



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ, ΛΑΡΙΣΑ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ»

ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΑΚΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΠΑΝΑΠΑΚΙΔΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΛΑΡΙΣΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021

Υπεύθυνη Δήλωση

«Δηλώνω υπεύθυνα ότι η συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία για τη λήψη του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών του ΠΜΣ Πλήρους Φοίτησης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας «Ενεργειακές Τεχνολογίες και Συστήματα Αυτοματισμών» έχει συγγραφεί από εμένα προσωπικά και δεν έχει υποβληθεί ούτε έχει εγκριθεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μεταπτυχιακού ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών, στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό. Η εργασία αυτή έχοντας εκπονηθεί από εμένα, αντιπροσωπεύει τις προσωπικές μου απόψεις επί του θέματος και το κείμενο είναι γραμμένο με τα δικά μου λόγια και δεν αποτελεί προϊόν λογοκλοπής από τρίτες πηγές. Οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής αναφέρονται στο σύνολό τους, δίνοντας πλήρεις αναφορές στους συγγραφείς, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο».

Ο Δηλών

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της παρούσας διπλωματικής εργασίας Δρ. Παναπακίδη Ιωάννη, Επίκουρο Καθηγητή του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την βοήθεια στη σύλληψη της ιδέας, τη σωστή καθοδήγηση και βοήθεια στην υλοποίηση της διπλωματικής μου εργασίας.

Επιπλέον θέλω να ευχαριστήσω τον φίλο μου κ. Μαχά Βασίλειο για τις συμβουλές του.

Επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ στην παρέα του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Ενεργειακές Τεχνολογίες και Συστήματα Αυτοματισμών» για την ωραία ατμόσφαιρα της τάξης μας και για την καλή συνεργασία αυτά τα τρία εξάμηνα.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου, την μικρή μου αδερφή, τους φίλους μου και την κοπέλα μου που πίστεψαν σε εμένα και με στήριζαν.

Περίληψη

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε.), συγκεκριμένα η αιολική και η ηλιακή ενέργεια αποτελούν τις φιλικότερες μορφές ενέργειας προς το περιβάλλον. Η αξιοποίηση τους σε μία χώρα όπως η Ελλάδα με δυνατούς ανέμους και ηλιόλουστες μέρες αυξάνεται συνεχώς με νέες εγκαταστάσεις Α.Π.Ε. Ο στόχος είναι να υπερισχύσουν των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης συμβατικών πηγών ενέργειας.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται η χωροθέτηση αιολικών και φωτοβολταϊκών μονάδων στην Περιφερειακή ενότητα Λάρισας. Η διαδικασία εύρεσης της βέλτιστης περιοχής χωροθέτησης έγινε με βάση τους χωροταξικούς κανονισμούς και τα κριτήρια χωροθέτησης από ελληνική και ξένη βιβλιογραφία.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) συνέβαλαν σημαντικά στον αποκλεισμό των ζωνών ασυμβατότητας σύμφωνα με τον ελληνικό χωροταξικό κανονισμό και τη διεθνή βιβλιογραφία. Από την παραπάνω διαδικασία προέκυψαν πέντε υποψήφιες προς χωροθέτηση περιοχές. Με την μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης αξιολογήθηκαν οι υποψήφιες περιοχές με σκοπό την ανάδειξη της βέλτιστης προς χωροθέτηση περιοχής.

Μετά την ανάδειξη της βέλτιστης προς χωροθέτηση περιοχής έγινε προσομοίωση των αιολικών και φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. Τέλος μέσω της τεχνοοικονομικής ανάλυσης εξετάζεται η βιωσιμότητα των εγκαταστάσεων.

Λέξεις κλειδιά: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, αιολική ενέργεια, ηλιακή ενέργεια, χωροθέτηση μονάδων Α.Π.Ε., Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, πολυκριτηριακή ανάλυση, οικονομοτεχνική ανάλυση.

Abstract

Renewable energy sources (R.E.S), specifically wind and solar energy constitute the most environmentally friendly forms of energy. Their utilization in a country like Greece, with strong winds and mostly sunny days, is constantly increasing leading to the development of new renewable energy systems. The main objective is that the use of renewable energy systems exceeds the use of conventional ones.

The allocation of wind and solar parks in the department of Larissa is being studied in this thesis. The process of finding the optimal allocation area was based on the urban planning legislation and the allocation criteria from both Greek and foreign bibliography.

The contribution of Geographic Information Systems (G.I.S.) to the exclusion of incompatible zones according to the Greek urban planning legislation and international bibliography was major. As a result, five appropriate for R.E. systems allocation areas have been proposed which were evaluated through a multi-criteria analysis in order to highlight the optimum one.

Afterwards, the wind and photovoltaic parks to be allocated in the optimum area were simulated and, finally, through a techno-economic analysis the sustainability of these systems is being considered.

Key words: Renewable Energy Sources (R.E.S), wind energy, solar energy, renewable energy park allocation, Geographic Information Systems, multi-criteria analysis, techno-economic analysis.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	3
Περίληψη	4
Abstract	5
Περιεχόμενα.....	6
Κατάλογος Χαρτών.....	8
Κατάλογος Σχημάτων	9
Κατάλογος Πινάκων	11
Κατάλογος εικόνων.....	12
1. Εισαγωγή	13
1.1. Η σημασία της βέλτιστης χωροθέτησης των μονάδων Α.Π.Ε.	13
1.1.1. Η διερεύνηση της βέλτιστης χωροθέτησης των φωτοβολταϊκών	13
1.1.2. Παράμετροι με καθοριστικό ρόλο στη βέλτιστη χωροθέτηση	14
1.1.3. Επιπτώσεις στο σύστημα ισχύος.....	14
1.2. Σκοπός διπλωματικής εργασίας	16
1.3. Μεθοδολογία διπλωματικής εργασίας	17
1.4. Δομή διπλωματικής εργασίας	18
2. Στοιχεία χωροθέτησης μονάδων Α.Π.Ε.	19
2.1. Χωροταξικός σχεδιασμός εγκαταστάσεων Α.Π.Ε.	19
2.1.1. Σκοπός του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Α.Π.Ε.	19
2.1.2. Κριτήρια χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία	19
2.1.3. Επιπτώσεις αιολικών εγκαταστάσεων	24
2.1.4. Κριτήρια χωροθέτησης φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων σύμφωνα με τη βιβλιογραφία.....	25
2.1.5. Επιπτώσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων	26
2.2. Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΕΠΕ).....	27
2.2.1. Βαθμός Περιβαλλοντικής Απόδοσης.....	28
2.2.2. Μεθοδολογία υπολογισμού του Βαθμού Περιβαλλοντικής Απόδοσης.....	28
2.3. Περιοχή μελέτης.....	33
2.3.1. Περιφερειακή ενότητα Λάρισας	33
2.3.2. Μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής.....	37
2.4. Εφαρμογή Μεθοδολογίας	39
2.4.1. Πρώτο Στάδιο	39

2.4.2. Δεύτερο Στάδιο	56
3. Αξιολόγηση υποψήφιων περιοχών με Πολυκριτηριακή Ανάλυση	65
4. Τεχνοοικονομική ανάλυση μονάδων Α.Π.Ε.....	69
5. Συμπεράσματα.....	90
Πηγές.....	91

Κατάλογος Χαρτών

Χάρτης 2.1 Χάρτης με τα όρια των νομών της Ελλάδος

Χάρτης 2.2 Χάρτης του Νομού Λαρίσης

Χάρτης 2.3 Περιοχές αποκλεισμού για τη χωροθέτηση των αιολικών και Φ/Β μονάδων

Χάρτης 2.4 Ελάχιστες αποστάσεις από τους οικισμούς

Χάρτης 2.5 Ελάχιστες αποστάσεις από τα υδάτινα σώματα

Χάρτης 2.6 Ελάχιστες αποστάσεις από τις περιοχές Natura και την ακτογραμμή

Χάρτης 2.7 Ελάχιστες αποστάσεις από τις περιοχές χρήσης γής

Χάρτης 2.8 Ελάχιστες αποστάσεις από τις τεχνικές υποδομές

Χάρτης 2.9 Ελάχιστες αποστάσεις από τις κεραιές

Χάρτης 2.10 Ελάχιστες αποστάσεις από της υφιστάμενες μονάδες Α.Π.Ε.

Χάρτης 2.11 Οι προτεινόμενες περιοχές προς αξιολόγηση

Χάρτης 2.12 Το αιολικό δυναμικό του Νομού Λαρίσης

Χάρτης 2.13 Οι ισούψεις του Νομού Λαρίσης

Χάρτης 2.14 Η υποψήφια περιοχή 2 ως προς το οδικό δίκτυο

Χάρτης 2.15 Η υποψήφια περιοχή 3 ως προς το οδικό δίκτυο

Χάρτης 2.16 Η υποψήφια περιοχή 4 ως προς το οδικό δίκτυο

Χάρτης 2.17 Η υποψήφια περιοχή 8 ως προς το οδικό δίκτυο

Χάρτης 2.18 Η υποψήφια περιοχή 11 ως προς το οδικό δίκτυο

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1 Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια στην Λάρισα

Σχήμα 2.2 Μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα στην Λάρισα

Σχήμα 2.3 Μέσος μηνιαίος υετός στην Λάρισα

Σχήμα 4.1 Οι συντεταγμένες της περιοχής 11

Σχήμα 4.2 Η ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία της περιοχής 11

Σχήμα 4.3 Η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 50μ. της περιοχής 11

Σχήμα 4.4 Επιλογή Φ/B SMA60-US

Σχήμα 4.5 Οι ιδιότητες του SMA60-US

Σχήμα 4.6 Στοιχεία πάνελ χωρητικότητας 1 kW

Σχήμα 4.7 Επιλογή Ανεμογεννήτριας WES80

Σχήμα 4.8 Οι ιδιότητες της ανεμογεννήτριας WES80

Σχήμα 4.9 Η διάρκεια ζωής της ανεμογεννήτριας WES80

Σχήμα 4.10 Η καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας WES80

Σχήμα 4.11 Επιλογή Converter

Σχήμα 4.12 Η αρχιτεκτονική του συστήματος

Σχήμα 4.13 Προτεινόμενες βέλτιστες επιλογές

Σχήμα 4.14 Ανάλυση κόστους βέλτιστης επιλογής

Σχήμα 4.15 Μέση μηνιαία ηλεκτρική παραγωγή

Σχήμα 4.16 Περίληψη κόστους

Σχήμα 4.17 Ταμειακές ροές

Σχήμα 4.18 Ταμειακές ροές

Σχήμα 4.19 SMA Sunny Tripower 60-US with Generic PV Παραγωγή (kW)

Σχήμα 4.20 WES 18 [80kW] Παραγωγή (kW)

Σχήμα 4.21 System Converter Έξοδος μετατροπέα (kW)

Σχήμα 4.22 System Converter Έξοδος ανορθωτή (kW)

Σχήμα 4.23 Ενέργεια που αγοράστηκε από το δίκτυο (kW)

Σχήμα 4.24 Ενέργεια που πουλήθηκε στο δίκτυο (kW)

Σχήμα 4.25 Στιγμιαίο ανανεώσιμο ποσοστό παραγωγής συνολικής παραγωγής

Σχήμα 4.26 Στιγμιαίο ανανεώσιμο ποσοστό παραγωγής συνολικού φορτίου

Σχήμα 4.27 100% μείον στιγμιαία μη ανανεώσιμη παραγωγή ως ποσοστό του συνολικού φορτίου

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1 Οι περιβαλλοντικές συνιστώσες κατά την χωροθέτηση

Πίνακας 2.2 Κλίμακα αξιολόγησης των συνιστωσών

Πίνακας 2.3 Κλίμακα αξιολόγησης των κριτηρίων

Πίνακας 2.4 Η έκταση των υποψήφιων περιοχών

Πίνακας 2.5 Το αιολικό δυναμικό των υποψήφιων περιοχών

Πίνακας 2.6 Η κλίση εδάφους των υποψήφιων περιοχών

Πίνακας 2.7 Η απόσταση των υποψήφιων περιοχών από το οδικό δίκτυο

Πίνακας 2.8 Ο Β.Π.Α. των υποψήφιων περιοχών

Πίνακας 3.1 Τα κριτήρια αξιολόγησης των υποψήφιων περιοχών

Πίνακας 3.2 Οι τιμές r των κριτηρίων αξιολόγησης των υποψήφιων περιοχών

Πίνακας 3.3 Ο συντελεστής βαρύτητας των υποψήφιων περιοχών

Πίνακας 3.4 Οι τιμές P των κριτηρίων αξιολόγησης των υποψήφιων περιοχών

Πίνακας 3.5 Τα διανύσματα επίδρασης των υποψήφιων περιοχών

Πίνακας 3.6 Τα διανύσματα επίδρασης των κριτηρίων των υποψήφιων περιοχών

Πίνακας 3.7 Η τελική βαθμολογία των υποψήφιων περιοχών

Πίνακας 4.1 Η ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία της Περιοχής 11

Πίνακας 4.2 Η μηνιαία ταχύτητα ανέμου της Περιοχής 11

Πίνακας 4.3 Η ισχύς που παράγεται σε kW ανάλογα με την ταχύτητα του αέρα m/s

Πίνακας 4.4 Ανάλυση αρχιτεκτονική του συστήματος

Πίνακας 4.5 Καθαρό παρόν κόστος

Πίνακας 4.6 Ετήσιο κόστος

Πίνακας 4.7 Περίληψη Ηλεκτρικού

Πίνακας 4.8 Περίληψη παραγωγής

Πίνακας 4.9 Περίληψη κατανάλωσης

Πίνακας 4.10 SMA Sunny Tripower 60-US with Generic PV Περίληψη Ηλεκτρικού

Πίνακας 4.11 SMA Sunny Tripower 60-US with Generic PV Στατιστικά

Πίνακας 4.12 WES 18 [80kW] Περίληψη ηλεκτρικού

Πίνακας 4.13 WES 18 [80kW] Στατιστικά

Πίνακας 4.14 System Converter Πρόβλεψη ηλεκτρικού

Πίνακας 4.15 System Converter Στατιστικά

Πίνακας 4.16 Ρυθμός ηλεκτρικού δικτύου: Ζήτηση 1

Πίνακας 4.17 Ρυθμός ηλεκτρικού δικτύου: τιμή 1

Πίνακας 4.18 Ρυθμός ηλεκτρικού δικτύου: Όλα

Πίνακας 4.19 Περίληψη

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 2.1 Το Θεσσαλικό άλογο και ο Άγιος Αχίλλειος σύμβολα της Λάρισα

1. Εισαγωγή

1.1. Η σημασία της βέλτιστης χωροθέτησης των μονάδων Α.Π.Ε.

Λόγω των ανεξάντλητων και μη ρυπογόνων χαρακτηριστικών των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), η συνολική παγκόσμια ικανότητα ανανεώσιμης ενέργειας για το έτος 2018 έφτασε τα 1246 όπου η Κίνα, οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και η Γερμανία βρίσκονται στην κορυφή (REN21, 2019).

Αξίζει να σημειωθεί ότι, τα φωτοβολταϊκά, το CSP / STE (Συμπυκνωμένη ηλιακή ενέργεια / ηλιακή θερμική ηλεκτρική ενέργεια) και το ηλιακό ζεστό νερό έχουν αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία πέντε χρόνια.

1.1.1. Η διερεύνηση της βέλτιστης χωροθέτησης των φωτοβολταϊκών

Μελετάται από δύο όψεις:

- Η πρώτη γίνεται μέσα στο σύστημα ισχύος. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση αλγορίθμων βελτιστοποίησης, επιθυμητής αντικειμενικής λειτουργίας (μονής ή πολλαπλής αντικειμενικής) και περιορισμών του συστήματος ισχύος (Alinejad-Beromi et al., 2007, Salih et al., 2016). Αξίζει να σημειωθεί ότι, η ακατάλληλη χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών μπορεί να περιορίσει το επίπεδο διείσδυσης αυξάνοντας την ενεργή απώλεια ισχύος και μειώνοντας το προφίλ τάσης στο σύστημα ισχύος.
- Η δεύτερη χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των δυνατοτήτων των Φ/Β πόρων. Η εκτίμηση των δυναμικών των φωτοβολταϊκών πόρων έχει σημαντικό ρόλο για το φωτοβολταϊκό σύστημα που συνδέεται με το δίκτυο και το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα. Υπάρχουν κυρίως τέσσερα αλληλένδετα δυναμικά. Το θεωρητικό, το γεωγραφικό, το τεχνικό και το οικονομικό δυναμικό (Tuchó et al., 2014). Κάθε δυναμικό έχει τις δικές του παραμέτρους και μαθηματικά μοντέλα. Οι φωτοβολταϊκές δυνατότητες ελέγχονται επίσης λόγω των κανονισμών και της πολιτικής της χώρας.

1.1.2. Παράμετροι με καθοριστικό ρόλο στη βέλτιστη χωροθέτηση

Θέση στο σύστημα ισχύος:

Γενικά, η μετάδοση και η διανομή διακρίνονται βάσει του επιπέδου τάσης (von Meier, 2006). Ωστόσο, αυτή η ταξινόμηση είναι κακή για όλο τον κόσμο λόγω της αλληλεπικάλυψης τάσης στη μετάδοση και διανομή του σύγχρονου συστήματος στις ανεπτυγμένες χώρες, όπως το υψηλότερο επίπεδο τάσης στο δίκτυο διανομής της Ιταλίας 150 kV (L'Abbate et al., 2007).

Συστήματα μεταφοράς και διανομής:

Συγκεκριμένα, οι γραμμές μεταφοράς στο σύστημα ισχύος έχουν δύο λειτουργίες. Την μεταφορά ισχύος σε μεγάλη απόσταση από υψηλή τάση σε χαμηλή τάση και την σύνδεση συστημάτων ισχύος μεταξύ τους με βάση οικονομικούς και τεχνολογικούς λόγους όπως το εθνικό δίκτυο στην Ιαπωνία (Europe, 0000, Kothari και Nagrath, 2003). Ως αποτέλεσμα, το σύστημα μετάδοσης σχηματίζει δίκτυο πλέγματος. Το σύστημα διανομής έχει διαφορετικές τοπολογίες λόγω πολλών παραγόντων όπως το κόστος κατασκευής, ο σχεδιασμός, η λειτουργία και η επιθυμητή περιοχή. Υπάρχουν κυρίως τρεις διαφορετικές μορφές δικτύου. Το ακτινικό, ο δακτύλιος (βρόχος) και ο εγκάρσιος βρόχος (πλέγμα) (Systems, 0000).

1.1.3. Επιπτώσεις στο σύστημα ισχύος

Το σύστημα ισχύος που βασίζεται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συναντά μη παραδοσιακά προβλήματα όπως ζητήματα τάσης και περισσότερες αρμονικές (Farhoodnea et al., 2013).

Κατανεμημένη παραγωγή των φωτοβολταϊκών (PV-DG) με βελτιστοποίηση:

Είναι πολύ σημαντικό να παρατηρήσετε την επίδραση του συνδεδεμένου συστήματος της κατανεμημένης παραγωγής των φωτοβολταϊκών όταν λαμβάνονται υπόψη η βέλτιστη θέση και μέγεθος. Αυτή η βελτιστοποίηση της κατανεμημένης παραγωγής των

φωτοβολταϊκών μπορεί να μετριάσει την εξάρτηση από τις παραδοσιακές λύσεις της χρήσης εξωτερικών συσκευών για την επίλυση προβλημάτων συστήματος ισχύος ή τη βελτίωση της απόδοσης αυτού του συστήματος.

Προφίλ τάσης με τη βέλτιστη κατανεμημένη παραγωγή των φωτοβολταϊκών:

Η βελτίωση ή διατήρηση του προφίλ τάσης εντός των ορίων του συστήματος ισχύος θεωρείται ένας από τους πιο βασικούς παράγοντες των χαρακτηριστικών ροής ισχύος. Μια προσέγγιση για τη βελτίωση του προφίλ τάσης εφαρμόζεται με τη βέλτιστη θέση και το μέγεθος της κατανεμημένης παραγωγής. Επιπλέον, κάτω από διαφορετικούς τύπους μοντέλων φορτίου (σταθερά, βιομηχανικά και οικιακά φορτία) με βάση τη βέλτιστη κατανομή του προφίλ τάσης της κατανεμημένης παραγωγής συνεχίζει να βελτιώνετε για κάθε μοντέλο (El-Zonkoly, 2011). Αξίζει να σημειωθεί ότι, παρόλο που η βέλτιστη κατανομή της κατανεμημένης παραγωγής των φωτοβολταϊκών βασίζεται μόνο στην ελάχιστη ενεργή απώλεια ισχύος (ως αντικειμενική λειτουργία), το προφίλ τάσης βελτιώνεται συνεχώς στο σύστημα ισχύος διανομής και μετάδοσης (Karimyan et al., 2014, Mosbah et al. , 2019). Αυτό οφείλεται στη μαθηματική σχέση μεταξύ τάσης και αντίστασης.

➤ Συντελεστής ισχύος με βέλτιστη κατανεμημένη παραγωγή των φωτοβολταϊκών:

Δεδομένου ότι η πραγματική έγχυση ισχύος σε συντελεστή ισχύος μιας μονάδας φωτοβολταϊκών μπορεί να προκαλέσει αύξηση της τάσης και μείωση του συντελεστή ισχύος (Agalgaonkar et al., 2014, Lewis, 2011). Ως εκ τούτου, ο μετατροπέας των φωτοβολταϊκών ενεργεί ως ενεργή και άεργη πηγή ισχύος θα διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο όσον αφορά την αλλαγή του σημείου εγκατάστασης και στη συνέχεια θα οδηγήσει σε μεγιστοποίηση του μεγέθους, υψηλότερη μείωση απώλειας και καλύτερο προφίλ τάσης όταν εξετάζεται η βελτιστοποίηση της θέσης

και του μεγέθους του PV (Shahzad et al. , 2016, Murty and Kumar, 2015).

1.2. Σκοπός διπλωματικής εργασίας

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η βέλτιστη χωροθέτηση μονάδων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, συγκεκριμένα αιολικών και φωτοβολταϊκών μονάδων. Επίσης διερευνάται η βιωσιμότητα των παραπάνω μονάδων Α.Π.Ε.

Η επιλογή της Περιφερειακής Ενότητας Λάρισας ως περιοχή μελέτης της διπλωματικής εργασίας έγινε βάση της μεγάλης έκτασης καθώς είναι η δεύτερη μεγαλύτερη της χώρας και καταναλώνει μεγάλη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης υπάρχουν εγκατεστημένες μονάδες Α.Π.Ε. οι οποίες έχουν γίνει αποδεκτές από τους κατοίκους. Τέλος η μακροχρόνια προσωπική σχέση με την περιοχή παίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή της διότι είναι γνώριμη για την συλλογή δεδομένων.

Αρχικός σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η συγκέντρωση και μελέτη των χωροταξικών κανονισμών που αφορά τις αιολικές και τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις. Επίσης μελετήθηκαν ελληνικές και ξένες δημοσιεύσεις ώστε να υπάρξει σφαιρική άποψη επί του θέματος. Έτσι με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών εφαρμόστηκαν τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν για την περιοχή μελέτης.

Στην συνέχεια με τη χρήση της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης εξετάστηκαν οι υποψήφιες περιοχές σύμφωνα με τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν, με αποτέλεσμα να προκύψει η βέλτιστη περιοχή χωροθέτησης που αποτελεί σκοπό της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος με σκοπό την βιωσιμότητα της εγκατάστασης έγινε η τεχνοοικονομική ανάλυση από την οποία προέκυψαν τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας.

1.3. Μεθοδολογία διπλωματικής εργασίας

Για την περάτωση του σκοπού που έχει τεθεί στην διπλωματική εργασία η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

Στάδιο 1

Σ αυτό το στάδιο έγινε η μελέτη χωροταξικών κανονισμών και μελετών Ελληνικής και ξένης βιβλιογραφίας που αφορούν την χωροθέτηση αιολικών και φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων.

Στάδιο 2

Σ αυτό το στάδιο έγινε η συλλογή δεδομένων που αφορούν την περιοχή μελέτης. Συλλέχθηκαν κλιματολογικά δεδομένα,

Στάδιο 3

Σύμφωνα με τα κριτήρια που μελετήθηκαν στο στάδιο 1 και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν στο στάδιο 2 σχηματίστηκαν οι χάρτες με τη χρήση του λογισμικού QGIS 3.16. Στους χάρτες αποτυπώνονται οι ζώνες αποκλεισμού και οι ελάχιστες αποστάσεις από αυτές ώστε να προκύψουν οι επιτρεπόμενες περιοχές προς χωροθέτηση.

Στη συνέχεια έγινε διαχωρισμός των επιτρεπόμενων περιοχών ώστε να μείνουν όσες περιοχές πληρούν τα κριτήρια χωροθέτησης αιολικών και φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. Έτσι προέκυψαν οι υποψήφιες περιοχές προς χωροθέτηση.

Στάδιο 4

Στο στάδιο αυτό με τη χρήση της μεθόδου TOPSIS έγινε αξιολόγηση των υποψήφιων περιοχών με αποτέλεσμα την ανάδειξη της βέλτιστης περιοχής χωροθέτησης. Η αξιολόγηση των υποψήφιων περιοχών έγινε με βάση τα κριτήρια χωροθέτησης των αιολικών και των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων.

Στάδιο 5

Την ανάδειξη της βέλτιστης περιοχής προς χωροθέτηση ακολούθησε η τεχνοοικονομική ανάλυση των εγκαταστάσεων με τη χρήση του λογισμικού Homer Energy pro, ώστε να εξεταστεί η βιωσιμότητα τους

1.4. Δομή διπλωματικής εργασίας

Αρχικά το 1^ο Κεφάλαιο αποτελεί την εισαγωγή στο θέμα της χωροθέτησης μονάδων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και τα κριτήρια αυτής σύμφωνα με την βιβλιογραφία. Επίσης περιέχει τον σκοπό και την μεθοδολογία της διπλωματικής εργασίας.

Το 2^ο Κεφάλαιο περιέχει τα στοιχεία χωροθέτησης των μονάδων Α.Π.Ε. Αρχικά γίνεται αναφορά στην Περιφερειακή Ενότητα της Λάρισας η οποία είναι η περιοχή μελέτης. Στη συνέχεια με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών μέσω του λογισμικού QGIS 3.16 και σύμφωνα με τα κριτήρια χωροθέτησης μονάδων Α.Π.Ε. που αναφέρθηκαν στο 1^ο Κεφάλαιο έγινε αποκλεισμός των περιοχών που αποτελούν ζώνες ασυμβατότητας. Έτσι προκύπτουν οι υποψήφιες προς αξιολόγηση περιοχές χωροθέτησης.

Το 3^ο Κεφάλαιο περιέχει την διαδικασία αξιολόγησης των περιοχών που προέκυψαν στο 2^ο Κεφάλαιο, με τη χρήση της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης και συγκεκριμένα με την μέθοδο TOPSIS. Έτσι συγκρίνονται τα κριτήρια κάθε περιοχής με αποτέλεσμα να προκύψει η βέλτιστη περιοχή χωροθέτησης των μονάδων Α.Π.Ε.

Το 4^ο Κεφάλαιο περιγράφει την τεχνοοικονομική ανάλυση της εγκατάστασης των μονάδων Α.Π.Ε. με τη χρήση του λογισμικού Homer Energy pro, όπου υπολογίζονται οι οικονομικοί παράμετροι και προκύπτει το οικονομικό κέρδος της επένδυσης.

Το 5^ο Κεφάλαιο περιέχει τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις παραπάνω διαδικασίες.

2. Στοιχεία χωροθέτησης μονάδων Α.Π.Ε.

2.1. Χωροταξικός σχεδιασμός εγκαταστάσεων Α.Π.Ε.

