



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ-ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

Εκτίμηση αιολικού δυναμικού στην περιοχή των Κυθήρων

Κασιμάτης Ε. Δημήτριος

Επιβλέπων: Ευάγγελος Μπαλτάς,

Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάιος 2015

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ-ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

Εκτίμηση αιολικού δυναμικού στην περιοχή των Κυθήρων

Κασιμάτης Ε. Δημήτριος

Τριμελής Επιτροπή:

Μπαλτάς Ευάγγελος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Νάστος Παναγιώτης, Καθηγητής ΕΚΠΑ

Μαμάσης Νικόλαος, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάιος 2015

Πρόλογος

Με την ολοκλήρωση των μεταπτυχιακών μου σπουδών, που σηματοδοτεί η παρούσα εργασία, νιώθω την ανάγκη να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όσους συνέβαλαν σε αυτήν.

Αρχικά, στον επιβλέποντα της εργασίας, κ. Ευάγγελο Μπαλτά, Αναπληρωτή Καθηγητή ΕΜΠ, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για την συνεργασία που είχαμε κατά την υπόδειξη του θέματος, την πολύτιμη καθοδήγησή του και τις συμβουλές του καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας μου.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στους διδάσκοντες του ΔΠΜΣ «Επιστήμη και Τεχνολογία των Υδατικών Πόρων», τα μαθήματα των οποίων παρακολούθησα, για τις σημαντικές γνώσεις που αποκόμισα. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές και φίλους μου από το μεταπτυχιακό για τις όμορφες στιγμές που περάσαμε κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την απεριόριστη ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου για την εμπιστοσύνη και την απεριόριστη στήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια, στην προσπάθειά μου για την πραγματοποίηση των στόχων μου.

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| Περίληψη | 7 |
| Extended summary..... | 9 |
| Introduction | 9 |
| Identification of the suitable areas | 9 |
| Maximum number of standard wind turbines..... | 12 |
| Evaluation of final featured areas | 12 |
| 1 Εισαγωγή..... | 17 |
| 1.1 Ενεργειακή κατάσταση στην Ευρώπη..... | 17 |
| 1.2 Στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας..... | 19 |
| 1.3 Ενεργειακή κατάσταση στην Ελλάδα..... | 19 |
| 1.3.1 Η Εξωτερική Εξάρτηση | 20 |
| 1.3.2 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα | 21 |
| 2 Θεωρητικές Έννοιες..... | 25 |
| 2.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας | 25 |
| 2.1.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. 26 | |
| Πλεονεκτήματα | 26 |
| Μειονεκτήματα | 27 |
| 2.1.2 Μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας | 27 |
| 2.2 Ειδικό χωροταξικό για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας..... | 37 |
| 2.2.1 Χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων | 37 |
| 2.2.2 Κριτήρια χωροθέτησης αιολικών μονάδων στο νησιωτικό χώρο..... | 39 |
| 2.3 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών | 40 |
| 2.3.1 Γενικά | 40 |
| 2.3.2 Βασικές Αρχές..... | 41 |
| 2.3.3 Βασικά μέρη ΓΣΠ..... | 42 |
| 2.3.4 Βασικές διαδικασίες και στάδια στα ΓΣΠ..... | 43 |
| 2.3.5 Εφαρμογές..... | 44 |
| 3 Περιοχή Μελέτης..... | 47 |
| 3.1 Γενικά στοιχεία | 47 |
| 3.2 Μορφολογία | 48 |
| 3.3 Κλίμα | 50 |
| 3.4 Πληθυσμιακά στοιχεία..... | 50 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.5 | Οικιστικό δίκτυο..... | 51 |
| 3.6 | Χρήσεις γης..... | 53 |
| 3.7 | Υποδομές – δίκτυα..... | 55 |
| 3.7.1 | Οδικό δίκτυο..... | 55 |
| 3.7.2 | Αεροδρόμιο | 56 |
| 3.7.3 | Λιμάνι..... | 56 |
| 3.7.4 | Διασυνδεδεμένα νησιά | 56 |
| 3.7.5 | Υδρογραφικό δίκτυο | 56 |
| 3.7.6 | Ακτές κολύμβησης | 57 |
| 3.8 | Ιδιαίτερα φυσικά χαρακτηριστικά – Προστατευόμενες περιοχές..... | 59 |
| 3.9 | Αρχαιολογικοί χώροι – Μνημεία – Ιερές Μονές | 60 |
| 3.10 | Αιολικό δυναμικό | 63 |
| 4 | Μεθοδολογία | 65 |
| 4.1 | Γενικό περίγραμμα μεθοδολογίας | 65 |
| 4.2 | Στάδιο 1: Εκτίμηση κατάλληλων περιοχών | 66 |
| 4.3 | Στάδιο δεύτερο: Εκτίμηση Αιολικού Δυναμικού περιοχής μελέτης | 67 |
| 4.4 | Στάδιο 3: Αξιολόγηση Καταλληλότητας Προτεινόμενων Περιοχών..... | 68 |
| | Χρήση του εργαλείου της σταθμισμένης επικάλυψης | 69 |
| 5 | Εφαρμογή..... | 71 |
| 5.1 | Καθορισμός κριτηρίων | 71 |
| 5.1.1 | Περιβαλλοντικά Κριτήρια..... | 72 |
| 5.1.2 | Πολιτιστικά Κριτήρια..... | 72 |
| 5.1.3 | Οικιστικά Κριτήρια | 73 |
| 5.1.4 | Κριτήρια δικτύων και υποδομών..... | 73 |
| 5.1.5 | Κριτήρια παραγωγικών δραστηριοτήτων | 73 |
| 5.1.6 | Λειτουργικά κριτήρια | 74 |
| 5.2 | Προσδιορισμός Θεματικών Επιπέδων | 75 |
| 5.3 | Δημιουργία Ζωνών Αποκλεισμού | 78 |
| 5.3.1 | Ζώνη αποκλεισμού: Περιβαλλοντικά Κριτήρια..... | 79 |
| 5.3.2 | Ζώνη αποκλεισμού: Πολιτιστικά Κριτήρια..... | 80 |
| 5.3.3 | Ζώνη αποκλεισμού: Οικιστικά Κριτήρια | 81 |
| 5.3.4 | Ζώνη αποκλεισμού: Κριτήρια Δικτύων και Υποδομών..... | 82 |
| 5.3.5 | Ζώνη αποκλεισμού: Κριτήρια Παραγωγικών Δραστηριοτήτων..... | 83 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 5.3.6 | Τελικές Ζώνες Αποκλεισμού | 84 |
| 5.4 | Δημιουργία ζωνών επιρροής | 85 |
| 5.5 | Τελικές Προτεινόμενες Περιοχές | 85 |
| 5.6 | Στάδιο 2: Εκτίμηση Αιολικού Δυναμικού Κυθήρων..... | 89 |
| | Αξιολόγηση αιολικού δυναμικού | 92 |
| 6 | Αξιολόγηση Προτεινόμενων Περιοχών | 93 |
| 6.1 | Καθορισμός βαθμών καταλληλότητας κριτηρίων..... | 94 |
| 6.1.1 | Αιολικό δυναμικό | 94 |
| 6.1.2 | Προσβασιμότητα στο οδικό δίκτυο | 97 |
| 6.1.3 | Κλίσεις εδάφους | 99 |
| 6.1.4 | Ορατότητα από σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος..... | 101 |
| 6.2 | Αξιολόγηση με επικάλυψη των κριτηρίων..... | 104 |
| 7 | Συμπεράσματα | 109 |
| 7.1 | Γενικά συμπεράσματα | 109 |
| 7.2 | Συμπεράσματα από την εκτίμηση των περιοχών που είναι κατάλληλες για εγκατάσταση αιολικών..... | 109 |
| 7.3 | Συμπεράσματα από την εκτίμηση του Αιολικού Δυναμικού των Κυθήρων | 110 |
| 7.4 | Συμπεράσματα από την αξιολόγηση των προτεινόμενων περιοχών | 110 |
| 7.5 | Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα | 111 |
| | Αναφορές..... | 113 |
| | Παράρτημα | 117 |

Περίληψη

Οι συνεχώς αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες έχουν οδηγήσει σε κατασπατάληση των φυσικών πόρων και στη δημιουργία περιβαλλοντικών, κοινωνικών και πολιτικών προβλημάτων. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη και χρησιμοποίηση νέων μορφών ενέργειας που είναι περισσότερο φιλικές προς το περιβάλλον και δεν εξαρτώνται από τα ορυκτά καύσιμα, τις Ανανεώσιμες Μορφές Ενέργειας (ΑΠΕ). Από τις πλέον διαδεδομένες μορφές ΑΠΕ είναι η αιολική ενέργεια, η οποία αποτελεί προτεραιότητα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ωστόσο, πέρα από τα οφέλη που δημιουργεί, η ανεξέλεγκτη και απρογραμματίστη χωροθέτηση αιολικών πάρκων, μπορεί να οδηγήσει τελικά σε αδυναμία συνετής χρησιμοποίησης των φυσικών πόρων και πλημμελή προστασία του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος. Επομένως, ο χωροταξικός σχεδιασμός, που θα επιτρέπει αφενός την δημιουργία βιώσιμων εγκαταστάσεων ΑΠΕ και αφετέρου την αρμονική ένταξή τους στο περιβάλλον ώστε να ανταποκρίνονται στους στόχους των εθνικών και ευρωπαϊκών πολιτικών θεωρείται απαραίτητος. Ο σχεδιασμός αυτός στην Ελλάδα διασφαλίζεται μέσω του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΠΧΣΑΑ) για τις ΑΠΕ δίνοντας τις κατευθυντήριες γραμμές για την πολιτική χωροθέτησης έργων ΑΠΕ καθώς και την καθιέρωση κανόνων και κριτηρίων αυτής. Βάση των παραπάνω, στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η εύρεση των κατάλληλων για χωροθέτηση περιοχών και εν συνεχεία η εκτίμηση του αιολικού δυναμικού στην περιοχή των Κυθίων.

Το νησί των Κυθίων βρίσκεται στη νότια Ελλάδα μεταξύ Πελοποννήσου και Κρήτης και έχει έκταση 279 km². Το νησί διαθέτει πολύ ευνοϊκά ανεμολογικά χαρακτηριστικά που το καθιστούν κατάλληλο για μελέτη. Για την εύρεση των κατάλληλων περιοχών χρησιμοποιήθηκαν τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.

Αρχικά με βάση τους κανόνες του ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ δημιουργήθηκαν ζώνες αποκλεισμού, δηλαδή περιοχές στις οποίες δεν επιτρέπεται η εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Έπειτα, δημιουργήθηκαν ζώνες επιρροής με βάση κριτήρια που εξασφαλίζουν τη λειτουργικότητα των αιολικών εγκαταστάσεων. Από το συνδυασμό αυτών των ζωνών προέκυψαν οι περιοχές που είναι κατάλληλες για χωροθέτηση των αιολικών σταθμών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί.

Στο επόμενο στάδιο έγινε η εκτίμηση του αιολικού δυναμικού θεωρώντας την τυπική ανεμογεννήτρια που ορίζει το ΕΠΧΣΑΑ. Χρησιμοποιώντας τις προτεινόμενες περιοχές του αρχικού σταδίου και με βάση τους περιορισμούς πυκνότητας ανεμογεννητριών του ΕΠΧΣΑΑ για τον νησιωτικό χώρο έγινε η εκτίμηση της 'φέρουσας ικανότητας' των Κυθίων σε τυπικές ανεμογεννήτριες.

Τέλος, έγινε αξιολόγηση των προτεινόμενων περιοχών ώστε να μπορούν να εκτιμηθούν οι πλέον κατάλληλες από αυτές. Τα δυναμικά κριτήρια επιλέχθηκαν έτσι

ώστε να βρεθούν οι βέλτιστές περιοχές όσον αφορά την απόδοση, τη λειτουργικότητα και την ομαλότερη ένταξη στο περιβάλλον του νησιού.

Extended summary

Introduction

Overuse of hydrocarbons and the environmental cost of this, create the need for using new forms of energy, more environmentally friendly. This is achieved with Renewable Energy Sources. The promotion of renewable energy sources is a priority in European Union policies.

Wind energy is the most important form of renewable energy. However, it is necessary to create a legal framework to ensure the sustainability and smooth integration of wind farms on the environment. Special Framework of Spatial Planning and Sustainable Development for Renewable Energy ensure this in Greece.

Aim of this postgraduate thesis is the capacity estimation of standard wind turbines using the criteria of Special Framework of Spatial Planning. Study area is the island of Kithira, which is located in Southern Greece between Peloponnesus and Crete. The area of the island is 279 km² and it has high wind potentials.

