει συγκέντρωση υψηλών τιμών καταλληλότητας, γεγονός που επιβεβαιώνει τη χωρική συνοχή των αποτελεσμάτων.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 15, η ΔΕ Τριταίας δύναται να φιλοξενήσει συνολικά 51 α/γ. Το εύρημα αυτό σε συνδυασμό με τα στοιχεία που μας παρέχει η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Πίνακας 1), επιβεβαιώνει ότι στη συγκεκριμένη Δημοτική Ενότητα, θα μπορούσε να αδειοδοτηθεί σημαντικός αριθμός α/γ για την κατασκευή αιολικών πάρκων, χωρίς να υποβαθμιστεί περιβαλλοντικά η περιοχή και να επηρεαστεί αρνητικά η ζωή των κατοίκων. Οι Δημοτικές Ενότητες Φαρρών και Λεοντίου του Δήμου Ερυμάνθου δύναται να φιλοξενήσουν σχετικά μικρό αριθμό α/γ. Συγκεκριμένα, η ΔΕ Φαρρών φαίνεται πως δύναται να φιλοξενήσει μέχρι 10 α/γ, ενώ η ΔΕ Λεοντίου μέχρι 3 α/γ. Βασικά εύρημα επίσης με βάση την πολυκριτηριακή ανάλυση που έγινε είναι η ΔΕ Καλεντζίου κρίθηκε εξ' ολοκλήρου ακατάλληλη για εγκατάσταση α/γ.

Η απόφαση 49828/2008 αποτελεί το μοναδικό ειδικό χωροταξικό πλαίσιο που είναι σε ισχύ και θέτει βασικούς κανόνες και κριτήρια για τη χωροθέτηση α/γ μέχρι σήμερα. Το νέο ειδικό χωροταξικό πλαίσιο που βρίσκεται σε δημόσια διαβούλευση κατά το χρόνο συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας και αναμένεται να εισάγει ορισμένα νέα κριτήρια για τη χωροθέτηση των α/γ και να αναθεωρήσει ορισμένα υφιστάμενα, τα οποία και αναλύθηκαν στο υποκεφάλαιο 3.4, δεν επηρεάζει με κάποιον τρόπο τη “φύση” της πολυκριτηριακής που ακολουθήθηκε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της έρευνας, καθώς οι σημαντικότερες αλλαγές που αναμένεται να προκύψουν όταν ψηφιστεί το νέο Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο αφορούν κυρίως τη νησιωτική Ελλάδα και τον νομό Αττικής. Ακόμα

και οι εξαιρέσεις που προβλέπονται από το νέο Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο για την ίδρυση αιολικών πάρκων εντός περιοχών Natura 2000, υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει ειδική εγκεκριμένη περιβαλλοντική μελέτη και αιολικό δυναμικό μεγαλύτερο των 7,5 m/s, δεν επηρεάζει κάπως τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, καθώς στην περιοχή έρευνας, σύμφωνα χάρτη αιολικού δυναμικού του Δήμου Ερυμάνθου (Εικόνα 14), το αιολικό δυναμικό της περιοχής έρευνας, δεν ξεπερνάει τα 7,2 m/s.

6.3 Προτάσεις

Έχοντας υπόψιν την πολυκριτηριακή ανάλυση που αναπτύχθηκε κατά τη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, καθώς και τα κυριότερα συμπεράσματα που διεξήχθησαν από αυτή, προτείνονται τα εξής:

- Η Δημοτική Ενότητα Τριταίας του Δήμου Ερυμάνθου της ΠΕ Αχαΐας (Εικόνα 5), δύναται να αποτελέσει επίκεντρο βιώσιμης ανάπτυξης, με προοπτικές για επένδυση στην ίδρυση αιολικών πάρκων μικρής κλίμακας που θα επιτρέψουν την ενεργειακή αυτονομία της περιοχής και του Δήμου, χωρίς ακραία περιβαλλοντική υποβάθμιση. Η δημιουργία των αιολικών πάρκων στη συγκεκριμένη περιοχή, εκτός από τη δημιουργία ενεργειακά αυτόνομων περιοχών, αναμένεται να ενισχύσει και τους στόχους που έχει θέσει η χώρα μας μέχρι το 2030 για ενεργειακή μετάβαση.
- Τα αποτελέσματα της πολυκριτηριακής ανάλυσης και το σύνολο των χαρτών καταλληλότητας που αναπτύχθηκαν, μπορούν να αποκτήσουν ισχύ ακόμη και για το νέο Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο για τις ΑΠΕ που βρίσκεται σε διαβούλευση κατά την περίοδο συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας και αναμένεται να ψηφιστεί από την ελληνική πολιτεία μέσα στο 2026.
- Οι περιοχές καταλληλότητας που προκύψανε από την πολυκριτηριακή ανάλυση (Εικόνα 33 και Πίνακας 14) μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο γνωμοδοτικής διαδικασίας για τους τοπικούς φορείς του Δήμου Ερυμάνθου, του Νομού Αχαΐας και της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας ή της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Πελοποννήσου, Δυτικής Ελλάδας & Ιονίων Νήσων σχετικά με τη λήψη αποφάσεων για έγκριση ή αδειοδότηση της κατασκευής έργων ΑΠΕ στην περιοχή του Δήμου Ερυμάνθου.
- Το σύνολο των χαρτών καταλληλότητας που αναπτύχθηκαν κατά τη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας σε περιβάλλον GIS, μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο συλλογής (portfolio), για κάθε συνάδελφο γεωτεχνικό και μηχανικό που επιθυμεί κατά την εργασία του να έχει συγκεντρωμένη την γεωχωρική και χαρτογραφική πληροφορία σχετικά

με το αντικείμενο του θέματος της παρούσας διπλωματικής εργασίας και την περιοχή έρευνας.