Η στροφή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι το μεγαλύτερο βήμα που έχει γίνει τα τελευταία χρόνια. Οι μονάδες Α.Π.Ε. είναι μεν φιλικότερες προς το φυσικό περιβάλλον, αλλά δεν παύουν να είναι μια ανθρώπινη παρέμβαση. Στην πλειοψηφία τους οι ανθρώπινες παρεμβάσεις στο φυσικό έχουν σημαντικές θετικές ή αρνητικές επιπτώσεις. Έτσι σχεδιάστηκε το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας το οποίο θέτει κανόνες στην χωροθέτηση των συγκεκριμένων εγκαταστάσεων. Με αυτό το τρόπο θέτονται όρια στις χρήσεις γης, ενισχύεται η προστασία του περιβάλλοντος και μειώνει τις αντιδράσεις της κοινωνίας.

2.1.1. Σκοπός του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Α.Π.Ε.

- ✓ η διαμόρφωση πολιτικών χωροθέτησης έργων ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε., ανά κατηγορία δραστηριότητας και κατηγορία χώρου.
- ✓ η καθιέρωση κανόνων και κριτηρίων χωροθέτησης που θα επιτρέπουν αφενός την δημιουργία βιώσιμων εγκαταστάσεων Α.Π.Ε. και αφετέρου την αρμονική ένταξή τους στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον.
- ✓ η δημιουργία ενός αποτελεσματικού μηχανισμού χωροθέτησης των εγκαταστάσεων Α.Π.Ε., ώστε να επιτευχθεί ανταπόκριση στους στόχους των εθνικών και ευρωπαϊκών πολιτικών (ΚΥΑ 49828/2008).

2.1.2. Κριτήρια χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία

Παρακάτω αναφέρονται σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία τα κριτήρια χωροθέτησης των αιολικών εγκαταστάσεων. Ουσιαστικά γίνεται η κάλυψη κάποιων κενών που δεν έχουν οριστεί από το Ε.Π.Χ.Σ.Α.Α.

- Αιολικό δυναμικό:
Βασικό κριτήριο μίας περιοχής για την οικονομική βιωσιμότητα της εγκατάστασης είναι η ταχύτητα του ανέμου. Έτσι σε μία μελέτη εύρεσης

κατάλληλης περιοχής εγκατάστασης αιολικού μονάδων σημαντικό ρόλο έχουν τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής αυτής.

Η ελάχιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα του ανέμου σύμφωνα με το μεγαλύτερο ποσοστό των μελετών είναι τα 5m/s (Baban και Parry, 2001; Tegou et al., 2007; Georgiou et al., 2012; Ayodele et al., 2018). Βέβαια κάποιοι θέτουν ως όριο τα 4,5 m/s (Latinopoulos και Kechagia, 2015), είτε τα 6m/s (Höfer et al, 2016) και τέλος τα 4 m/s (Ali et al., 2019). Έτσι οι περιοχές με μεγάλη ταχύτητα ανέμου είναι καταλληλότερες για την χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων σε σχέση με τις υπόλοιπες.

- Κλίση εδάφους:

Σημαντικό κριτήριο μίας περιοχής είναι η μορφολογική κατάσταση της διότι όσο πιο απότομο είναι το έδαφος αυτής τόσο αυξάνεται το κόστος αποκατάστασης της επιφάνειας στην οποία θα γίνει η εγκατάσταση. Επίσης όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος των εργασιών, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και παρέμβαση στο φυσικό τοπίο, κάτι το οποίο έχει αρνητικά αποτελέσματα. Έτσι από πολλούς το επιτρεπόμενο αλλά και πολύ περιοριστικό όριο της κλίση του εδάφους ορίζεται στο 10% (Baban και Parry, 2001; Tegou et al., 2007; Georgiou et al.,2012; Ayodele et al.,2018). Τέλος κάποιοι θέτουν λιγότερο περιοριστικά όρια όπως το 15% (Bennui et al., 2007; Sadeghi και Karimi, 2017; Ali et al., 2019), το 25% (Latinopoulos και Kechagia, 2015) καθώς και το 30% (Höfer et al., 2016).

- Υψόμετρο:

Είναι γνωστό ότι όσο αυξάνεται το υψόμετρο τόσο μειώνεται η πυκνότητα του αέρα και αυτό έχει αρνητικό αντίκτυπο στην περιοχή καθώς είναι μειωμένη και η αιολική ενέργεια. Έτσι σύμφωνα με κάποιες μελέτες ορίζεται ως υψομετρικό όριο τα 200μ. οι (Bennui et al., 2007) το οποίο είναι περιοριστικό για μία ορεινή σε μεγάλο ποσοστό χώρα όπως η Ελλάδα. Τέλος κάποιοι ορίζουν πιο ανεκτικά υψομετρικά όρια όπως τα 1000μ. (Ayodele et al., 2018) και τα 2000μ. (Sadeghi και Karimi, 2017).

- Ελάχιστη απόσταση από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος:

Η χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων δεν επιτρέπεται να γίνει σε περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος, λόγω των αρνητικών επιδράσεων στην χλωρίδα και στην πανίδα των συγκεκριμένων περιοχών. Σ αυτή τη κατηγορία περιοχών ανήκουν τα Καταφύγια Άγριας Ζωής (ΚΑΖ), οι Τόποι Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ) και οι Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ). Όσον αφορά τις παραπάνω περιοχές η ελάχιστη απόσταση των αιολικών εγκαταστάσεων από αυτές σύμφωνα με τις περισσότερες μελέτες είναι τα 1000μ. (Baban και Parry, 2001; Tegou et al., 2007; Effat et al., 2014; Latinopoulos και Kechagia, 2015). Τελευταίο αλλά εξίσου σημαντική είναι η ελάχιστη απόσταση από την ακτογραμμή η οποία ορίζεται στα 2000μ. (Effat et al., 2014).

- **Ελάχιστη απόσταση από υδροτόπους:**
Λόγω των αρνητικών επιπτώσεων που προκαλεί η εγκατάσταση αιολικών εγκαταστάσεων στους υδροτόπους έχουν οριστεί ελάχιστες αποστάσεις ώστε να αποφευχθεί η επιρροή κάθε μορφής ζωής σ αυτούς. Σύμφωνα με τις περισσότερες μελέτες η ελάχιστη απόσταση από τους υδροτόπους είναι τα 400μ. (Baban και Parry, 2001; Tegou et al., 2010; Aydin et al., 2010). Κάποιοι όμως ορίζουν μικρότερο όριο ελάχιστης απόστασης, τα 200μ. (Bennui et al., 2007; Ayodele et al., 2018).
- **Ελάχιστη απόσταση από σημεία ενδιαφέροντος:**
Σημαντικό ρόλο στην χωροθέτηση έχει η ελάχιστη απόσταση των αιολικών εγκαταστάσεων από τα ιστορικά μνημεία, τους αρχαιολογικούς χώρους και τους χώρους πολιτισμικής κληρονομιάς. Στην προσπάθεια να μείνουν αναλλοίωτοι αυτοί οι χώροι πολλές μελέτες έχουν ορίσει την ελάχιστη απόσταση των αιολικών εγκαταστάσεων από αυτές τις περιοχές στα 1000μ. (Baban και Parry, 2001; Effat et al., 2014; Latinopoulos και Kechagia, 2015). Κάποιες μελέτες διπλασιάζουν την ελάχιστη απόσταση των παραπάνω και την οριοθετούν στα 2000μ. (Bennui et al., 2007). Τέλος δίνεται ελάχιστη απόσταση από τις Ιερές Μονές στα 500μ. (Tsoutsos et al., 2015).
- **Ελάχιστη απόσταση από το οικιστικό δίκτυο:**

Ιδιαίτερη προσοχή έχει δοθεί από τους μελετητές στο συγκεκριμένο όριο, καθώς μία αιολική εγκατάσταση δημιουργεί ηχορύπανση και οπτική όχληση. Έτσι ορίζουν ότι η ελάχιστη απόσταση από τους οικισμούς χωρίζεται σε 3 ομάδες. Στην πρώτη ομάδα ανήκουν οι οικισμοί άνω των 2000 κατοίκων με ελάχιστη απόσταση τα 1000μ. (Tsoutsos et al., 2015; Latinopoulos και Kechagia, 2015). Στην δεύτερη ομάδα ανήκουν οι οικισμοί που είναι μικρότεροι των 2000 κατοίκων με ελάχιστη απόσταση τα 500μ. (Tsoutsos et al., 2015; Latinopoulos και Kechagia, 2015). Στην τρίτη ομάδα ανήκουν οι παραδοσιακοί οικισμοί με ελάχιστη απόσταση τα 1500μ. (Tsoutsos et al., 2015; Latinopoulos και Kechagia, 2015). Κάποιοι όμως ορίζουν την ελάχιστη απόσταση στα 2000μ. (Baban και Parry, 2001; Tegou et al., 2010; Aydin et al., 2010) για τους μεγάλους οικισμούς και στα 1000μ. (Aydin et al., 2010) από τις πόλεις.

- Ελάχιστη απόσταση από τα δίκτυα μεταφορών:

Η ελάχιστη απόσταση από το οδικό δίκτυο έχει σημαντικό ρόλο στην χωροθέτηση των αιολικών εγκαταστάσεων καθώς όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση από αυτό, τόσο αυξάνεται το κόστος. Η κατασκευή νέας οδοποιίας από το κοντινότερο σημείο του οδικού δικτύου είναι απαραίτητη για την μεταφορά των εξαρτημάτων κατασκευής ενός αιολικού πάρκου, αλλά συγχρόνως πολυδάπανη. Έτσι από από κάποιες μελέτες ορίζεται η ελάχιστη απόσταση των αιολικών εγκαταστάσεων από το οδικό δίκτυο στα 500μ. (Bennui et al., 2007; Sadeghi και Karimi, 2017; Ayodele et al., 2018). Κάποιες άλλες μελέτες ορίζουν την ελάχιστη απόσταση στα 120μ. (Tsoutsos et al., 2015) και στα 150μ. (Latinopoulos και Kechagia, 2015). Τέλος μελέτες αναφέρουν ότι αποκλείεται η χωροθέτηση αν η απόσταση ξεπερνά τα 10000μ. (Baban και Parry, 2001; Tegou et al., 2007; Ali et al., 2019).

- Ελάχιστη απόσταση από τους αερολιμένες:

Ο στόχος του συγκεκριμένου κριτηρίου είναι να μείνει ανεπηρέαστος ο εναέριος χώρος των αερολιμένων στην περίπτωση που βρίσκονται κοντά σε κάποια υποψήφια περιοχή χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων. Έτσι μελέτες αναφέρουν ότι η ελάχιστη απόσταση από τους αερολιμένες είναι 3000μ. (Bennui et al., 2007; Latinopoulos και Kechagia, 2015). Κάποιες άλλες

μελέτες ορίζουν την ελάχιστη απόσταση στα 4000μ. (Georgiou et al., 2012) και στα 5000μ. (Ayodele et al., 2018).

- Ελάχιστη απόσταση από τα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας:
Καθώς η εγκατάσταση έχει ως σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται σημαντική η απόσταση από το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, διότι όσο μεγαλύτερη απόσταση έχει η εγκατάσταση από το δίκτυο, τόσο αυξάνεται το κόστος.
Έτσι κάποιες μελέτες ορίζουν την ελάχιστη απόσταση των αιολικών εγκαταστάσεων από το δίκτυο στα 100μ. (Höfer et al., 2016), ενώ κάποιες στα 120μ. (Tsoutsos et al., 2015) και στα 250μ. (Sadeghi και Karimi, 2017)
- Ελάχιστη απόσταση από τις υποδομές τηλεπικοινωνιών:
Ένα μικρό όριο αλλά εξίσου σημαντικό είναι η ελάχιστη απόσταση από τις κεραιές, καθώς οι αιολικές εγκαταστάσεις μπορεί να επηρεάσουν την λειτουργία τους. Έτσι οι μελέτες ορίζουν την ελάχιστη απόσταση των αιολικών εγκαταστάσεων από τις κεραιές στα 600μ. (Lejeune and Feltz, 2008; Kazim et al., 2015; Bili και Vagiona, 2018).
- Ελάχιστη απόσταση από τουριστικές δραστηριότητες:
Ο τουρισμός είναι σημαντικός τομέας για κάθε περιοχή έτσι οι όλες οι δραστηριότητες του πρέπει να μείνουν ανεπηρέαστες από τις αιολικές εγκαταστάσεις. Έτσι οι μελέτες ορίζουν ότι η ελάχιστη απόσταση των αιολικών εγκαταστάσεων από τα τουριστικά καταλύματα είναι τα 1000μ. (Bennui et al., 2007; Tsoutsos et al., 2015; Latinopoulos και Kechagia, 2015).
- Ελάχιστη απόσταση από χρήσεις γης:
Οι περισσότερες πεδινές περιοχές και όχι μόνο καλύπτονται από γεωργικά δεσμευμένες εκτάσεις οι οποίες έχουν σημαντικό ρόλο για τους κατοίκους των περιοχών αυτών. Έτσι οι μελέτες ορίζουν την ελάχιστη απόσταση των αιολικών εγκαταστάσεων από τις γεωργικές εκτάσεις στα 1000μ. (Οι Bennui et al., 2007). Τέλος σημαντικό ρόλο έχουν και οι περιοχές με λατομία από τις οποίες

ορίζεται ελάχιστη απόσταση για την χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων τα 500μ. (Tsoutsos et al., 2015).

2.1.3. Επιπτώσεις αιολικών εγκαταστάσεων

Ένας από τους λόγους που είναι δημοφιλείς οι αιολικές εγκαταστάσεις είναι ότι έχουν ελάχιστες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Οι επιπτώσεις αυτές διαφοροποιούνται σε κάθε στάδιο ζωής της εγκατάστασης (Kaldellis et al., 2016):

- Κατασκευή
- Λειτουργία
- Απόσυρση

Έτσι από τα παραπάνω στάδιο ζωής των αιολικών εγκαταστάσεων προκύπτουν οι εξής επιπτώσεις.

- Το μέγεθος των ανεμογεννητριών αλλάζει το υφιστάμενο τοπίο καθώς δημιουργείται οπτική όχληση.
- Κατά την λειτουργία τους δημιουργείται ηχορύπανση σε μεγάλο βαθμό λόγω της κίνησης των πτερυγίων με τον αέρα.
- Όταν η εγκατάσταση λαμβάνει χώρα στις σημαντικές διαδρομές των πτηνών δημιουργείται ενοχλητική αντανάκλαση του φωτός και δυνατός θόρυβος που αποπροσανατολίζουν τα πτηνά και πολλές φορές έχουν θανατηφόρες συνέπειες.
- Κατά το στάδιο κατασκευής η όχληση που δημιουργείτε από το σύνολο των ενεργειών επηρεάζει την πανίδα της περιοχής, που σε πολλές περιπτώσεις οδηγείτε σε μετανάστευση.
- Οι ανεμογεννήτριες δημιουργούν παρεμβολές στο σήμα των τηλεπικοινωνιών.
- Κατά τα στάδια κατασκευής και απόσυρσης οι ενέργειες που απαιτούνται επηρεάζουν την ποιότητα του αέρα καθώς χρησιμοποιούνται μεγάλα μηχανοκίνητα μηχανήματα τα οποία χρειάζονται μεγάλους δρόμους για να έχουν πρόσβαση στην περιοχή εγκατάστασης. Για τον τελευταίο λόγο κάποιες φορές καταπατούνται δασικές εκτάσεις.

Η σωστή μελέτη χωροθέτησης ελαχιστοποιούν τις παραπάνω επιπτώσεις απαντώντας στην αρνητική κριτική που δέχονται οι αιολικές εγκαταστάσεις εγκαταστάσεις ηλεκτρικής ενέργειας (Κατσιφάρικης, 2019).

2.1.4. Κριτήρια χωροθέτησης φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων σύμφωνα με τη βιβλιογραφία

Στη συνέχεια αναφέρονται σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία τα κριτήρια χωροθέτησης των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. Ουσιαστικά όπως και παραπάνω γίνεται η κάλυψη κάποιων κενών που δεν έχουν οριστεί από το Ε.Π.Χ.Σ.Α.Α.

- Κλίση εδάφους και Σημεία του Ορίζοντα:
Στη μελέτη χωροθέτησης των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων σημαντικό ρόλο έχουν η κλίση του εδάφους και ο προσανατολισμός. Έτσι αποφεύγονται οι περιοχές με απότομη κλίση διότι αυξάνεται το κόστος της εγκατάστασης ώστε να μπορέσει να μετατραπεί η επιφάνεια που θα γίνει η εγκατάσταση (Sánchez-Lozano et al., 2016). Η βέλτιστη επιλογή είναι μία επίπεδη επιφάνεια ώστε να απορροφάται όσο γίνεται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία. Σε μελέτες αναφέρεται ότι το έδαφος πρέπει να έχει κλίση μικρότερη του 5% και προσανατολισμό προς το Νότο (Charabi και Gastli., 2011).
- Θερμοκρασία:
Ακόμα ένα κλιματολογικό κριτήριο χωροθέτησης των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων είναι η θερμοκρασία η οποία σύμφωνα με μελέτες όταν είναι μεγαλύτερη των 30°C επηρεάζει αρνητικά τις κυψέλες των πάνελ με αποτέλεσμα την μείωση της απόδοσης και τη διάρκεια ζωής τους (Liu et al., 2017).
- Απόσταση από κατοικημένες περιοχές:
Το μέγεθος μια εγκατάστασης φωτοβολταϊκών δημιουργεί οπτική όχληση και για αυτό το λόγο σύμφωνα με μελέτες η ελάχιστη απόσταση από τις κατοικημένες περιοχές είναι τα 500μ. Από την άλλη πλευρά η

μεγάλη απόσταση των εγκαταστάσεων από τις κατοικημένες περιοχές έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια μετάδοσης, έτσι σύμφωνα με μελέτες ορίζεται ως μέγιστη απόσταση τα 10000μ. (Tahri et al., 2015).

- Απόσταση από δίκτυα μεταφορών:
Όπως και στην χωροθέτηση των αιολικών εγκαταστάσεων έτσι και στις εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση από το οδικό δίκτυο, τόσο αυξάνεται το κόστος της εγκατάστασης καθώς κρίνεται απαραίτητη η διάνοιξη δρόμου (Sabo et al., 2016).
- Απόσταση από υδάτινες περιοχές:
Στις εγκαταστάσεις των φωτοβολταϊκών είναι σημαντικό το νερό για τον καθαρισμό των πάνελ, κυρίως στις ξερές κλιματολογικά περιοχές όπου η σκόνη που καλύπτει τα πάνελ μειώνει την ακτινοβολία που απορροφούν. Έτσι οι εγκαταστάσεις πρέπει να χωροθετούνται σε περιοχές με πρόσβαση στο νερό (Tahri et al., 2015).
- Απόσταση από προστατευόμενες περιοχές:
Τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό με τα προηγούμενα κριτήρια είναι η χωροθέτηση στις προστατευόμενες περιοχές όπως και στις αιολικές εγκαταστάσεις ορίζεται ελάχιστη απόσταση. Παρόλο που οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις είναι αθόρυβες, καθαρές και χωρίς αντίκτυπο στο περιβάλλον ορίζεται η ελάχιστη απόσταση στα 1000μ. καθαρά για αισθητικούς λόγους (Merrouni et al., 2018a).

2.1.5. Επιπτώσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων

Μία φωτοβολταϊκή εγκατάσταση έχει ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και στα τρία στάδια της ζωής της, τα οποία είναι:

- Κατασκευής
- Λειτουργίας
- Απόσυρσης

Οι κυριότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις στα παραπάνω στάδια ζωής της εγκατάστασης είναι:

- Η χρήση γης:
Σε αντίθεση με την εγκατάσταση ανεμογεννητριών οι οποίες απαιτούν μεγάλες εκτάσεις αλλά μπορούν να διαιρέσουν την γη σε μικρότερες περιοχές ανά χρήση της εγκατάστασης, τα φωτοβολταϊκά απαιτούν μεγάλες εκτάσεις χωρίς να έχουν το πλεονέκτημα της διαίρεσης της περιοχής. Έτσι υποβαθμίζεται η εδαφική περιοχή με αποτέλεσμα την απώλεια οικοτόπων και γεωργικής έκτασης (Hand et al., 2014).
- Η χρήση νερού:
Σημαντικό συστατικό για την βέλτιστη λειτουργία των φωτοβολταϊκών είναι το νερό, με το οποίο καθαρίζονται τα πάνελ ώστε να αποδίδουν στο μέγιστο. Με την μεγάλη ποσότητα νερού που χρειάζεται η εγκατάσταση μειώνονται τα αποθέματα νερού της περιοχής και αλλάζουν οι ισορροπίες των υπόγειων υδάτων. (Turney και Fthenakis, 2011).

2.2. Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΕΠΕ)

Η ιστορία της εφαρμογής αυτού του μέσου χρονολογείται στα τέλη της δεκαετίας του 1960 όταν εκδόθηκε ο νόμος στις Ηνωμένες Πολιτείες σχετικά με την πολιτική προστασίας του περιβάλλοντος. Εκείνη την εποχή, η ΕΠΕ δεν διατυπώθηκε ως τέτοια, αλλά η έγκριση αυτού του νόμου ήταν η ραχοκοκαλιά για την ανάπτυξη αυτού και άλλων μέσων για την αξιολόγηση των επιπτώσεων των διαφόρων δραστηριοτήτων στο περιβάλλον. Από τότε, το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη μέσων εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων εξακολούθησε να αυξάνεται. Ένας από τους πρώτους ορισμούς της ΕΠΕ διατυπώθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1970 (Munn, 1979): «ο όρος εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων περιγράφει μια τεχνική διαδικασία με την οποία συλλέγονται πληροφορίες για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός έργου, τόσο από τον προγραμματιστή όσο και από άλλα ενδιαφερόμενα μέρη και επιτρέπει στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να εκτιμήσουν εάν ένα έργο είναι αποδεκτό ή όχι». Κατά συνέπεια, το μέσο αυτό βοηθά στην επίλυση των περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών προβλημάτων που ενδέχεται να προκύψουν από την υλοποίηση

δημόσιων και ιδιωτικών επενδυτικών σχεδίων σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Αυτό το μέσο είναι ένα εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης και χρησιμοποιείται στο επίπεδο συγκεκριμένων έργων. Περιέχει μια συστηματική, τεκμηριωμένη, περιοδική και αντικειμενική αξιολόγηση του πόσο καλά μπορούν να επιτευχθούν τα συστήματα ελέγχου της ρύπανσης και περιβαλλοντικής διαχείρισης στη λειτουργία ενός συγκεκριμένου συστήματος (Muralikrishna και Manickam, 2017) Η ΕΠΕ εισήχθη στην ευρωπαϊκή πρακτική το 1985 με την έκδοση της οδηγίας ΕΠΕ 85/337 / ΕΟΚ. Σήμερα η ΕΠΕ είναι ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα εργαλεία εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η εφαρμογή του είναι διεθνής, αφού εφαρμόζεται παγκοσμίως. Πιο πρόσφατα, έχει διατυπωθεί ως Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Κοινωνικών Επιπτώσεων (ESIA), σύμφωνα με τις απαιτήσεις των διεθνών χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων που συμμετέχουν στην ανάπτυξη επενδυτικών έργων.

2.2.1. Βαθμός Περιβαλλοντικής Απόδοσης

Σύμφωνα με Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων η Βαγιονά κατασκεύασε ένα εργαλείο αξιολόγησης από το οποίο προκύπτει ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης. Ο βαθμός περιβαλλοντικής απόδοσης αποτελεί σημαντική παράμετρο στην διαδικασία εύρεσης βέλτιστης περιοχής χωροθέτησης εγκαταστάσεων Α.Π.Ε. στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία (Vagiona, 2015).

2.2.2. Μεθοδολογία υπολογισμού του Βαθμού Περιβαλλοντικής Απόδοσης

Η μεθοδολογία του Βαθμού Περιβαλλοντικής Απόδοσης αποτελείται από 4 στάδια (Vagiona, 2015):

- Καθορισμός των περιβαλλοντικών συνιστωσών.
- Υπολογισμός του βάρους σημαντικότητας κάθε περιβαλλοντικής συνιστώσας.
- Αξιολόγηση περιβαλλοντικής επίπτωσης της εγκατάστασης.
- Υπολογισμός του Βαθμού Περιβαλλοντικής Απόδοσης

2.2.2.1. Πρώτο στάδιο

Στο πρώτο στάδιο, προσδιορίζονται όλες οι πτυχές του περιβάλλοντος που υπάρχει περίπτωση να επηρεαστούν από τη συγκεκριμένη εγκατάσταση. Η περίπτωση αυτής της διπλωματικής εργασίας αναφέρεται στην Α' Κατηγορία της 10ης ομάδας «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας» της Υ.Α. 1958/2012.

Όπως αναφέρει η Κ.Υ.Α. 170225, οι περιβαλλοντικές συνιστώσες που λαμβάνονται υπόψη για τη χωροθέτηση της συγκεκριμένης εγκατάστασης αναφέρονται στον Πίνακα 2.1.

1	ΚΛΙΜΑ	Οι στατιστικές των θερμοκρασιών, της υγρασίας, των ατμοσφαιρικών πιέσεων, των ανέμων, των βροχοπτώσεων, του ατμοσφαιρικού αριθμού σωματιδίων και διαφόρων άλλων μετεωρολογικών στοιχειακών μετρήσεων σε μία περιοχή για μεγάλο χρονικό διάστημα.
2	ΒΙΟΚΛΙΜΑ	Ορίζεται στο κλίμα, το οποίο επηρεάζει αλλά και επηρεάζεται από διάφορους βιολογικούς οργανισμούς.
3	ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	Η μορφολογία αναφέρεται στη μελέτη των μορφών της γης, τη φύση και την προέλευσή τους.
4	ΑΙΣΘΗΤΙΚΑ - ΟΡΑΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	Ο παράγοντας αυτός σχετίζεται με την εμφάνιση της γης, συμπεριλαμβανομένου του σχήματος της, της υφής της και των χρωμάτων της
5	ΓΕΩΛΟΓΙΑ	Ως γεωλογία της περιοχής ορίζονται οι προ-επιφανειακοί σχηματισμοί και επιφανειακές καταθέσεις
6	ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	Εδώ αναφέρονται οι δομές εντός της λιθόσφαιρας του πλανήτη καθώς και οι δυνάμεις και τα κινήματα που λειτουργούσαν σε μια περιοχή με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν αυτές οι δομές.
7	ΕΔΑΦΟΣ	Ορίζεται το υψηλότερο στρώμα της επιφάνειας του πλανήτη το οποίο παρέχεται ως μέσο καλλιέργειας για την χλωρίδα και ως οικότοπος για την πανίδα.

8	ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	Γίνεται αναφορά στη γλωρίδα και την πανίδα των προστατευμένων και μη περιοχών.
9	ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	Ως χρήση γης ορίζεται η διαχείριση και η τροποποίηση του φυσικού περιβάλλοντος (χωράφια, βοσκότοπους, οικισμούς κ.λπ.) η οποία συμβάλλει στη διάκριση των τύπων χρήσης γης.
10	ΟΙΚΙΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	Ορίζεται το περιβάλλον το οποίο περιβάλλει τις ανθρώπινες δραστηριότητες.
11	ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	Είναι οι περιοχές αρχαιολογικού, πολιτιστικού και ιστορικού ενδιαφέροντος.
12	ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	- Αναφέρεται στα δημογραφικά χαρακτηριστικά, αυξομείωση του πληθυσμού, επαγγελματική απασχόληση, εκπαίδευση, εισοδηματικά κριτήρια.
13	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ	Οι τεχνικές υποδομές που διευκολύνουν την κοινωνία (διάνοιξη οδών, κατασκευή δικτύου ύδρευσης, αποχέτευση, ηλεκτρικό δίκτυο, δίκτυο τηλεπικοινωνιών κλπ)
14	ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	Ορίζονται οι διάφοροι ρύποι που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα και επηρεάζουν την υγεία. Η απελευθέρωση ρυπογόνων αερίων όπως το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), διοξείδιο του θείου (SO ₂), οξειδίων του αζώτου (NO και NO ₂), όζοντος (O ₃) και διαφόρων αιωρούμενων σωματιδίων αποτελούν κατά κύριο λόγο την ποιότητα του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος
15	ΑΚΟΥΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	Η ένταση του θορύβου στην περιοχή μελέτης
16	ΔΟΝΗΣΕΙΣ	Οι διάφορες ταλαντώσεις γύρω από ένα σημείο ισορροπίας.
17	ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ	Ορίζεται το ταξίδι των ενεργειακών σωματιδίων ή των ενεργειακών κυμάτων μέσω ενός μέσου μεταφοράς.