Process' methodology has three stages:

- a. The identification of the appropriate areas, according to the spatial planning of wind farms, based on the available data of wind potential
- b. The maximum number of standard wind turbines that can be installed
- c. Evaluation of final featured areas

Identification of the suitable areas

In the first stage became the definition of simple criteria to assess the suitable areas. The criteria are divided into five main categories:

- Environmental
- Residential
- Network Infrastructure
- Cultural
- Operating / Finance

To find suitable areas for the installation of wind farms, areas which excluded either for practical reasons or for security reasons were identified. Thus exclusion zones created serving each of the above categories. For environmental purposes, exclusion zones created for protected areas that are part of the network Natura 2000, rivers and bathing beaches. For residential criteria created exclusion zones around residential areas serving mainly security reasons while on cultural criteria created exclusion zones

around archaeological monuments and cultural heritage sites. The criteria of networks and infrastructures created exclusion zones around roads and airports serving security reasons. The exclusion zones were created based on the buffer tool ArcMap 10.

Then the zones of influence concerning the wind resources and accessibility to road network were created. The intersection of these constraints creates the final zone of influence. Removal the exclusion zones of influence zones exported final proposed areas suitable for wind farm installation.

This methodology was applied using the appropriate tools of ArcMap as shown below.

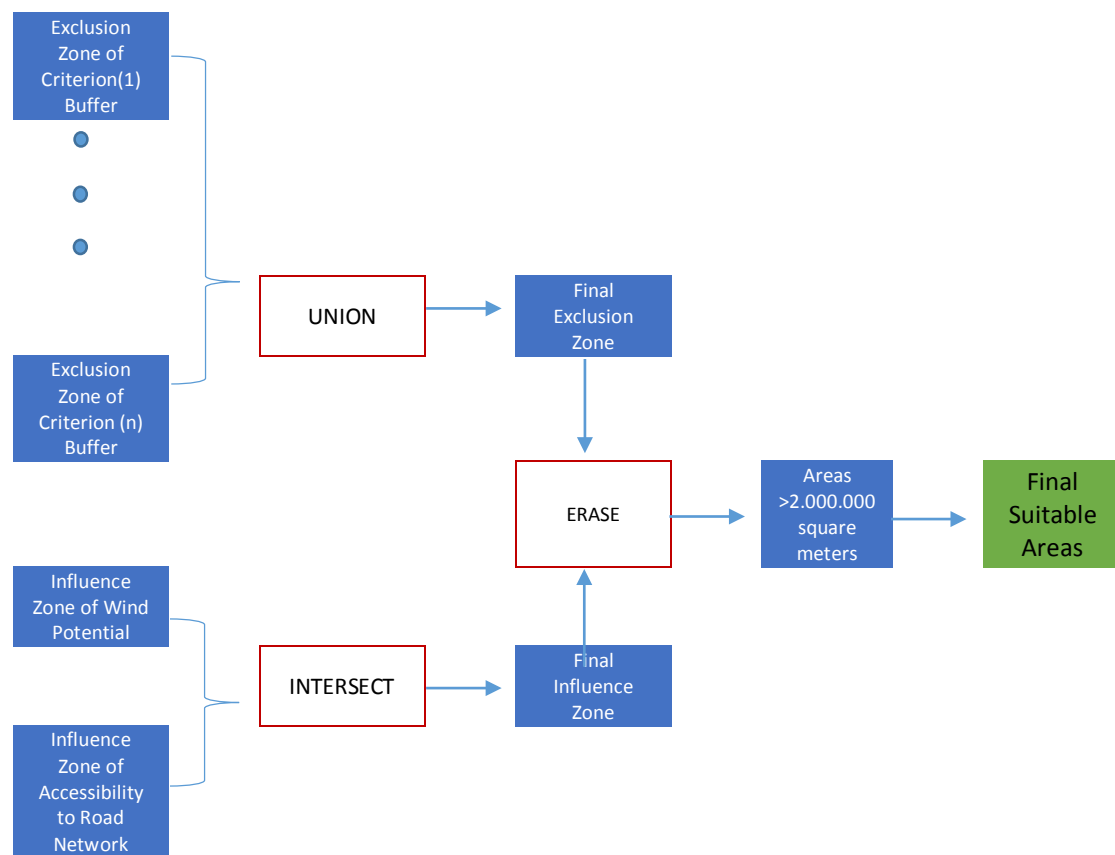


Figure 1: First Stage Flowchart

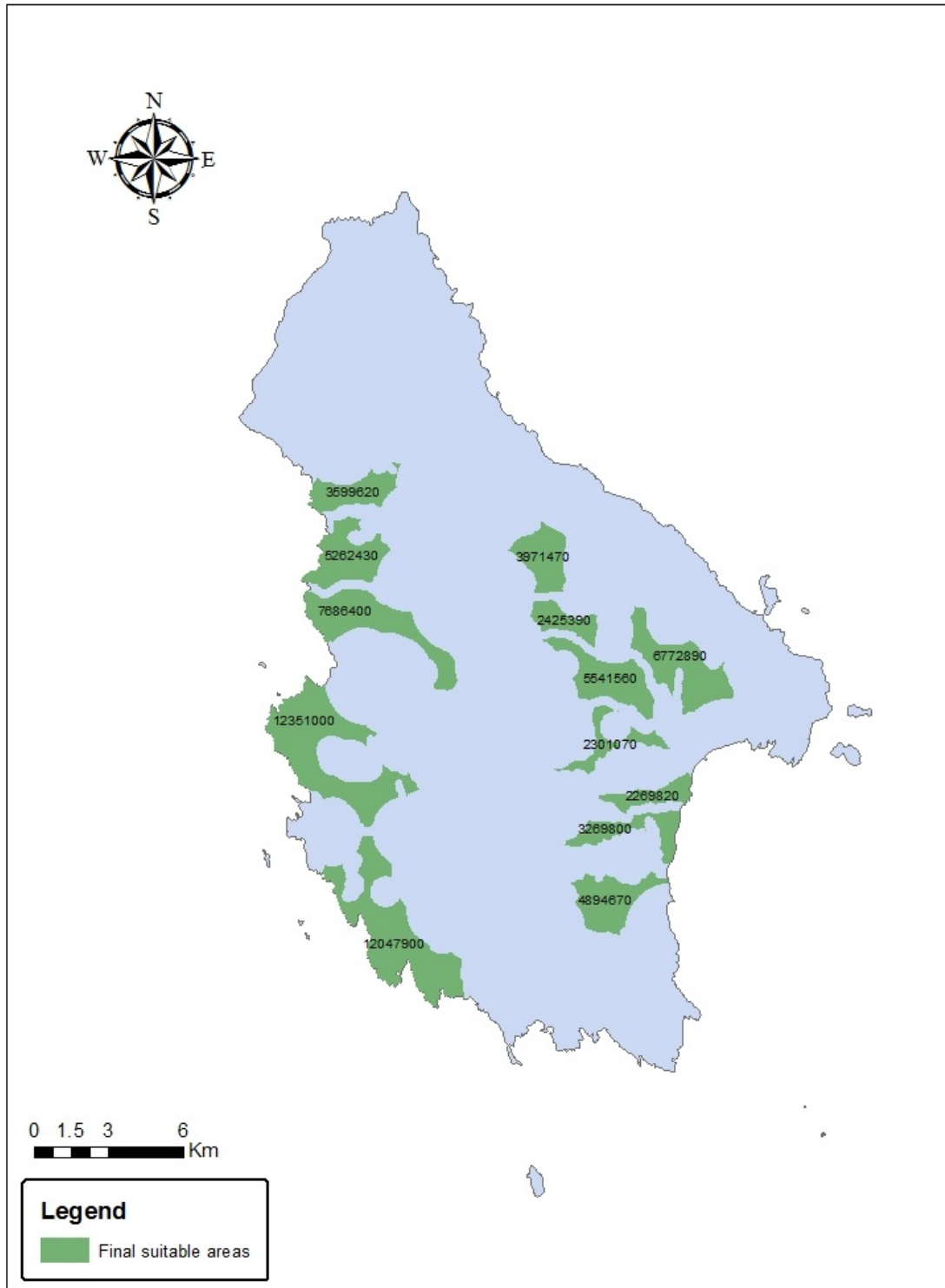


Figure 2: Area of Final Suitable Areas

The total area of suitable areas is about 72 000 000 square meters.

Maximum number of standard wind turbines

The next step was the estimation of the maximum number of standard wind turbines which can be installed on the island. The characteristics of standard wind turbines are defined in Special Framework of Spatial Planning and Sustainable Development for Renewable Energy.

Figure 3: Standard Wind Turbine Characteristics

| Standard Wind Turbine Characteristics | |
|---------------------------------------|------------|
| Rotor Diameter | 85 m |
| Tower Height | 80 m |
| Rated Power | 2 MW |
| Rated Speed | 12 m/s |
| Operating Range | 3 - 22 m/s |

As well, the maximum land coverage from wind farms in the inhabited islands of the Aegean Sea, Ionian Sea and Crete cannot exceed 4% of the municipality area (0,53 standard wind turbines/10.000 m²). Using this restrictive criterion and the standard wind turbines characteristics the total wind potential of Kythira is 64 MW.

Evaluation of final featured areas

This stage was the evaluation of the 13 proposed areas of the first step. This is done by determining weights to each criterion to define the suitability of each area. In this stage the criteria are dynamic, meaning that the impact of the suitability of a particular region are changing in relation to other criteria.

Figure 4: Eligibility Criteria Layers

| Layers | Factors | Criteria |
|--------------------------------------|---------------------------|---|
| Wind Potential | Financial / Operational | ≥ 4 m/s |
| Accessibility to Road Network | Economic / Infrastructure | 130 m to 2 km |
| Slope | Physical / Financial | ≤ 25 % |
| Visibility from settlements | Residential / Aesthetic | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Distance more than 1,5 km from traditional settlements ▪ Distance more than 1 km for settlements < 2000 residents ▪ Distance more than 500m for archaeological sites and monuments |

At this stage suitability for each criterion of the table is determined. All levels are determined based on a common scale of 1 to 5 with intervals of 1. The grade 5 being the highest degree of suitability, and the grade 1 the lower and zero values are discarded (unsuitable areas).

The criteria of accessibility to the road network, have grades of suitability that decrease as it extends away from the road. For the layer of the slopes, the greater the slopes reduce the grade of suitability of the area. The visibility of the wind farm from the settlements and archaeological sites will decrease the longer the distance from them. Therefore, the areas with the greatest grade of suitability for this criterion will be those with the greatest distance from the settlements. The wind potential, is one of the most important factors for the viability of a wind farm. The performance of the wind farm is directly dependent on the wind speed. This speed must be greater than 4 m/s. The grade of suitability according to wind speed is defined using the graph below:

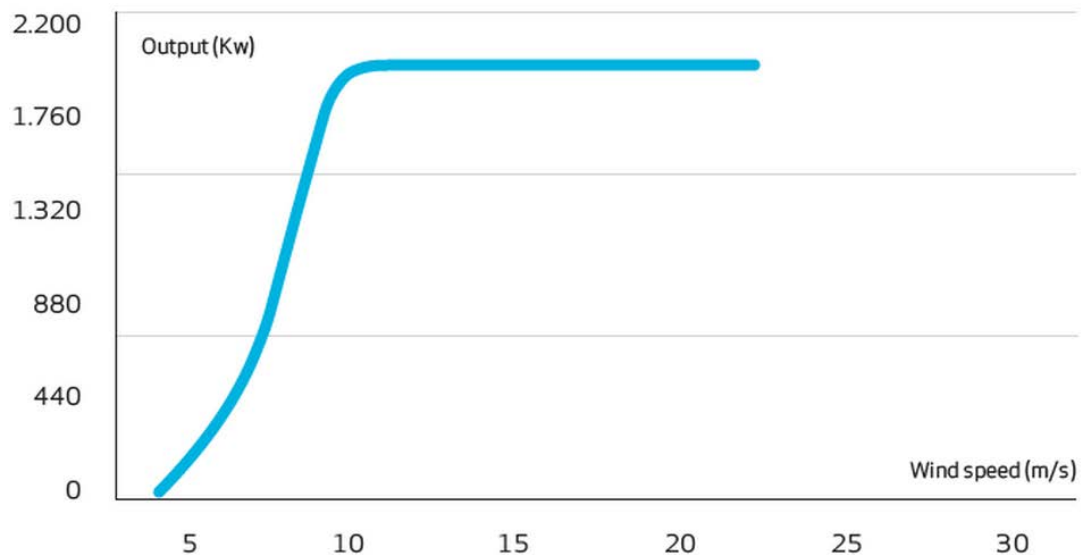


Figure 5: Power Curve (www.vestas.com)

The final evaluation of the proposed area is made on the operation of Weighted Overlay. This process occurs with the use of Arcmap which enables solving multi-criteria problems. The overlay of incoming layers is made using a common scale and assigning the weights depending on their importance.