6.4 Προοπτικές για μελλοντική έρευνα

Οι προτάσεις για μελλοντική περαιτέρω έρευνα σχετικά με την περιβαλλοντική διαχείριση έργων ΑΠΕ στην περιοχή μελέτης, θα μπορούσαν να είναι οι εξής:

- Εμβάθυνση στις περιοχές καταλληλότητας για εγκατάσταση α/γ, με εφαρμογή ειδικότερων τεχνικών για την εκτίμηση και την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
- Εφαρμογή περιβαλλοντικών δεικτών για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά το στάδιο κατασκευής ενός αιολικού πάρκου σε κάποια από τις υποψήφιες ζώνες που βρέθηκαν για εγκατάσταση α/γ στην περιοχή έρευνας ή κατά το στάδιο λειτουργίας ενός αιολικού πάρκου σε περίπτωση που υπάρχει ήδη υφιστάμενο ή έχει ήδη αδειοδοτηθεί και εγκριθεί η τελική κατασκευή του στην περιοχή.
- Εμβάθυνση στην οικονομική και ενεργειακή απόδοση των αιολικών πάρκων που ενδεχομένως αναπτυχθούν μελλοντικά εντός των ζωνών καταλληλότητας, εισάγοντας περισσότερα οικονομικά κριτήρια σχετικά με τον τύπο των α/γ και στοιχεία που να αφορούν την κατασκευή και την ενεργειακή τους απόδοση (π.χ. εξέταση των τύπων α/γ, χωροθέτηση σταθμών αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, κ.λ.π.).

Βιβλιογραφία

Ακολουθούν οι βιβλιογραφικές αναφορές (πηγές) της Εργασίας:

Amjad, F., Agyekum, E.B., Shah, L.A. & Abbas, A. (2021). Site location and allocation decision for onshore wind farms, using spatial multi-criteria analysis and density-based clustering. A techno-economic-environmental assessment, Ghana. Sustainable Energy Technologies and Assessments 47 (2021) 101503. Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213138821005142>.

Bertsiou, M., Theochari, A. & Baltas, E. (2020). Multi-criteria analysis and Geographic Information Systems methods for wind turbine siting in a North Aegean island. Energy Science & Engineering. Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.1002/ese3.809>.

Bili, A. & Vagiona, D.G. (2018). Use of multicriteria analysis and GIS for selecting sites for onshore wind farms: The case of Andros Island (Greece). European Journal of Environmental Sciences, 2018, 8, 5-13. Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.14712/23361964.2018.2>.

Borhani, M., Danehkar, A., Moeinaddini, M., & Sobhani, P. (2025). Identifying Suitable Sites for Wind Farm Development in the Coastal Areas: A Case of Northern Gulf of Oman, Iran. Wiley: International Journal of Energy Research Volume 2025, Article ID 2133064, 17 pages. Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.1155/er/2133064>.

Cunden, T.S.M., Doorga, J., Lollchund, M.R. & Rughooputh, S.D.D.V. (2020). Multi-level constraints wind farms siting for a complex terrain in a tropical region using MCDM approach coupled with GIS. Energy 211 (2020) 118533. Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544220316418>.

Daoutis, C. & Lempesi, A. (2023). The effect of the forest road network on grassland ecosystems with the contribution of the SWOT-AHP method. E3S Web of Conferences 436, 09007 (2023). Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343609007>.

Diffendorfer, Vanderhoof, M.K. & Ancona, Z.H. (2022). Wind turbine wakes can impact down-wind vegetation greenness. Environmental Research Letters 17 (2022) 104025. Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac8da9>.

Erymanthos Voice (2023). Ανακτήθηκε από Erymanthos Voice: <https://erymanthosvoice.gr/ichiro-ochi-apo-tis-dasikes-ypiresies-gia-to-aioliko-sto-melissovouni-erymanthou/>.

Garcia, A.R. & Moran, T.G. (2021). Analysis and selection of optimal sites for wind farms: case study, region north of Mexico. *Atmósfera* 34 (1), 121-131 (2021). Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.20937/ATM.52664>.

Habib, M. & Matouk, A. (2020). Integrating AHP and GIS as a decision-making tool for the optimal allocation of wind farm: A case study of Syria. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering* (800 012019). Ανακτήθηκε από: https://www.researchgate.net/publication/341464098_Integrating_AHP_and_GIS_as_A_Decision_Making_Tool_for_the_Optimal_Allocation_of_Wind_Farm_A_Case_Study_of_Syria/citations.

Höfer, T., Sunak, Y., Siddique, H. & Madlener, R. (2016). Wind farm siting using a spatial Analytic Hierarchy Process approach: A case study of the Städteregion Aachen. *Applied Energy*, 2016, 163, 222-243. Ανακτήθηκε από: <https://ideas.repec.org/a/eee/appene/v163y2016icp222-243.html>.

Ifkirne, M., El Bouhi, H., Acharki, S., Pham, Q. B., Farah, A., & Linh, N. T. T. (2022). Multi-Criteria GIS-Based Analysis for Mapping Suitable Sites for Onshore Wind Farms in Southeast France. *Land*, 11(10), 1839. <https://doi.org/10.3390/land11101839>.

Ioannou, K., Tsantopoulos, G. & Arabatzis, G. (2019). A Decision Support System methodology for selecting wind farm installation locations using AHP and TOPSIS: Case study in Eastern Macedonia and Thrace region, Greece. *Energy Policy* 132 (2019) 232 – 246. Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421519303167>.

Kati, V. & Kassara, C. (2021a). Πρόταση χωροθέτησης χερσαίων Αιολικών Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα για καθαρή ενέργεια χωρίς σημαντικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα DOI: 10.13140/RG.2.2.36545.17762. Ανακτήθηκε από https://www.researchgate.net/publication/348442609_Protase_chorotheteses_chersaion_A

[iolikon_Stathmon_Paragoges_Elektrikes_Energeias_sten_Ellada_gia_kathare_energeia_c_horis_semantikes_epiptoseis_ste_biopoikiloteta.](#)

Kati, V., Kassara, C., Vrontisi, Z. & Moustakas, A. (2021b). The biodiversity-wind energy-land use nexus in a global biodiversity hotspot. *Science of The Total Environment*, Volume 768,144471, ISSN 0048-9697, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720380025>.

Kati, V., Spiliopoulou, K., Stefanidis, A. & Kassara, C. (2025). Sacrificing Wilderness for Renewables? Land Artificialization from Inadequate Spatial Planning of Wind Energy in Evvoia, Greece. *Land* 2025, 14, 1296. <https://doi.org/10.3390/land14061296>.