18	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΑ	Αναφέρεται στη συλλογή νερού στην επιφάνεια του πλανήτη ή σε κάποιο ρέμα, ποτάμι, λίμνη, υγρότοπο ή τον ωκεανό, καθώς και το νερό που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους σε πόρους του εδάφους και στα κατάγματα βράχων
----	-------------------------------	---

Πίνακας 2.1 Οι περιβαλλοντικές συνιστώσες κατά την χωροθέτηση (Vagiona, 2015)

2.2.2.2. Δεύτερο στάδιο

Στο δεύτερο στάδιο, όλες οι παραπάνω περιβαλλοντικές συνιστώσες αξιολογούνται ποιοτικά ξεχωριστά για κάθε υποψήφια περιοχή. Σκοπός της αξιολόγησης είναι η αναγνώριση της σημαντικότητας κάθε συνιστώσας. Η αξιολόγηση αναφέρεται στην υπάρχουσα κατάσταση, αποδίδοντας ένα ποιοτικό βάρος, $w_{k,j}$, όπου το $k = 1$ για την υπάρχουσα κατάσταση και το $j = 1, \dots, 18$, συμβολίζει τις περιβαλλοντικές συνιστώσες που αναφέρονται στον πίνακα 2.1.

Ο όρος υπάρχουσα κατάσταση αντιπροσωπεύει την τωρινή / υφιστάμενη κατάσταση του περιβάλλοντος της υποψήφιας περιοχής (Loukogeorgaki et al., 2018).

Κλίμακα Αξιολόγησης	
1	Μη σημαντική συνιστώσα
2	Ελαφρώς σημαντική
3	Μέτρια σημαντική
4	Πολύ σημαντική
5	Πάρα πολύ σημαντική

Πίνακας 2.2 Κλίμακα αξιολόγησης των συνιστωσών (Vagiona, 2015)

2.2.2.3. Τρίτο στάδιο

Στο τρίτο στάδιο, χρησιμοποιούνται δύο κατηγορίες κριτηρίων αξιολογησης:

- τα Βασικά Κριτήρια (Primary Criteria – PC) όπου ανήκουν:
 - το κριτήριο της φύσης της επίπτωσης (PC1)
 - το κριτήριο του μεγέθους της επίπτωσης (PC2).
 -
- τα Δευτερεύοντα Κριτήρια (Secondary Criteria – SC) όπου ανήκουν:
 - το κριτήριο της μονιμότητας της επίπτωσης (SC1)
 - το κριτήριο της αναστρεψιμότητας της επίπτωσης (SC2)
 - το κριτήριο της ικανότητας διαχείρισης της (SC3) (Loukogeorgaki et al., 2018).

Κλίμακες Αξιολόγησης		
PC1	1	Θετική επίπτωση
	0	Καμία αλλαγή / επίπτωση
	-1	Αρνητική επίπτωση
PC2	1	Μικρό μέγεθος επίπτωσης
	2	Μεσαίο μέγεθος επίπτωσης
	3	Σημαντικό μέγεθος επίπτωσης
SC1	1	Προσωρινή επίπτωση – μικρή διάρκεια
	2	Προσωρινή επίπτωση – μεσαία διάρκεια
	3	Μόνιμη επίπτωση – μεγάλη διάρκεια
SC2	0	Καμία επίπτωση
	1	Αναστρέψιμη επίπτωση
	2	Αργά αναστρέψιμη επίπτωση
	3	Μη αναστρέψιμη επίπτωση
SC3	0	Καμία επίπτωση
	1	Διαχειρίσιμη επίπτωση

2	Μερικώς διαχειρίσιμη
3	Μη διαχειρίσιμη επίπτωση

Πίνακας 2.3 Κλίμακα αξιολόγησης των κριτηρίων (Vagiona, 2015)

$$\alpha_{k,i,j} = PC1_{k,i,j} PC2_{k,i,j} x (SC1_{k,i,j} + SC2_{k,i,j} + SC3_{k,i,j}) \quad (2.1)$$

Όπου $i=1$

2.2.2.4. Τέταρτο στάδιο

Τέλος ο παρακάτω μαθηματικός τύπος 2.2. υπολογίζει τον βαθμό περιβαλλοντικής απόδοσης (Loukogeorgaki et al., 2018).

$$A_{k,i,j} = \frac{\alpha_{k,i,j} x w_{k,j}}{\sum_{j=1}^{18} w_{k,j}} \quad (2.2)$$

2.3. Περιοχή μελέτης

2.3.1. Περιφερειακή ενότητα Λάρισας

Η Περιφερειακή Ενότητα (ή Νομός) Λάρισας είναι μια από τις 52 Περιφερειακές Ενότητες της Ελλάδας που καταργήθηκαν μετά την εφαρμογή του Προγράμματος Καλλικράτης, οπότε συστάθηκε η που αποτελεί πλέον μία από τις 74 περιφερειακές ενότητες της χώρας. Η Π.Ε. Λάρισας ανήκει γεωγραφικά και διοικητικά στην περιφέρεια της Θεσσαλίας (larissa-dimos.gr).

Συγκεκριμένα είναι μία από τις τέσσερις Περιφερειακές Ενότητες της Θεσσαλίας και η δεύτερη σε έκταση της χώρας. Έχει έκταση 5.387 τ.χλμ. και πραγματικό πληθυσμό 284.325 κατοίκους (απογραφή 2011).

Πρωτεύουσα της Π.Ε. Λάρισας είναι η ομώνυμη πόλη.

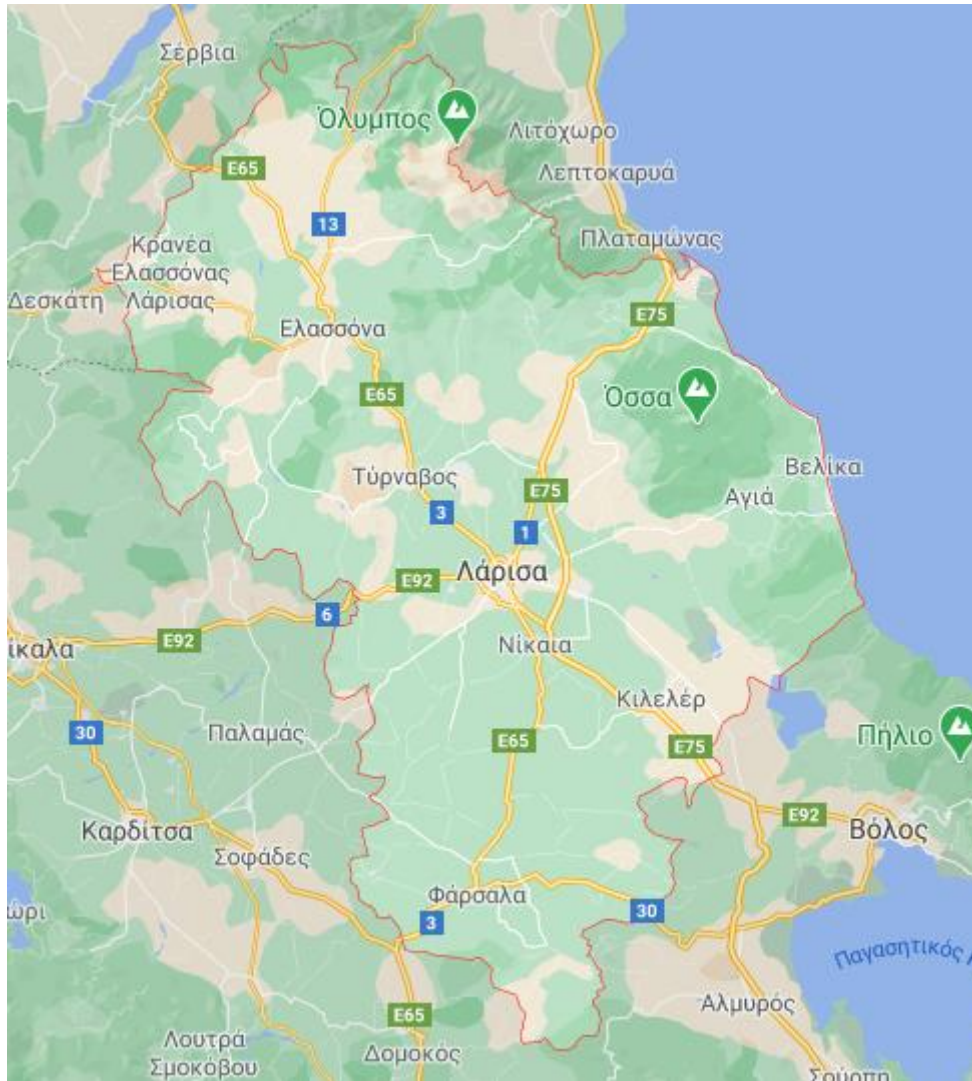
Ο Όλυμπος, το ψηλότερο ελληνικό βουνό βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα του νομού. Το όρος Όσσα βρίσκεται στα ανατολικά, στις ακτές του Αιγαίου Πελάγους.

Ο Πηνειός ποταμός, ο οποίος πηγάζει από την Πίνδο, διασχίζει την περίφημη Κοιλάδα των Τεμπών, μεταξύ Ολύμπου και Όσσας και εκβάλλει στο Θερμαϊκό Κόλπο (larissa-dimos.gr).

Το βορειότερο τμήμα του νομού καλύπτεται από δάση, ενώ το μεγαλύτερό του τμήμα είναι πεδινό. Το μεγαλύτερο μέρος της Θεσσαλικής πεδιάδας βρίσκεται στο Νομό Λάρισας (larissa-dimos.gr).



Χάρτης 2.1 Χάρτης με τα όρια των νομών της Ελλάδος (hellenicaworld.com)



Χάρτης 2.2 Χάρτης του Νομού Λαρίσης (maps.google.com)

2.3.1.1. Ιστορική ανασκόπηση της περιοχής

Το όνομα της Λάρισας είναι προελληνικό πελασγικής προέλευσης και ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένο στον ελλαδικό χώρο και σημαίνει ισχυρά οχυρωμένος λόφος ή ακρόπολη. Το όνομα αυτό είχε και η ακρόπολη του Άργους. Επίσης σύμφωνα με τη μυθολογία η πόλη της Λάρισας χτίστηκε στην πελασγική περίοδο από τον ήρωα Λάρισσο, γιο του Πελασγού.

Σύμφωνα με τον αρχαίο μύθο, η νύμφη Λάρισα παίζοντας με τη μπάλα της δίπλα στον Πηνειό γλίστρησε και πνίγηκε στα νερά του και από αυτή πήρε το όνομα της η πόλη.

Η Λάρισα, κατά τη μυθολογία, ήταν σύζυγος του Ποσειδώνα και μητέρα του Αχαιού, του Φθία και του Πελασγού ή σύμφωνα με άλλη εκδοχή, ήταν κόρη του Πελασγού.

Η Λάρισα είναι πανάρχαια πόλη και κατοικείται εδώ και σχεδόν 4.000 χρόνια. Οι αρχαιολογικές έρευνες μαρτυρούν ότι η περιοχή της Λάρισας κατοικείτο κατά την Παλαιολιθική περίοδο. Την εξουσία της πόλης μέχρι το τέλος της κυριαρχίας των Μακεδόνων κατείχαν οι Θεσσαλοί Αλευάδες. Κατά τη διάρκεια του Πελοποννησιακού πολέμου μάχονταν στο πλευρό των Αθηναίων. Η Λάρισα είχε κόψει νόμισμα και αρκετά αρχαία κέρματα έχουν διασωθεί. Στη Λάρισα έζησε και πέθανε, περίπου στην ηλικία των 90 χρόνων, ο Πατέρας της Ιατρικής, ο Ιπποκράτης, ο οποίος τάφηκε κάπου μεταξύ Γυρτώνης, Τυρνάβου και Λαρίσης.

Επίσης σύμβολο της είναι το άλογο λόγω της Θεσσαλικής φυλής αλόγου, είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τους αρχαίους μύθους και την ιστορία. Θεσσαλικής φυλής ήταν και το άλογο του Μ. Αλεξάνδρου, ο φημισμένος Βουκεφάλας που τον συνόδευε σ' όλες τις εκστρατείες και τιμήθηκε από αυτόν, όταν πέθανε, σαν σύντροφος και συμπολεμιστής. Το Θεσσαλικό άλογο είναι εκπρόσωπος του πεδινού τύπου αλόγου, διότι εξελίχθηκε στον πλούσιο Θεσσαλικό κάμπο .



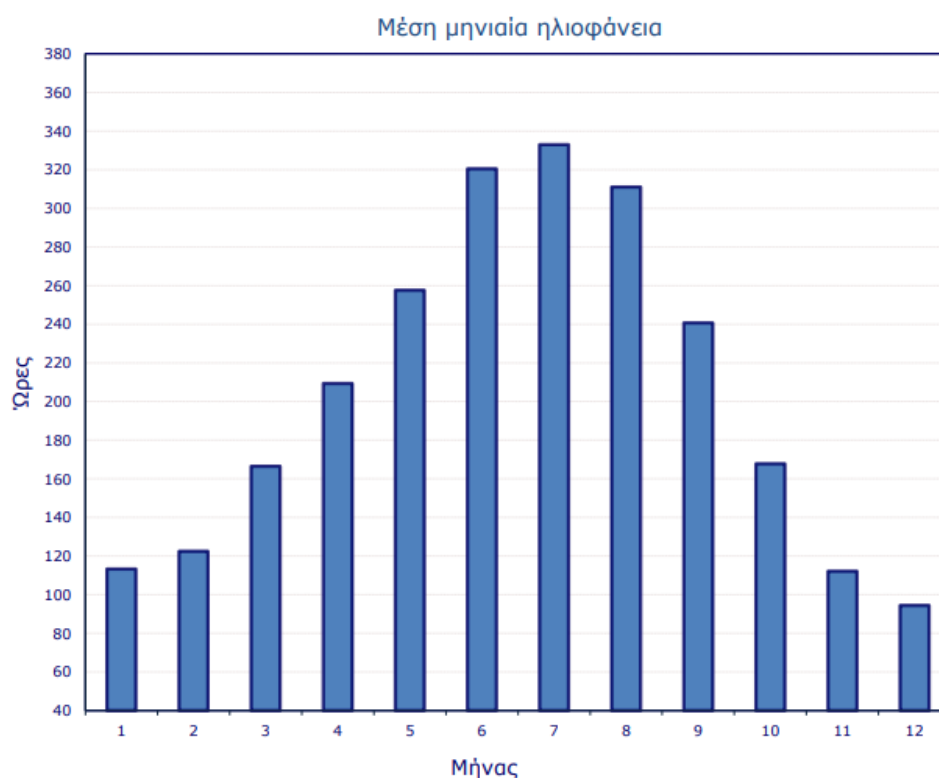
Εικόνα 2.1 Το Θεσσαλικό άλογο και ο Άγιος Αχίλλειος σύμβολα της Λάρισα
(kwstasf.gr)

Από τα τέλη της δεκαετίας του '80 και μετά, η Λάρισα μεταμορφώθηκε σε ένα σύγχρονο αστικό κέντρο, που ζει με έντονους ρυθμούς και έχει δημιουργήσει πυλώνες πολιτιστικής, επιστημονικής και βιομηχανικής δραστηριότητας, δίνοντας την αίσθηση

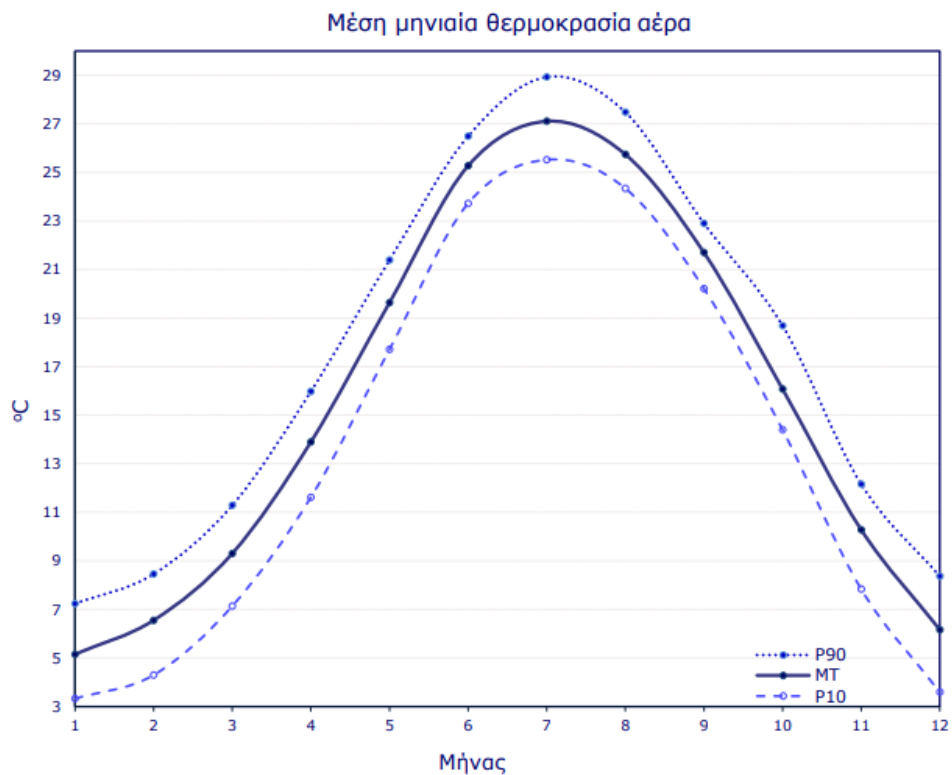
μιας πόλης με πολλές δυνατότητες και ακόμη περισσότερες προοπτικές (Iarissadimos.gr).

2.3.2. Μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής

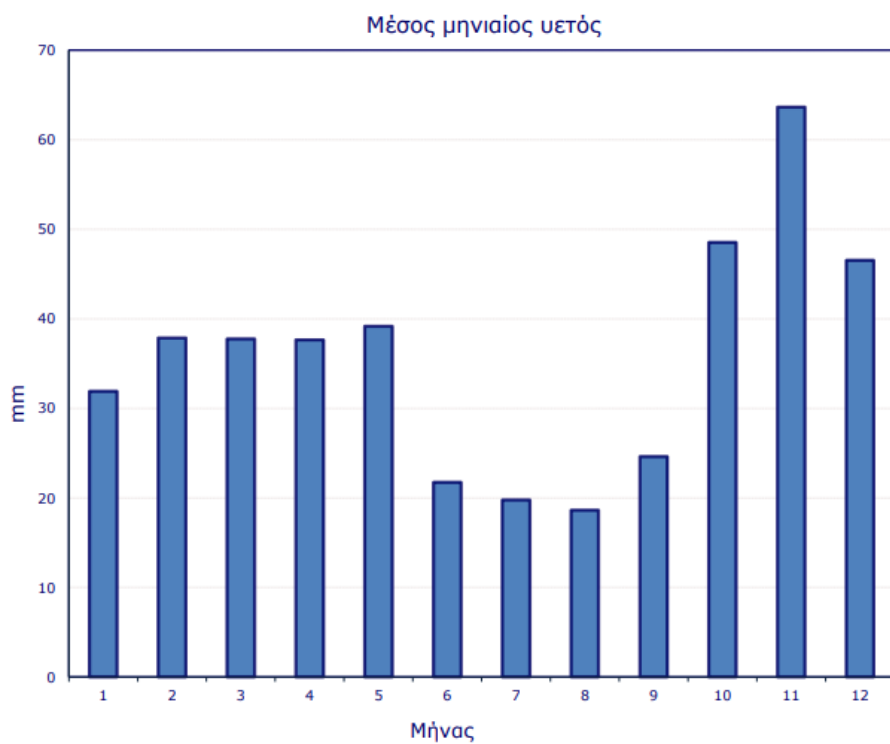
Το κλίμα της περιοχής είναι μεσογειακό με υψηλές θερμοκρασίες τους καλοκαιρινούς μήνες και ήπιες θερμοκρασίες τους χειμερινούς μήνες. Βέβαια τους χειμερινούς στις ορεινές περιοχές οι θερμοκρασίες φτάνουν σε αρκετά χαμηλά επίπεδα. Η Λάρισα αποτελεί μία από τις πιο ζεστές περιοχές της Ελλάδας τους καλοκαιρινούς μήνες.



Σχήμα 2.1 Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια στην Λάρισα (hnms.gr)



Σχήμα 2.2 Μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα στην Λάρισα (hnms.gr)



Σχήμα 2.3 Μέσος μηνιαίος υετός στην Λάρισα (hnms.gr)

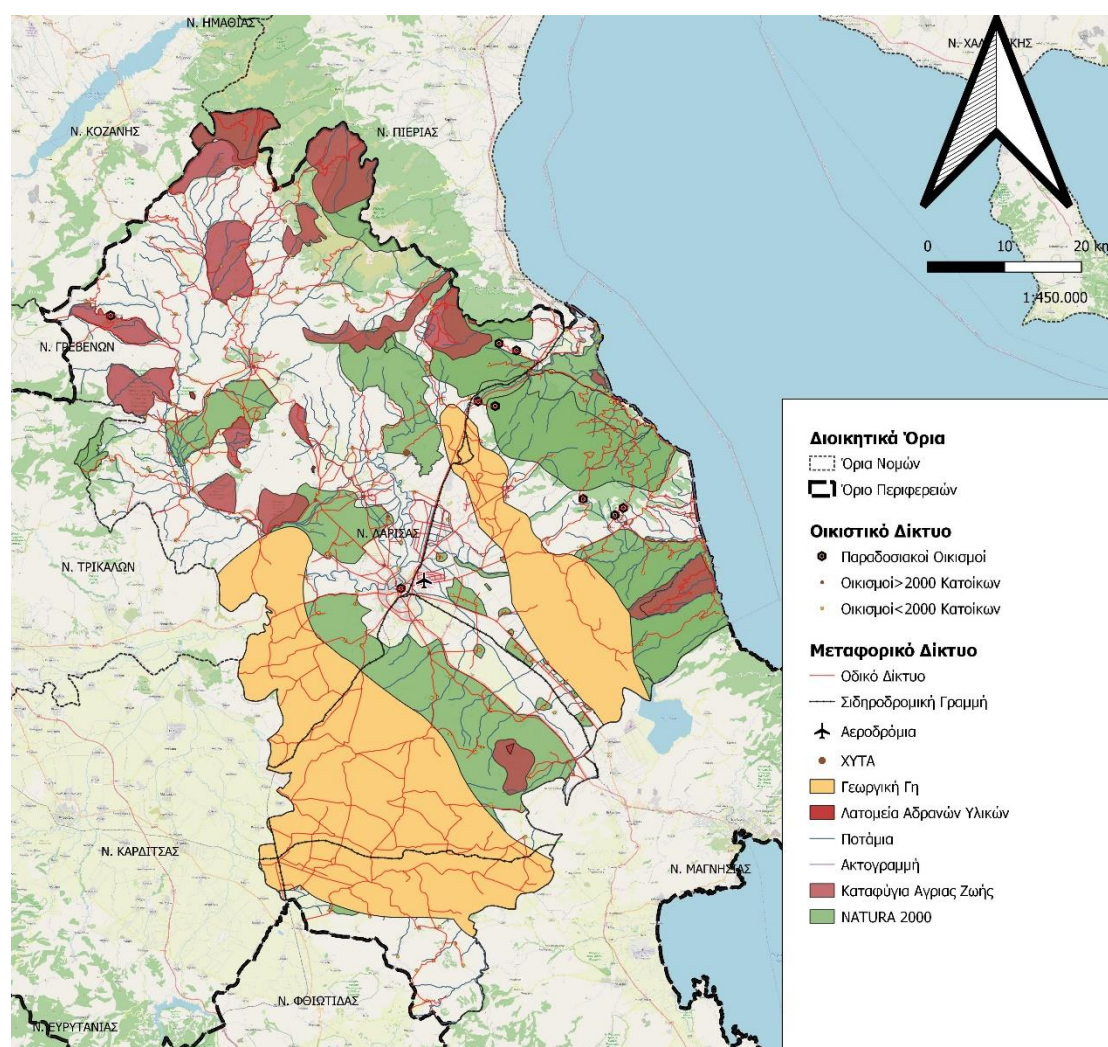
2.4. Εφαρμογή Μεθοδολογίας

2.4.1. Πρώτο Στάδιο

2.4.1.1. Αποκλεισμός περιοχών και ζωνών ασυμβατότητας

Με τη χρήση του λογισμικού QGIS 3.16.0, αποδίδονται σε χάρτη οι περιοχές και οι ζώνες ασυμβατότητας που αναφέρθηκαν νωρίτερα και οι οποίες εξαιρούνται από την υπόλοιπη διαδικασία χωροθέτησης εγκαταστάσεων Α.Π.Ε.

Οι περιοχές ασυμβατότητας στο Νομό Λάρισας, οι οποίες διευκρινίστηκαν στην μεθοδολογία, είναι το αεροδρόμιο, οι ακτές κολύμβησης, οι αρχαιολογικοί χώροι, τα κηρυγμένα πολιτιστικά μνημεία, οι μονές, οι κεραιές, οι Χ.Υ.Τ.Α., τα λατομεία η ακτογραμμή, το οδικό δίκτυο, τα ποτάμια, οι περιοχές του δικτύου Natura 2000, τα Καταφύγια Άγριας Ζωής, οι Σημαντικές Περιοχές για τα Πουλιά, οι σημαντικές εκτάσεις γεωργικής γης και οι οικισμοί.



Χάρτης 2.3 Περιοχές αποκλεισμού για τη χωροθέτηση των αιολικών και Φ/Β μονάδων

Στη συνέχεια, αποτυπώνονται σε χάρτες οι ελάχιστες αποστάσεις που οφείλουν να απέχουν οι αιολικές μονάδες από τις περιοχές ασυμβατότητας.