Figure 6: Data input in weighted overlay tool

| Layer (Raster) | Influence | Field | | | Scale Value |
|--------------------------------------|------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| <i>Wind Potential</i> | 25% | Wind Speed (m/s) | | | |
| | | 6-8 | | | 2 |
| | | 8-10 | | | 3 |
| | | 10-12 | | | 5 |
| | | > 12 | | | 4 |
| <i>Accessibility to road network</i> | 25% | Distance from road network | | | |
| | | < 130 | | | 0 |
| | | 130 – 500 | | | 5 |
| | | 500 – 1000 | | | 4 |
| | | 1000 – 1500 | | | 3 |
| | | 1500 – 2000 | | | 2 |
| | | > 2000 | | | 1 |
| <i>Slope</i> | 25% | Slope | | | |
| | | < 130 | | | 0 |
| | | 130 – 500 | | | 5 |
| | | 500 – 1000 | | | 4 |
| | | 1000 – 1500 | | | 3 |
| | | 1500 – 2000 | | | 2 |
| | | >2000 | | | 1 |
| <i>Visibility</i> | 25% | Traditional Settlement | Settlement < 2000 residents | Archaeological Sites | |
| | | < 1.5 | < 1 | < 0.5 | 0 |
| | | 1.5 – 3 | 1 – 1.5 | 0.5 – 3 | 1 |
| | | 3 – 4 | 1.5 – 2 | 3 – 4 | 2 |
| | | 4 – 5 | 2 – 2.5 | 4 – 5 | 3 |
| | | 5 – 6 | 2.5 – 3 | 5 – 6 | 4 |
| | | > 6 | > 3 | > 6 | 5 |

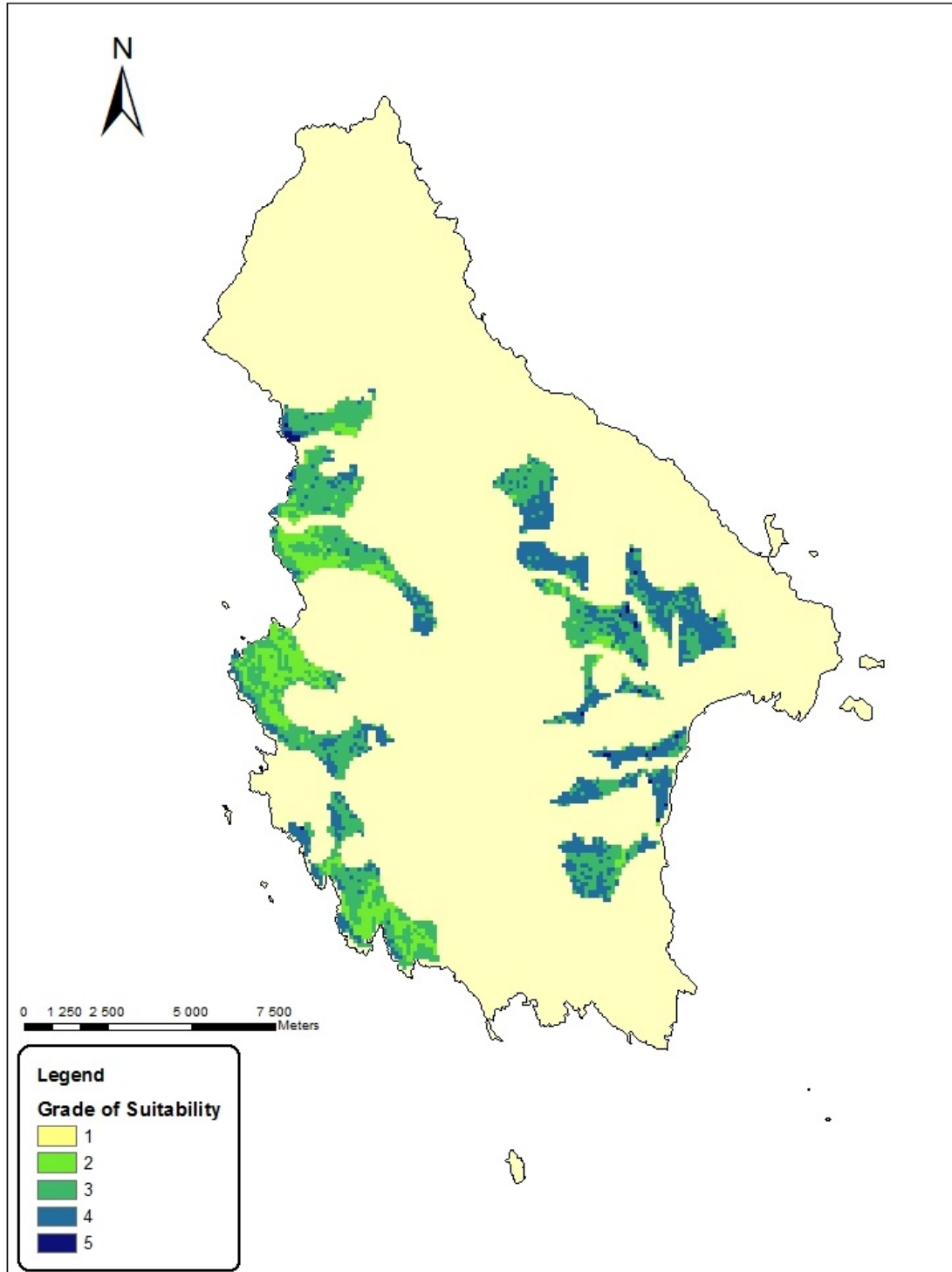


Figure 7: Grade of Suitability of Suitable Areas

The assessment concluded that the areas with the highest relevance located in the eastern part of the island. Instead, the proposed areas in the west and especially those near the center of the island take a lower extent eligibility. This is due to the criterion of visibility. In these areas there are several settlements, thus creating a problem of possible visual impact. Unlike the eastern part is more thinly-populated areas so there are greater grade of suitability.

In general, however, the majority of regions has grade of suitability above 50% which shows that the island has great potential exploitation of wind potential.

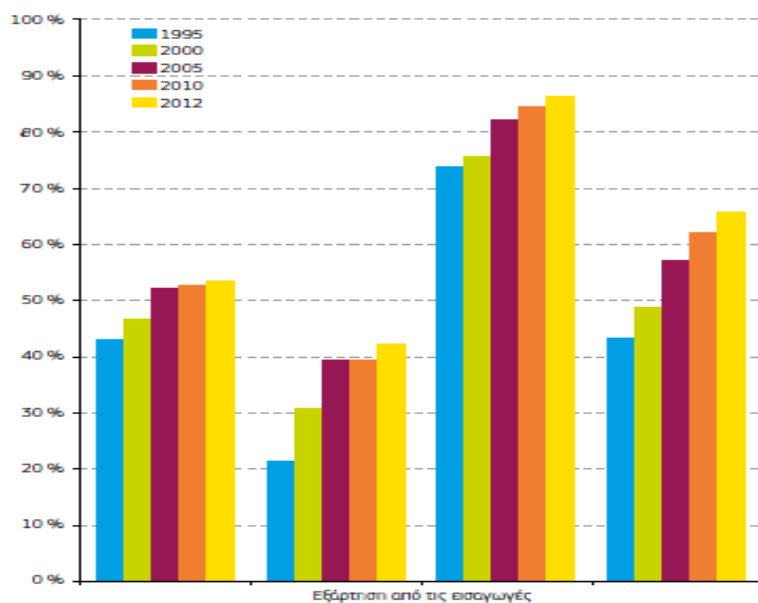
1 Εισαγωγή

Το φως, η θέρμανση, οι μεταφορές, η βιομηχανική παραγωγή εξαρτώνται από την ενέργεια. Εύκολα λοιπόν γίνεται αντιληπτό πόσο ζωτικής σημασίας είναι για τις αναγκαίες καθημερινές δραστηριότητες και τις επιχειρήσεις. Ωστόσο οι ορυκτοί πόροι (πετρέλαιο, φυσικό αέριο και άνθρακας), που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας δεν είναι ανεξάντλητοι. Επίσης οι τεράστιες ποσότητες ενέργειας που απαιτούνται για να εξασφαλιστεί η σημερινή ποιότητα ζωής έχουν ως αποτέλεσμα τη ρύπανση (ατμοσφαιρική ρύπανση, ρύπανση του νερού, του εδάφους, επιπτώσεις στο κλίμα). Οι συνέπειες αυτές θα πρέπει να μειωθούν στο ελάχιστο. Υπάρχει επομένως η ανάγκη όχι μόνο για καλύτερη διαχείριση των πηγών ενέργειας, αλλά και για ανάπτυξη νέων.

Ειδικότερα η Ευρώπη καταναλώνει και εισάγει όλο και περισσότερη ενέργεια. Οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) γνωρίζουν καλά ότι είναι προς το συμφέρον τους να δρουν συντονισμένα στον στρατηγικό αυτόν τομέα. Έτσι, η Ευρώπη έχει σήμερα κοινούς κανόνες και μπορεί να βαδίζει προς την ίδια κατεύθυνση, ώστε να εξασφαλίζει ικανοποιητική ποσότητα ενέργειας, σε προσιτές τιμές και προκαλώντας τη μικρότερη δυνατή ρύπανση.

1.1 Ενεργειακή κατάσταση στην Ευρώπη

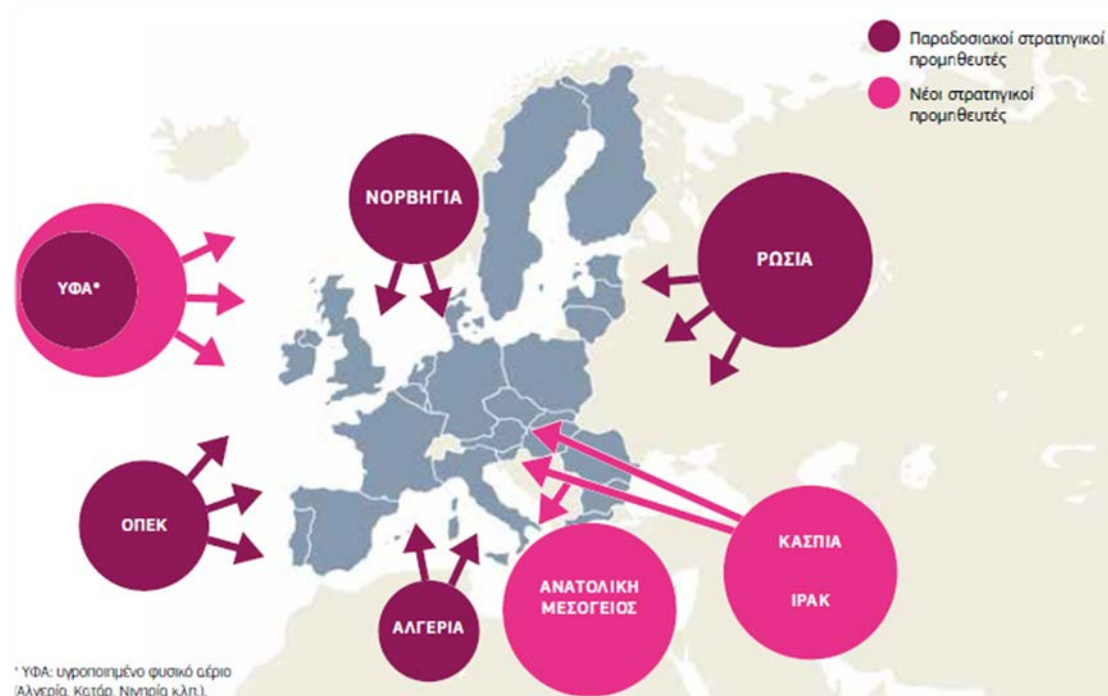
Ένα βασικό χαρακτηριστικό της Ευρώπης είναι η ενεργειακή της εξάρτηση από τον υπόλοιπο κόσμο. Η ΕΕ, παρότι η δεύτερη οικονομία σε παγκόσμια κλίμακα,



Σχήμα 1.1: Προμηθευτές πετρελαίου και φυσικού αερίου ΕΕ (Πηγή: Eurostat)

καταναλώνει μεν το 1/5 της ενέργειας που παράγεται στον κόσμο, διαθέτει όμως ελάχιστα αποθέματα ενεργειακών πόρων.

Η ενεργειακή αυτή εξάρτηση έχει τεράστιες επιπτώσεις στην οικονομία της ΕΕ. Αγοράζεται πετρέλαιό από τις χώρες του Οργανισμού Πετρέλαιο-Εξαγωγικών Κρατών (ΟΠΕΚ) και τη Ρωσία, και το φυσικό αέριο από την Αλγερία, τη Νορβηγία και τη Ρωσία. Αυτό σημαίνει απώλεια πλούτου για την Ευρώπη ύψους άνω των 350 δισεκατομμυρίων ευρώ ετησίως. Το κόστος της ενέργειας αυξάνεται επίσης σταθερά. Επομένως, η Ευρώπη, που πρέπει να εισάγει πάνω από τη μισή της ενέργεια, διότι διαθέτει ελάχιστα αποθέματα ενεργειακών πόρων, οφείλει να αποδέχεται τις τιμές που αποφασίζουν οι παγκόσμιες αγορές ή ακόμη και μεμονωμένες χώρες εφοδιασμού.



Σχήμα 1.2: Εισαγωγές ορυκτών καυσίμων στην ΕΕ των 27 (1995-2012) (Πηγή: Eurostat)

Ταυτόχρονα, διακεκριμένοι επιστήμονες απέδειξαν το τεράστιο κόστος της κλιματικής αλλαγής, αν ο κόσμος δεν καταφέρει να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Αυτό αφορά άμεσα τον τομέα της ενέργειας, ο οποίος εξαρτάται κατά 80% και πλέον από τα ορυκτά καύσιμα, τα οποία εκπέμπουν κατά την καύση τους διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το κυριότερο αέριο του θερμοκηπίου. Συνεπώς, το μέλλον του τομέα της ενέργειας στην Ευρώπη εξαρτάται από τη μείωση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων και την αύξηση της χρήσης πηγών ενέργειας με χαμηλές ανθρακούχες εκπομπές.