Kati, V. & Vlachopoulos, K. (2024). Μελέτη αντίκρουσης για την προστασία της φύσης στην περιοχή των βουνών της κεντρικής Εύβοιας (GR2420011) από την εγκατάσταση Αιολικών Σταθμών Παραγωγής Ενέργειας (ΜΠΕ: ΠΕΤ 2406011011) DOI: 10.13140/RG.2.2.28482.70087. Εργαστήριο Διατήρησης της Βιοποικιλότητας, Τμήμα ΒΕΤ. Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. URL: https://www.researchgate.net/publication/393800891_Melete_antikrouses_gia_ten_prostasia_tes_physes_sten_perioche_ton_bounon_tes_kentrikes_Euboias_GR2420011_apo_ten_ekatastase_Aiolikon_Stathmon_Paragoges_Energeias_MPE_PET_2406011011.

Komninou, M., Afouxenidis, A., Souliotis, N. & Karoulas, G. (2023). Windfarms, social acceptability, and the environmental divide in Greece. *Qeios*, CC-BY 4.0. Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.32388/RZBUH5>.

Latinopoulos, D. & Kechagia, K. (2015). A GIS-based multi-criteria evaluation for wind farm site selection. A regional scale application in Greece. *Renewable Energy*, 2015, 78, 550-560. Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148115000592>.

Li, L., Ma, W., Duan, X., Wang, S., Wang, Q., Gu, H., & Wang, J. (2024). Effects of Wind Farm Construction on Soil Nutrients and Vegetation: A Case Study of Linxiang Wind Farm in Hunan Province. *Sustainability*, 16(15), 6350. <https://doi.org/10.3390/su16156350>.

Moustakas, A., Georgiakakis, P., Kret, E., & Kapsalis, E. (2023). Wind turbine power and land cover effects on cumulative bat deaths. *Science of the Total Environment* 892 (2023)

164536.

Ανακτήθηκε

από:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723031571>.

Pavlis, E. (2025). Large-Scale Wind Energy Farm Development and its Impacts on the Landscape: A Review of the Greek Case. *Journal of Landscape Ecology*, vol. 18, no. 3, Czech Society for Landscape Ecology, pp. 24-61. <https://doi.org/10.2478/jlecol-2025-0019>.

Pohekar, S.D. & Ramachandran, M. (2004). Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 8, Issue 4, 2004, Pages 365-381, ISSN 1364-0321. Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032104000073>.

Rediske, G., Burin, H.P., Rigo, P.D., Rosa, C.B., Michels, L. & Siluk, J.C.M. (2021). Wind power plant site selection: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 148 (2021) 111293. Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121005803>.

Saaty L.T. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland). Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0377221790900571>.

Sakka, E.G., Billionis D.V., B., Vamvatsikos, D. & Gantes, C.J. (2020). Onshore wind farm siting prioritization based on investment profitability for Greece. *Renewable Energy* 146 (2020) 2827e2839. Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148119312078>.

Saraswat, S.K., Digalwar A. K., Yadav, S.S. & Kumar, G. (2021). MCDM and GIS based modelling technique for assessment of solar and wind farm locations in India. *Renewable Energy* 169 (2021) 865 – 884. Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014812100063X>.

Sassi, R. & Souheil, E.A. (2023). Optimal wind – solar site selection using a GIS – AHP based approach: A case of Tunisia. *Energy Conversion and Management: X*. Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590174523000119>.

Siamak, M., Hossein, Y., Younes, N. & Diego, R. (2020). Multi-criteria decision support system for wind farm site selection and sensitivity analysis: Case study of Alborz Province,

Iran. Energy Strategy Reviews, vol. 29 (2020) 100478, ISSN 2211 – 467X. Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X20300328>.

Vavatsikos, A.P., Arvanitidou, A. & Petsas, D. (2019). Wind farm investments portfolio formation using GIS-based suitability analysis and simulation procedures. Journal of Environmental Management 252 (2019) 109670. Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147971931388X>.

Wang, Q., Gontikaki, E., Stenzel, P., Louca, V., Küpper, F. C., & Spiller, M. (2024). How to Decarbonize Greece by Comparing Wind and PV Energy: A Land Eligibility Analysis. *Energies*, 17(3), 567. <https://doi.org/10.3390/en17030567>.

Xanthakis, M., Katsimanis, N., & Antonopoulos, N. (2022). Impact of a Wind Farm on the Avifauna of a Mediterranean Mountainous Environment. *Environmental Sciences Proceedings*, 21(1), 11. <https://doi.org/10.3390/environsciproc2022021011>.

Xu, Y., Li, Y., Zheng, L., Cui L., Li, S., Li, W. & Cai, Y. (2020). Site selection of wind farms using GIS and multi - criteria decision making method in Wafangdian, China. *Energy* 207 (2020) 118222. Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544220313293>.

Yousefi, H., Motlagh, S. G., & Montazeri, M. (2022). Multi-Criteria Decision-Making System for Wind Farm Site-Selection Using Geographic Information System (GIS): Case Study of Semnan Province, Iran. *Sustainability*, 14(13), 7640. <https://doi.org/10.3390/su14137640>.

Yousefi, H., Moradi, S., Zahedi, R., & Ranjbar, Z. (2024). Developed analytic hierarchy process and multi criteria decision support system for wind farm site selection using GIS: A regional-scale application with environmental responsibility. *Energy Conversion and Management*: X 22 (2024) 100594. Ανακτήθηκε από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590174524000722>.

Zhao, X., Li, F., Yuan, Y., Ari, G., Yan, Y., Zhang, Q., Olhnuud, A. & Liu, P. (2025). Wind farms reduce grassland plant community diversity and lead to plant community convergence. *BMC Ecology and Evolution* (2025) (25:10). Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.1186/s12862-025-02350-6>.

ΓΕΩΤΕΕ (2026). Νέο ειδικό χωροταξικό πλαίσιο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας - Ενισχύουμε το πλαίσιο για τη βιώσιμη ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα, με πιο σαφείς και αυστηρούς κανόνες, με σεβασμό στο περιβάλλον και μέριμνα για τις τοπικές κοινωνίες. Ανακτήθηκε από: https://www.geoteepel.gr/?section=637&language=el_GR&itemid1541=14112&detail1541=1.