Στο Χάρτη 2.4 που ακολουθεί, φαίνονται οι υφιστάμενοι οικισμοί χωρισμένοι ανάλογα με τον πληθυσμό σε:

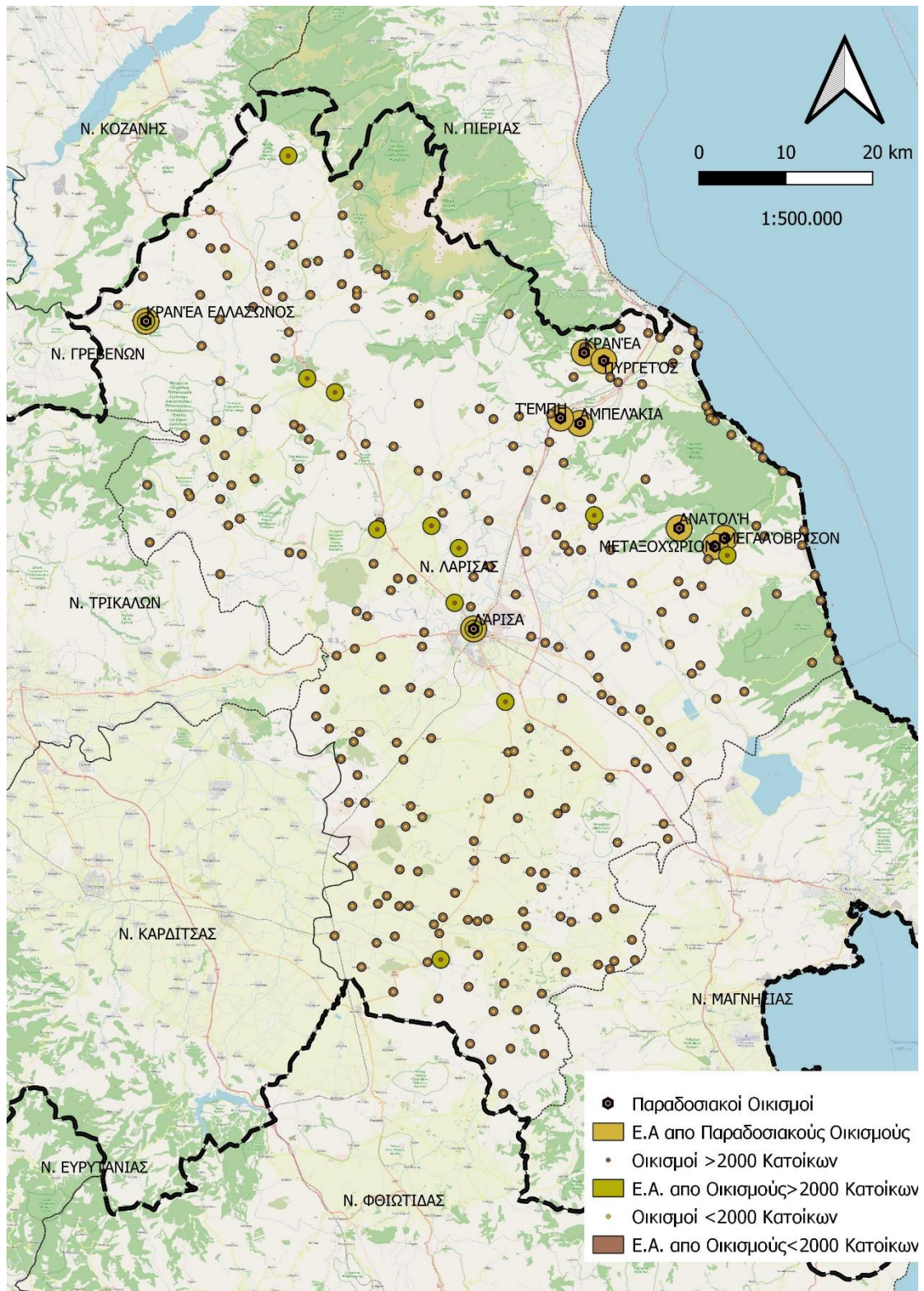
- με πληθυσμό μεγαλύτερο των 2.000 κατοίκων, οι οποίοι είναι η Αγιά, η Κρανέα Ελασσώνας, η Ελασσών, το Λιβάδι, η Τσαριτσάνη, η Νίκαια, η Γιάννουλη, η Φαλάννα, η Λάρισα, το Συκούριον, ο Αμπελών, ο Τύρναβος και τα Φάρσαλα.
- σε αυτούς με μέγεθος μικρότερο των 2000 κατοίκων.
- στους παραδοσιακούς οικισμούς (ΕΛ.ΣΤΑΤ.).

Ο Νομός Λάρισας είναι ο δεύτερος σε έκταση της χώρας και διαθέτει πολλούς οικισμούς από τους οποίους κάποιοι διατηρούν το παραδοσιακό τους ύφος.

Με ευθύνη του ΥΠΕΚΑ (Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας), 8 οικισμοί του νομού Λάρισας έχουν χαρακτηριστεί ως παραδοσιακοί:

- ❖ Τα Αμπελάκια, τα Τέμπη, η Ραψάνη, η Ανατολή, το Μεταξοχώρι, ο Πυργετός, η Κρανιά και το Μεγαλόβρυσο (Περιφέρεια Θεσσαλίας, 2018)

Επίσης, παρουσιάζονται και οι ζώνες αποκλεισμού από κάθε μία από τις αυτές τις κατηγορίες οικισμών οι οποίες είναι 1000μ., 500μ. και 1500μ. αντίστοιχα.

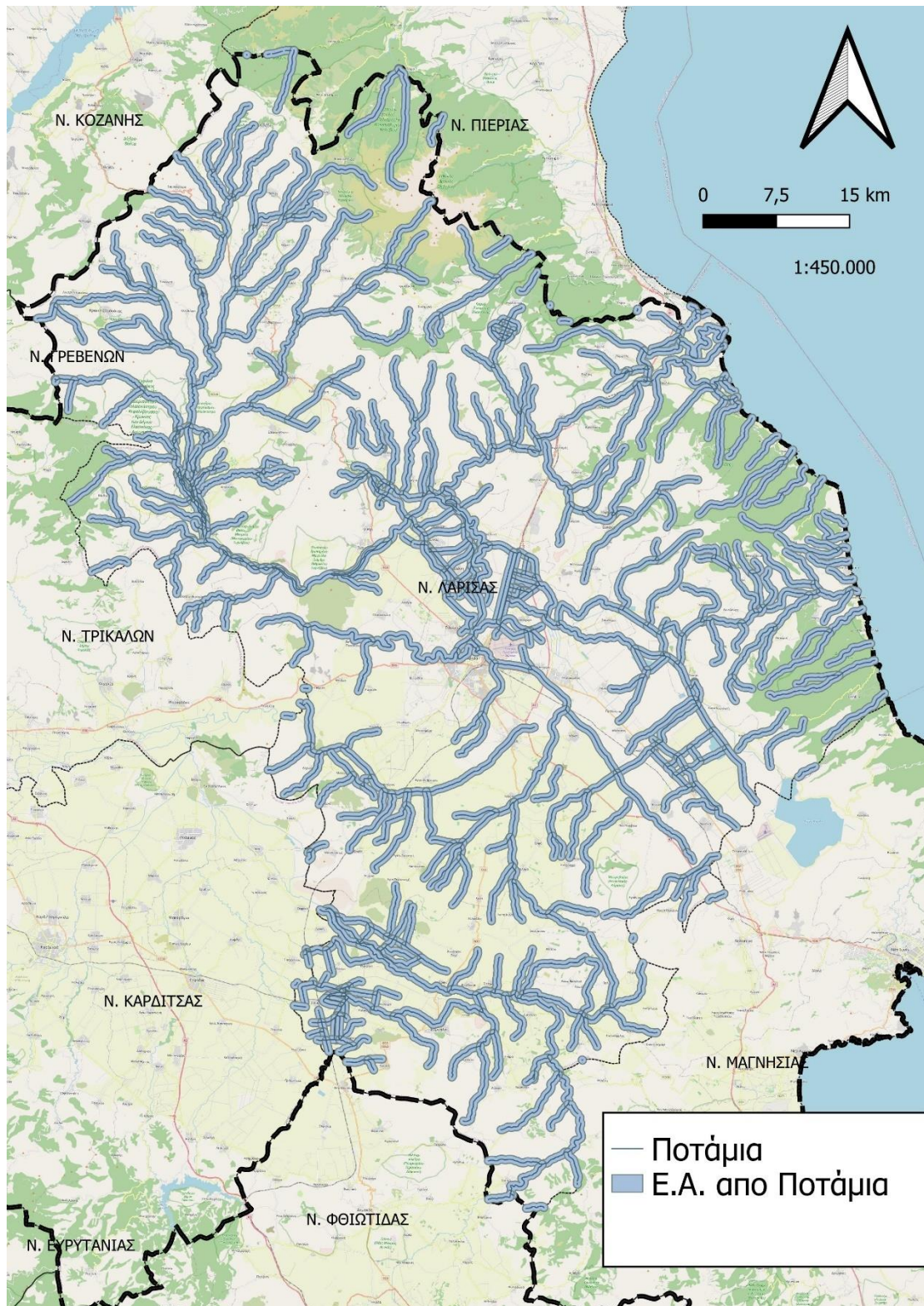


Χάρτης 2.4 Ελάχιστες αποστάσεις από τους οικισμούς

Στο Χάρτη 2.5 που ακολουθεί, φαίνονται τα ποτάμια και οι παραπόταμοι του νομού Λάρισας.

Η κύρια υδρολογική λεκάνη του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας είναι η λεκάνη του Πηνειού, με έκταση περίπου 9.500 km². Κυριότεροι παραπόταμοι του Πηνειού οι οποίοι διασχίζουν τον νομό Λάρισας είναι προς τα νότια ο Ενιπέας, ο Φαρσαλιώτης, ο Νεοχωρίτης και ο Τιταρήσιος. Άλλοι ποταμοί είναι ο Αλμυρός και ο Ρακοπόταμος (yrethe.gr).

Στο Χάρτη 2.5 παρουσιάζονται οι ελάχιστες αποστάσεις από τα ποτάμια, που είναι στα 400 μ. για όλα τα υδάτινα σώματα.



Χάρτης 2.5 Ελάχιστες αποστάσεις από τα υδάτινα σώματα

Σύμφωνα με τον ενιαίο κατάλογο περιοχών Δικτύου «NATURA 2000» (επικαιροποιημένη Βάση Δεδομένων Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2010), στο νομό Λάρισας πολλές περιοχές οι οποίες έχουν ενταχθεί στο δίκτυο Natura 2000.

Το Ευρωπαϊκό οικολογικό δίκτυο Natura 2000 είναι ένα δίκτυο ζωνών προστασίας της φύσης που εκτείνεται σε ολόκληρη την Κοινότητα και έχει ως στόχο να διασφαλίσει τη μακροπρόθεσμη διατήρησή των πιο πολύτιμων και των πλέον απειλούμενων ειδών και ενδιαιτημάτων της σε ικανοποιητικό επίπεδο.

Το Δίκτυο Natura 2000 αποτελεί ένα Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο περιοχών, οι οποίες φιλοξενούν φυσικούς τύπους οικοτόπων και οικοτόπους ειδών που είναι σημαντικοί σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Αποτελείται από τρεις κατηγορίες περιοχών:

- τις «Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ)» (Special Protection Areas – SPA) για την Ορνιθοπανίδα, όπως ορίζονται στην Οδηγία 79/409/ΕΚ «για τη διατήρηση των άγριων πτηνών»
- τους «Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ)» (Sites of Community Importance – SCI) όπως ορίζονται στην Οδηγία 92/43/ΕΟΚ.
- τα Καταφύγια Άγριας Ζωής (ΚΑΖ)

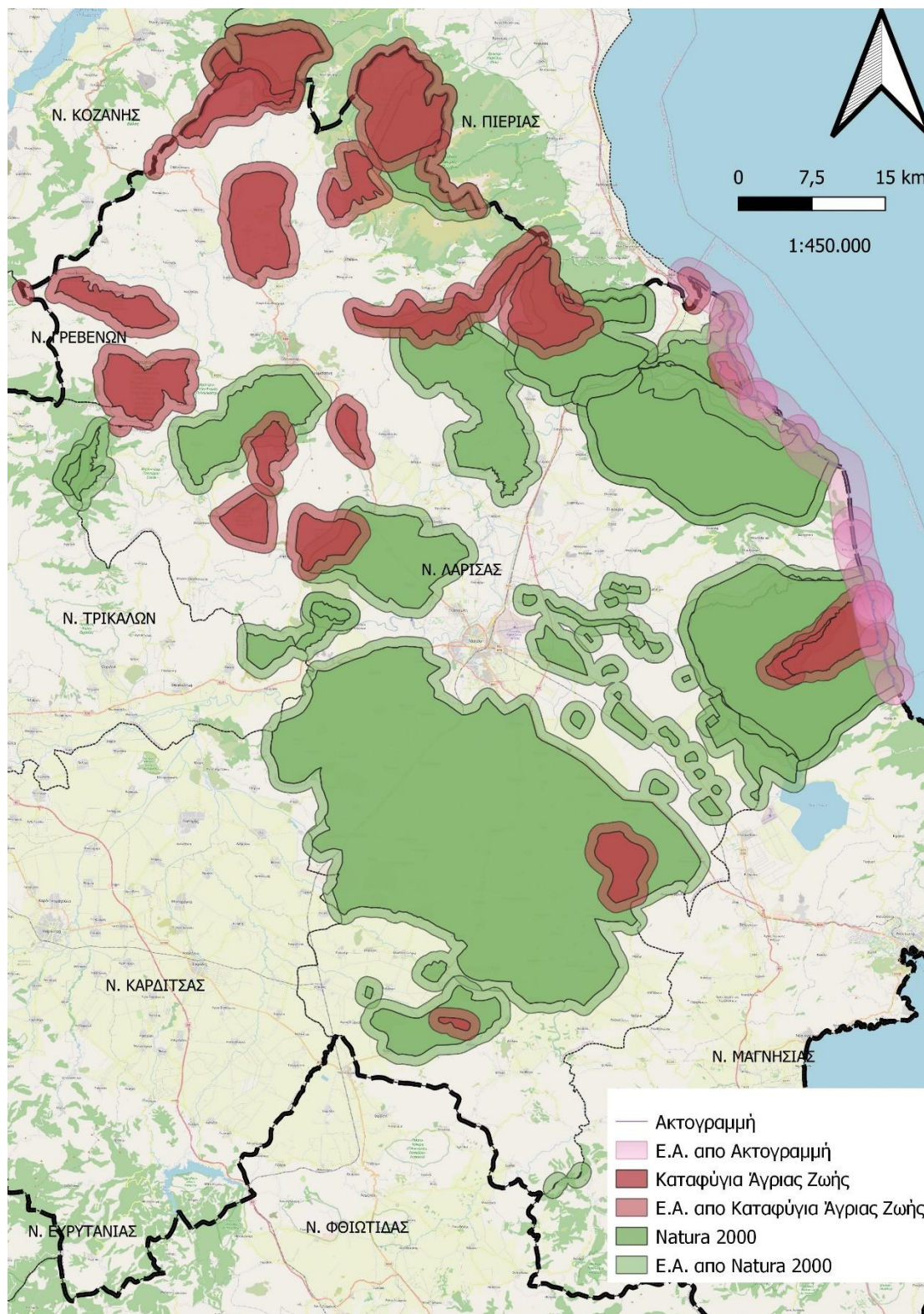
Ο κατάλογος των Ελληνικών Ζωνών Ειδικής Προστασίας δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 1495/Β/06.09.2010 ως παράρτημα στη νέα ενσωμάτωση της Οδηγίας 79/409/ΕΟΚ (η οποία κωδικοποιήθηκε με την Οδηγία 2009/147/ΕΚ).

Οι περιοχές του νομού Λάρισας που υπάγονται στις Ζώνες Ειδικής Προστασίας είναι το Αισθητικό δάσος της κοιλάδας των Τεμπών, το Όρος Μαυροβούνι, το Όρος Όσσα, ο Κάτω Όλυμπος, το Όρος Γουδαμάνι, η Κοιλάδα της Ροδιάς, τα Στενά Καλαμακίου, τα Όρη Ζάρκου, η περιοχή του Θεσσαλικού κάμπου, η περιοχή των Φαρσάλων, η περιοχή του Τυρνάβου, η περιοχή της Ελασσώνας και το Δέλτα του Πηνειού.

Οι περιοχές του νομού Λάρισας που υπάγονται στις ειδικές Ζώνες Διατήρησης είναι ο Κάτω Όλυμπος, η Καλλιπεύκη, το Αισθητικό Δάσος της Όσσας, η Κάρλα, το Μαυροβούνι, το Κεφαλόβρυσο Βελεστίνου, το Νεοχώρι, το Αισθητικό Δάσος της Κοιλάδας των Τεμπών και τα Στενά Καλαμακίου.

Στον Χάρτη 2.6 παρουσιάζονται οι ελάχιστες αποστάσεις από τις Περιοχές «Natura 2000», τα Καταφύγια Άγριας Ζωής (Κ.Α.Ζ) και την ακτογραμμή που αποτελούν

περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος. Οι ελάχιστες αποστάσεις αυτές είναι, 1000 μ., 1000 μ. και 2000 μ., αντίστοιχα.

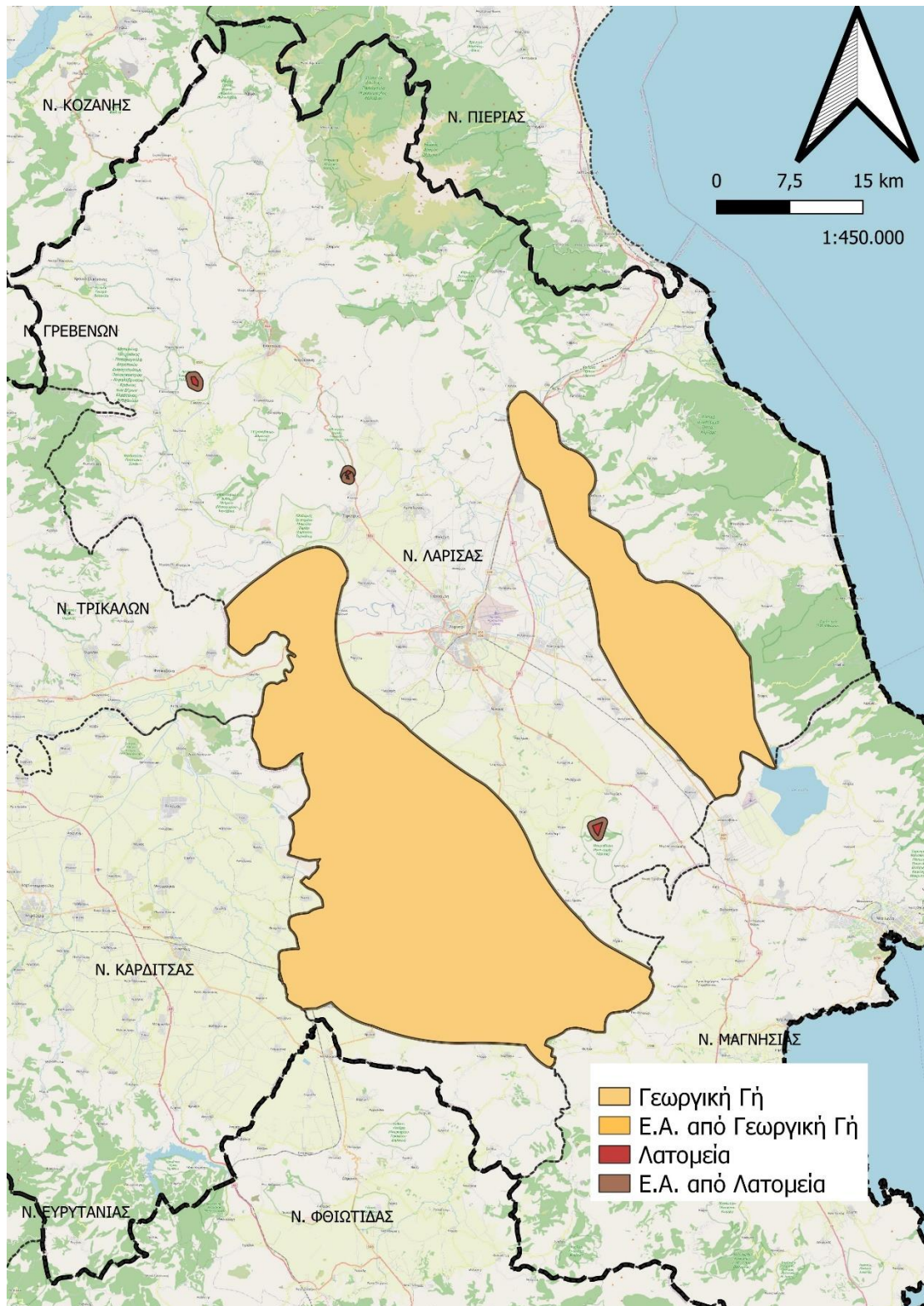


Χάρτης 2.6 Ελάχιστες αποστάσεις από τις περιοχές Natura και την ακτογραμμή

Μεγάλο τμήμα του νομού καταλαμβάνουν οι καλλιεργούμενες εκτάσεις και οι βοσκοτόποι. Για τη παρούσα εργασία, δεν αποτελούν όλες αυτές οι περιοχές κρίσιμες για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων Α.Π.Ε., αλλά η αγροτική γη με υψηλή παραγωγικότητα.

Όσον αφορά τα λατομικές δραστηριότητες στον νομό Λάρισας, τα λατομεία παράγουν εξαιρετικής ποιότητας αδρανή υλικά κατάλληλα για έργα οδοποιίας ιδιωτικά και δημόσια, για οικοδομικά υλικά και γενικότερα για τους τομείς των κατασκευών. Η μαρμαρόσκονη μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κτηνοτροφία, στην πτηνοτροφία, στις καλλιέργειες ως βελτιωτικά για όξινα εδάφη, στην βιομηχανία ζωοτροφών, στην διακόσμηση και στα δομικά και οικοδομικά υλικά. Τα λατομεία βρίσκονται στις περιοχές του Τυρνάβου, του Μαυροβουνίου και του Ευαγγελισμού Ελασσώνας (latomiathessalias.gr).

Στο Χάρτη 2.7 απεικονίζονται οι ελάχιστες αποστάσεις από τις προαναφερόμενες χρήσεις γης. Η ζώνη ασυμβατότητας για τη γεωργική γη έχει οριστεί στα 130 μ. ενώ για τις λατομικές δραστηριότητες στα 600 μ.



Χάρτης 2.7 Ελάχιστες αποστάσεις από τις περιοχές χρήσης γής

Σχετικά με το δίκτυο τεχνικών υποδομών του νομού Λάρισας, το οδικό δίκτυο καλύπτει μεγάλο μέρος του νομού καθώς συνδέει την Κεντρική με τη Βόρεια Ελλάδα.

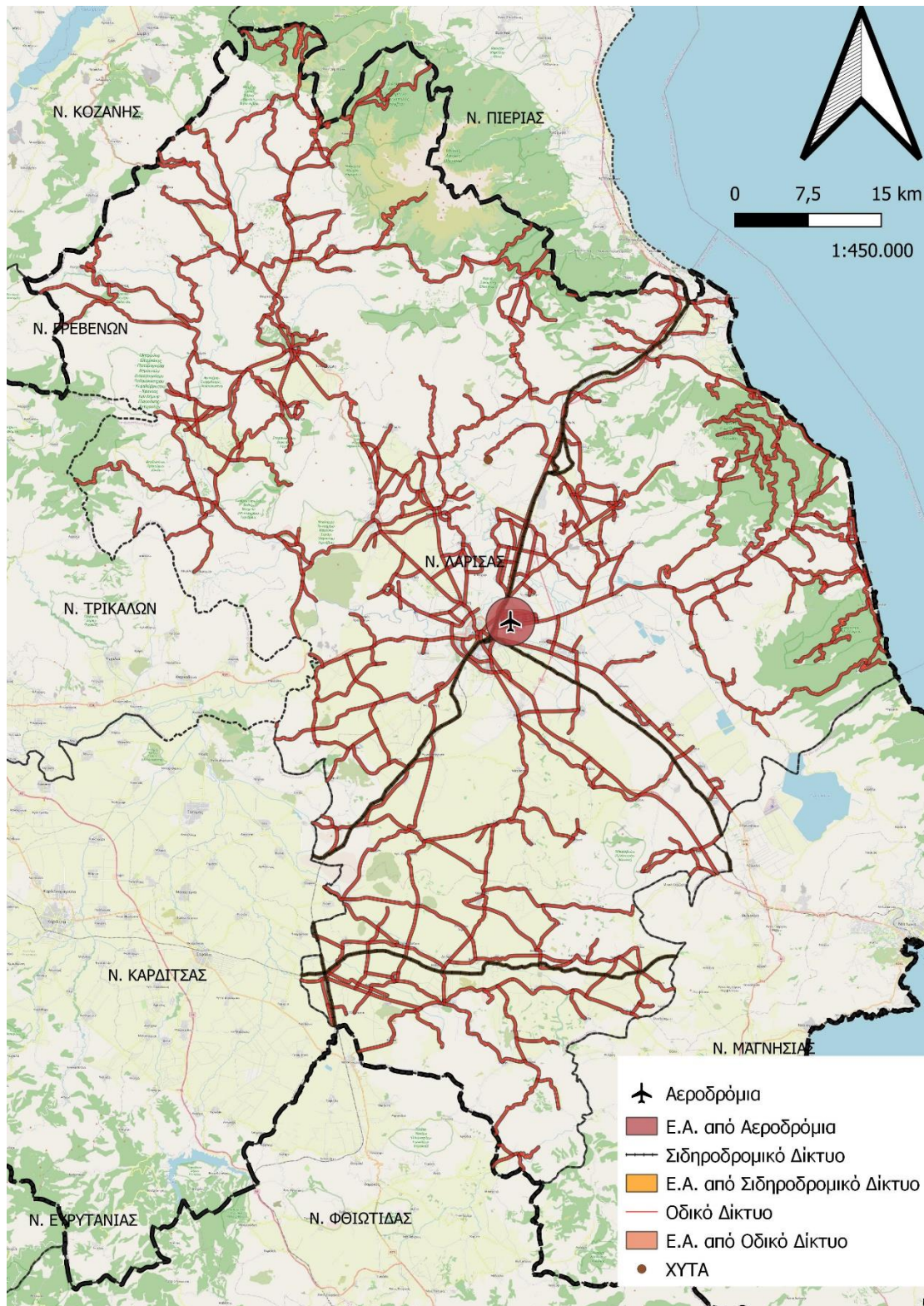
Επιπλέον τον νομό διασχίζει ο σιδηρόδρομος, καθώς οι σημαντικότεροι κόμβοι του οποίου βρίσκονται στα όρια του. Ο σταθμός των Παλαιοφαρσάλων αποτελεί σημαντικό κόμβο καθώς συνδέει την Δυτική με την Κεντρική Θεσσαλία και την Κεντρική με τη Νότια Ελλάδα. Επίσης υπάρχει κι ακόμα μία σιδηροδρομική γραμμή η οποία είναι εκτός λειτουργίας τα τελευταία χρόνια και συνδέει τον σταθμό των Παλαιοφαρσάλων με το σταθμό του Βελεστίνου. Τέλος ο σταθμός της πόλης της Λάρισας αποτελεί κόμβο ο οποίος συνδέει τον Νομό Μαγνησίας με την υπόλοιπη Θεσσαλία και την Κεντρική με την Βόρεια Ελλάδα.

Επίσης στην πόλη της Λάρισας βρίσκεται το αεροδρόμιο της 110 Πτέρυγας Μάχης της Πολεμικής Αεροπορίας.

Ακόμα κατά μήκος της ακτογραμμής του νομού συναντάμε μικρούς λιμένες οι οποίοι που εξυπηρετούν μόνο αλιευτικά και τουριστικά σκάφη.

Τέλος ο νομός διαθέτει Χώρο Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων ο οποίος δέχεται τα αστικά απόβλητα όλου του νομού.

Στο Χάρτη 2.8 αποτυπώνονται οι τεχνικές υποδομές και οι ελάχιστες αποστάσεις από αυτές. Η ελάχιστη απόσταση από το οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο είναι $1,5\chi d$, όπου d είναι η διάμετρος του ρότορα της τυπικής ανεμογεννήτριας, οπότε ορίζεται στα 130μ. Η ελάχιστη απόσταση από το αεροδρόμιο ορίζεται στα 2.500μ..