1.2 Στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Ο σημερινός στόχος της ΕΕ είναι το 20% της κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ να προέρχεται έως το 2020 από ΑΠΕ και τουλάχιστον το 27% μέχρι το 2030. Η προώθηση του στόχου αυτού σε ολόκληρη την Ευρώπη έχει οδηγήσει σε θεαματική αύξηση της παραγωγικής ικανότητας στον τομέα των ΑΠΕ. Το 2011 ηλιακοί συλλέκτες πάνω από 100 GW εγκαταστάθηκαν σε ολόκληρο τον κόσμο, εκ των οποίων το 70% στην ΕΕ. Η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας της ΕΕ συμβάλλει σε μείωση των εισαγωγών ορυκτών καυσίμων που ισοδυναμεί με περίπου 400 δισεκατομμύρια ευρώ κάθε χρόνο.

Η επέκταση της αγοράς ΑΠΕ της Ευρώπης μείωσε σημαντικά το κόστος των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: τα τελευταία επτά χρόνια το κόστος των ηλιακών συλλεκτών μειώθηκε κατά 70%.

Οι ΑΠΕ αποτελούν επίσης μέρος του αναπτυσσόμενου τομέα της «πράσινης» τεχνολογίας που απασχολεί όλο και περισσότερα άτομα στην Ευρώπη. Το 2011, 1,2 εκατομμύρια άτομα εργάζονταν σε θέσεις συνδεδεμένες με τον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Έως το 2020 οι τομείς των ΑΠΕ και της ενεργειακής απόδοσης αναμένεται να απασχολούν πάνω από τέσσερα εκατομμύρια άτομα σε ολόκληρη την ΕΕ.

Οι ΑΠΕ βρίσκονται στο επίκεντρο της ευρωπαϊκής μακροπρόθεσμης ενεργειακής στρατηγικής, επειδή συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και μειώνουν τις εισαγωγές ενέργειας στην Ευρώπη, συμβάλλοντας στη μεγαλύτερη ενεργειακή της ανεξαρτησία. Η πλήρης άνθηση αυτού του κλάδου συμβάλλει στην τεχνολογική πρωτοπορία της Ευρώπης δημιουργώντας νέες «πράσινες» θέσεις εργασίας στις χώρες της ΕΕ και οδηγώντας σε εξαγωγές υψηλής προστιθέμενης αξίας.

1.3 Ενεργειακή κατάσταση στην Ελλάδα

Ο ελληνικός ενεργειακός τομέας χαρακτηρίζεται από μια ολοένα και λιγότερο αποδοτική κατανάλωση κυρίως στους τομείς των μεταφορών και του τριτογενούς-οικιακού τομέα, και από μια ανεπάρκεια της εσωτερικής παραγωγής να ικανοποιήσει τις ενεργειακές ανάγκες και κατά συνέπεια από μια εξωτερική εξάρτηση αυξημένη και δαπανηρή για την οικονομία της χώρας.

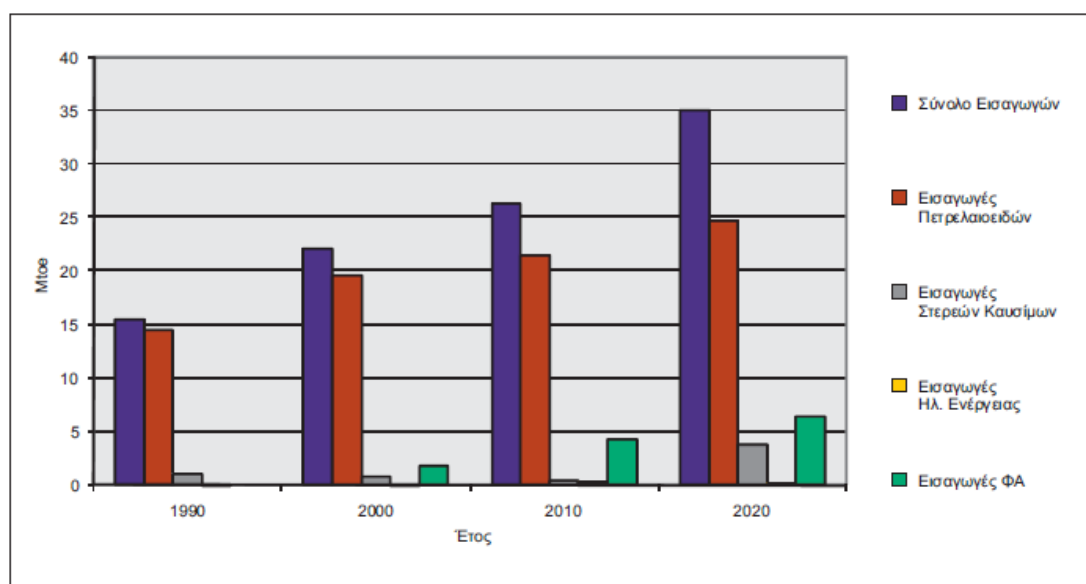
Ο λιγνίτης είναι η κύρια εγχώρια πηγή ενέργειας και χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Τα 4/5 (85,7%) της συνολικής εγχώριας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτονται από ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο και λιγνίτης). Το φυσικό αέριο εισήχθη για πρώτη φορά το 1996 και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, εξαιρουμένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών, άρχισαν να αποτελούν

αξιοσημείωτη πηγή για την παραγωγή ενέργειας από τα τέλη της δεκαετίας του '90. Η ενεργειακή εξάρτηση της χώρας είναι πολύ μεγαλύτερη από το κοινοτικό μέσο όρο και αγγίζει το 72% το 2006, εξαιτίας κυρίως των εισαγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου.

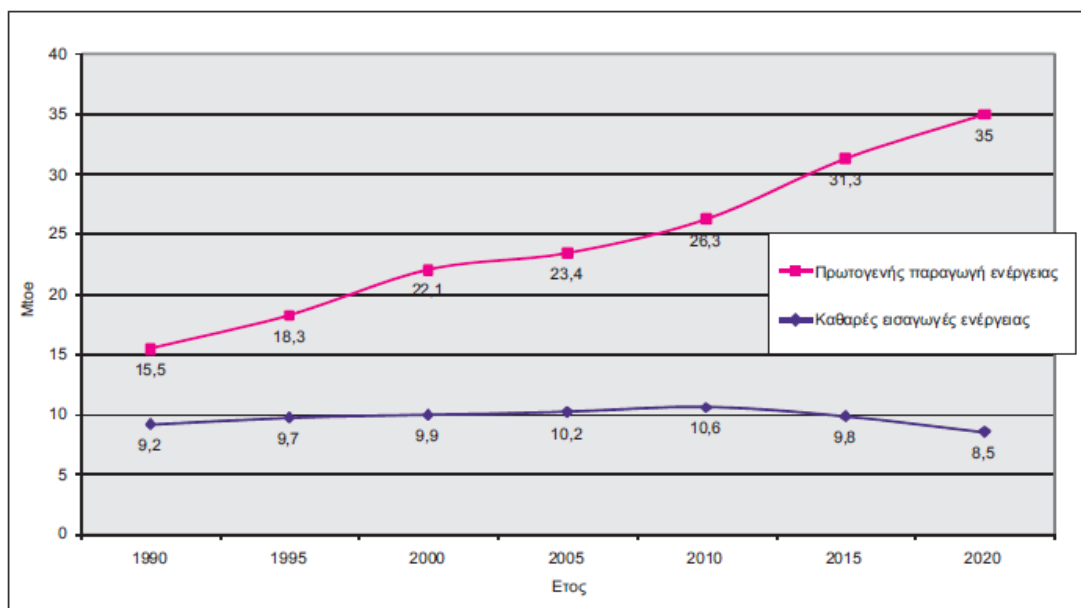
1.3.1 Η Εξωτερική Εξάρτηση

Η ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδας παρουσιάζεται στα Σχήματα 1.5 και 1.6, όπου συμπεριλαμβάνονται και οι προβλέψεις για το 2020 σύμφωνα με τις υπάρχουσες τάσεις. Συνέπεια της μεγάλης ενεργειακής εξάρτησης αποτελεί το γεγονός ότι μεταξύ του 2004 και 2008 διπλασιάστηκε η αξία των εισαγωγών αργού πετρελαίου. Σημειώνεται ότι δεδομένου του ότι η τιμή του φυσικού αερίου είναι συνδεδεμένη με την τιμή του πετρελαίου επηρεάζεται ανάλογα και η αξία των εισαγωγών φυσικού αερίου.

Η Ευρωπαϊκή αλληλεγγύη και η συνεχής ανάπτυξη του ΑΕΠ μειώνουν τους κινδύνους που συνδέονται με την ισχυρή ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδας. Η πρόσφατη Ρωσο-ουκρανική κρίση απέδειξε πάντως, την δυνατότητα του Ελληνικού ενεργειακού συστήματος να διαχειρισθεί μια διακοπή εφοδιασμού προερχόμενη από τον κύριο προμηθευτή φυσικού αερίου, χωρίς επιπτώσεις για τους καταναλωτές.



Σχήμα 1.3: Εξέλιξη του καταμερισμού των ενεργειακών εισαγωγών ανά καύσιμο (Πηγή: Υπουργείο Ανάπτυξης, Φεβρουάριος 2009)



Σχήμα 1.4: Εξέλιξη εγχώριας παραγωγής ενέργειας και ενεργειακών εισαγωγών (Πηγή: Υπουργείο Ανάπτυξης, Φεβρουάριος 2009)

1.3.2 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα

Η συνεισφορά των ΑΠΕ στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο, ήταν της τάξης του 5,3% το 2006, σε επίπεδο συνολικής διάθεσης πρωτογενούς ενέργειας στη χώρα και της τάξης του 18%, σε επίπεδο εγχώριας παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας. Η παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας από ΑΠΕ το 2006 ήταν 1,8 Mtoe (1 toe = 11.627,9 kWh), ενώ στις αρχές της δεκαετίας του 90 ήταν 1,2 Mtoe. Εξ αυτών, 702 ktoe (δηλαδή 39%) οφείλονται στη χρήση βιομάζας στα νοικοκυριά, 230 ktoe περίπου στη χρήση βιομάζας στη βιομηχανία για ίδιες ανάγκες (συνολικό ποσοστό της βιομάζας 52%), 536 ktoe (30%) από την παραγωγή των υδροηλεκτρικών, 146 ktoe (8,1%) από την παραγωγή των αιολικών, 109 ktoe (6%) από την παραγωγή των θερμικών ηλιακών συστημάτων, 11 ktoe από τη γεωθερμία και 33 ktoe από το βιοαέριο, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ηλεκτροπαραγωγή από τις κλασσικές ΑΠΕ στην Ελλάδα (χωρίς τα μεγάλα υδροηλεκτρικά) αυξάνεται σημαντικά τα τελευταία χρόνια και είναι της τάξης του 3,3% της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Αφορά κυρίως σε αιολικά και μικρά υδροηλεκτρικά, και σε μικρότερο βαθμό στη βιομάζα, και στα φωτοβολταϊκά.

Λαμβάνοντας υπόψη τα μεγάλα υδροηλεκτρικά, η ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ είναι 12,4% της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η εγκατεστημένη ισχύς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ήταν 3.894 MW στο τέλος του 2006. Επίσης, συνέπεια των μέτρων οικονομικής υποστήριξης κυρίως των επιχειρησιακών προγραμμάτων «Ενέργεια» & «Ανταγωνιστικότητα» του 2ου

και 3ου ΚΠΣ και του Αναπτυξιακού Νόμου είναι η σταθερά αυξανόμενη διείσδυση που είχαν τα αιολικά, τα μικρά υδροηλεκτρικά και το βιοαέριο.

Ειδικότερα, τα 27 MW των αιολικών πάρκων το 1997, έφθασαν τα 745 MW στο τέλος του 2006. Τα μικρά υδροηλεκτρικά έφθασαν τα 108 MW στο τέλος του 2006 από τα 43 MW (όλα της ΔΕΗ) το 1997. Τέλος οι εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο ΧΥΤΑ και συμπαραγωγής από βιοαέριο λυμάτων (στα Λιόσια και την Ψυττάλεια) έχουν ηλεκτρική ισχύ 14 και 10 MW αντίστοιχα. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ το 2006, έφθασε τις 8,3 TWh περίπου και προήλθε κατά 79% από υδροηλεκτρικούς σταθμούς (6774 GWh), κατά 20% από αιολικά πάρκα (1691 GWh), κατά 1,1% (92 GWh) από βιοαέριο, ενώ υπήρχε και μία μικρή παραγωγή από φωτοβολταϊκούς σταθμούς. Η ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας την ίδια χρονιά ήταν 64,3 TWh. Για το 2006 η συνολική πρωτογενής παραγωγή θερμότητας ήταν της τάξεως των 44.000 TJ, προερχόμενη κυρίως από τη βιομάζα και σε μικρότερο ποσοστό από την ηλιακή ενέργεια και το βιοαέριο.