Δήμος Ερυμάνθου (2014). Ανακτήθηκε από Δήμο Ερυμάνθου: <https://www.visit-erymanthos.gr/frontend/points/view/154>.

Δήμος Ερυμάνθου (2024). Ανακτήθηκε από Δήμο Ερυμάνθου <https://erymanthou.gov.gr/%CE%B4%CE%B7%CE%BC%CF%8C%CF%83%CE%B9%CE%B1-%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%AF%CE%B1%CF%83%CE%B7-%CE%B5%CE%BD%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD-%CF%83%CE%B5%CE%BD/>.

Δήμος Ερυμάνθου (2026). Ανακτήθηκε από Δήμο Ερυμάνθου <https://erymanthou.gov.gr/%cf%87%ce%ac%cf%81%cf%84%ce%b7%cf%82-%cf%80%ce%b5%cf%81%ce%b9%ce%bf%cf%87%ce%ae%cf%82/>

Δούκας, Χ. & Ψαρράς, Ι. Ενότητα 3: Η μέθοδος TOPSIS. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο: Εργαστήριο Συστημάτων αποφάσεων και διοίκησης. Ανακτήθηκε από: <https://academics.epu.ntua.gr/sites/default/files/2021-07/%CE%A0%CE%91%CE%91%20-%20%CE%A33.%20TOPSIS%20%26%20Behavioural%20TOPSIS.pdf>.

Εθνική Στατιστική Υπηρεσία (n.d). Τίτλος. Ανακτήθηκε από link: <https://www.statistics.gr/2021-census-res-pop-results>.

Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας – ΕΛΕΤΑΕΝ (2023). Ανακτήθηκε από το link: <https://eletaen.gr/wp-content/uploads/2023/03/2023-03-09-Wind-energy-Natura-Greece-Some-Data.pdf>.

Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας – ΕΛΕΤΑΕΝ (2025). Ανακτήθηκε από το link: <https://eletaen.gr/deltio-typou-i-statistiki-tis-aiolikis-energeias-stin-ellada-2024/>.

Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας – ΕΛΕΤΑΕΝ (2012). Απόφαση Στε 2499/2012. Ανακτήθηκε από: https://eletaen.gr/wp-content/uploads/2019/01/2012-apofasi_2499_ste_anadasotea.pdf.

Εθνικό Τυπογραφείο: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας. (2006). Νόμος 3468/2006: Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις (ΦΕΚ Α/129/27-6-2006). URL: <https://search.et.gr/el/>.

Εθνικό Τυπογραφείο: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας. (2011). Νόμος 4001/2011: Για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις (ΦΕΚ Α/179/22-8-2011). URL: <https://search.et.gr/el/>.

Εθνικό Τυπογραφείο: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας. (2012). Νόμος 4042/2012: Ποινική προστασία του περιβάλλοντος - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/99/ΕΚ - Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ - Ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΦΕΚ Α/179/2-8-2011). URL: <https://search.et.gr/el/>.

Εθνικό Τυπογραφείο: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας. (2016). Νόμος 4414/2016: Νέο καθεστώς στήριξης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης Διατάξεις για το νομικό και λειτουργικό διαχωρισμό των κλάδων προμήθειας και διανομής στην αγορά του φυσικού αερίου και άλλες διατάξεις (ΦΕΚ Α/149/9-8-2016). URL: <https://search.et.gr/el/>.

Εθνικό Τυπογραφείο: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας. (2018). Νόμος 4513/2018: Ενεργειακές Κοινότητες και άλλες διατάξεις (ΦΕΚ Α/9/23-1-2018). URL: <https://search.et.gr/el/>.

Εθνικό Τυπογραφείο: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας. (2019). Νόμος 4602/2019: Έρευνα, εκμετάλλευση και διαχείριση του γεωθερμικού δυναμικού της

Χώρας, σύσταση Ελληνικής Αρχής Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, ιδιοκτησιακός διαχωρισμός δικτύων διανομής φυσικού αερίου και άλλες διατάξεις (ΦΕΚ Α/45/9-3-2019). URL: <https://search.et.gr/el/>.

Εθνικό Τυπογραφείο: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας. (2020). Νόμος 4685/2020: Εκσυγχρονισμός περιβαλλοντικής νομοθεσίας, ενσωμάτωση στην ελληνική νομοθεσία των Οδηγιών 2018/844 και 2019/692 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις (ΦΕΚ Α/92/7-5-2020). URL: <https://search.et.gr/el/>.

Εθνικό Τυπογραφείο: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας. (2021). Νόμος 4864/2021: Στρατηγικές επενδύσεις και βελτίωση του επενδυτικού περιβάλλοντος μέσω της επιτάχυνσης διαδικασιών στις ιδιωτικές και στρατηγικές επενδύσεις, δημιουργία πλαισίου για τις εταιρείες τεχνοβλαστούς και άλλες επείγουσες διατάξεις για την ανάπτυξη (ΦΕΚ Α/237/2-12-2021). URL: <https://search.et.gr/el/>.

Εθνικό Τυπογραφείο: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας. (2022). Νόμος 4951/2022: Εκσυγχρονισμός της αδειοδοτικής διαδικασίας Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Β' φάση, Αδειοδότηση παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, πλαίσιο ανάπτυξης Πιλοτικών Θαλάσσιων Πλωτών Φωτοβολταϊκών Σταθμών και ειδικότερες διατάξεις για την ενέργεια και την προστασία του περιβάλλοντος (ΦΕΚ Α/129/4-7-2022). URL: <https://search.et.gr/el/>.

Εθνικό Τυπογραφείο: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας. (2022). Νόμος 4964/2022: Διατάξεις για την απλοποίηση της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, θέσπιση πλαισίου για την ανάπτυξη των υπεράκτιων αιολικών πάρκων, την αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης, την προστασία του περιβάλλοντος και λοιπές διατάξεις (ΦΕΚ Α/150/30-7-2022). URL: <https://search.et.gr/el/>.