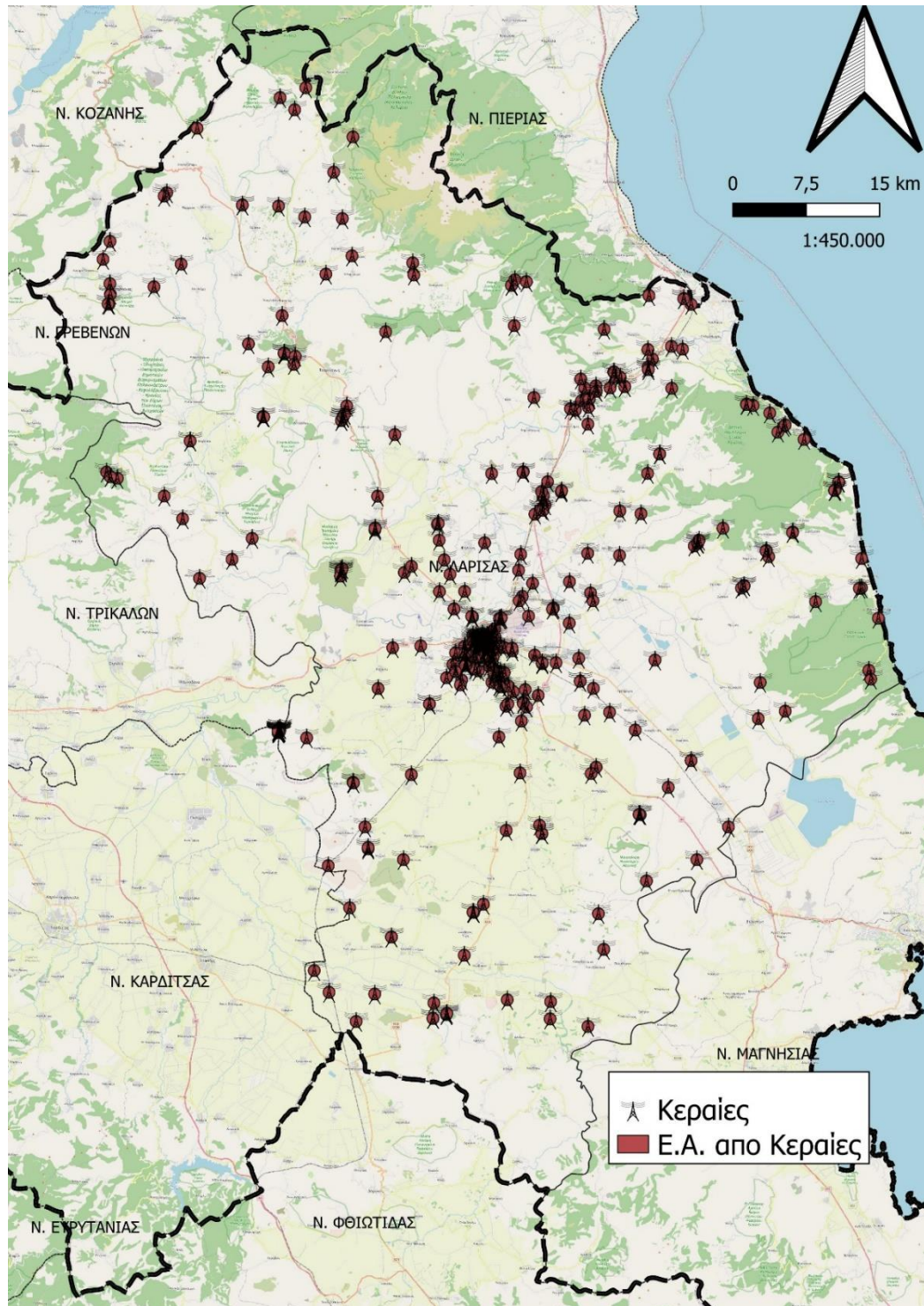


Χάρτης 2.8 Ελάχιστες αποστάσεις από τις τεχνικές υποδομές

Σχετικά με τις κεραίες τηλεπικοινωνιών σύμφωνα με την Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων στον νομό Λάρισας εντοπίζονται 411 οι οποίες

είναι είτε αδειοδοτημένες, είτε έχουν πιστοποιητικό, είτε βρίσκονται σε νόμιμη λειτουργία (keraies.eett.gr).

Στο Χάρτη 2.9 αποτυπώνονται οι κεραιές και οι ελάχιστες αποστάσεις από τις οποίες είναι στα 600μ.

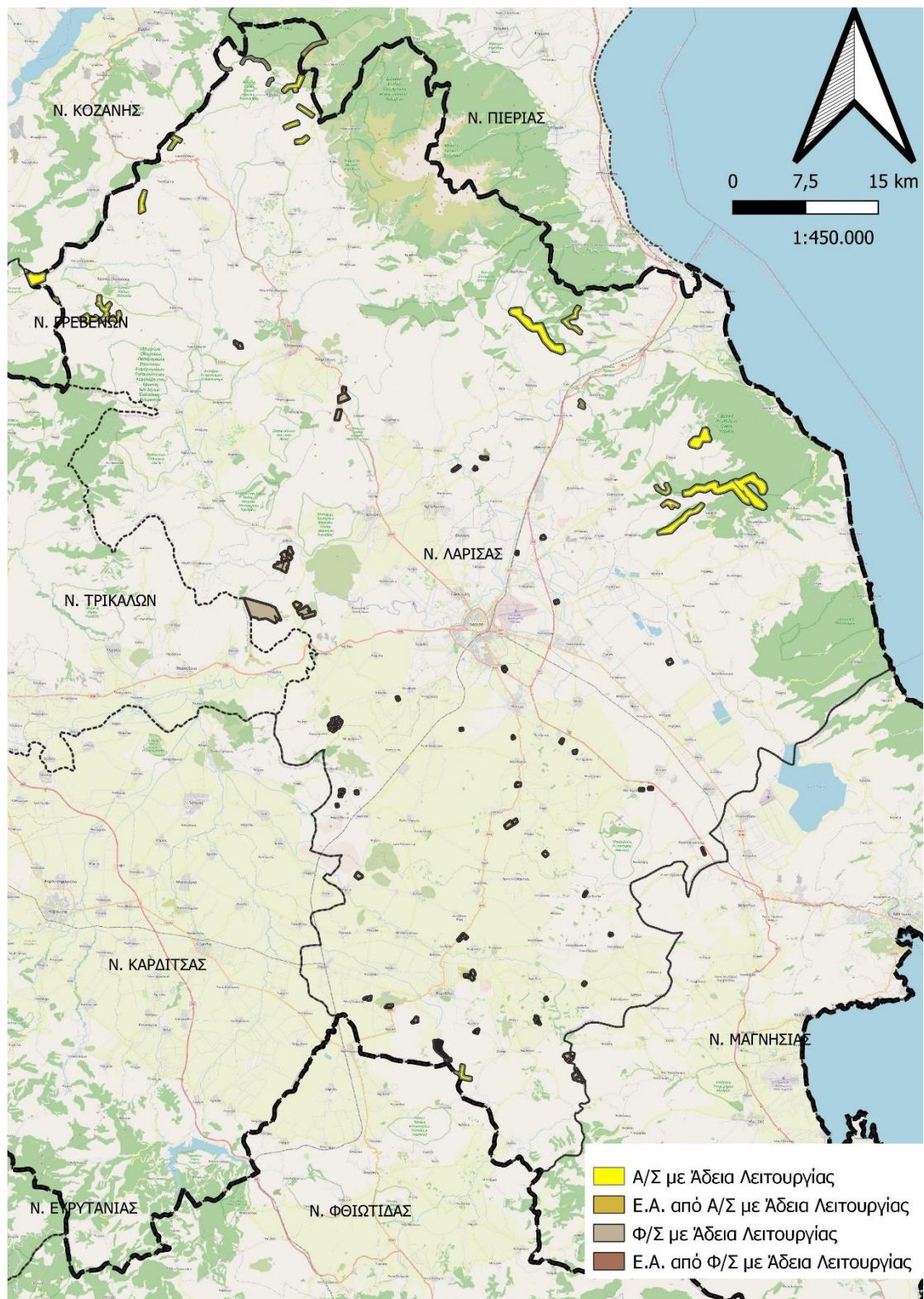


Χάρτης 2.9 Ελάχιστες αποστάσεις από τις κεραιές

2.4.1.2. Εξαίρεση περιοχών που καταλαμβάνονται από υποδομές Α.Π.Ε.

Στη συνέχεια της μεθοδολογίας, γίνεται αποκλεισμός των τμημάτων που καταλαμβάνονται από εγκαταστάσεις Α.Π.Ε, έτσι όπως αυτές παρουσιάζονται από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (rae.gr).

Έτσι, από τις περιοχές οι οποίες έχουν προκύψει ως κατάλληλες, αποκλείονται όλες οι περιοχές που καταλαμβάνονται με τις παραπάνω εγκαταστάσεις, καθώς και 150 μ. περιμετρικά από τις εγκαταστάσεις Α.Π.Ε. που έχουν άδεια λειτουργίας. Ο συγκεκριμένος περιορισμός καθορίζεται από τις Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις (ΠΠΔ) για έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΦΕΚ 104 Β’/2013).



Χάρτης 2.10 Ελάχιστες αποστάσεις από της υφιστάμενες μονάδες Α.Π.Ε.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι στον νομός Λάρισας βρίσκονται πολλά και σημαντικά μνημεία, αρχαιολογικοί χώροι και Ιερές Μονές. Οι ελάχιστες αποστάσεις των οποίων καλύπτονται από τα προηγούμενα κριτήρια. Αναλυτικά:

Αρχαιολογικοί Χώροι και Μνημεία

Αρχαιολογικοί Χώροι και Μνημεία Περιοχής Αγιάς

- Προϊστορικός οικισμός Παλιόσκαλας
- Το ρωμαϊκό Λουτρό στους Νερόμυλους
- Κάστρο Βελίκας
- Κάστρο Σκήτης
- Καστρί Αγιάς
- Όρος Κελλίων
- Αρχοντικό Αλεξούλη
- Μονή Κομνηνείου στο Στόμιο
- Μονή Κοιμήσεως της Θεοτόκου στο Μεγαλόβρυσο Αγιάς
- Τα Ασκηταριά των Αγίων Αναργύρων

Αρχαιολογικοί Χώροι και Μνημεία Περιοχής Ελασσόνας

- Η Μονή της Παναγίας Ολυμπιώτισσας
- Άζωρος
- Μηλέα
- Καστρί Δολίχης
- Άγιος Γεώργιος Δομένικου
- Τελωνείο Ελασσόνας
- Οθωμανικό Τέμενος Ελασσόνας

Αρχαιολογικοί Χώροι και Μνημεία Περιοχής Λάρισας

- Η αρχαία Κραννών

- Αρχοντικό Γεωργίου Σβάρτς στα Αμπελάκια
- Ανασκαφή Τεμπών
- Ναός Αγίου Αθανασίου στο Ψυχικό Λάρισας
- Τεκές Χασάν Μπαμπά στα Τέμπη

Αρχαιολογικοί Χώροι και Μνημεία Περιοχής Τυρνάβου

- Κάστρο Δαμασίου
- Λουτρό Τυρνάβου

Αρχαιολογικοί Χώροι και Μνημεία Περιοχής Φαρσάλων

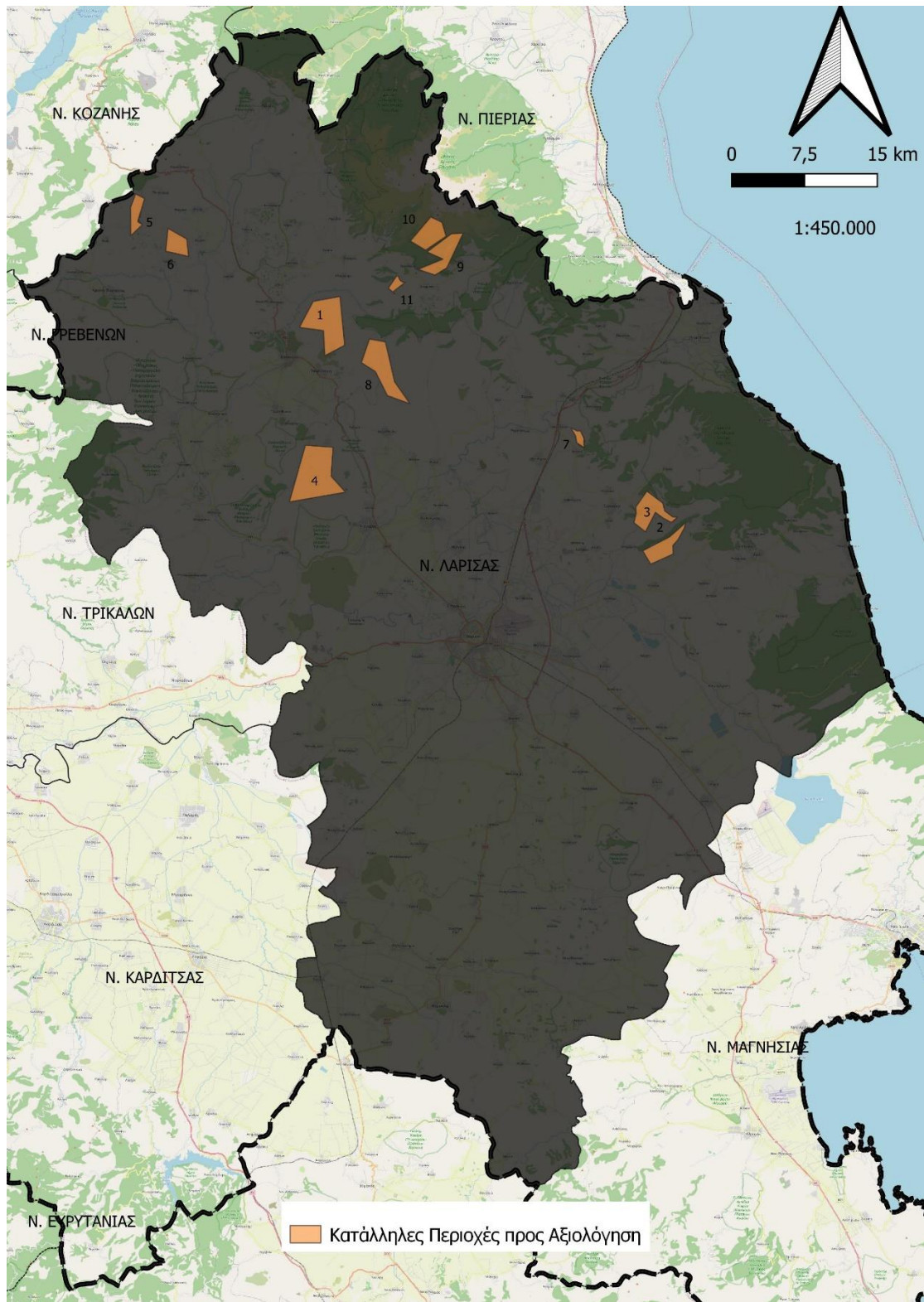
- Κάστρο Φαρσάλων
- Τεκές Ντουρπαλί Σουλτάν στα Ασπρόγεια Φαρσάλων (larisa.culture.gr)

Ιερές Μονές

- Ιερά Μονή Παναγίας Γλυκοφιλούσας Ραψάνης
- Ιερά Μονή Μεταμορφώσεως του Σωτήρος Ραψάνης
- Ιερά Μονή Αγίου Ραφαήλ Πυργετού
- Ιερά Μονή Κομνηνείου Στομίου Λάρισας
- Ιερό Προσκύνημα Αγίας Παρασκευής Τεμπών
- Ιερά Μονή Αγίου Νικοδήμου Αγιορείτου (imlarisis.gr)

2.4.1.3. Ανάδειξη πιθανών περιοχών χωροθέτησης

Συνεπώς, οι προτεινόμενες περιοχές για χωροθέτηση εγκαταστάσεων Α.Π.Ε. που προέκυψαν φαίνονται στο Χάρτη 2.11.



Χάρτης 2.11 Οι προτεινόμενες περιοχές προς αξιολόγηση

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να εξαιρεθούν οι περιοχές που βρίσκονται σε πολύ μεγάλο υψόμετρο όπως η 9 και η 10 οι οποίες έχουν ύψος 1500 και 2000 μέτρα αντίστοιχα.

Στη συνέχεια εξαιρούνται οι περιοχές 5 και 7 λόγω υφιστάμενων εγκαταστάσεων Α.Π.Ε. Συγκεκριμένα η περιοχή 5 έχει άδεια παραγωγής σύμφωνα με τη Ρ.Α.Ε. κι έχει εγκριθεί εγκατάσταση στην περιοχή. Στη περιοχή 7 έχει δοθεί έγκριση παραγωγής, έχει γίνει εγκατάσταση στην περιοχή και προτείνεται επέκταση της υφιστάμενης εγκατάστασης.

Τέλος εξαιρούνται οι περιοχές 1 και 4 λόγω πολύ χαμηλού αιολικού δυναμικού.

Περιοχές προ Αξιολόγηση	Έκταση (μ²)
2	6053866
3	7934721
4	20180518
8	12136132
11	1185245

Πίνακας 2.4 Η έκταση των υποψήφιων περιοχών

2.4.2. Δεύτερο Στάδιο

Αυτό το στάδιο στοχεύει στην ανάδειξη της βέλτιστης περιοχής χωροθέτησης εγκαταστάσεων Α.Π.Ε., μεταξύ των περιοχών που προέκυψαν στο Πρώτο Στάδιο. Αρχικά, αποδίδονται τα ποσοτικά στοιχεία για κάθε προτεινόμενη περιοχή σε σχέση με το κάθε κριτήριο αξιολόγησης ξεχωριστά, ώστε να υπάρξει ποιοτική αξιολόγηση. Στη συνέχεια υπολογίζονται μέσω της TOPSIS τα κριτήρια αξιολόγησης τέλος αξιολογούνται οι προτεινόμενες περιοχές και προκύπτει η βέλτιστη περιοχή χωροθέτησης.

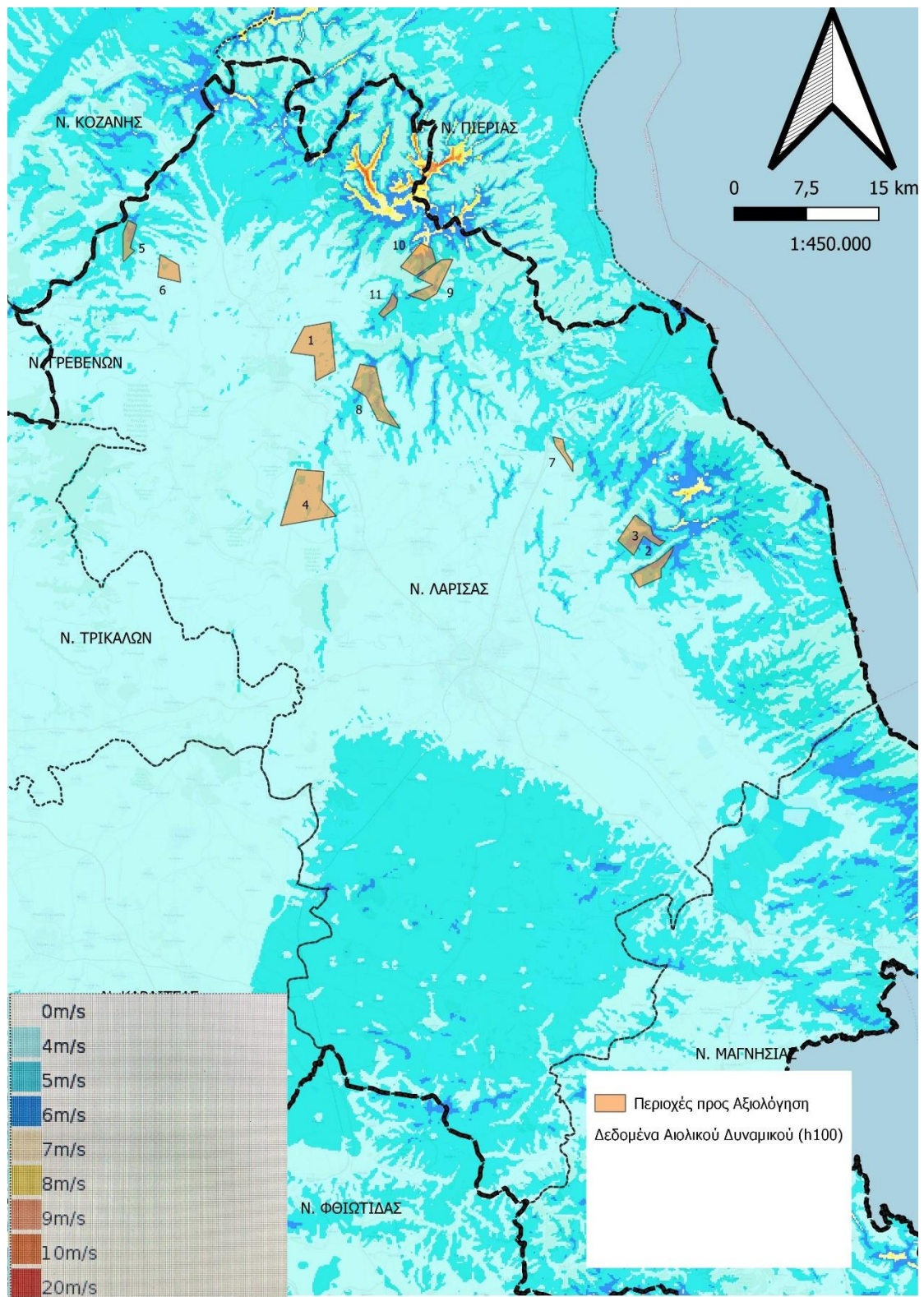
Αιολικό δυναμικό

Το αιολικό δυναμικό είναι το σημαντικότερο κριτήριο για την επιλογή κατάλληλης περιοχής όσον αφορά τη εγκατάσταση ανεμογεννητριών και αποτελεί την κινητήρια δύναμη η οποία καθορίζει την αποδοτικότητα κάθε εγκατάστασης αιολικού πάρκου. Οι περισσότερες μελέτες αναφέρουν ότι ο άνεμος που πρέπει να πνέει στο ύψος των ανεμογεννητριών, πρέπει να είναι έντασης το λιγότερο 5 m/s,. Οι περιοχές με το μεγαλύτερο αιολικό δυναμικό λαμβάνουν υψηλότερη βαθμολογία στη διαδικασία της TOPSIS σε σχέση με αυτές που έχουν χαμηλότερη ταχύτητα ανέμου.

Στο Χάρτη 2.12, απεικονίζεται το αιολικό δυναμικό του νομού Λάρισας σε ύψος 100 μέτρων. Είναι εμφανές ότι οι άνεμοι με την υψηλότερη ταχύτητα πνέουν σε μεγάλα ύψη πάνω στα όρη Όλυμπος και Όσσα. Στον Πίνακα 2.5 φαίνεται το αιολικό δυναμικό που κυμαίνεται η κάθε υποψήφια περιοχή προς χωροθέτηση, σύμφωνα με την Ρυθμιστική Αρχή Ελλάδος.

Περιοχές προς Αξιολόγηση	Αιολικό Δυναμικό (m/s)
2	4.0 - 6.0
3	4.0 - 6.0
4	4.0 - 5.0
8	4.0 - 7.0
11	5.0 - 6.0

Πίνακας 2.5 Το αιολικό δυναμικό των υποψήφιων περιοχών



Χάρτης 2.12 Το αιολικό δυναμικό του Νομού Λαρίσης

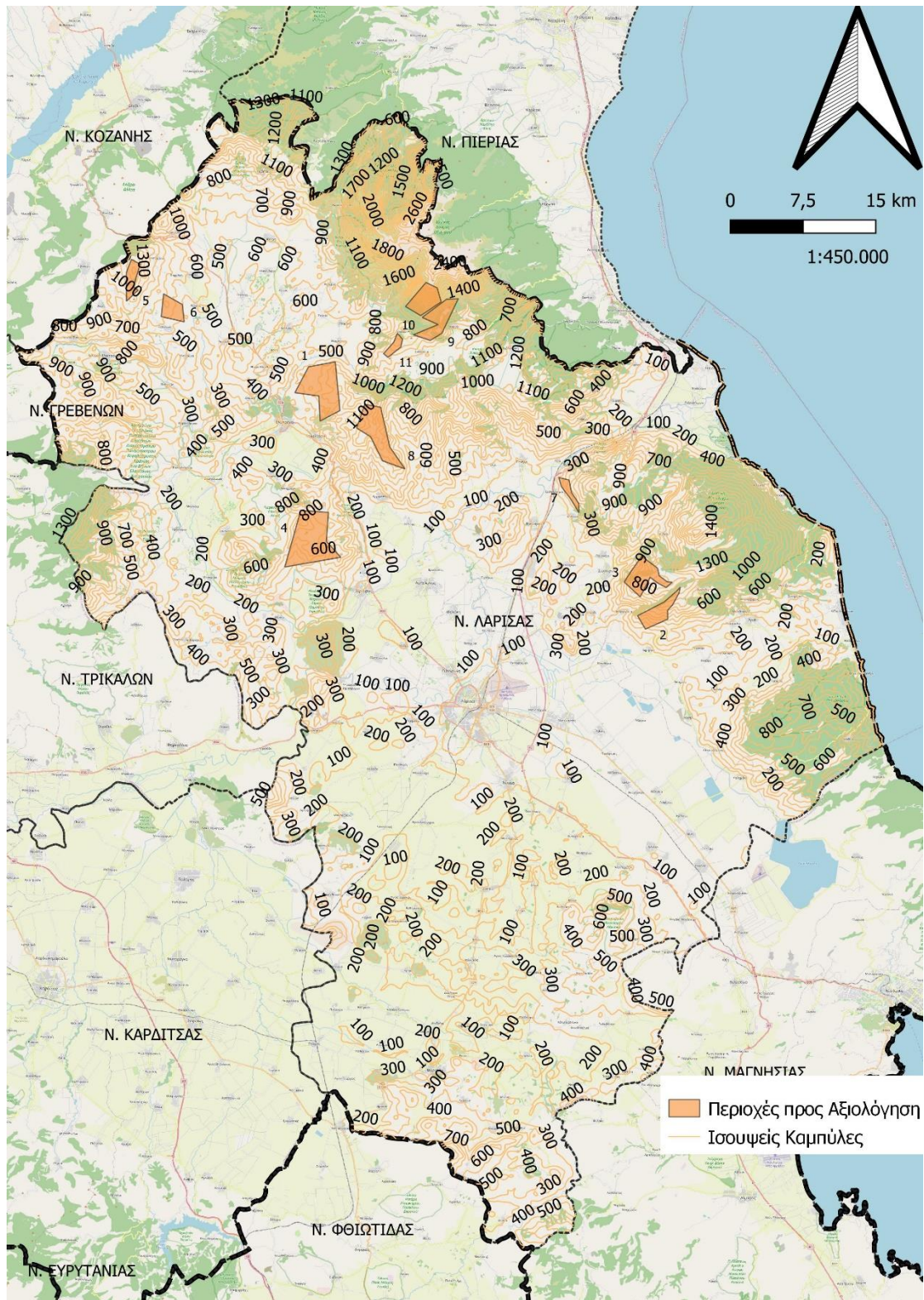
Κλίση εδάφους

Η μορφολογία του εδάφους κάθε περιοχής έχει σημαντικό ρόλο στον υπολογισμό του κόστους κατασκευής ενός αιολικού και φωτοβολταϊκού πάρκου. Αυτό συμβαίνει λόγω των απαραίτητων χωματουργικών εργασιών ώστε το έδαφος να γίνει κατάλληλο για την εγκατάσταση των αιολικών και φωτοβολταϊκών μονάδων. Γι' αυτό όσον αφορά τις ανεμογεννήτριες, οι περισσότερες μελέτες, που πραγματοποιούνται και λαμβάνουν την κλίση του εδάφους ως κριτήριο αξιολόγησης, την υψηλότερη βαθμολογία παίρνουν οι περιοχές με μικρότερη κλίση έναντι των υπολοίπων και η κλίση πρέπει να είναι μικρότερη ίση των 25%. Όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά προτιμώνται οι περιοχές με μικρότερη κλίση έναντι των υπολοίπων και η κλίση πρέπει να είναι μικρότερη ίση των 5%.

Στον Χάρτη 2.13 απεικονίζονται οι ισοϋψείς και τα υψόμετρα του εδάφους του νομού Λάρισας και στον Πίνακα 2.6 αναφέρονται οι κλίσεις στις υποψήφιες περιοχές προς αξιολόγησης.