Δεδομένου ότι το ενεργειακό σύστημα της Ελλάδος θεωρείται ρυπογόνο, μη αποδοτικό, εξαρτημένο από πεπερασμένους πόρους και ελλειμματικό, πρώτη πολιτική προτεραιότητα είναι η προώθηση των ΑΠΕ.

Άλλωστε, οι κοινοτικοί στόχοι για ενεργειακή ασφάλεια και για 20% διείσδυση των ΑΠΕ στη συνολική κατανάλωση των κρατών-μελών, 20% μείωση των εκπομπών CO₂ και 20% εξοικονόμηση στη συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια, επιβάλλουν τη μείωση της εξάρτησης από το εισαγόμενο πετρέλαιο και το ρυπογόνο λιγνίτη.

Προς επίτευξη των ανωτέρω στόχων, απαιτείται και είναι τεχνικά εφικτό η εγκατάσταση και λειτουργία συνολικής ισχύος 7,5-8 GW ΑΠΕ (κυρίως αιολικών και υδροηλεκτρικών σταθμών, αλλά και φωτοβολταϊκών) που θα παράγουν περί τις 15.000 GWh ενέργειας. Σημειώνεται ότι η εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ είχε ένα σταθερό ρυθμό αύξησης από το 2000 έως το 2004, της τάξης του 22% κατ' έτος. Τα 483 MW εγκατεστημένης ισχύος στο τέλος του 2004 έγιναν 1.060 MW στο τέλος του 2007, ενώ μέσα στο 2008 προστέθηκαν 140 MW επιπλέον. Οι παραπάνω αριθμοί, δείχνουν μια ετήσια αύξηση της ισχύος κατά περίπου 38% κατά την περίοδο 2004-2008.

Για την ταχύτερη διείσδυση κάθε μορφής ΑΠΕ στην ελληνική αγορά, η Ελληνική ενεργειακή στρατηγική αποβλέπει στη δημιουργία αξιόπιστων και σταθερών θεσμικών, ρυθμιστικών και ελεγκτικών πλαισίων, καθώς και τη θέσπιση αποτελεσματικών κανόνων για την ομαλή λειτουργία των ενεργειακών αγορών και του ανταγωνισμού.

Με σκοπό τη δημιουργία αξιόπιστου, ενιαίου και αρμονικού πλαισίου ανάπτυξης ιδιωτικών επενδύσεων ΑΠΕ, έγινε ουσιαστική συνεργασία του Υπουργείου Ανάπτυξης με όλους τους εμπλεκόμενους φορείς, τα συναρμόδια Υπουργεία, την αγορά και τις Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις. Επιπλέον, προωθήθηκε ήδη

νομοθέτημα για την περαιτέρω απλοποίηση των αδειοδοτικών διαδικασιών και την ισορροπημένη χρηματοδότηση και ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

2 Θεωρητικές Έννοιες

2.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια, όπως ορίζει η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ. Η εκμετάλλευσή τους δεν απαιτεί κάποια ενεργητική παρέμβαση (πχ. εξόρυξη, άντληση, καύση) όπως με τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Οι ΑΠΕ εκμεταλλεύονται την ήδη υπάρχουσα ροή ενέργειας και υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον. Χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο, σχεδόν αποκλειστικά, μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, οπότε και υπήρξε στροφή στην χρήση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων.

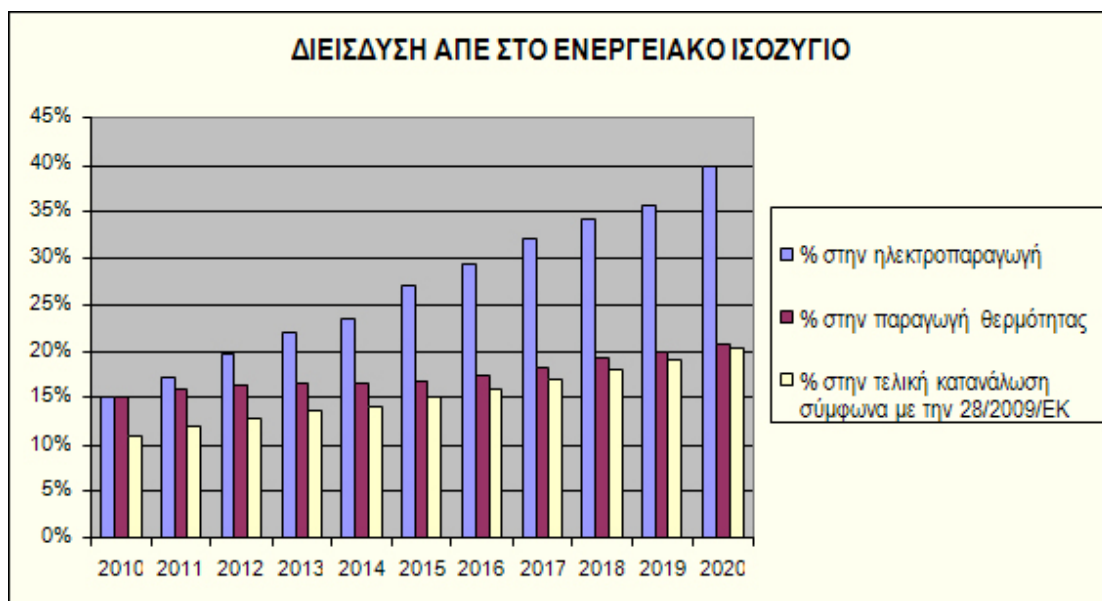
Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ ξεκίνησε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα των συνεχόμενων πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής. Την αμέσως επόμενη δεκαετία παγιώθηκε, μετά τη συνειδητοποίηση της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασσικών πηγών ενέργειας.

Οι ΑΠΕ χρησιμοποιούνται τόσο άμεσα (πχ. για θέρμανση), όσο και μετά από μετατροπή τους σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Η υψηλή ωστόσο μέχρι πρόσφατα τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών σχετικά με την εκμετάλλευση των ΑΠΕ, σε συνδυασμό με τις πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες, που έχουν να κάνουν με τη διατήρηση της παρούσας κατάστασης στον ενεργειακό τομέα, εμπόδιζαν την εκμετάλλευση αυτού του δυναμικού. Παρότι όπως υπολογίζεται το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.

Σήμερα οι ΑΠΕ, αποτελούν βασικό κομμάτι της ενεργειακής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ήδη σε πολλές χώρες οι ΑΠΕ αποτελούν μια σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας, με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό και εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού.

Σύμφωνα με στοιχεία της Διεθνούς Υπηρεσίας Ενέργειας (International Energy Agency), οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούσαν το 2012, περίπου το 13,2% του συνολικού ενεργειακού εφοδιασμού παγκοσμίως, ενώ το 2013 οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αντιπροσωπεύουν σχεδόν το 22% της παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μια αύξηση 5% από το 2012.

Ειδικά για την Ελλάδα, η Έκθεση του Εθνικού Σχεδίου Δράσης για την επίτευξη της συμβολής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20% έως το 2020, απορρέει από την Οδηγία 2009/28/ΕΚ, και περιλαμβάνει εκτιμήσεις για την εξέλιξη του ενεργειακού τομέα και τη διείσδυση των τεχνολογιών των ΑΠΕ έως το 2020. Οι εκτιμήσεις αυτές εξειδικεύονται στη συμμετοχή των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας και ψύξης κυρίως για τον οικιακό τομέα, αλλά και στη χρήση βιοκαυσίμων στις μεταφορές.



Σχήμα 2.1: Εθνικοί Δεσμευτικοί Στόχοι & Εκτίμηση Διείσδυσης ΑΠΕ (Πηγή: www.ypeka.gr)

2.1.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Πλεονεκτήματα

Τα βασικά πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι τα εξής:

- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Είναι στην ουσία ανεξάντλητες, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του τοπικού πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της σε μεγάλες αποστάσεις.

- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.

Μειονεκτήματα

Αντιθέτως τα σημαντικότερα μειονεκτήματα από την χρήση των ΑΠΕ:

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης. Αυτός είναι ο βασικός λόγος που μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται κυρίως ως συμπληρωματικές πηγές.
- Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

2.1.2 Μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Στην συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά οι μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και οι κυριότεροι τρόποι εκμετάλλευσής τους.

2.1.2.1 Αιολική ενέργεια

Η εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου από τον άνθρωπο αποτελεί μία πρακτική που βρίσκει τις ρίζες της στην αρχαιότητα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας είναι τα ιστιοφόρα και οι ανεμόμυλοι. Σήμερα, για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούνται οι ανεμογεννήτριες (Α/Γ).

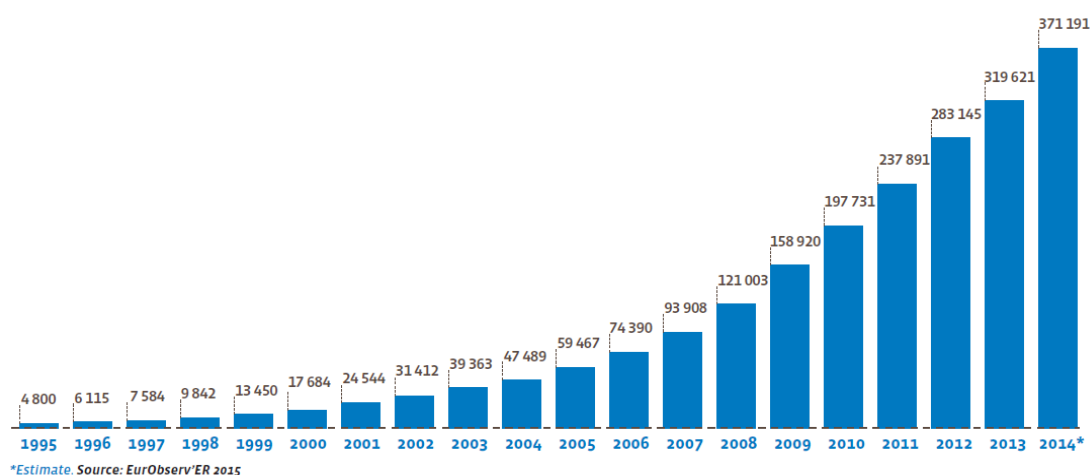
Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής, πραγματοποιείται η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της

πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνεται η μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική.

Οι Α/Γ χρησιμοποιούνται για την πλήρη κάλυψη ή και τη συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών. Το παραγόμενο από τις ανεμογεννήτριες ηλεκτρικό ρεύμα είτε καταναλώνεται επιτόπου, είτε εγχέεται και διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί αλλού. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις Α/Γ, όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, συχνά αποθηκεύεται για να χρησιμοποιηθεί αργότερα. Η αποθήκευση σήμερα γίνεται με δύο οικονομικά βιώσιμους τρόπους, ανάλογα με το μέγεθος της παραγόμενης ενέργειας. Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) είναι η πλέον γνωστή και διαδεδομένη μέθοδος αποθήκευσης Η/Ε, η οποία χρησιμοποιείται για μικρής κλίμακας παραγωγικές μη διασυνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο μονάδες. Η άντληση ύδατος με χρήση Η/Ε παραγόμενης από Α/Γ και η ταμίευσή του σε τεχνητές λίμνες κατασκευασμένες σε υψόμετρο το οποίο είναι ικανό να τροφοδοτήσει υδροηλεκτρικό σταθμό, είναι η μέθοδος αποθήκευσης που χρησιμοποιείται όταν η παραγόμενη Η/Ε είναι μεγάλη.

Η Ελλάδα διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό, σε αρκετές περιοχές της Κρήτης, της Πελοποννήσου, της Εύβοιας και φυσικά στα νησιά του Αιγαίου. Σε αυτές τις περιοχές συναντώνται και τα περισσότερα αιολικά πάρκα, τα οποία αποτελούνται από συστοιχίες ανεμογεννητριών σε βέλτιστη διάταξη για την καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού.

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



Σχήμα 2.2: Παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας από το 1995 (MW) (Πηγή: EUROBSERV'ER, 2015)

Παραγωγική διαδικασία

Τα συστήματα ενεργειακής μετατροπής του αέρα (ανεμογεννήτριες) σχεδιάζονται για να μετατρέψουν την ενέργεια της μετακίνησης αέρα (κινητική ενέργεια) σε μηχανική δύναμη (μηχανική ενέργεια), η οποία είναι η κινητήρια δύναμη μιας μηχανής. Στην ανεμογεννήτρια, αυτή η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενώ στους ανεμόμυλους αυτή η ενέργεια χρησιμοποιείται για να κάνει την οποιαδήποτε εργασία, όπως την άντληση του νερού, το άλεσμα των σιταριών ή την κίνηση των μηχανημάτων.