Εθνικό Τυπογραφείο: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας. (2023). Νόμος 5037/2023: Μετονομασία της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας σε Ρυθμιστική Αρχή Αποβλήτων, Ενέργειας και Υδάτων και διεύρυνση του αντικειμένου της με αρμοδιότητες επί των υπηρεσιών ύδατος και της διαχείρισης αστικών αποβλήτων, ενίσχυση της υδατικής πολιτικής Εκσυγχρονισμός της νομοθεσίας για τη χρήση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές μέσω της ενσωμάτωσης των Οδηγιών ΕΕ 2018/2001 και

2019/944 Ειδικότερες διατάξεις για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος (ΦΕΚ Α/78/29-3-2023). URL: <https://search.et.gr/el/>.

Εθνικό Τυπογραφείο: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας. (2024). Νόμος 5106/2024: Μετονομασία της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας σε Ρυθμιστική Αρχή Αποβλήτων, Ενέργειας και Υδάτων και διεύρυνση του αντικειμένου της με αρμοδιότητες επί των υπηρεσιών ύδατος και της διαχείρισης αστικών αποβλήτων, ενίσχυση της υδατικής πολιτικής Εκσυγχρονισμός της νομοθεσίας για τη χρήση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές μέσω της ενσωμάτωσης των Οδηγιών ΕΕ 2018/2001 και 2019/944 Ειδικότερες διατάξεις για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος (ΦΕΚ Α/36/1-5-2024). URL: <https://search.et.gr/el/>.

Εθνικό Τυπογραφείο: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας. (2008). Έγκριση ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αιωφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού. (ΦΕΚ Β/2464/3-12-2008). Εθνικό Τυπογραφείο. URL: <https://search.et.gr/el/>.

Κέντρο Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΚΑΠΕ). (2018). Decision Support Tool (DST) for Initial Screening of Potential Wind Energy Development Sites in Greece 2nd version. Wind Farms & Wildlife.

Μπακαλούδης, Δ.Ε. & Βλάχος, Χ.Γ. (2009). Διαχείριση Άγριας Πανίδας: Θεωρία και Εφαρμογές (Κεφάλαιο 8.5, σελ. 267). Εκδόσεις Τζόλα.

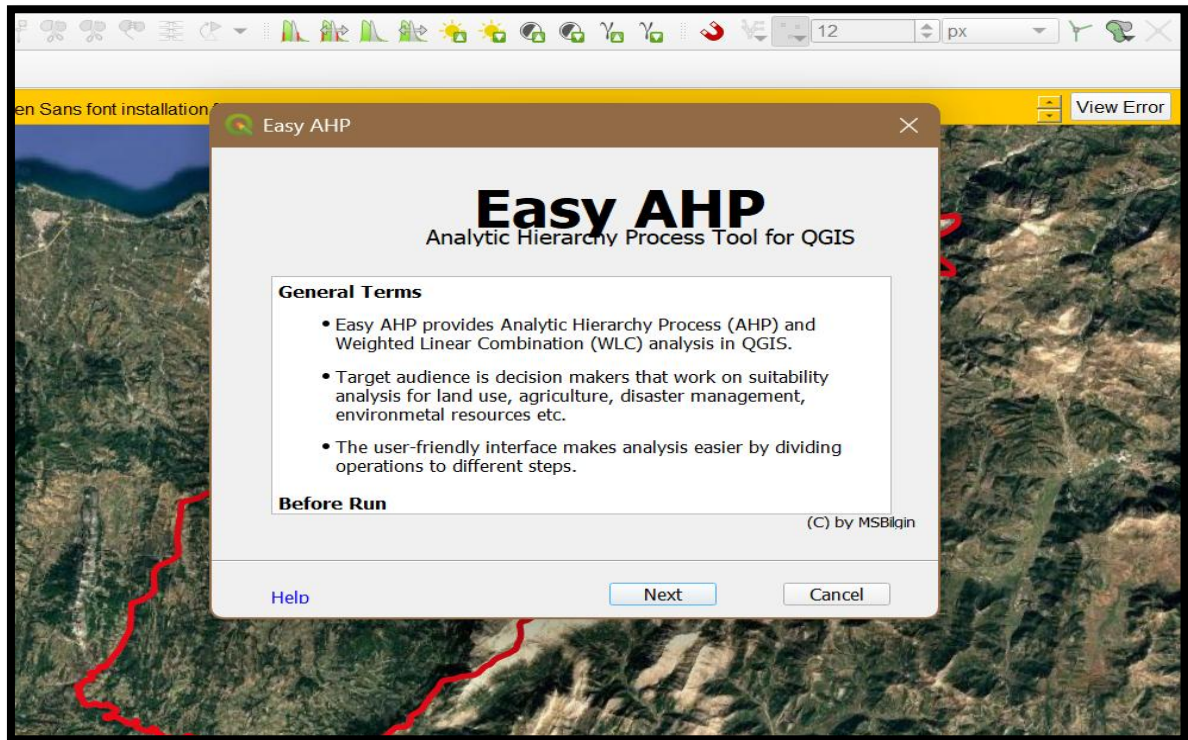
Ποϋραζίδη, Κ. (2021). Νέες Τεχνολογίες για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και τη Βιώσιμη Ανάπτυξη: Δουλεύοντας με το Qgis [Πανεπιστημιακές Σημειώσεις]. Ιόνιο Πανεπιστήμιο: Τμήμα Περιβάλλοντος. Ανακτήθηκε από: https://opencourses.ionio.gr/modules/document/file.php/SEMESTER_3108/%CE%A3%CE%97%CE%9C%CE%95%CE%99%CE%A9%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3%20%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%91%CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%A1%CE%99%CE%A9%CE%9D/%CE%94%CE%BF%CF%85%CE%BB%CE%B5%CF%8D%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%B1%CF%82%20%CE%BC%CE%B5%20%CF%84%CE%BF%20Q%20GIS.pdf.

Ρυθμιστική Αρχή Αποβλήτων Ενέργειας και Υδάτων – ΡΑΑΕΥ: Γεωπληροφοριακός χάρτης (2026). Ανακτήθηκε από το link: <https://geo.rae.gr/>.