Περιοχές προς Αξιολόγηση	Κλίση εδάφους (%)
2	<22
3	<25
4	<17
8	<22
11	<12

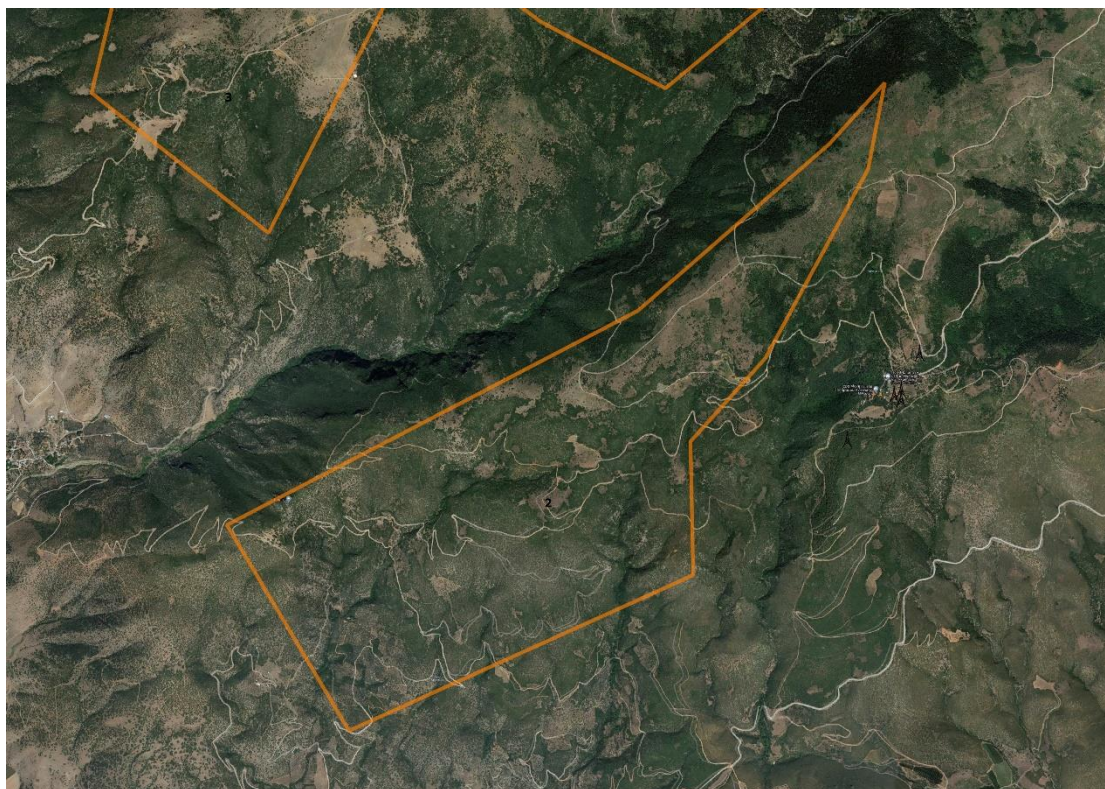
Πίνακας 2.6 Η κλίση εδάφους των υποψήφιων περιοχών



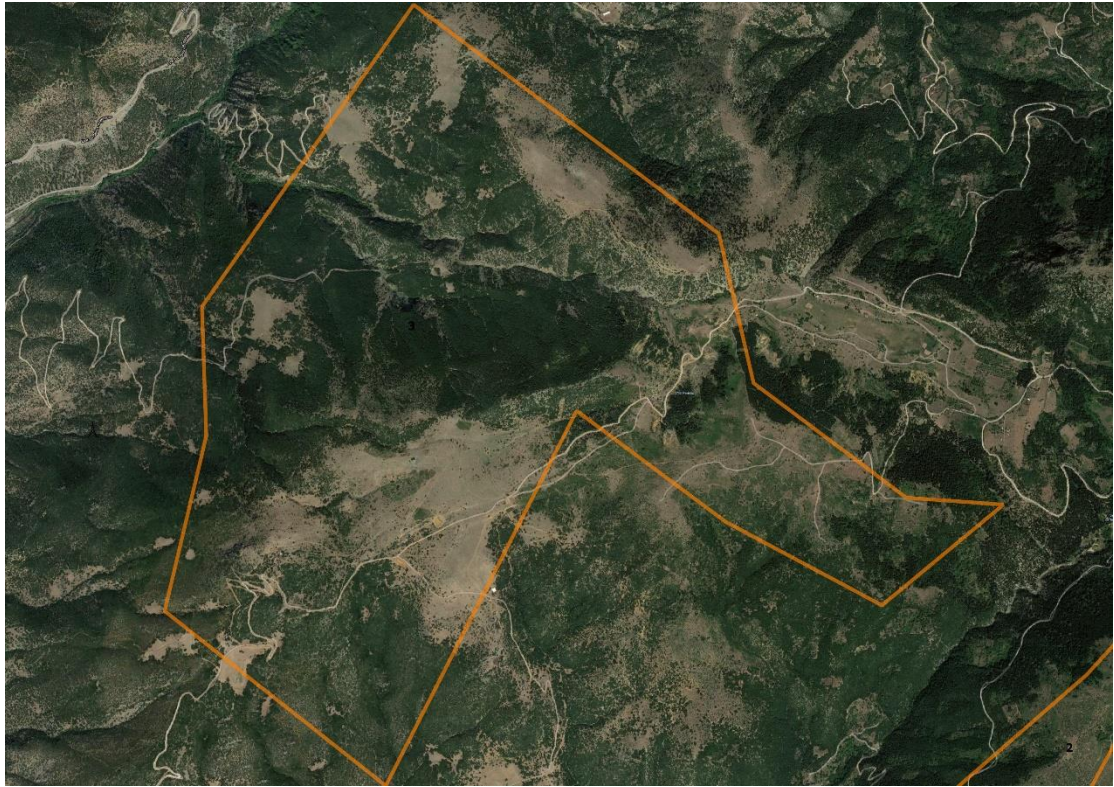
Χάρτης 2.13 Οι ισοψείς του Νομού Λαρίσης

Απόσταση από το οδικό δίκτυο

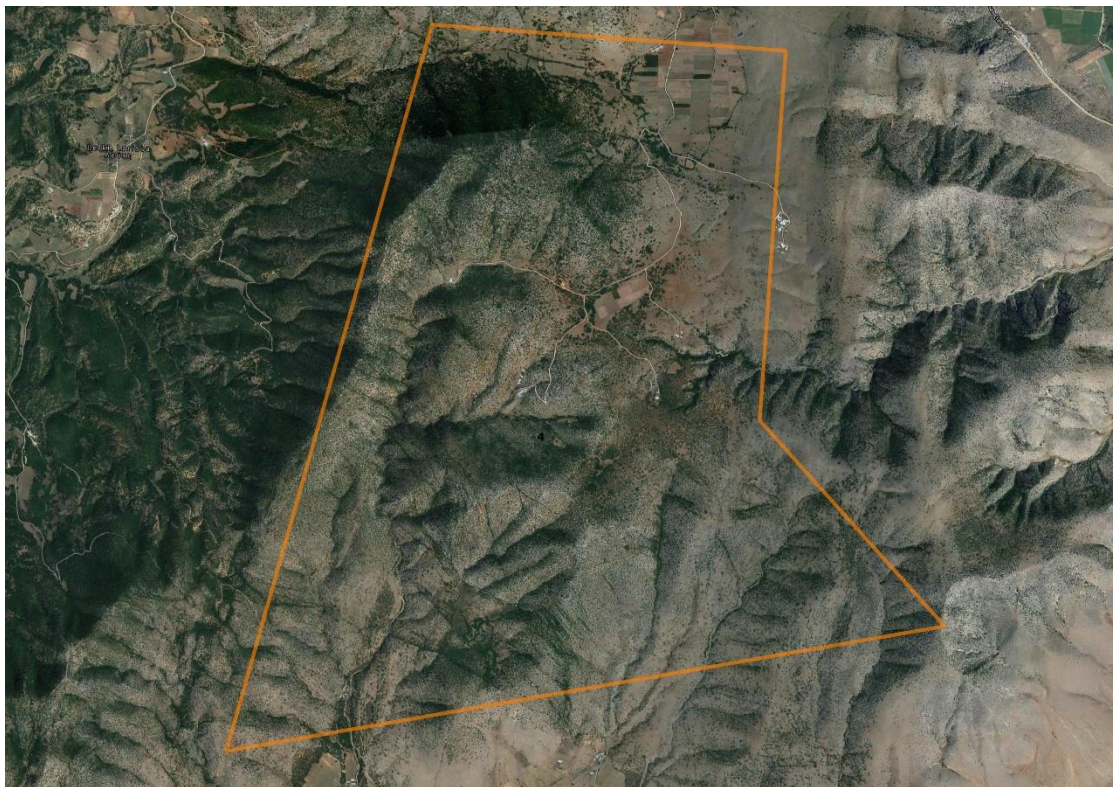
Η απόσταση από το οδικό δίκτυο αποτελεί σημαντικό κριτήριο αξιολόγησης για τις υποψήφιες περιοχές, διότι ότι όσο πιο κοντά βρίσκεται το υπάρχον οδικό δίκτυο στη περιοχή μελέτη, τόσο λιγότερες πιθανότητες υπάρχουν να χρειαστεί κατασκευή νέων δρόμων για την εγκατάσταση και την πρόσβαση των αιολικών και φωτοβολταϊκών μονάδων. Έτσι μειώνεται σημαντικά το κόστος κατασκευής. Γι' αυτό, όσο μικρότερη η απόσταση των περιοχών από το υπάρχον οδικό δίκτυο, τόσο υψηλότερη βαθμολογία έχουν στη διαδικασία αξιολόγησης με την μέθοδο TOPSIS. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, όπως φαίνεται στις παρακάτω δορυφορικές φωτογραφίες, όλες οι προτεινόμενες περιοχές είναι σε μικρή απόσταση από το κύριο και δευτερεύον οδικό δίκτυο. Επίσης, είναι ευδιάκριτο με γυμνό μάτι ότι σε όλες τις υποψήφιες περιοχές υπάρχουν ήδη χωματόδρομοι που ενώνονται με το οδικό δίκτυο.



Χάρτης 2.14 Η υποψήφια περιοχή 2 ως προς το οδικό δίκτυο



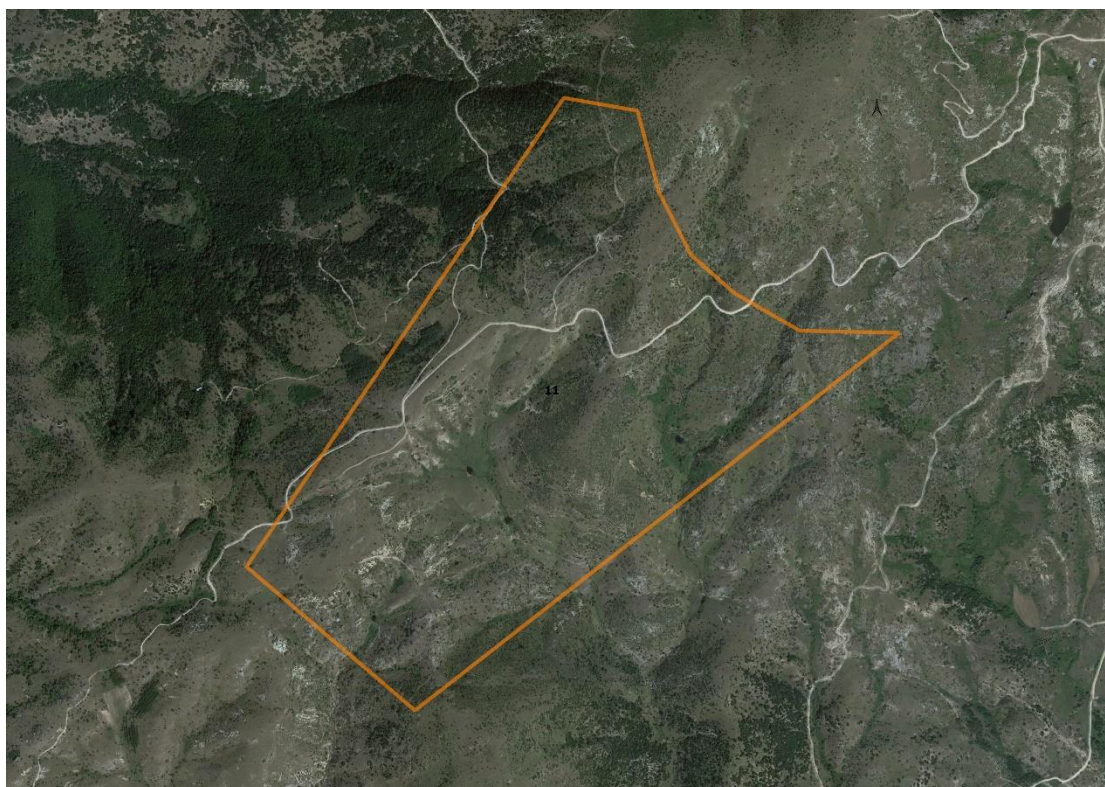
Χάρτης 2.15 Η υποψήφια περιοχή 3 ως προς το οδικό δίκτυο



Χάρτης 2.16 Η υποψήφια περιοχή 4 ως προς το οδικό δίκτυο



Χάρτης 2.17 Η υποψήφια περιοχή 8 ως προς το οδικό δίκτυο



Χάρτης 2.18 Η υποψήφια περιοχή 11 ως προς το οδικό δίκτυο

Στον Πίνακα 2.7, αναγράφεται η ελάχιστη απόσταση των υποψήφιων περιοχών από το οδικό δίκτυο και η ελάχιστη απόσταση από τους υφιστάμενους χωματόδρομους.

Περιοχές προς Αξιολόγηση	Απόσταση από Οδικό Δίκτυο (μ.)	Μικρότερη απόσταση από τους χωματόδρομους (μ.)
2	1400	0
3	2200	0
4	1900	0
8	3500	0
11	750	0

Πίνακας 2.7 Η απόσταση των υποψήφιων περιοχών από το οδικό δίκτυο

Βαθμός Περιβαλλοντικής Απόδοσης

Για την αξιολόγηση των υποψήφιων περιοχών σημαντικό κριτήριο είναι ο Βαθμός Περιβαλλοντικής Απόδοσης και εφαρμόζεται η μεθοδολογία που περιγράφηκε παραπάνω. Η διαδικασία επιτυγχάνεται με τη βοήθεια λογισμικού MATLAB και εκτελείται για όλες τις υποψήφιες περιοχές. Αρχικά, αναλύει τα βάρη στις

περιβαλλοντικές συνιστώσες ανάλογα με τον βαθμό που θα επηρεαστούν από την εγκατάσταση των μονάδων Α.Π.Ε. Στη συνέχεια, πραγματοποιούνται οι αξιολογήσεις των επιπτώσεων του έργου σε κάθε περιβαλλοντική συνιστώσα. Τέλος υπολογίζονται οι εξισώσεις 2.1 και 2.2.

Στον Πίνακα 2.8 αναφέρεται ο Β.Π.Α. κάθε περιοχής. Όσο μεγαλύτερος είναι ο Β.Π.Α. μιας περιοχής τόσο μεγαλύτερη είναι η προτίμηση της περιοχής αυτής.

Περιοχές προς Αξιολόγηση	Βαθμός Περιβαλλοντικής Απόδοσης
2	0,25
3	-1,38
4	-1,44
8	-0,9
11	-0,5

Πίνακας 2.8 Ο Β.Π.Α. των υποψήφιων περιοχών

3. Αξιολόγηση υποψήφιων περιοχών με Πολυκριτηριακή Ανάλυση

Η αξιολόγηση των υποψήφιων περιοχών με τη μέθοδο TOPSIS περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

- I. Σχεδίαση του πίνακα 3.1 ο οποίος περιλαμβάνει τις υποψήφιες περιοχές και τα κριτήρια αξιολόγησης:

Υποψήφιες περιοχές	Αιολικό Δυναμικό	Κλίση Εδάφους	Απόσταση από Οδικό Δίκτυο	Βαθμός Περιβαλλοντικής Απόδοσης
2	6	22	1400	2,25
3	6	25	2200	0,62
4	5	17	1900	0,56
8	7	22	3500	1,1
11	6	12	750	1,5

Πίνακας 3.1 Τα κριτήρια αξιολόγησης των υποψήφιων περιοχών

II. Υπολογισμός των κριτηρίων του πίνακα με τον τύπο 3.1:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (3.1)$$

όπου x είναι τα κριτήρια αξιολόγησης

Έτσι προκύπτει ο πίνακας 3.2 με τις τιμές r :

Υποψήφιες περιοχές	Αιολικό Δυναμικό	Κλίση Εδάφους	Απόσταση από Οδικό Δίκτυο	Βαθμός Περιβαλλοντικής Απόδοσης
2	0,44474959	0,48876822	0,290518337	0,740977946
3	0,44474959	0,555418432	0,456528816	0,20418059
4	0,37062466	0,377684534	0,394274886	0,184421178
8	0,51887452	0,48876822	0,726295843	0,362255885
11	0,44474959	0,266600847	0,155634824	0,493985297

Πίνακας 3.2 Οι τιμές r των κριτηρίων αξιολόγησης των υποψήφιων περιοχών

III. Υπολογισμός των κριτηρίων του πίνακα 3.2 σύμφωνα με τον τύπο 3.2 και με τον συντελεστή βαρύτητας κάθε κριτηρίου όπως αναφέρονται στον πίνακα 3.3:

$$p_{ij} = w_j \times r_{ij} \quad (3.2)$$

Όπου w είναι ο Συντελεστής Βαρύτητας.

	Max	Min	min	max
Συντελ. Βαρύτητας	0,35	0,25	0,25	0,15

Πίνακας 3.3 Ο συντελεστής βαρύτητας των υπογήφινων περιοχών

Έτσι προκύπτει ο πίνακας 3.4 με τις τιμές P:

Υπογήφινες περιοχές	Αιολικό Δυναμικό	Κλίση Εδάφους	Απόσταση από Οδικό Δίκτυο	Βαθμός Περιβαλλοντικής Απόδοσης
2	0,15566236	0,122192055	0,072629584	0,111146692
3	0,15566236	0,138854608	0,114132204	0,030627088
4	0,12971863	0,094421133	0,098568722	0,027663177
8	0,18160608	0,122192055	0,181573961	0,054338383
11	0,15566236	0,066650212	0,038908706	0,074097795

Πίνακας 3.4 Οι τιμές P των κριτηρίων αξιολόγησης των υπογήφινων περιοχών

IV. Υπολογισμός των τιμών P του πίνακα 3.4

$$P^+ = (p_1^+, p_2^+, \dots, p_n^+) \quad (3.3)$$

$$P^- = (p_1^-, p_2^-, \dots, p_n^-) \quad (3.4)$$

$$p_i^+ = \left\{ \left(\max p_{ij}, j \in J \right) \acute{\eta} \left(\min p_{ij}, j \in J' \right) \right\} \quad (3.5)$$

$$p_i^- = \left\{ \left(\min p_{ij}, j \in J \right) \acute{\eta} \left(\max p_{ij}, j \in J' \right) \right\} \quad (3.6)$$

Το J συμβολίζει τα κριτήρια τα οποία δρουν θετικά και το J' τα κριτήρια τα οποία δρουν αρνητικά.

Έτσι προκύπτει ο πίνακας 3.5 των διανυσμάτων θετικής και αρνητικής επίδρασης:

P+	0,18160608	0,066650212	0,038908706	0,111146692
P-	0,12971863	0,138854608	0,181573961	0,027663177

Πίνακας 3.5 Τα διανύσματα επίδρασης των υποψήφιων περιοχών

- V. Υπολογισμός των κριτηρίων του πίνακα 3.4 με το αντίστοιχο διάνυσμα θετικής αντίδρασης σύμφωνα με τον τύπο 3.7:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (p_{ij} - p_j^+)^2} \quad (3.7)$$

Υπολογισμός των κριτηρίων του πίνακα 3.4 με το αντίστοιχο διάνυσμα αρνητικής αντίδρασης σύμφωνα με τον τύπο 3.8:

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (p_{ij} - p_j^-)^2} \quad (3.8)$$

Έτσι προκύπτει ο πίνακας 3.6:

Υποψήφιες περιοχές	Si+	Si-
2	0,069965	0,140674
3	0,13427	0,07232
4	0,118289	0,09415
8	0,163296	0,060675
11	0,045229	0,168511

Πίνακας 3.6 Τα διανύσματα επίδρασης των κριτηρίων των υποψήφιων περιοχών

VI. Τέλος υπολογισμός της σχετικής εγγύτητας κάθε υποψήφιας περιοχής.

$$D_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (3.9)$$

Έτσι προκύπτει ο πίνακας 3.7 όπου η περιοχή με την υψηλότερη σχετική εγγύτητα είναι η βέλτιστη.

Άρα η βέλτιστη περιοχή προς χωροθέτηση είναι η περιοχή 11.

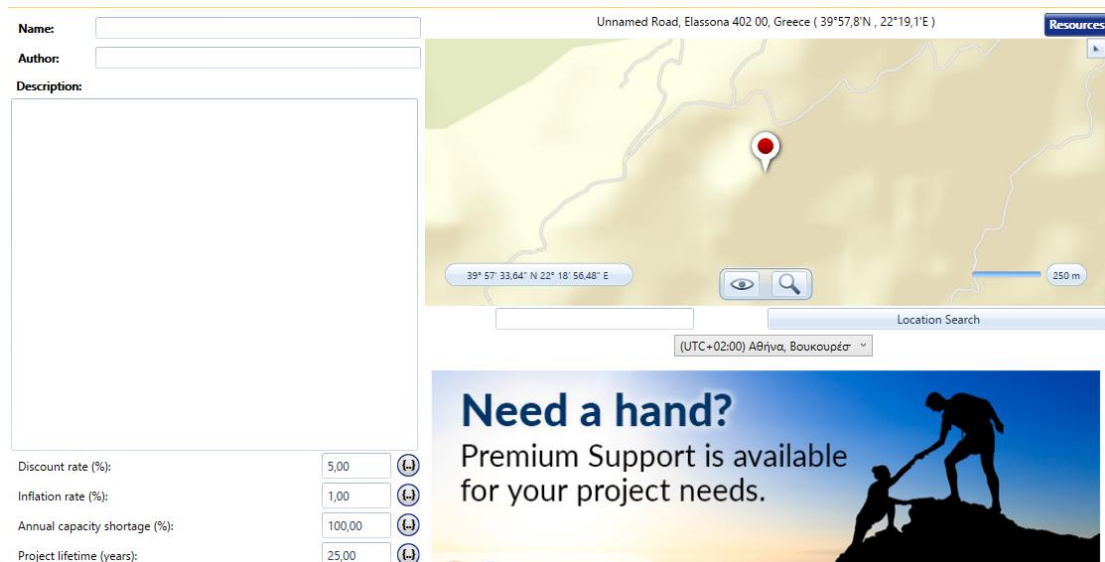
Υποψήφιες περιοχές	Di	Βαθμολογία Περιοχών
2	0,667844	2
3	0,350066	4
4	0,443185	3
8	0,270908	5
11	0,788391	1

Πίνακας 3.7 Η τελική βαθμολογία των υποψήφιων περιοχών

4. Τεχνοοικονομική ανάλυση μονάδων Α.Π.Ε.

Η τεχνοοικονομική ανάλυση έγινε με τη χρήση του λογισμικού Homer Energy pro όπως αναφέρεται παρακάτω.

Στην αρχή γίνεται η επιλογή της τοποθεσίας που στην περίπτωση μας είναι η περιοχή 11 με συντεταγμένες (39°57,8'N, 22°19,1'E).



Σχήμα 4.1 Οι συντεταγμένες της περιοχής 11

Στη συνέχεια με βάση την τοποθεσία αυτομάτως δίνονται οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.2 η ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία βρίσκεται σε καλά επίπεδα καθώς τον χειμερινούς μήνες είναι περίπου 2 kWh/m² ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες φτάνει σχεδόν στα 7 kWh/m².



Σχήμα 4.2 Η ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία της περιοχής 11

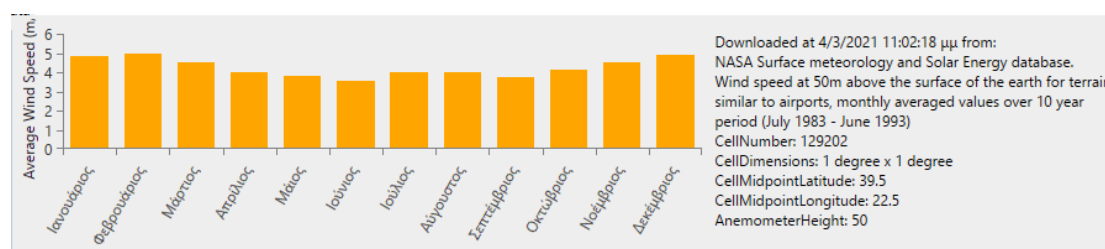
Στον πίνακα 4.1 αναφέρονται αναλυτικά οι τιμές της ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε μήνα καθώς και ο ετήσιος μέσος όρος ο οποίος είναι στα 4.16 kWh/m².

Month	Clearness Index	Daily Radiation (kWh/m ² /day)
Ιανουάριος	0,459	1,950
Φεβρουάριος	0,473	2,670
Μάρτιος	0,483	3,680
Απρίλιος	0,502	4,830
Μάιος	0,515	5,680
Ιούνιος	0,596	6,910
Ιούλιος	0,602	6,790
Αύγουστος	0,602	6,090
Σεπτέμβριος	0,574	4,760
Οκτώβριος	0,481	2,990
Νοέμβριος	0,429	1,950
Δεκέμβριος	0,408	1,560

Annual Average (kWh/m²/day): 4.16

Πίνακας 4.1 Η ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία της περιοχής 11

Η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 50 μέτρων τους καλοκαιρινούς μήνες είναι περίπου 3.5 m/s ενώ τους χειμερινούς μήνες φτάνει σχεδόν τα 5 m/s.



Σχήμα 4.3 Η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 50μ. της περιοχής 11

Στον πίνακα 4.2 αναφέρεται αναλυτικά η ταχύτητα του ανέμου για κάθε μήνα καθώς και ο ετήσιος μέσος όρος ο οποίος είναι στα 4.25 m/s.

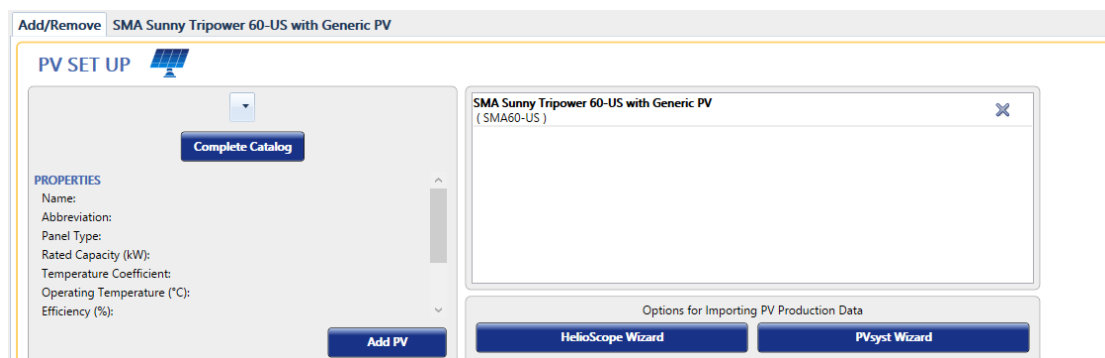
Month	Average (m/s)
Ιανουάριος	4,810
Φεβρουάριος	4,940
Μάρτιος	4,500
Απρίλιος	4,030
Μάιος	3,780
Ιούνιος	3,560
Ιούλιος	4,000
Αύγουστος	4,000
Σεπτέμβριος	3,750
Οκτώβριος	4,140
Νοέμβριος	4,530
Δεκέμβριος	4,920

Annual Average (m/s): 4.25

Πίνακας 4.2 Η μηνιαία ταχύτητα ανέμου της Περιοχής 11

Στη συνέχεια γίνεται η επιλογή του μηχανολογικού εξοπλισμού των εγκαταστάσεων.

Όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά επιλέχθηκε το SMA Sunny Tripower 60-US with Generic PV (SMA60-US).



Σχήμα 4.4 Επιλογή Φ/Β SMA60-US

Οι ιδιότητες του συγκεκριμένου μοντέλου φωτοβολταϊκού αναφέρονται στο σχήμα 4.5.

Properties

Name: **SMA Sunny Tripower 60-US with Generic PV**
 Abbreviation: **SMA60-US**
 Panel Type: **Flat plate**
 Rated Capacity (kW): **59.95**
 Temperature Coefficient: **-0.4100**
 Operating Temperature (°C): **45.00**
 Efficiency (%): **17.30**
 Manufacturer: **SMA**
sma.de
 Notes:
This is a generic PV system with SMA's grid-following central inverter for medium-large PV installations. Lifetime

Σχήμα 4.5 Οι ιδιότητες του Φ/Β SMA60-US

Στο σχήμα 4.6 αναφέρεται ότι κάθε πάνελ χωρητικότητας 1 kW κοστίζει 1200,00 ευρώ με διάρκεια ζωής 25 χρόνια. Επίσης η βελτιστοποίηση χωρητικότητας είναι 59.95 kW.