Η διαθέσιμη ισχύς του ανέμου είναι:

$$P = a * \rho * \pi r^2 * u^{3/2}$$

Όπου P η ισχύς σε watt,

a μια σταθερά απόδοσης,

ρ η πυκνότητα του αέρα σε kg ανά κυβικό μέτρο,

r η ακτίνα της ανεμογεννήτριας σε μέτρα και

u η ταχύτητα του ανέμου σε m/s. (Μπεργελές, 2005)

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί είτε να αποθηκευτεί σε μπαταρίες, είτε να χρησιμοποιηθεί άμεσα. Υπάρχουν τρεις βασικοί φυσικοί νόμοι που κυβερνούν το ποσό της διαθέσιμης από τον αέρα ενέργειας.

Ο πρώτος νόμος δηλώνει ότι η δύναμη που παράγεται από τη γεννήτρια είναι ανάλογη προς την κυβική δύναμη της ταχύτητας του αέρα. Παραδείγματος χάρη, εάν διπλασιαστεί η ταχύτητα του αέρα, η διαθέσιμη ισχύς οκταπλασιάζεται, ενώ εάν η ταχύτητα αέρα τριπλασιαστεί, είκοσι επτά φορές περισσότερη ισχύς είναι διαθέσιμη. Αντίθετα, υπάρχει πολύ λίγη ενέργεια στον αέρα όταν αυτός έχει χαμηλή ταχύτητα. Αυτός ο νόμος σημαίνει ότι το ακριβές και λεπτομερές τοπικό στοιχείο ταχύτητας αέρα είναι απαραίτητο για να καθορίσει την πιθανή ενεργειακή παραγωγή από μια δεδομένη περιοχή, και οι γεννήτριες πρέπει να σχεδιαστούν για εκείνη την συγκεκριμένη περιοχή. Ο μέσος όρος ταχύτητας αέρα έχει συχνά μόνο περιορισμένη αξία.

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

Ο τρίτος νόμος δηλώνει ότι στις ανεμογεννήτριες υπάρχει μια μέγιστη θεωρητική αποδοτικότητα της τάξης του 59%. Στην πράξη, οι περισσότερες ανεμογεννήτριες είναι πολύ λιγότερο αποδοτικές από αυτό, και οι διαφορετικοί τύποι σχεδιάζονται

για να έχουν τη μέγιστη αποδοτικότητα με τις διαφορετικές ταχύτητες αέρα. Οι καλύτερες ανεμογεννήτριες έχουν αποδοτικότητα μεταξύ του 35 - 40%. Οι ανεμογεννήτριες σχεδιάζονται για να λειτουργήσουν μεταξύ ορισμένων ταχυτήτων αέρα.

Ανεμογεννήτριες

Το σημαντικότερο μέρος ενός αιολικού πάρκου είναι η αιολική μηχανή. Πρόκειται για την διάταξη η οποία μετατρέπει την αιολική ενέργεια σε ηλεκτρική ή δυναμική ενέργεια άλλου σώματος (πχ άντληση νερού). Έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τύποι αιολικών μηχανών, με τα χαρακτηριστικά που τις διαφοροποιούν να είναι η κατεύθυνση του άξονα περιστροφής και ο αριθμός των πτερυγίων.

Οι βασικές κατηγορίες αιολικών μηχανών είναι δύο: οριζόντιου άξονα, που είναι και η συνηθέστερη, και κατακόρυφου άξονα.

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

Στις ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα ο ρότορας περιστρέφεται περί τον κατακόρυφο άξονα. Οι ανεμογεννήτριες αυτές δεν επηρεάζονται από την αλλαγή της κατεύθυνσης του ανέμου και για αυτό το λόγο είναι απλούστερες στην κατασκευή τους.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών

Στην συνέχεια γίνεται αναφορά στις βασικές παραμέτρους μιας ανεμογεννήτριας:

Ταχύτητα εκκίνησης: είναι η ταχύτητα του ανέμου στην οποία η ανεμογεννήτρια αρχίζει να παράγει καθαρή ισχύ. Η ταχύτητα αυτή είναι μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται για να αρχίσουν να περιστρέφονται τα πτερύγια.

Ταχύτητα αποκοπής: η λειτουργία της Α/Γ διακόπτεται μόλις η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την ταχύτητα αποκοπής, για την αποφυγή υπερφόρτισης της.

Ταχύτητα κατωφλίου εισόδου: είναι η ταχύτητα στην οποία η Α/Γ αρχίζει να παράγει καθαρή ισχύ και είναι διαφορετική (μεγαλύτερη) από την ταχύτητα ανέμου που απαιτείται για να ξεκινήσει η περιστροφή του ρότορα.

Ταχύτητα κατωφλίου εξόδου: είναι η τιμή της ταχύτητας του ανέμου στην οποία η γεννήτρια παράγει ισχύ με ελαττωμένο μηχανικό και αεροδυναμικό φορτίο και χωρίς ηλεκτρικές απώλειες.

Ονομαστική Ισχύς: είναι η μέγιστη ισχύς που μπορεί να παραχθεί συνεχώς κατά την κανονική λειτουργία της Α/Γ.

Ονομαστική ταχύτητα: η ταχύτητα του ανέμου για την οποία παράγεται η ονομαστική ισχύς.

Η ωφέλιμη ισχύς παράγεται μεταξύ των ταχυτήτων κατωφλίου εισόδου και εξόδου.

Λειτουργία Τυπικής Ανεμογεννήτριας Οριζοντίου Άξονα

Ο συνηθέστερος τύπος σύγχρονων ανεμογεννητριών είναι με δύο πτερύγια και είναι οριζοντίου άξονα ο οποίος είναι τοποθετημένος πάνω σε ένα κατακόρυφο ιστό. Ο ρότορας μπορεί να έχει μία, δύο τρεις ή περισσότερες λεπίδες. Οι ρότορες με φτερωτή μίας λεπίδας χρειάζονται αντίβαρο στο άλλο μέρος του άξονα για τον περιορισμό των δονήσεων. Αυτός ο τύπος δεν ενδείκνυται για περιοχές που επικρατεί ψύχος, διότι ο σχηματισμός πάγου στο ρότορα μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην ζυγοστάθμισή του. Οι ρότορες δύο λεπίδων είναι οι περισσότερο δημοφιλείς, εξαιτίας της ανθεκτικότητάς τους και του χαμηλότερου κόστους κατασκευής. Ο ρότορας τριών λεπίδων διανέμει πιο ομοιόμορφα τις καταπονήσεις, ιδιαίτερα όταν υπάρχει μεταβολή στην κατεύθυνση του ανέμου. Ο τύπος με τις πολλές λεπίδες είναι νεότερος σχεδιασμός ρότορα και είναι ελαφρύς και αντοχής.

Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα χωρίζονται επίσης σε δύο τύπους:

- Ο τύπος με τη φτερωτή πίσω, όπου ο ρότορας βρίσκεται πίσω από τον πύργο. Αυτός ο τύπος δε διαθέτει τη μεταλλική πλάκα (πτερύγιο), που κρατά το ρότορα προσανατολισμένο στον άνεμο και προτιμάται για ισχυρότερους ανέμους
- Ο τύπος με τη φτερωτή μπροστά, όπου ο ρότορας είναι σχεδιασμένος να στρέφεται προς τον άνεμο με τη βοήθεια ενός πτερυγίου στην ουρά.

Λειτουργία Τυπικής Ανεμογεννήτριας Κατακόρυφου Άξονα

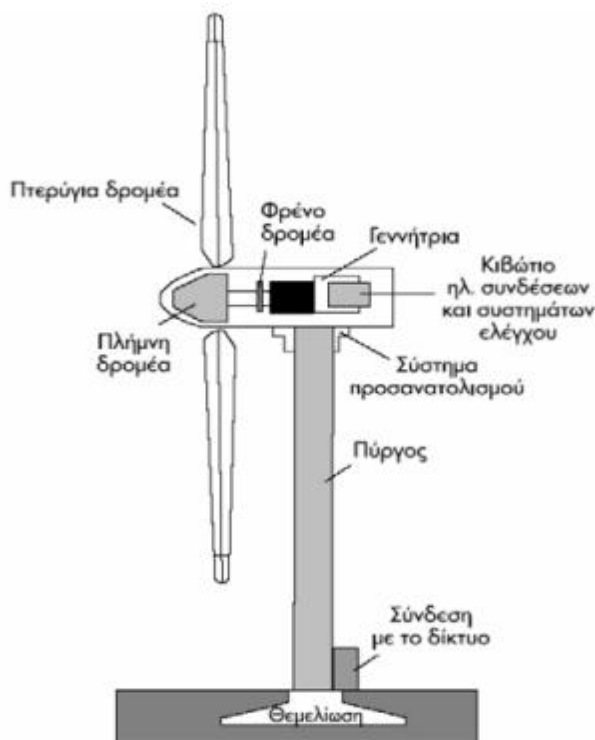
Ο ρότορας είναι κάθετος στη διεύθυνση του ανέμου. Το σημαντικό πλεονέκτημα αυτού του τύπου ανεμογεννητριών είναι η αυτόματη προσαρμογή τους στη διεύθυνση του ανέμου, καθώς ο άξονας τους είναι κάθετος στη διεύθυνση πνοής. Οι πιο γνωστοί τύποι ανεμογεννητριών κατακόρυφου άξονα είναι οι μηχανές τύπου Darrieus και Savonius.

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

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

Μηχανικές λεπτομέρειες

Τα κυριότερα μηχανικά μέρη μιας τυπικής ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 2.3: Μέρη τυπικής ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα (Πηγή: ΚΑΠΕ)

- Ο δρομέας, που αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, που απαρτίζεται από τον κύριο άξονα, τα έδρανα και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας
- Η ηλεκτρική γεννήτρια, η οποία συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική
- Το σύστημα προσανατολισμού, που αναγκάζει τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου
- Τον πύργο, ο οποίος στηρίζει όλη την ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση
- Το σύστημα ελέγχου (ηλεκτρονικός πίνακας και πίνακας ελέγχου) που συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας, φροντίζοντας για την απρόσκοπτη λειτουργία της. (Μπεργελές, 2005)

Οι ανεμογεννήτριες εμπορικής κλίμακας κυμαίνονται σε μέγεθος από 100 kW έως αρκετά MW ενώ το ύψος του πύργου κυμαίνεται από 50μ. έως 135μ αναλόγως του τύπου. Οι μεγαλύτερες τουρμπίνες τοποθετούνται σε ομάδες στα αιολικά πάρκα, τα οποία παρέχουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας στο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Οι μικρές, μονές τουρμπίνες, κάτω των 100 kW, χρησιμοποιούνται για σπίτια και για κεραίες τηλεπικοινωνιών, ή για άντληση νερού. Οι μικρές τουρμπίνες μερικές φορές χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με γεννήτριες πετρελαίου, μπαταρίες και φωτοβολταϊκά συστήματα. Αυτά τα συστήματα ονομάζονται υβριδικά αιολικά συστήματα και συνήθως χρησιμοποιούνται σε μακρινές περιοχές, εκτός δικτύου ηλεκτροδότησης (Ανδρονίκου, 2012).

2.1.2.2 Ηλιακή Ενέργεια

Με τον όρο Ηλιακή Ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Το φώς και η θερμότητα που ακτινοβολούνται, απορροφούνται από στοιχεία και ενώσεις στη Γη και μετατρέπονται σε άλλες μορφές ενέργειας. Η τεχνολογία σήμερα αξιοποιεί ένα μηδαμινό ποσοστό της καταφθάνουσας στην επιφάνεια του πλανήτη μας ηλιακής ενέργειας με τριών ειδών συστήματα: τα θερμικά ηλιακά, τα παθητικά ηλιακά και τα φωτοβολταϊκά συστήματα.

- **Θερμικά Ηλιακά Συστήματα**

Η πιο απλή και διαδεδομένη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι ηλιακοί θερμοσίφωνες, οι οποίοι απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και στη συνέχεια, τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε κάποιο ρευστό, όπως το νερό για παράδειγμα. Η ηλιακή ενέργεια απορροφάται μέσω ηλιακών συλλεκτών, καλά προσανατολισμένων στον ήλιο, οι οποίοι βρίσκονται σε επαφή με νερό και του μεταδίδουν μέρος της θερμότητας που παρέλαβαν. Το παραγόμενο ζεστό νερό χρησιμοποιείται για απλή οικιακή ή πιο σύνθετη βιομηχανική χρήση, τελευταία δε ακόμη και για τη θέρμανση και ψύξη χώρων μέσω κατάλληλων διατάξεων

- **Παθητικά Ηλιακά Συστήματα**

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

- Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Πρόκειται για συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια και που, εδώ και πολλά χρόνια, χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση μη διασυνδεδεμένων στο ηλεκτρικό δίκτυο καταναλώσεων. Δορυφόροι, φάροι και απομονωμένα σπίτια χρησιμοποιούν παραδοσιακά τα φωτοβολταϊκά για την ηλεκτροδότησή τους. Στην Ελλάδα, η προοπτική ανάπτυξης και εφαρμογής των Φ/Β συστημάτων είναι τεράστια, λόγω του ιδιαίτερα υψηλού δυναμικού ηλιακής ενέργειας. Η ηλεκτροπαραγωγή από φωτοβολταϊκά έχει ένα τεράστιο πλεονέκτημα αποδίδει την μέγιστη ισχύ της κατά τη διάρκεια της ημέρας που παρουσιάζεται η μέγιστη ζήτηση.