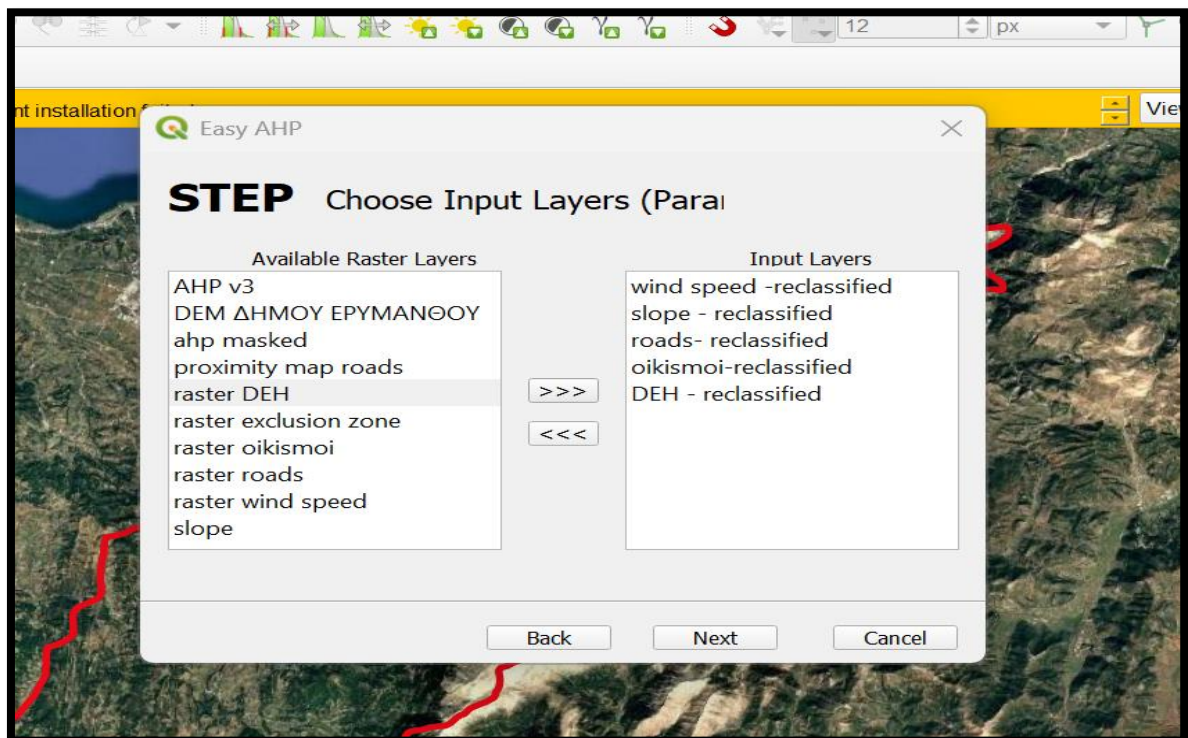
«Τσάκος Χρήστος», «Αξιολόγηση της καταλληλότητας εγκατάστασης αιολικών πάρκων στον Δήμο Ερυμάνθου της Π.Ε. Αχαΐας με τη μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης (AHP - TOPSIS) και των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS): Συνδυασμός περιβαλλοντικών και θεσμικών κριτηρίων»

Ρυθμιστική Αρχή Αποβλήτων Ενέργειας και Υδάτων – ΡΑΑΕΥ: Γεωπληροφοριακός χάρτης (2026). Ανακτήθηκε από το link: <https://geo.rae.gr/?tab=panel-1347>.

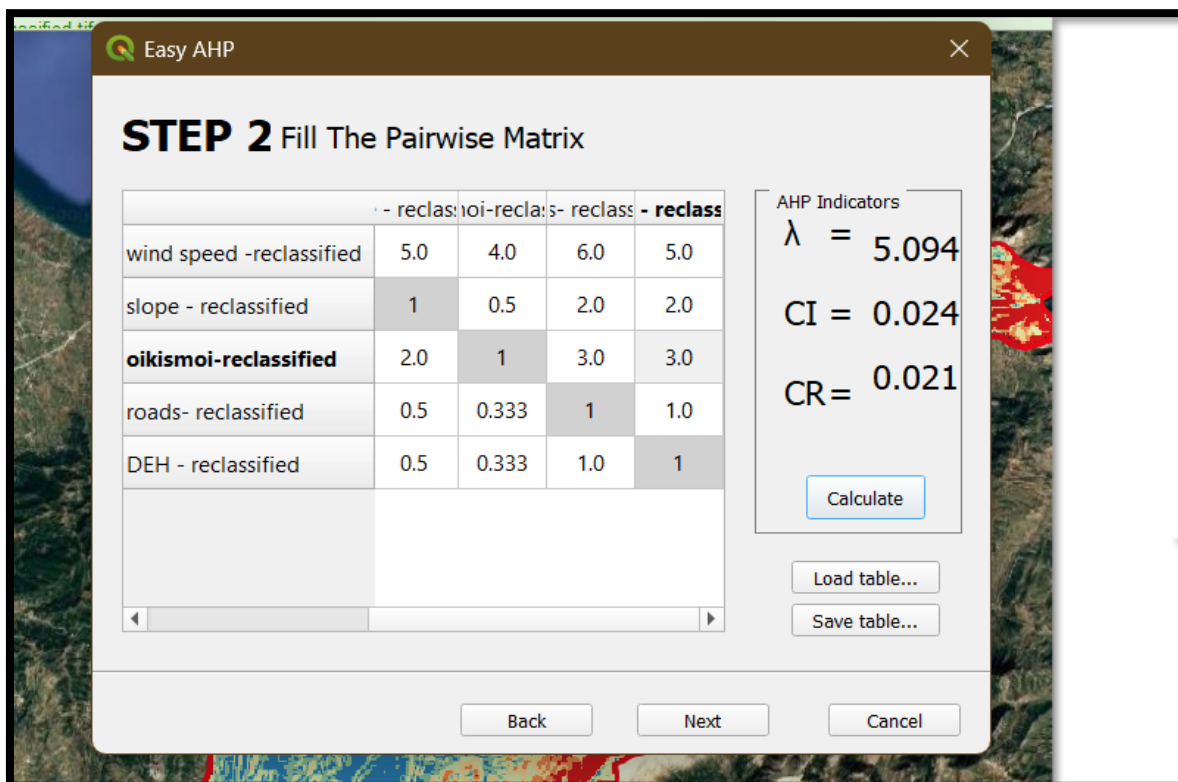
Παράρτημα: Εικόνες από τη χρήση του λογισμικού Qgis