PV

Capacity (kW)	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€/year)
1	1.200,00	1.200,00	10,00

Lifetime
time (years): 25,00

Capacity Optimization
 HOMER Optimizer™
 Search Space

Electrical Bus
 AC DC

Site Specific Input
Derating Factor (%): 96,00

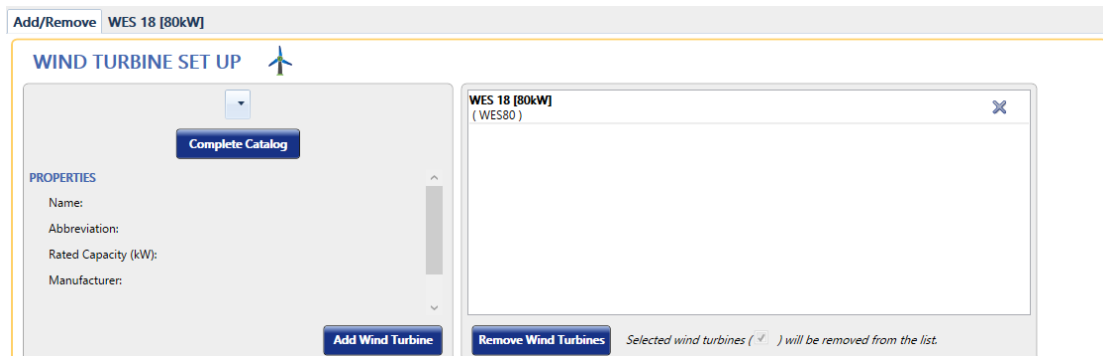
Search Space
Size (kW): 59,95

Use Efficiency Table?
Efficiency (%): 98

Input Percentage (%)	Efficiency (%)
5	97,5
10	98,1
20	98,1

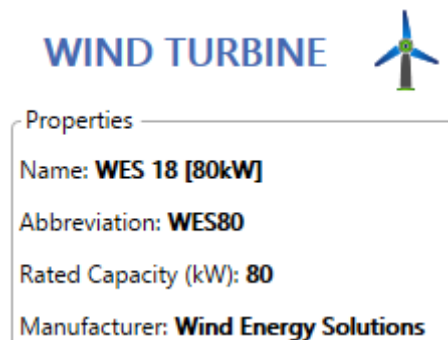
Σχήμα 4.6 Στοιχεία πάνελ χωρητικότητας 1 kW

Όσον αφορά τις ανεμογεννήτριες επιλέχθηκε το WES 18 [80kW] (WES80).



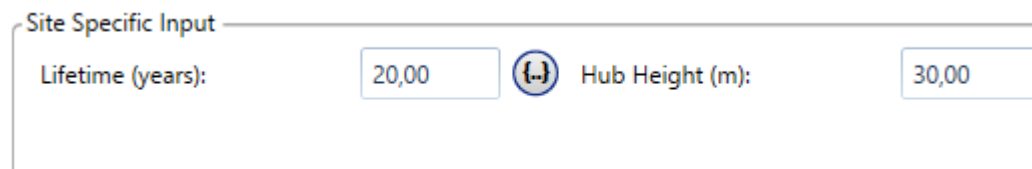
Σχήμα 4.7 Επιλογή Ανεμογεννήτριας WES80

Οι ιδιότητες του συγκεκριμένου μοντέλου ανεμογεννήτριας αναφέρονται στο σχήμα 4.8.



Σχήμα 4.8 Οι ιδιότητες της ανεμογεννήτριας WES80

Όπως αναφέρεται και παρακάτω, η διάρκεια ζωής του συγκεκριμένου μοντέλου ανεμογεννήτριας είναι 20 χρόνια και το ύψος της είναι 30 μέτρα.



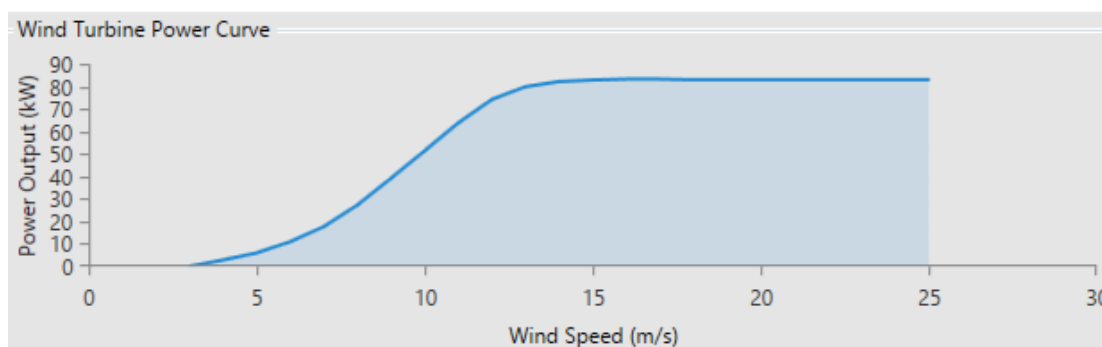
Σχήμα 4.9 Η διάρκεια ζωής της ανεμογεννήτριας WES80

Επίσης στον πίνακα 4.3 αναφέρεται η ισχύς που παράγεται σε kW ανάλογα με την ταχύτητα του αέρα m/s.

Wind Speed (m/s)	Power Output (kW)
3	0
4	2,9
5	6
6	11
7	17,7

Πίνακας 4.3 Η ισχύς που παράγεται σε kW ανάλογα με την ταχύτητα του αέρα m/s

Στο παρακάτω σχήμα 4.10 φαίνεται η καμπύλη ισχύος του συγκεκριμένου μοντέλου ανεμογεννήτριας.



Σχήμα 4.10 Η καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας WES80

Τελευταίο κομμάτι του εξοπλισμού εξίσου σημαντικό είναι ο Converter τα χαρακτηριστικά του οποίου αναφέρονται στο σχήμα 4.11. Το συγκεκριμένο μοντέλο έχει χωρητικότητα 150 kW, κοστίζει 40000,00 ευρώ κι έχει 25 χρόνια διάρκεια ζωής με αποδοτικότητα 95%.

Capacity (kW)	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€/year)
150	40.000,00 €	40.000,00 €	0,0 €

Click here to add new item

Multiplier: [-] [+] [×]

Capacity Optimization

HOMER Optimizer™

Search Space

Size (kW)
100
150
180
200
220

Inverter Input

Lifetime (years): 25,00 [-] [+]

Efficiency (%): 95,00 [-] [+]

Parallel with AC generator?

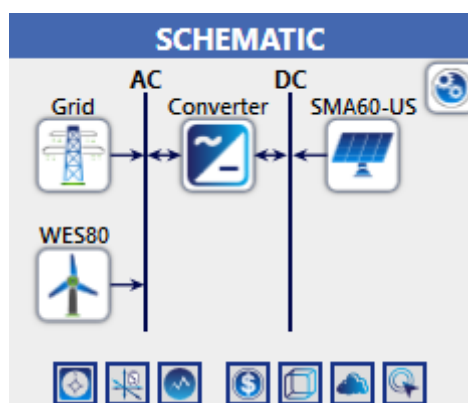
Rectifier Input

Relative Capacity (%): 100,00 [-] [+]

Efficiency (%): 95,00 [-] [+]

Σχήμα 4.11 Επιλογή Converter

Ολοκληρώνοντας τον μηχανολογικό εξοπλισμό διαμορφώθηκε η αρχιτεκτονική του συστήματος όπως φαίνεται στο σχήμα 4.12 και αναλυτικά στο πίνακα 4.4.



Σχήμα 4.12 Η αρχιτεκτονική του συστήματος

Στοιχείο	Όνομασία	Μέγεθος	Μονάδα
Φωτοβολταϊκό	SMA Sunny Tripower 60-US with Generic PV	60,0	kW
Ανεμογεννήτρια	WES 18 [80kW]	1	ea.
Μετατροπέας συστήματος	System Converter	100	kW
Ηλεκτρικό δίκτυο	Grid	999.999	kW

Πίνακας 4.4 Ανάλυση αρχιτεκτονική του συστήματος

Με βάσει τα παραπάνω δεδομένα βγήκαν τα εξής αποτελέσματα:

RESULTS											
Sensitivity Cases											
Architecture								Cost			System
SMA60-US (kW)	SMA60-US-MPPT (kW)	WES80	Grid (kW)	Converter (kW)	Dispatch	COE (€)	NPC (€)	Operating cost (€/yr)	Initial capital (€)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)
60,0	60,0	1	999.999	100	CC	-0,0202 €	-43.893 €	-9.084 €	98.607 €	100	0

Optimization Results											
Architecture								Cost			System
SMA60-US (kW)	SMA60-US-MPPT (kW)	WES80	Grid (kW)	Converter (kW)	Dispatch	COE (€)	NPC (€)	Operating cost (€/yr)	Initial capital (€)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)
60,0	60,0	1	999.999	100	CC	0,00858 €	11.797 €	-5.534 €	98.607 €	100	0

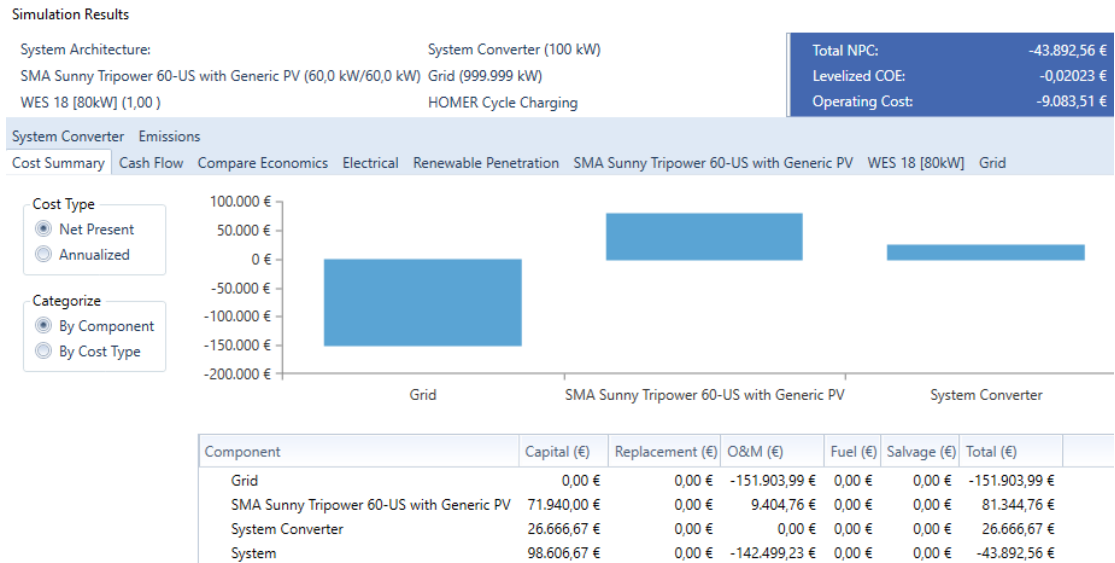
Σχήμα 4.13 Προτεινόμενες βέλτιστες επιλογές

Επιλέγοντας την πρώτη περίπτωση η οποία είναι και η βέλτιστη σε σύνδεση με το δίκτυο .

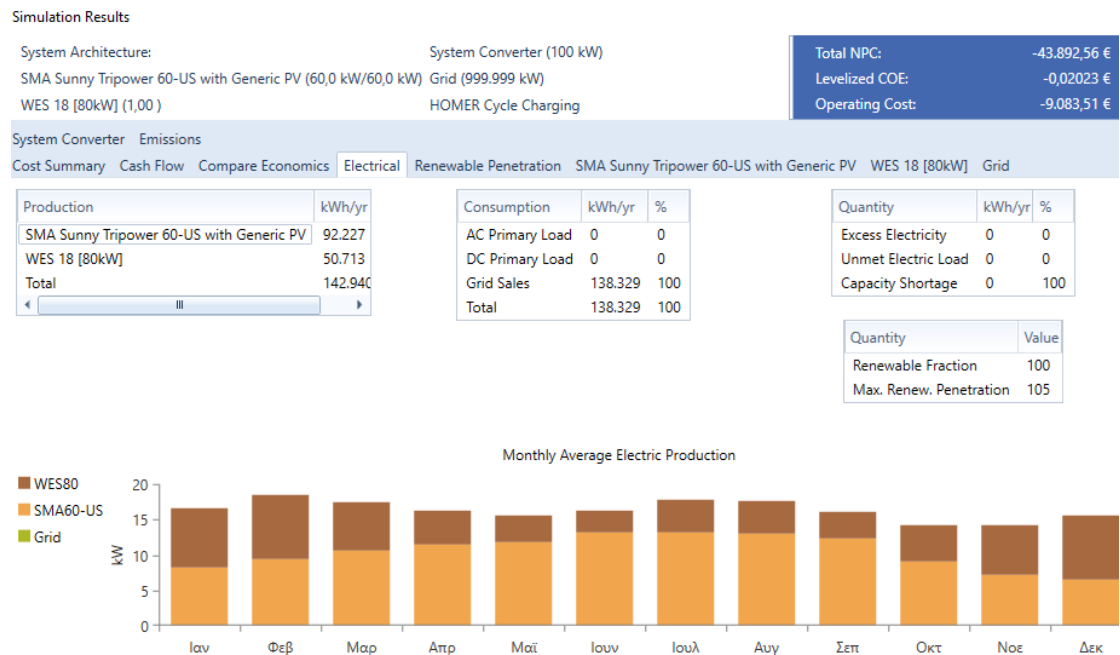
Συνολικό καθαρό παρόν κόστος -43.892,56 ευρώ

Τυποποιημένο κόστος ενέργειας -0,02023 ευρώ

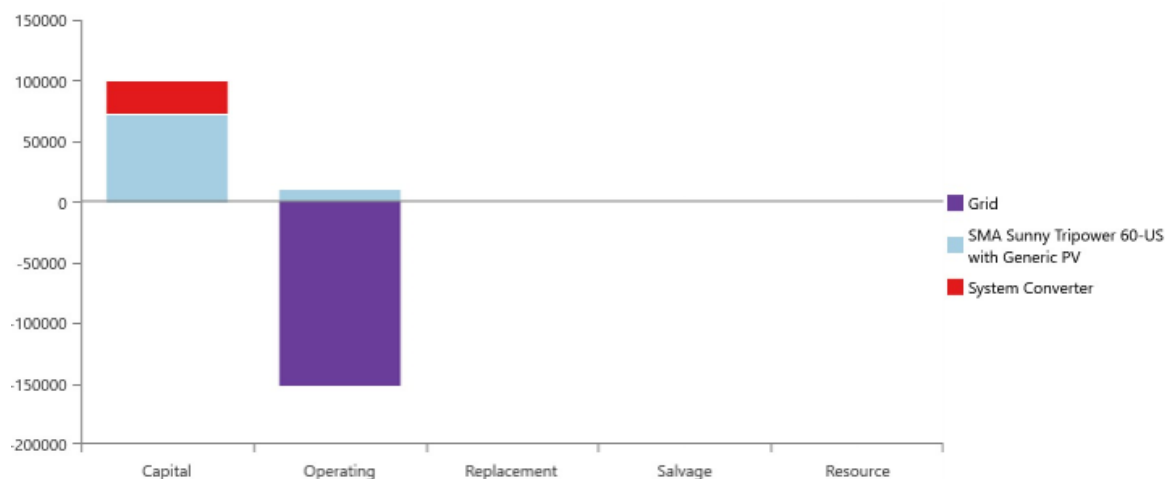
Λειτουργικό κόστος 9.083,51 ευρώ



Σχήμα 4.14 Ανάλυση κόστους βέλτιστης επιλογής



Σχήμα 4.15 Μέση μηνιαία ηλεκτρική παραγωγή



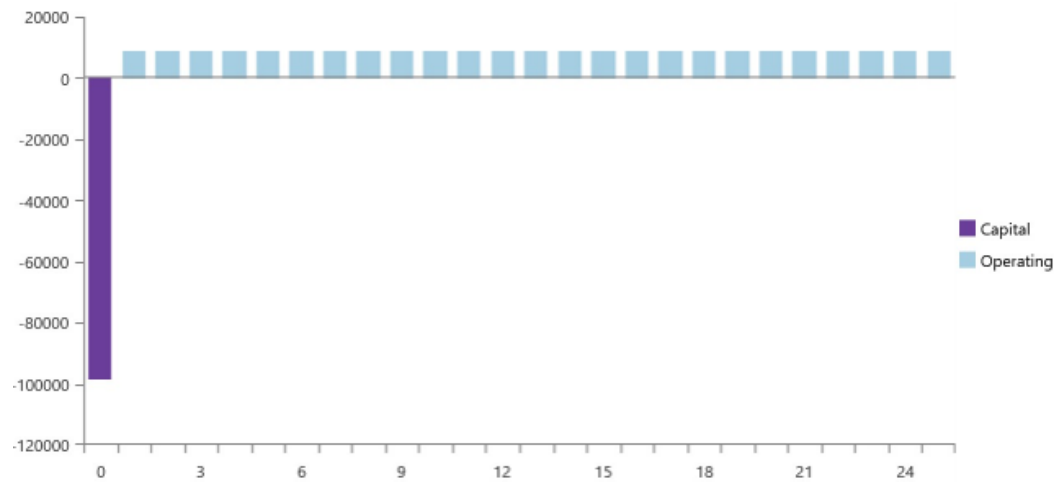
Σχήμα 4.16 Περίληψη κόστους

Όνομα	Κεφάλαιο	Λειτουργία	Αντικατάσταση	Πόρος	Σύνολο
Grid	0,00 €	-151.904 €	0,00 €	0,00 €	-151.904 €
SMA Sunny Tripower 60-US with Generic PV	71.940 €	9.405 €	0,00 €	0,00 €	81.345 €
System Converter	26.667 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	26.667 €
System	98.607 €	-142.499 €	0,00 €	0,00 €	-43.893 €

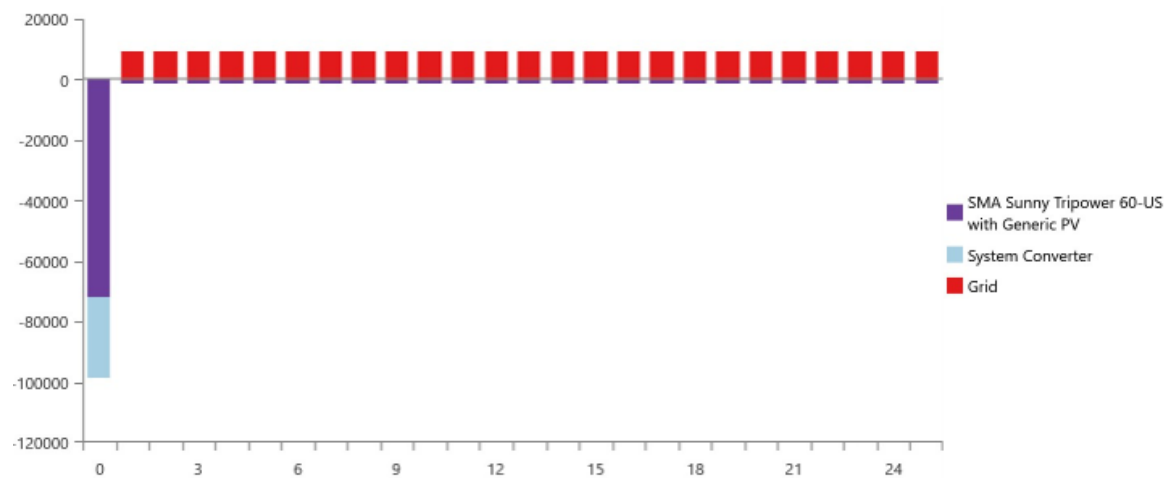
Πίνακας 4.5 Καθαρό παρόν κόστος

Όνομα	Κεφάλαιο	Λειτουργία	Αντικατάσταση	Πόρος	Σύνολο
Grid	0,00 €	-9.683 €	0,00 €	0,00 €	-9.683 €
SMA Sunny Tripower 60-US with Generic PV	4.586 €	599,50 €	0,00 €	0,00 €	5.185 €
System Converter	1.700 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.700 €
System	6.286 €	-9.084 €	0,00 €	0,00 €	-2.798 €

Πίνακας 4.6 Ετήσιο κόστος



Σχήμα 4.17 Ταμειακές ροές



Σχήμα 4.18 Ταμειακές ροές

Ποσότητα	Αξία	Μονάδες
Υπερβολική ηλεκτρική ενέργεια	0	kWh/yr
Μη ικανοποιημένο ηλεκτρικό φορτίο	0	kWh/yr
Έλλειψη χωρητικότητας	0	kWh/yr

Πίνακας 4.7 Περίληψη Ηλεκτρικού

Στοιχείο	Παραγωγή (kWh/yr)	Ποσοστό
SMA Sunny Tripower 60-US with Generic PV	92.227	64,5
WES 18 [80kW]	50.713	35,5
Σύνολο	142.940	100

Πίνακας 4.8 Περίληψη παραγωγής

Στοιχείο	Κατανάλωση (kWh/yr)	Ποσοστό
Πρωτεύον φορτίο AC	0	0
Κύριο φορτίο DC	0	0
Πωλήσεις δικτύου	138.329	100
Σύνολο	138.329	100

Πίνακας 4.9 Περίληψη κατανάλωσης

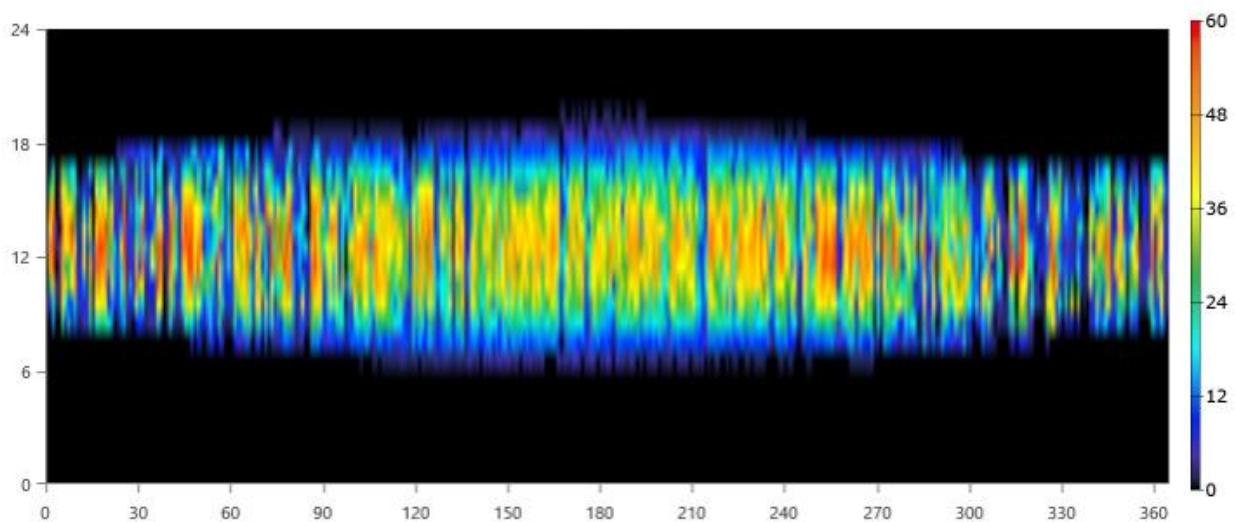
Φωτοβολταϊκό: SMA Sunny Tripower 60-US with Generic PV

Ποσότητα	Αξία	Μονάδες
Ελάχιστη παραγωγή	0	kW
Μέγιστη παραγωγή	60,0	kW
Φωτοβολταϊκή διείδυση	0	%
Ώρες λειτουργίας	4.383	hrs/yr
Τυποποιημένο κόστος	0,0562	€/kWh

Πίνακας 4.10 SMA Sunny Tripower 60-US with Generic PV Περίληψη Ηλεκτρικού

Ποσότητα	Αξία	Μονάδες
Ονομαστική χωρητικότητα	60,0	kW
Μέση παραγωγή	10,5	kW
Μέση παραγωγή	253	kWh/d
Παράγοντας χωρητικότητας	17,6	%
Συνολική παραγωγή	92.227	kWh/yr

Πίνακας 4.11 SMA Sunny Tripower 60-US with Generic PV Στατιστικά



Σχήμα 4.19 SMA Sunny Tripower 60-US with Generic PV Παραγωγή (kW)

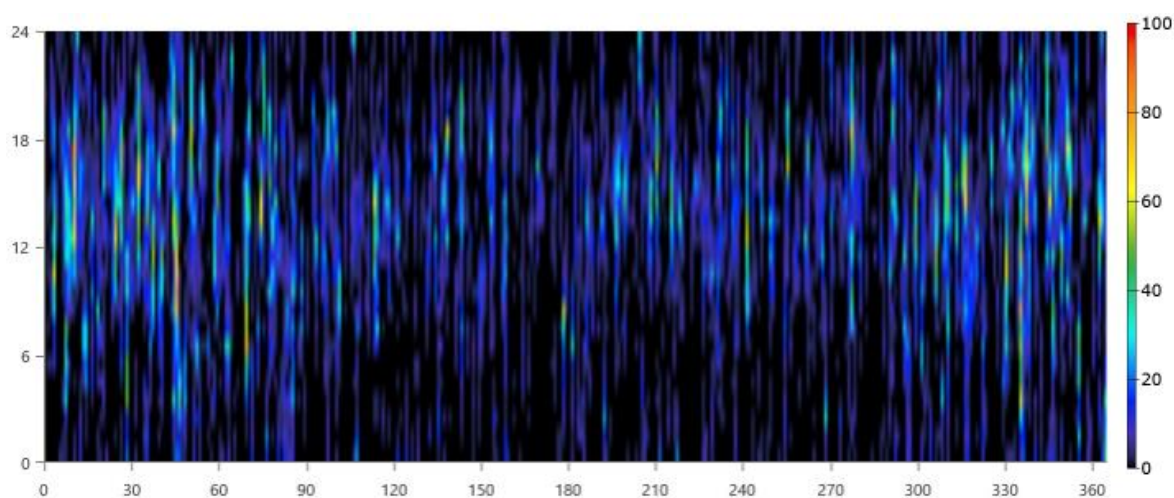
Ανεμογεννήτρια: WES 18 [80kW]

Ποσότητα	Αξία	Μονάδες
Ελάχιστη παραγωγή	0	kW
Μέγιστη παραγωγή	83,1	kW
Διείσδυση ανέμου	0	%
Ώρες λειτουργίας	5.665	hrs/yr
Τυποποιημένο κόστος	0	€/kWh

Πίνακας 4.12 WES 18 [80kW] Περίληψη ηλεκτρικού

Ποσότητα	Αξία	Μονάδες
Συνολική ονομαστική χωρητικότητα	80,0	kW
Μέση παραγωγή	5,79	kW
Παράγοντας χωρητικότητας	7,24	%
Συνολική παραγωγή	50.713	kWh/yr

Πίνακας 4.13 WES 18 [80kW] Στατιστικά



Σχήμα 4.20 WES 18 [80kW] Παραγωγή (kW)

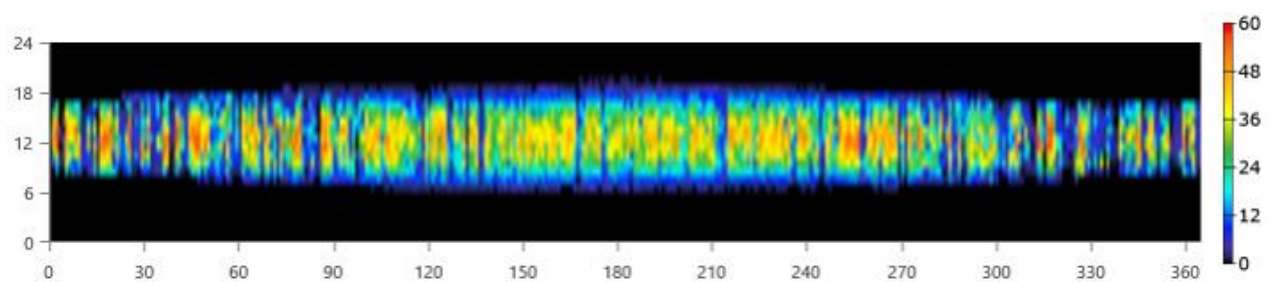
Μετατροπέας: System Converter

Ποσότητα	Αξία	Μονάδες
Ώρες λειτουργίας	4.383	hrs/yr
Έξοδος ενέργειας	87.616	kWh/yr
Είσοδος ενέργειας	92.227	kWh/yr
Απώλειες	4.611	kWh/yr