Ανάλογα με τη χρήση του παραγόμενου ρεύματος, τα Φ/Β κατατάσσονται σε:

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

2.1.2.3 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

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

Η δέσμευση/ αποθήκευση ποσοτήτων ύδατος σε φυσικές ή τεχνητές λίμνες, για ένα Υδροηλεκτρικό Σταθμό, ισοδυναμεί πρακτικά με αποταμίευση Υδροηλεκτρικής Ενέργειας. Η προγραμματισμένη αποδέσμευση αυτών των ποσοτήτων ύδατος και η εκτόνωσή τους στους υδροστροβίλους οδηγεί στην ελεγχόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με δεδομένη την ύπαρξη κατάλληλων υδάτινων πόρων και τον επαρκή εφοδιασμό τους με τις απαραίτητες βροχοπτώσεις, η Υ/Ε καθίσταται μια σημαντικότερη εναλλακτική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη ενός Υδροηλεκτρικού Σταθμού είναι ποικίλα. Ακόμα και το μειονέκτημα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων εξ αιτίας των μεγάλης κλίμακας έργων πολιτικού μηχανικού, τα οποία ένα μεγάλο υδροηλεκτρικό έργο προϋποθέτει, με μια καλοσχεδιασμένη μελέτη, μπορεί να μετατραπεί σε πλεονέκτημα.

Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της λίμνης Πλαστήρα, κατά την οποία ο κατακλυσμός της περιοχής από ύδατα μετά τη δημιουργία του φράγματος, δημιούργησε ένα νέο υδροβιότοπο, ο οποίος σύντομα μετατράπηκε σε πόλο τουριστικής έλξης δίνοντας ταυτόχρονα νέες αρδευτικές δυνατότητες στη γύρω περιοχή.

Τα Μικρής κλίμακας Υδροηλεκτρικά έργα (ΜΥΗΕ) είναι κυρίως "συνεχούς ροής", δηλαδή δεν περιλαμβάνουν σημαντική περισυλλογή και αποταμίευση ύδατος, και συνεπώς ούτε κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων. Γι' αυτό το λόγο γίνεται συνήθως και ο διαχωρισμός μεταξύ μικρών και μεγάλων υδροηλεκτρικών. Ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον, καθώς το σύνολο των επιμέρους παρεμβάσεων στην περιοχή εγκατάστασης του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τους τοπικούς πόρους.

2.1.2.4 Βιομάζα

Βιομάζα είναι το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων που προέρχονται από τη γεωργία, (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τις συναφείς βιομηχανίες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων, όπως ορίζει η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ.

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

Η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (θέρμανσης, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λπ.) και ακόμα για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη, βιοντήζελ κ.λπ.).

2.1.2.5 Γεωθερμική Ενέργεια

Η γεωθερμία είναι μια ήπια και πρακτικά ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, που μπορεί με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες να καλύψει ανάγκες θέρμανσης και ψύξης, αλλά και σε ορισμένες περιπτώσεις να παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Η γεωθερμία προσφέρει ενέργεια χαμηλού κόστους, ενώ δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με εκπομπές βλαβερών ρύπων.

Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού ή ατμού, ποικίλει από περιοχή σε περιοχή, ενώ συνήθως κυμαίνεται από 25° C μέχρι 360° C. Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία (πάνω από 150° C), η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η κυριότερη θερμική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας παγκοσμίως αφορά στη θέρμανση θερμοκηπίων. Χρησιμοποιείται ακόμα στις υδατοκαλλιέργειες, όπου εκτρέφονται υδρόβιοι οργανισμοί αλλά και για τηλεθέρμανση, δηλαδή θέρμανση συνόλου κτιρίων, οικισμών, χωριών ή και πόλεων.

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

2.1.2.6 Κυματική Ενέργεια

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

Το αντίξοο περιβάλλον στο οποίο καλούνται να λειτουργήσουν οι διάφορες τεχνολογίες επίδρασε στο παρελθόν ανασταλτικά στις προσπάθειες αυτές. Οι τεράστιες καταπονήσεις σε ακραίες καιρικές συνθήκες απαιτούν υψηλούς δείκτες μηχανικής αντοχής, με αποτέλεσμα μεγάλο κατασκευαστικό κόστος. Η μεγάλη απόσταση από την ακτή για τεχνολογίες πλωτής εγκατάστασης συνεπάγεται υψηλό κόστος διασύνδεσης και λειτουργίας. Το υψηλό κόστος των τεχνολογιών μπορεί να αντισταθμισθεί μόνον με βέλτιστη εκμετάλλευση της υψηλής ενεργειακής

πυκνότητας των κυμάτων, δηλ. υψηλούς δείκτες απόδοσης. Προς αυτή την κατεύθυνση εξελίσσονται οι διάφορες τεχνολογίες και σήμερα τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους έχουν βελτιωθεί σημαντικά.

2.1.2.7 Παλιρροιακή ενέργεια

Η παλιρροιακή δύναμη, αποκαλούμενη επίσης παλιρροιακή ενέργεια, είναι μια μορφή υδρο-ενέργειας που μετατρέπει την ενέργεια των παλιρροιών σε ηλεκτρική ενέργεια ή άλλες χρήσιμες μορφές ενέργειας.

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

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

2.2 Ειδικό χωροταξικό για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΠΧΣΑΑ) για τις ΑΠΕ εγκρίθηκε το Δεκέμβριο του 2008. Στο πλαίσιο αυτό, αναπτύχθηκαν οι αναγκαίοι όροι, περιορισμοί και κατευθύνσεις για την προστασία και διαχείριση του περιβάλλοντος που έχουν προκύψει κατά τη διαδικασία στρατηγικής περιβαλλοντικής εκτίμησης. Η εργασία αυτή επικεντρώνεται στις διατάξεις που αφορούν την αιολική ενέργεια.

2.2.1 Χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων

Στόχος του χωροταξικού σχεδιασμού των αιολικών εγκαταστάσεων είναι:

- Ο εντοπισμός, με βάση τα στοιχεία αιολικού δυναμικού, των κατάλληλων περιοχών που να επιτρέπεται, ανάλογα με τις χωροταξικές και περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητές τους η λειτουργία αιολικών εγκαταστάσεων.
- Η καθιέρωση κανόνων και κριτηρίων χωροθέτησης που να επιτρέπουν αφενός τη δημιουργία βιώσιμων εγκαταστάσεων αιολικής ενέργειας και

αφετέρου την αρμονική ένταξή τους στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον.

- Η δημιουργία ενός αποτελεσματικού μηχανισμού χωροθέτησης των αιολικών εγκαταστάσεων, ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή ανταπόκριση στους στόχους των εθνικών και ευρωπαϊκών πολιτικών.

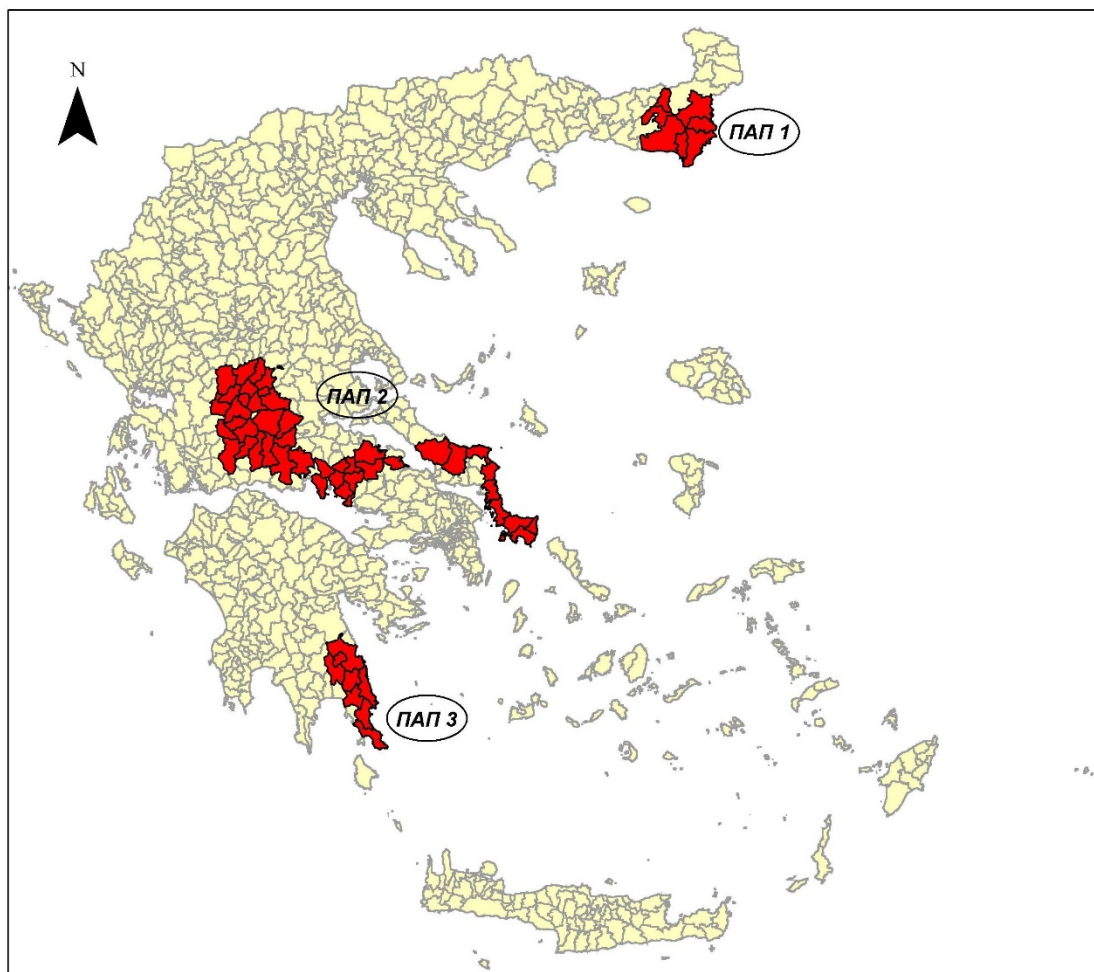
Για τη χωροθέτηση των αιολικών εγκαταστάσεων ο εθνικός χώρος, με βάση το εν δυνάμει εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό του και τα ιδιαίτερα χωροταξικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του, διακρίνεται στις ακόλουθες μείζονες κατηγορίες:

- Στην ηπειρωτική χώρα, συμπεριλαμβανομένης της Εύβοιας.
- Στην Αττική, που αποτελεί ειδικότερη κατηγορία της ηπειρωτικής χώρας λόγω του μητροπολιτικού χαρακτήρα της.
- Στα κατοικημένα νησιά του Ιονίου και του Αιγαίου Πελάγους, συμπεριλαμβανομένης της Κρήτης.
- Στον υπεράκτιο θαλάσσιο χώρο και τις ακατοίκητες νησίδες.

Η ηπειρωτική χώρα διακρίνεται περαιτέρω σε Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (Π.Α.Π.) και σε Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (Π.Α.Κ.) ως εξής:

α. Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (Π.Α.Π.): Είναι οι περιοχές της ηπειρωτικής χώρας, οι οποίες διαθέτουν συγκριτικά πλεονεκτήματα για την εγκατάσταση αιολικών σταθμών, ενώ ταυτόχρονα προσφέρονται από απόψεως επίτευξης των χωροταξικών στόχων.

β. Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (Π.Α.Κ.). Χαρακτηρίζονται όλοι οι πρωτοβάθμιοι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.) της ηπειρωτικής χώρας που δεν περιλαμβάνονται στις Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας των οποίων περιοχές ή και μεμονωμένες θέσεις που κρίνονται από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας ως ενεργειακά αποδοτικές.



Σχήμα 2.4: Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (Πηγή: ΕΠΧΣΑΑ, 2008)

2.2.2 Κριτήρια χωροθέτησης αιολικών μονάδων στο νησιωτικό χώρο

Σύμφωνα με το άρθρο 8 του για τη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων στα κατοικημένα νησιά του Αιγαίου και Ιονίου Πελάγους και στην Κρήτη πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής ειδικά κριτήρια:

Το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό κάλυψης εδαφών σε επίπεδο πρωτοβάθμιου Ο.Τ.Α. δεν μπορεί να υπερβαίνει το 4% ανά ΟΤΑ δηλαδή 0,53 τυπικές ανεμογεννήτριες / 1000 στρέμματα.

Ειδικά στα μη διασυνδεδεμένα με το σύστημα και το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας της ηπειρωτικής χώρας νησιά και μέχρι τη διασύνδεσή τους η συνολική ισχύς των αιολικών σταθμών ανά νησί δεν πρέπει να ξεπερνά το διπλάσιο του επιπέδου αιχμής της ζήτησης που αυτό εμφανίζει σε μεσο-μακροπρόθεσμο ορίζοντα (δεκαετία). Εξαιρέση από το όριο αυτό, δηλαδή από το διπλάσιο του επιπέδου αιχμής της ζήτησης κάθε νησιού, αποτελούν οι προτάσεις εγκατάστασης αιολικών πάρκων που περιλαμβάνουν την κατασκευή επαρκούς διασύνδεσης με το σύστημα και το

δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας της ηπειρωτικής χώρας καθώς και τα αιολικά πάρκα που αποτελούν μέρος πρότασης υβριδικών σταθμών.