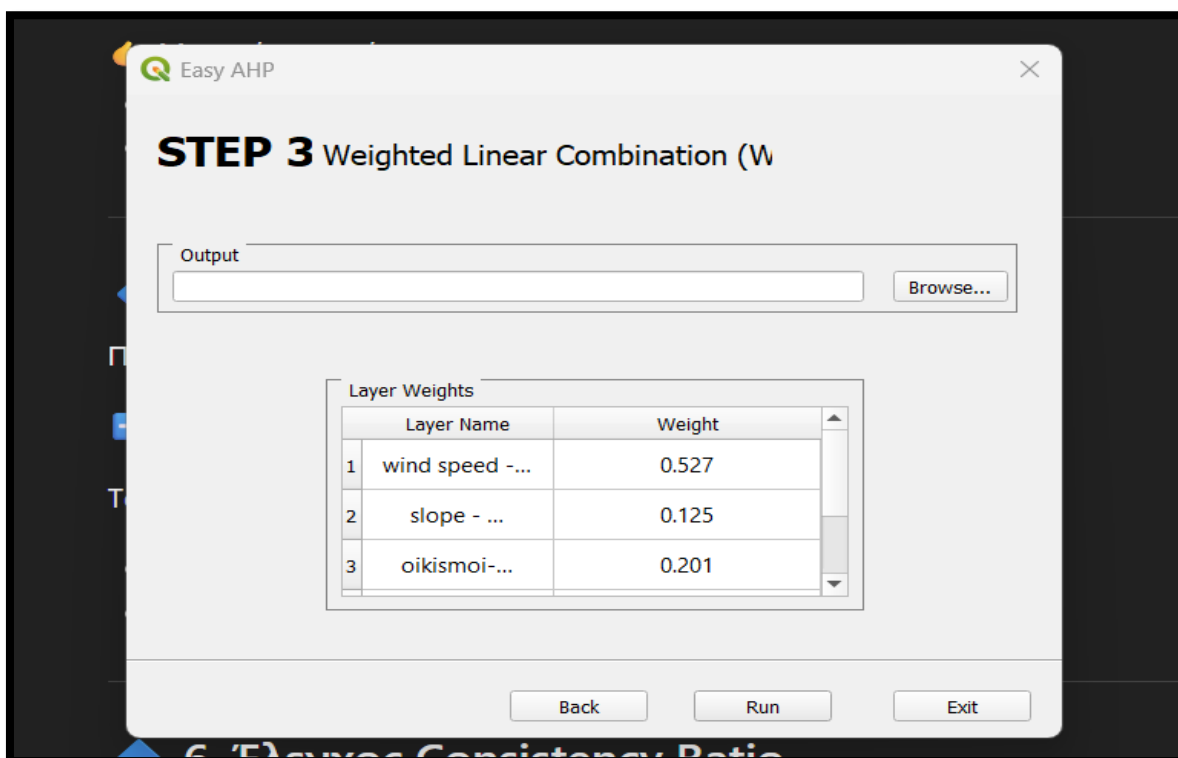
Εικόνα 34. Εκτέλεση της εντολής EasyAHP στο Qgis



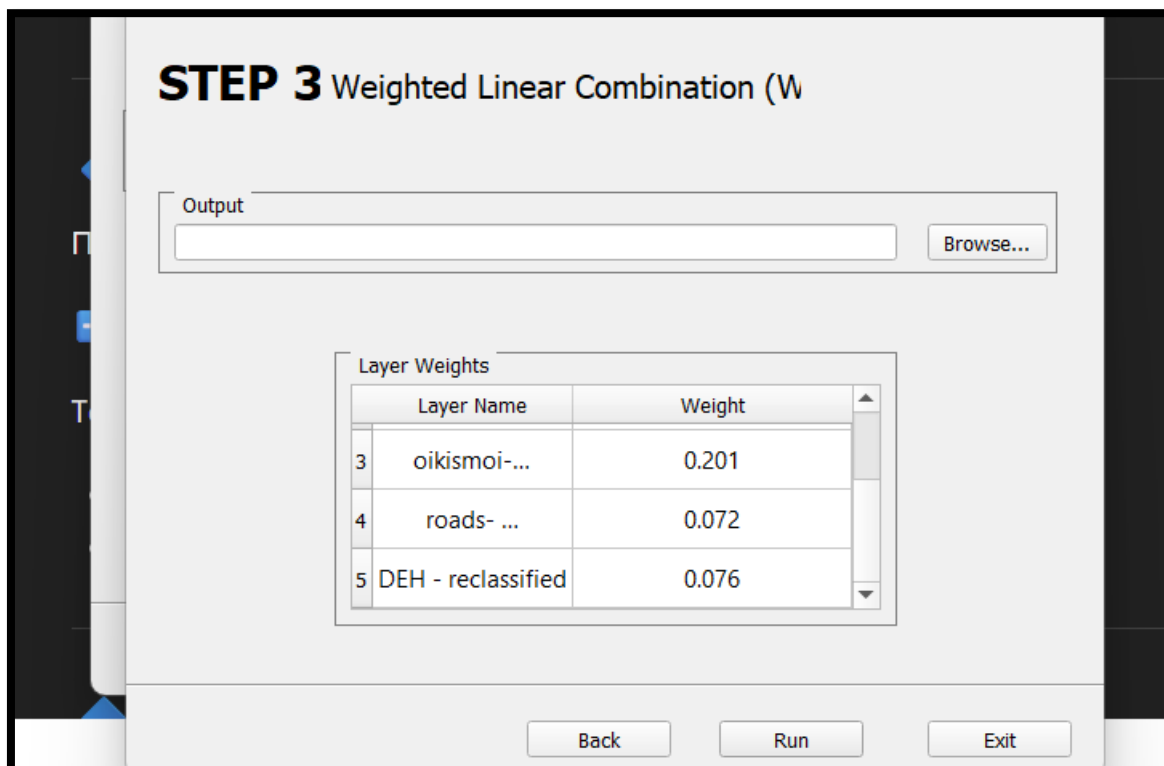
Εικόνα 35. Βήμα 1ο Διαδικασίας EasyAHP στο Qgis – Εισαγωγή κριτηρίων