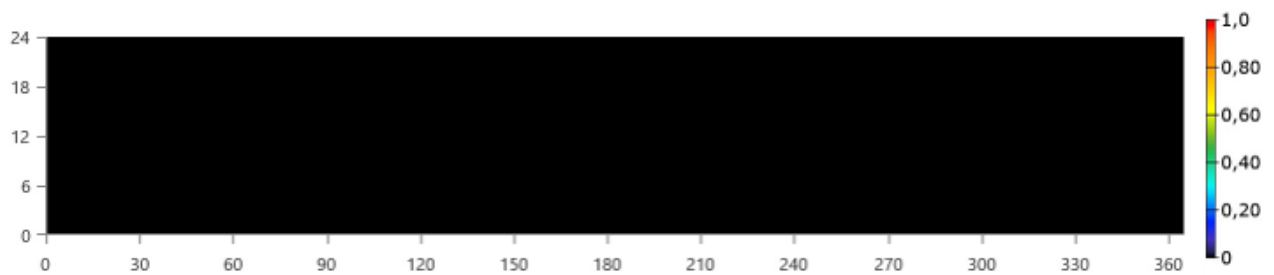
Πίνακας 4.14 System Converter Πρόβλεψη ηλεκτρικού

Ποσότητα	Αξία	Μονάδες
Χωρητικότητα	100	kW
Μέση παραγωγή	10,0	kW
Ελάχιστη παραγωγή	0	kW
Μέγιστη παραγωγή	57,0	kW
Παράγοντας χωρητικότητας	10,0	%

Πίνακας 4.15 System Converter Στατιστικά



Σχήμα 4.21 System Converter Έξοδος μετατροπέα (kW)



Σχήμα 4.22 System Converter Έξοδος ανορθωτή (kW)

Ηλεκτρικό δίκτυο: Grid

Μήνας	Ενέργεια που αγοράστηκε (kWh)	Πώληση ενέργειας (kWh)	Αγορά καθαρής ενέργειας (kWh)	Μέγιστη ζήτηση (kW)	Ενεργειακή χρέωση	Χρέωση ζήτησης
Ιανουάριος	0	0	0	0	0,00 €	0,00 €
Φεβρουάριος	0	0	0	0	0,00 €	0,00 €
Μάρτιος	0	0	0	0	0,00 €	0,00 €
Απρίλιος	0	0	0	0	0,00 €	0,00 €
Μάιος	0	0	0	0	0,00 €	0,00 €
Ιούνιος	0	0	0	0	0,00 €	0,00 €
Ιούλιος	0	0	0	0	0,00 €	0,00 €
Αύγουστος	0	0	0	0	0,00 €	0,00 €
Σεπτέμβριος	0	0	0	0	0,00 €	0,00 €
Οκτώβριος	0	0	0	0	0,00 €	0,00 €
Νοέμβριος	0	0	0	0	0,00 €	0,00 €
Δεκέμβριος	0	0	0	0	0,00 €	0,00 €
Ετήσιο	0	0	0	0	0,00 €	0,00 €

Πίνακας 4.16 Ρυθμός ηλεκτρικού δικτύου: Ζήτηση 1

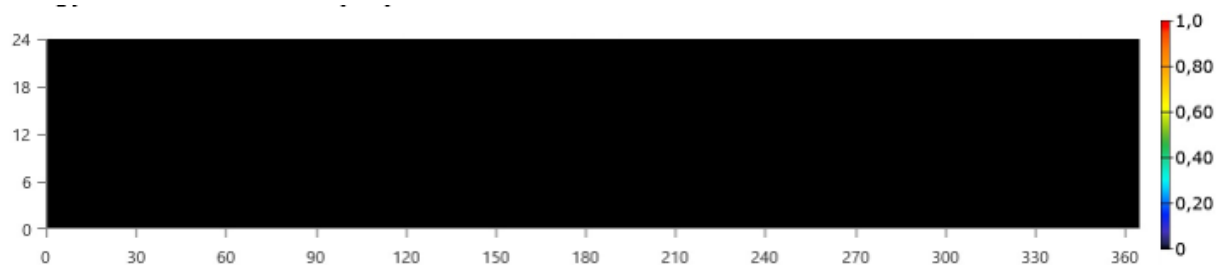
Μήνας	Ενέργεια που αγοράστηκε (kWh)	Πώληση ενέργειας (kWh)	Αγορά καθαρής ενέργειας (kWh)	Μέγιστη ζήτηση (kW)	Ενεργειακή χρέωση	Χρέωση ζήτησης
Ιανουάριος	0	12.015	-12.015	0	-841,06 €	0,00 €
Φεβρουάριος	0	12.060	-12.060	0	-844,17 €	0,00 €
Μάρτιος	0	12.586	-12.586	0	-881,02 €	0,00 €
Απρίλιος	0	11.270	-11.270	0	-788,89 €	0,00 €
Μάιος	0	11.178	-11.178	0	-782,44 €	0,00 €
Ιούνιος	0	11.262	-11.262	0	-788,36 €	0,00 €
Ιούλιος	0	12.753	-12.753	0	-892,69 €	0,00 €
Αύγουστος	0	12.652	-12.652	0	-885,62 €	0,00 €
Σεπτέμβριος	0	11.095	-11.095	0	-776,67 €	0,00 €
Οκτώβριος	0	10.251	-10.251	0	-717,55 €	0,00 €
Νοέμβριος	0	9.928	-9.928	0	-694,93 €	0,00 €
Δεκέμβριος	0	11.280	-11.280	0	-789,62 €	0,00 €
Ετήσιο	0	138.329	-138.329	0	-9.683 €	0,00 €

Πίνακας 4.17 Ρυθμός ηλεκτρικού δικτύου: τιμή 1

Μήνας	Ενέργεια που αγοράστηκε (kWh)	Πώληση ενέργειας (kWh)	Αγορά καθαρής ενέργειας (kWh)	Μέγιστη ζήτηση (kW)	Ενεργειακή χρέωση	Χρέωση ζήτησης
Ιανουάριος	0	12.015	-12.015	0	-841,06 €	0,00 €
Φεβρουάριος	0	12.060	-12.060	0	-844,17 €	0,00 €
Μάρτιος	0	12.586	-12.586	0	-881,02 €	0,00 €
Απρίλιος	0	11.270	-11.270	0	-788,89 €	0,00 €
Μάιος	0	11.178	-11.178	0	-782,44 €	0,00 €
Ιούνιος	0	11.262	-11.262	0	-788,36 €	0,00 €
Ιούλιος	0	12.753	-12.753	0	-892,69 €	0,00 €
Αύγουστος	0	12.652	-12.652	0	-885,62 €	0,00 €
Σεπτέμβριος	0	11.095	-11.095	0	-776,67 €	0,00 €
Οκτώβριος	0	10.251	-10.251	0	-717,55 €	0,00 €
Νοέμβριος	0	9.928	-9.928	0	-694,93 €	0,00 €
Δεκέμβριος	0	11.280	-11.280	0	-789,62 €	0,00 €
Ετήσιο	0	138.329	-138.329	0	-9.683 €	0,00 €

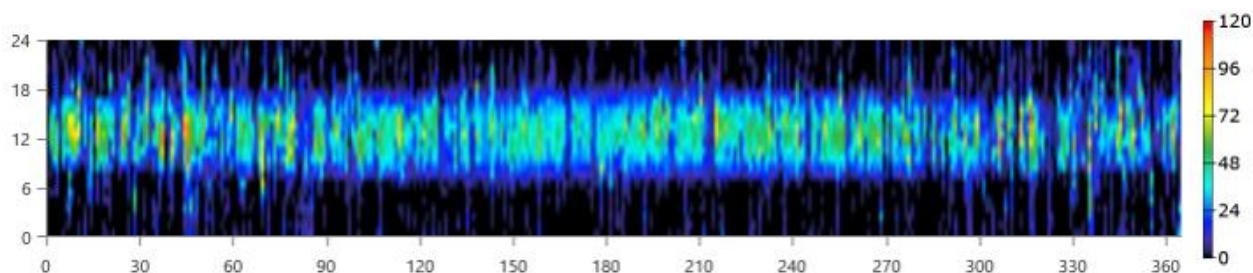
Πίνακας 4.18 Ρυθμός ηλεκτρικού δικτύου: Όλα

Στο σχήμα 4.23 φαίνεται ξεκάθαρα ότι δεν έγινε αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο.



Σχήμα 4.23 Ενέργεια που αγοράστηκε από το δίκτυο (kW)

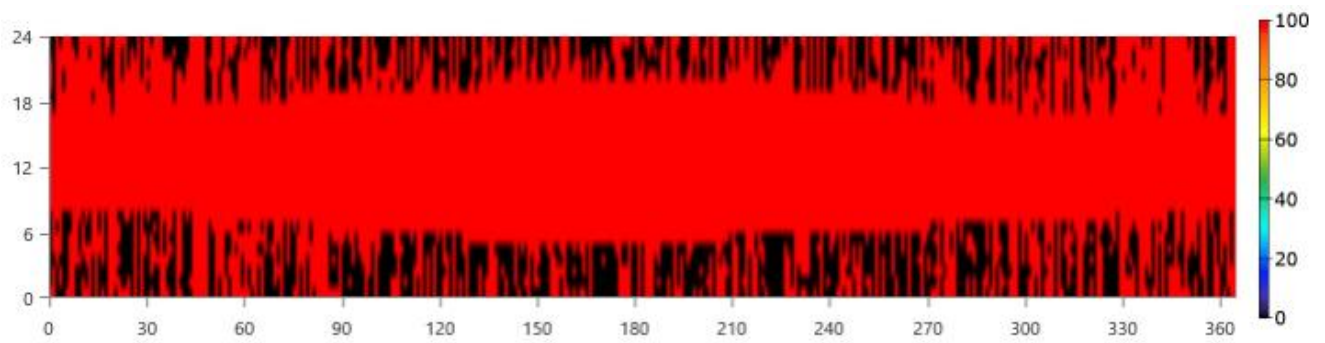
Σε αντίθεση με το σχήμα 4.23 στο σχήμα 4.24 φαίνεται το μεγάλο ποσό ηλεκτρικής ενέργειας που πουλήθηκε στο ηλεκτρικό δίκτυο.



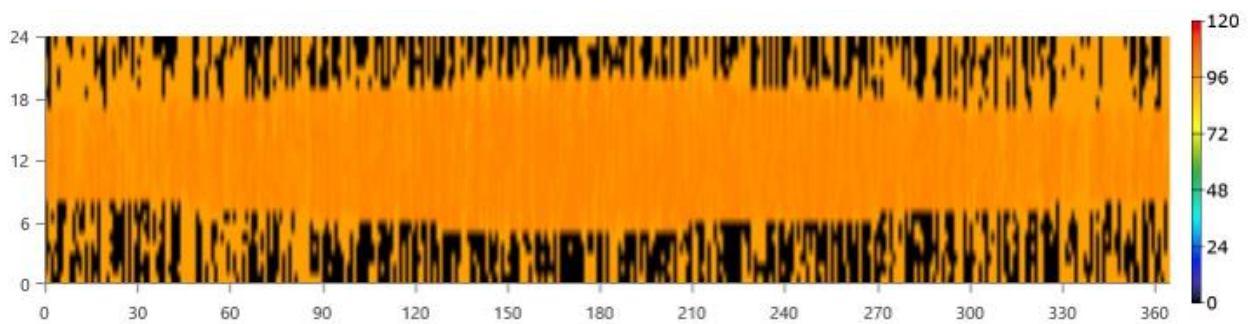
Σχήμα 4.24 Ενέργεια που πουλήθηκε στο δίκτυο (kW)

Μετρήσεις βάσει χωρητικότητας	Αξία	Μονάδα
Ονομαστική ανανεώσιμη ικανότητα διαιρούμενη με τη συνολική ονομαστική χωρητικότητα	100	%
Χρησιμοποιήσιμη ανανεώσιμη ικανότητα διαιρούμενη με τη συνολική χωρητικότητα	100	%
Μετρήσεις βάσει της ενέργειας	Αξία	Μονάδα
Συνολική ανανεώσιμη παραγωγή διαιρούμενη με το φορτίο	103	%
Συνολική ανανεώσιμη παραγωγή διαιρούμενη ανά παραγωγή	100	%
Μία συνολική μη ανανεώσιμη παραγωγή διαιρεμένη με το φορτίο	100	%
Μέγιστες τιμές	Αξία	Μονάδα
Ανανεώσιμη παραγωγή διαιρούμενη με το φορτίο	105	%
Ανανεώσιμη παραγωγή διαιρούμενη με τη συνολική παραγωγή	100	%
Μείον μη ανανεώσιμη έξοδο διαιρούμενη με το συνολικό φορτίο	100	%

Πίνακας 4.19 Περίληψη

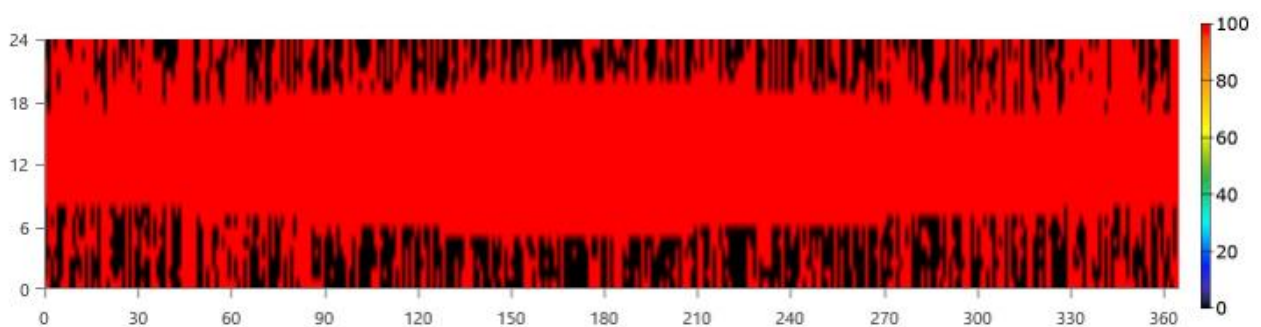


Σχήμα 4.25 Στιγμιαίο ανανεώσιμο ποσοστό παραγωγής συνολικής παραγωγής



Σχήμα 4.26 Στιγμιαίο ανανεώσιμο ποσοστό παραγωγής συνολικού φορτίου

Σχήμα 4.27 100% μείον στιγμιαία μη ανανεώσιμη παραγωγή ως ποσοστό του συνολικού φορτίου



5. Συμπεράσματα

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία ανταποκρίνεται πλήρως στις απαιτήσεις μιας μελέτης χωροθέτησης αιολικών και φωτοβολταϊκών μονάδων, σύμφωνα με τους Ελληνικούς και Διεθνείς κανόνες χωροθέτησης.

Έλαβε χώρα στην Περιφερειακή Ενότητα (Νομό) Λάρισας, η οποία ανήκει στην Περιφέρεια Θεσσαλίας και βρίσκεται στην Κεντρική Ελλάδα.

Βασικό κομμάτι της εργασίας είναι η αναφορά και η ανάλυση των στοιχείων από το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Επίσης έγινε εκτεταμένη έρευνα των Διεθνών κανόνων χωροθέτησης, μέσα από ξένη βιβλιογραφία.

Έγινε εφαρμογή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με τη χρήση του λογισμικού QGIS 3.16.0, μέσω του οποίου προέκυψαν οι υποψήφιες προς χωροθέτηση περιοχές.

Με τη μέθοδο TOPSIS αξιολογήθηκαν οι υποψήφιες προς χωροθέτηση περιοχές, εφαρμόζοντας την Πολυκριτηριακή Ανάλυση και αναδείχθηκε ως βέλτιστη περιοχή χωροθέτησης της εγκατάστασης η περιοχή 11.

Με τη χρήση του λογισμικού Homer Energy pro έγινε η τεchnοοικονομική ανάλυση, από την οποία προέκυψε ότι η εγκατάσταση στην συγκεκριμένη περιοχή είναι βιώσιμη, επενδύοντας στις πράσινες μορφές ενέργειας και στην κοινωνία.

Πηγές

Ελληνικές πηγές

Ετήσια έκθεση ανταγωνιστικότητας και διαρθρωτικής προσαρμογής στον τομέα του Τουρισμού για το έτος (2018), Περιφέρεια Θεσσαλίας

Εφημερίς της Κυβερνήσεως (2013), Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις (ΠΠΔ) για έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας που κατατάσσονται στην Β Κατηγορία της 10ης Ομάδας «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας» του Παραρτήματος Χ της υπ' αριθμ. 1958/2012 (Β' 21) υπουργικής απόφασης, με α/α 1, 2, 8 και 9. Αριθμός απόφασης 3791. Τεύχος δεύτερο, Αρ. Φύλλου 104.

Κατσιφαράκης Κ. (2019), Διαχείριση Ενεργειακών Πόρων – Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις. [Πανεπιστημιακές Σημειώσεις]. Α.Π.Θ. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Μ.Π.Σ. «Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη», Εαρινό Εξάμηνο, 2019. Θεσσαλονίκη.

ΚΥΑ 170225/2014 (Τεύχος ΦΕΚ 135/Β/2014): «Εξειδίκευση των περιεχομένων των φακέλων περιβαλλοντικής αδειοδότησης έργων και δραστηριοτήτων της Κατηγορίας Α' της απόφασης του Υπουργού Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής».

ΚΥΑ 49828/2008 (Τεύχος ΦΕΚ Β' 2464): «Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας».

Ξενόγλωσσες πηγές

Agalgaonkar Y.P., Pal B.C., Jabr R.A. (2014), Distribution voltage control considering the impact of PV generation on tap changers and autonomous regulators IEEE Trans. Power Syst., 29 (1) , pp. 182-192

Ali S., Taweekun J., Techato K., Waewsak J., Gyawali S. (2019), GIS based site suitability assessment for wind and solar farms in Songkhla, Thailand. International Journal of Renewable Energy, 132, 1360-1372.

Alinejad-Beromi, Y., Sedighizadeh, M., Bayat, M.R., Khodayar, M.E., (2007), Using genetic algorithm for Distributed generation allocation to reduce losses and improve

voltage profile. In: Proceedings of the Universities Power Engineering Conference, no. 1, pp. 954–959.

Aydin N. Y., Kentel E., Duzgun S. (2010), GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning: A case study from Western Turkey. *International Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 364-373.

Ayodele T.R., Ogunjuyigbe A.S.O., Odigie O., Jimoh A.A. (2018), On the most suitable sites for wind farm development in Nigeria. *International Journal of Date in Brief*, 19, 29-41.

Baban M.J. S., Parry T. (2001), Developing and applying a GIS-assisted approach to locating wind farms in the UK. *International Journal of Renewable Energy*, 24, 59-71.

Bennui, A., Rattanamanee, P., Puetpaiboon, U., Phukpattaranont, P., Chetpattananondh, K. (2007), Site selection for large wind turbine using GIS. ICEE Inter. Conf., Phuket, Thailand.

Bili A., Vagiona G. D. (2018), Use of multicriterial analysis and gis for selecting sites for onshore wind farms: the case of Andros island (Greece). *European Journal of Environmental Sciences*, 8, 5-13.

Charabi, Y. and Gastli, A. (2011), “PV site suitability analysis using GIS-based spatial fuzzy multi-criteria evaluation”, *Renewable Energy*, Vol. 36, pp. 2554– 2561.

Effat H. A. (2014), Spatial Modeling of Optimum Zones for Wind Farms Using Remote Sensing and Geographic Information System, Application in the Red Sea, Egypt. *International Journal of Geographic Information System*, 6, 358-374.

El-Zonkoly A.M. (2011), Optimal placement of multi-distributed generation units including different load models using particle swarm optimization *Swarm Evol. Comput.*, 1 (1) , pp. 50-59

Farhoodnea M., Mohamed A., Shareef H., Zayandehroodi H. (2013), Power quality analysis of grid-connected photovoltaic systems in distribution networks
Prz. Elektrotech., 89 (2 A) , pp. 208-213

Georgiou A., Polatidis H., Haralambopoulos D. (2012), Wind Energy Resource Assessment and Development: Decision Analysis for Site Evaluation and Application. *International Journal of Energy Sources, Part A*, 34, 1759-1767.

Hand M. M., S. Baldwin, E. DeMeo, J. M. Reilly, T. Mai, D. Arent. (2014), "Renewable electricity futures study", Vol. 65, pp. 374-386.

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. *International Journal of Applied Energy*, 163,222-243.

Kaldellis J. K., Apostolou D., Kapsali M., Kondili E. (2016), Environmental and social footprint of offshore wind energy. Comparison with onshore counterpart. *International Journal of Renewable Energy*, 92, 543-556.

Karimyan P., Gharehpetian G.B., Abedi M., Gavili A. (2014), Long term scheduling for optimal allocation and sizing of DG unit considering load variations and DG type
Int. J. Electr. Power Energy Syst., 54 , pp. 277-287

Kazim B., Simsek, A., Aydin, U., Tosun, M. (2015), A GIS-based Multiple Criteria Decision Analysis approach for wind power plant site selection. *International Journal of Utilities Policy*, 37, 86-96.

Kothari D.P., Nagrath I.L. (2003),
Modern Power System Analysis
(third ed.), Tata McGraw Hill Education private Limited, NEW DELH
D. Systems, Distribution systems – General, pp. 300–309.

L'Abbate A., Fulli G., Starr F., Peteves S. (2007),
Distributed power generation in europe: technical issues for further integration
E. Europe, Interconnection of electric power systems in the Arab worl.

Latinopoulos D, Kechagia K. A. (2015), GIS-based multi-criteria evaluation for wind farm site selection. A regional scale application in Greece. *International Journal of Renewable Energy*, 78, 550-560.

Lejeune P., Feltz C. (2008), Development of a decision support system for setting up a wind energy policy across the Walloon Region (southern Belgium). *International Journal of Renewable Energy*, 33, 2416-2422.

Lewis S.J. (2011),
Analysis and management of the impacts of a high penetration of photovoltaic systems in an electricity distribution network
Innov. Smart Grid Technol. Asia, pp. 1-7

Liu, J., Xu, F. and Lin, S. (2017), “Site selection of photovoltaic power plants in a value chain based on grey cumulative prospect theory for sustainability: A case study in Northwest China”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 148, pp. 386–397.

Loukogeorgaki E., Vagiona G. D., Vasileiou M. (2018), Site Selection of Hybrid Offshore Wind and Wave Energy Systems in Greece Incorporating Environmental Impact Assessment. *International Journal of Energies*, 11, 2095-2111.

Merrouni, A.A., Elalaoui, F.E., Mezrhab, A., Mezrhab, A. and Ghennioui, A. (2018a), “Large scale PV sites selection by combining GIS and Analytical Hierarchy Process. Case study: Eastern Morocco”, *Renewable Energy*, Vol. 119, pp. 863–873.

Mosbah, M., Zine, R., Arif, S., Mohammedi, R.D., Bacha, S., (2019), Optimal power flow for transmission system with photovoltaic based DG using biogeography-based optimization. In: *Proceedings of 2018 3rd International Conference on Electrical Sciences and Technologies in Maghreb, CISTEM 2018*, pp. 1–6.

Munn RE. (1979), *Environmental impact assessment: principles and procedures/*. for Scope by R. E. Munn.

Muralikrishna IV, Manickam V. (2017), Chapter Six – Environmental Impact Assessment and Audit. *Environmental Management-Science and Engineering for Industry*.

Murty V.V.S.N., Kumar A. (2015),
Optimal placement of DG in radial distribution systems based on new voltage stability index under load growth

Int. J. Electr. Power Energy Syst., 69 , pp. 246-256

Renewables 2019: Global status report (2019)

Sabo, M.L., Mariun, N., Hizam, H., Mohd Radzi, M.A. and Zakaria, A. (2016), “Spatial energy predictions from large scale photovoltaic power plants located in optimal sites and connected to a smart grid in Peninsular Malaysia”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 66, pp. 76–94.

Sadeghi M., Karimi M. (2017), GIS-based solar and wind turbine site selection using multicriteria analysis: case study Tehran, Iran. Tehran’s Joint ISPRS Conferences of GI Research, SMPR and EOEC. 7-10 October, Tehran, Iran.

Salih Q.A., Soomro D.M., Saeh I.S. (2015), Optimal distributed generators location for power losses improvement using sensitivity based method IEEE International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications, ICSIMA 2015, no. November (2016), pp. 24-25

Sánchez-Lozano, J.M., García-Cascales, M.S. and Lamata, M.T. (2016), “Comparative TOPSIS-ELECTRE TRI methods for optimal sites for photovoltaic solar farms. Case study in Spain”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 127, pp. 387–398.

Shahzad M., Ahmad I., Gawlik W., Palensky P. (2016), Load concentration factor based analytical method for optimal placement of multiple distribution generators for loss minimization and voltage profile improvement *Energies*, 9 (4)

Tahri, M., Hakdaoui, M. and Maanan, M. (2015), “The evaluation of solar farm locations applying Geographic Information System and Multi-Criteria Decision-Making methods: Case study in southern Morocco”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 51, pp. 1354–1362.

Tegou L.I., Polatidis H., Haralambopoulos D.A. (2007), Distributed Generation with Renewable Energy Systems: The spatial dimension for an autonomous Grid. 47th Conference of the European Regional Science Association ‘Local governance and sustainable development. 29 September, Paris, France.

Tegou LI, Polatidis, H., Haralambopoulos DA. (2010), Environmental management framework for wind farm siting: Methodology and case study. *International Journal of Environmental Impact Assessment Review*, 91, 2134–2147.

Tsoutsos T., Tsitoura I., Kokologos D., Kalaitzakis K. (2015), Sustainable siting process in large wind farms case study in Crete. *International Journal of Renewable Energy*, 75, 474- 480.

Tucho G.T., Weesie P.D.M., Nonhebel S. (2014),
Assessment of renewable energy resources potential for large scale and standalone applications in Ethiopia
Renew. Sustain. Energy Rev., 40 , pp. 422-431

Turney D. and Fthenakis V. (2011), "Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, pp. 3261-3270.

Vagiona D. (2015), Environmental Performance Value of Projects: an Environmental Impact Assesment Tool. *International Journal of Sustainable Development Planning*, 10, 315-330.

von Meier A. (2006),
Electric Power Systems
John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey

Ηλεκτρονικές πηγές

Αρχαιολογικοί Χώροι και Μνημεία Νομού Λάρισας στο:

<http://larisa.culture.gr/index.php/arxaiologikoi-xoroi-kai-mnimeia-nomoy-larissas>

Δήμος Λαρισαίων στο: <https://www.larissa-dimos.gr/el/>

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία στο: <http://www.hnms.gr/emy/el/>

Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ). Απογραφή Πληθυσμού – Κατοίκων 2011 στο: <http://www.statistics.gr/2011-census-pop-hous>

Ενημερωτική Πύλη Κατασκευών Κεραιών. [online] στο:
<https://keraies.eett.gr/anazhthsh.php>

Ιερές Μονές Νομού Λάρισας στο:

<https://imlarisis.gr/home/imlt/%CE%B9%CE%B5%CF%81%CE%B5%CF%82-%CE%BC%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CF%82/>

Λατομεία Θεσσαλίας στο: <https://latomiathessalias.gr/>

Ρυθμιστική Αρχή Ελλάδος (Ρ.Α.Ε.) Γεωπληροφοριακός Χάρτης. [online] στο:

<http://www.rae.gr/geo/>

Υδάτινοι Πόροι και Περιβάλλον Θεσσαλίας στο:

<https://www.ypethe.gr/archive/perissoteres-plirofories-epifaneiaka-nera-thessalias>

Geodata.gov.gr Χάρτες. [online] στο: <http://geodata.gov.gr/maps/?locale=el>