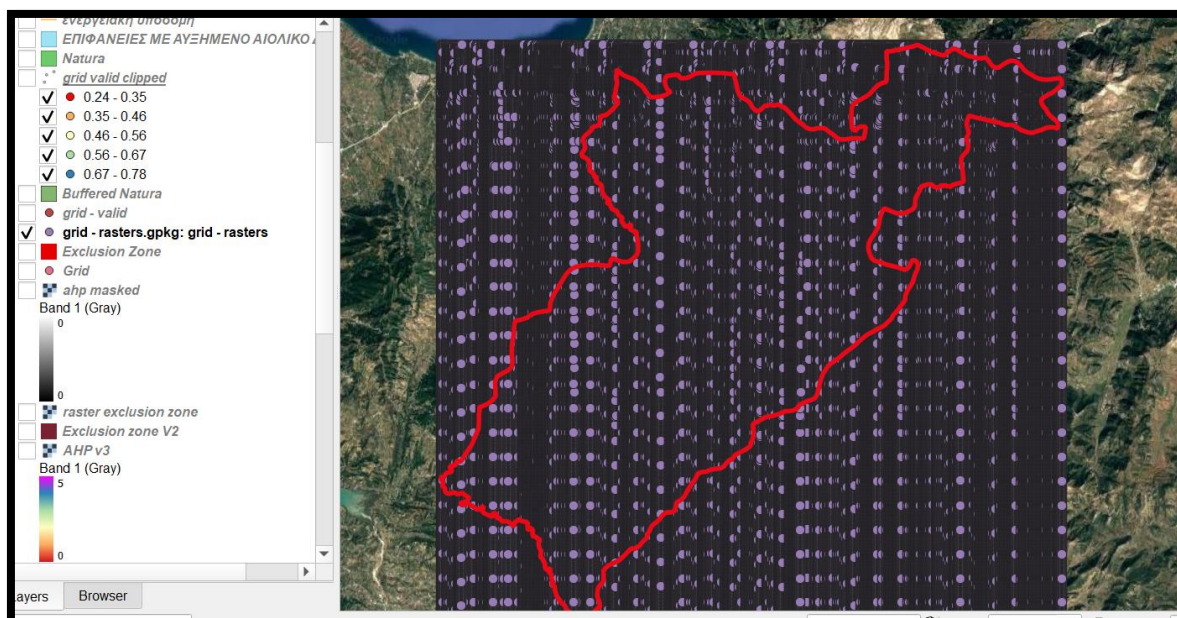
Εικόνα 36. Βήμα 2ο Διαδικασίας EasyAHP στο Qgis – Παραμετροποίηση κριτηρίων



Εικόνα 37. Βήμα 3ο Διαδικασίας EasyAHP στο Qgis – Υπολογισμός συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων της πολυκριτηριακής ανάλυσης

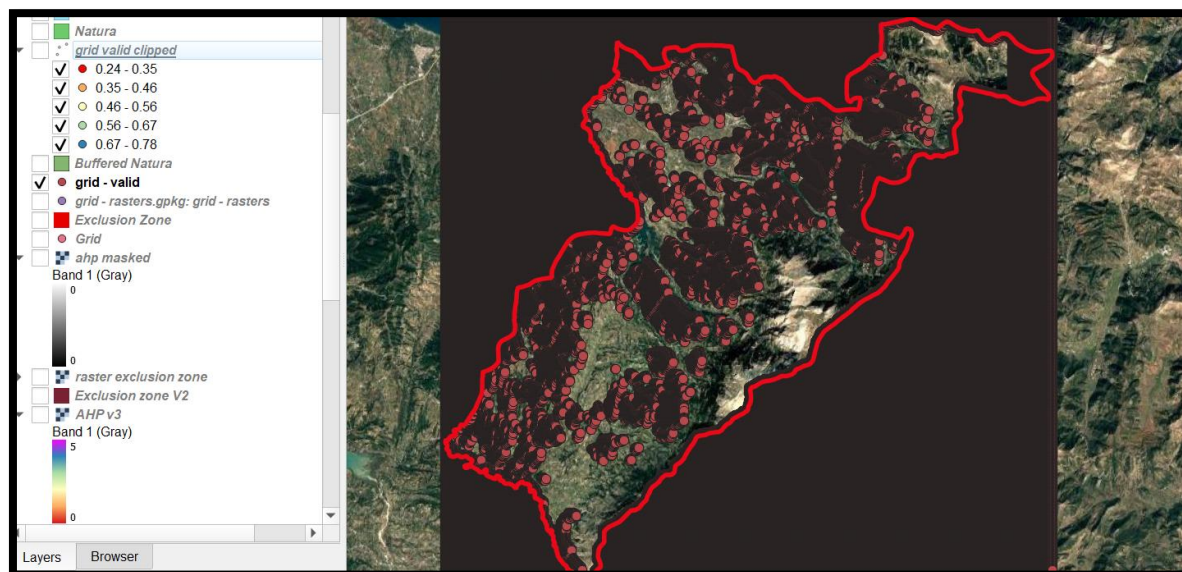


Εικόνα 38. Βήμα 3ο Διαδικασίας EasyAHP στο Qgis – Υπολογισμός υπόλοιπων συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων της πολυκριτηριακής ανάλυσης



Εικόνα 39. Διαδικασία δημιουργίας χωρικού πλέγματος (grid) για την πολυκριτηριακή ανάλυση στο Qgis

«Τσάκος Χρήστος», «Αξιολόγηση της καταλληλότητας εγκατάστασης αιολικών πάρκων στον Δήμο Ερυμάνθου της Π.Ε. Αχαΐας με τη μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης (AHP - TOPSIS) και των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS): Συνδυασμός περιβαλλοντικών και θεσμικών κριτηρίων»



Εικόνα 40. Διαδικασία δημιουργίας περιοχών αποκλεισμού στο Qgis

«Τσάκος Χρήστος», «Αξιολόγηση της καταλληλότητας εγκατάστασης αιολικών πάρκων στον Δήμο Ερυμάνθου της Π.Ε. Αχαΐας με τη μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης (AHP - TOPSIS) και των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS): Συνδυασμός περιβαλλοντικών και θεσμικών κριτηρίων»

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.