Επιπρόσθετα δίδονται οι παρακάτω κατευθύνσεις:

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

2.3 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

2.3.1 Γενικά

Στη διάρκεια των προηγούμενων δεκαετιών διαπιστώθηκε ευρέως ότι η ανάγκη για αξιόπιστες κι ενημερωμένες πληροφορίες σχετικά με τη γη, την κοινωνία και το περιβάλλον δεν μπορούσαν να ικανοποιηθούν με τους παραδοσιακούς τρόπους συλλογής, καταγραφής, ενημέρωσης και επεξεργασίας πληροφοριών. Έτσι, κυρίως από τις αρχές της δεκαετίας του '80, γνώρισαν εξαιρετικά μεγάλη ανάπτυξη τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.), γνωστά ευρέως και ως Geographic Information Systems (G.I.S.).

Οι κυριότεροι λόγοι που την τελευταία εικοσιπενταετία η τεχνολογία των Γ.Σ.Π. γνώρισε ευρεία ανάπτυξη ήταν:

- η μεγάλη ανάπτυξη της πληροφορικής και το διαρκώς μειούμενο κόστος των αντίστοιχων μηχανημάτων και προγραμμάτων
- η βελτίωση των μαθηματικών μεθόδων ανάλυσης, ερμηνείας και πρόβλεψης των συνθηκών του γήινου περιβάλλοντος

- η διαρκώς αυξανόμενη ανησυχία για την περιβαλλοντική υποβάθμιση τόσο σε τοπικό, όσο και σε εθνικό και υπερεθνικό επίπεδο, και
- η αδυναμία επεξεργασίας με παραδοσιακούς τρόπους της πληθώρας στοιχείων και σύνθετων επεξεργασιών που απαιτούνται για τη μελέτη των φυσικών, κοινωνικών και οικονομικών μεγεθών των σύγχρονων πολύπλοκων προβλημάτων ανάπτυξης (Μανιάτης, 1996).

2.3.2 Βασικές Αρχές

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ) έχουν σαν κυρίαρχο στόχο τον χωρικό σχεδιασμό. Ουσιαστικά χρησιμοποιούνται στην διατύπωση και αξιολόγηση πολιτικών και προγραμμάτων που αναφέρονται στο φυσικό ή περιβαλλοντικό σχεδιασμό, από τοπικό έως εθνικό επίπεδο.

«Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούν ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για την συλλογή, αποθήκευση, ανάληψη ανά πάσα στιγμή, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών στοιχείων του πραγματικού κόσμου», (*Burrough - McDonnell, 1998*).

«Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι μια οργανωμένη συλλογή μηχανικών υπολογιστικών συστημάτων (hardware), λογισμικών συστημάτων (software), χωρικών δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού, με σκοπό τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση, κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον», (*Κουτσόπουλος, 2005α*).

Ένα ΓΣΠ έχει τη δυνατότητα να φέρει σε πέρας τις εξής δραστηριότητες:

- Να μπορεί να αποθηκεύει, να διαχειρίζεται και να ενσωματώνει ένα μεγάλο όγκο χωρικών στοιχείων
- Να αποτελεί το πιο κατάλληλο εργαλείο χωρικής ανάλυσης εστιαζόμενο ειδικά στην χωρική διάσταση των στοιχείων
- Να αποτελεί ένα πολύ αποτελεσματικό μηχανισμό για την επίλυση χωρικών προβλημάτων μέσα από την οργάνωση, διαχείριση και μετασχηματισμό μεγάλου όγκου στοιχείων με τέτοιο τρόπο που η πληροφορία να είναι προσιτή σε όλους τους χρήστες.

Τέλος όσον αφορά τις βασικές αρχές στις οποίες πρέπει να στηρίζεται ένα ΓΣΠ αυτές είναι:

- Το σύστημα που θα αναπτυχθεί πρέπει να είναι χρήσιμο στους πολιτικούς υπεύθυνους που παίρνουν τις αποφάσεις, δηλαδή στους χρήστες.
- Οι τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν για την συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση των στοιχείων, πρέπει να είναι προσαρμοσμένες στην τεχνογνωσία και γενικότερα στην υποδομή που υπάρχει.

- Το επίπεδο απόδοσης του συστήματος και κατ' επέκταση οι δυνατότητες του Η/Υ να είναι σύμφωνα με τις ανάγκες και κυρίως τις οικονομικές δυνατότητες και την τεχνολογία.
- Τέλος οι παραδοχές που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή συμπερασμάτων, πρέπει να αναφέρονται ρητά και κατηγορηματικά σε κάθε επιλογή προγραμμάτων που βασίζονται στις πληροφορίες του ΓΣΠ (Κουτσόπουλος, 2005β).

2.3.3 Βασικά μέρη ΓΣΠ

Τα Γ.Σ.Π. έχουν τρία βασικά συστατικά τα οποία βρίσκονται σε συνεχή ισορροπία και αλληλεξάρτηση. Πρόκειται για τα μηχανήματα (hardware), τους αλγόριθμους (software) και τα διαθέσιμα (resources). Τα μηχανήματα και οι αλγόριθμοι έχουν ένα καθορισμένο κύκλο ζωής, επηρεάζονται στενά από τις τεχνολογικές εξελίξεις και αντικαθίστανται συχνά από νεότερα και πιο σύγχρονα προϊόντα (Κουτσόπουλος, 2005β).

Τα μηχανήματα (hardware)

Τα μηχανικά μέρη ενός ΓΣΠ είναι τρία: η κεντρική μονάδα (CPU), τα περιφερειακά και το τερματικό (V.D.U.). Κύρια χαρακτηριστικά της κεντρικής μονάδας είναι το λειτουργικό σύστημα, η μνήμη και η ταχύτητα. Τα περιφερειακά διαφοροποιούνται σε περιφερειακά εισόδου, που επιτρέπουν την είσοδο των στοιχείων, σε περιφερειακά εξόδου που συμμετέχουν στην παρουσίαση των στοιχείων και σε περιφερειακά διαχείρισης που βοηθούν στην αποθήκευση και διαχείριση των στοιχείων. Τέλος το τερματικό αποτελεί το μέσο με το οποίο ο χρήστης ελέγχει τον υπολογιστή και τα περιφερειακά.

Οι αλγόριθμοι (software)

Οι αλγόριθμοι σε ένα Γ.Σ.Π., μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε πέντε βασικές ομάδες (Burrough - McDonnell, 1998):

- i. Λογισμικό Εισαγωγής και Επαλήθευσης Στοιχείων
- ii. Λογισμικό Αποθήκευσης και διαχείρισης Στοιχείων
- iii. Λογισμικό Μετασχηματισμού Στοιχείων
- iv. Λογισμικό Παρουσίασης
- v. Λογισμικό Αναζητήσεων

Στις παραπάνω πέντε ομάδες αξίζει να προστεθεί και μια έκτη που αφορά το Λογισμικό Ανάλυσης Χώρου που είναι αναγκαίο για την κάλυψη των αναγκών για εμπειρικές εφαρμογές, που ουσιαστικά αναφέρονται στην ανάλυση χώρου. (Κουτσόπουλος, 2005β)

Τα διαθέσιμα (resources)

Το σύνολο των λογισμικών ενός ΓΣΠ καθορίζει πώς τα γεωγραφικά στοιχεία μετατρέπονται σε πληροφορία, αλλά εντούτοις δεν μπορούν να εγγυηθούν ότι η όλη διαδικασία είναι η πιο κατάλληλη ή η πλέον αποδοτική.

Για την εξασφάλιση των παραπάνω σημαντικό ρόλο παίζουν οι άνθρωποι, τα στοιχεία και η οργανωτική υποδομή που αποτελούν και τα διαθέσιμα.

2.3.4 Βασικές διαδικασίες και στάδια στα ΓΣΠ

Οι τρεις βασικές διαδικασίες που συνθέτουν ένα Γ.Σ.Π. και εκτελούνται κατά την εφαρμογή του είναι ο καθορισμός του προβλήματος, η διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία και τα συμπεράσματα. Παρακάτω, περιγράφονται αναλυτικότερα οι βασικές διαδικασίες και τα στάδια ενός Γ.Σ.Π.

Καθορισμός Προβλήματος

Το πρώτο βήμα στη δημιουργία και εφαρμογή ενός Γ.Σ.Π. είναι η αναγνώριση των διαφορετικών στρωμάτων των υπευθύνων των αποφάσεων (decision makers) και των χρηστών. Στη συνέχεια εξετάζεται πως αυτές οι αποφάσεις διαμορφώνουν τα χωρικά πρότυπα και τις διαδικασίες που σχετίζονται με το πρόβλημα που πρέπει να επιλυθεί. Ο ακριβής προσδιορισμός του προβλήματος είναι το πιο καθοριστικό βήμα, αφού περιέχει το σκοπό στον οποίο αποβλέπει η μελέτη και οριοθετεί το πρόβλημα προς επίλυση. Επιπλέον, πρέπει να διατυπώνεται αναλυτικά και με σαφήνεια, ώστε να παρέχετε η δυνατότητα εύρεσης της καταλληλότερης τεχνικής για την υλοποίησή του προβλήματος.

Διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία

Το δεύτερο βήμα σε κάθε Γ.Σ.Π. αποτελεί η διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα νευραλγικό κέντρο κάθε Γ.Σ.Π. το οποίο αποτελείται από τέσσερα στάδια:

Στάδιο εισόδου:

Το στάδιο αυτό αφορά την αναγνώριση και συλλογή στοιχείων χωρικών και μη, την κωδικοποίησή τους καθώς και την αποθήκευσή τους.

Στάδιο της διαχείρισης:

Τα χωρικά στοιχεία διαμορφώνονται κατάλληλα, δημιουργείται δηλαδή μια βάση δεδομένων που τα περιέχει. Ειδικότερα στη βάση αυτή καταγράφονται σημαντικές πληροφορίες για κάθε στοιχείο, όπως η θέση, η τοπολογία και άλλα χαρακτηριστικά του με στόχο την εύκολη ενημέρωση, συντήρηση και ανάκτησή τους.

Στάδιο της Ανάλυσης:

Στο παρόν στάδιο πραγματοποιείται η επεξεργασία των στοιχείων που συλλέχθηκαν στο στάδιο της εισαγωγής των δεδομένων. Η επεξεργασία αυτή μπορεί να αναφέρεται σε διάφορες θεματικές ενότητες, όπως η Γεωγραφία, η Αναζήτηση βάσει κριτηρίων, οι Τάσεις που επικρατούν, η Μελέτη προτύπων αλλά και οι Διαδικασίες.

Στάδιο της παρουσίασης:

Σ' αυτό το στάδιο η πληροφορία που προέκυψε από το στάδιο της Ανάλυσης παρουσιάζεται με μια από τις παρακάτω βασικές μορφές:

- i. Μορφή 1η: Πίνακες, Αριθμητικές συναρτήσεις, Μέσοι όροι και άλλες μη σχεδιαστικές αποδόσεις.
- ii. Μορφή 2η: Ιστογράμματα, Πολύγωνα συχνότητας και άλλες μορφές γραφημάτων
- iii. Μορφή 3η: Χάρτες

Τα δεδομένα αυτά μπορούν είτε να παρουσιαστούν κατευθείαν στην οθόνη του υπολογιστή είτε να αποθηκευτούν σε δισκέτες και σκληρούς δίσκους είτε τέλος να εκτυπωθούν με τη βοήθεια κάποιου εκτυπωτή.

Συμπεράσματα

«Στο στάδιο των συμπερασμάτων πρέπει να καθρεπτίζεται η υλοποίηση του στόχου του Γ.Σ.Π και οι εναλλακτικές απόψεις για την επίλυση του προβλήματος».

Όλα τα συμπεράσματα πρέπει να είναι προσεκτικά τεκμηριωμένα με βάση κατάλληλα στοιχεία ή, αν αναφέρονται στην κρίση του μελετητή, πρέπει αυτό να αναφέρεται ρητώς και οι λόγοι να εξηγούνται με σαφήνεια (Κουτσόπουλος, 2005).

2.3.5 Εφαρμογές

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών μπορούν να συμβάλλουν ως ολοκληρωμένα εργαλεία χωρικής ανάλυσης και σχεδιασμού σε μια πληθώρα επιστημονικών πεδίων όπως:

- Περιφερειακός Προγραμματισμός – Σχεδιασμός (Χωρική ανάλυση ανισοτήτων, διαχείριση ολοκληρωμένων αναπτυξιακών προγραμμάτων κ.α.)
- Αστικός Προγραμματισμός – Σχεδιασμός (χωρική ανάλυση αστικών περιοχών, δήμων, γειτονιών, κ.α.)
- Συγκοινωνίες – Μεταφορές (διαχείριση συστημάτων μεταφορών οδικών, ακτοπλοϊκών κ.α.)
- Τεχνική υποδομή (διαχείριση δικτύων ύδρευσης – αποχέτευσης, ενέργειας κ.α.)

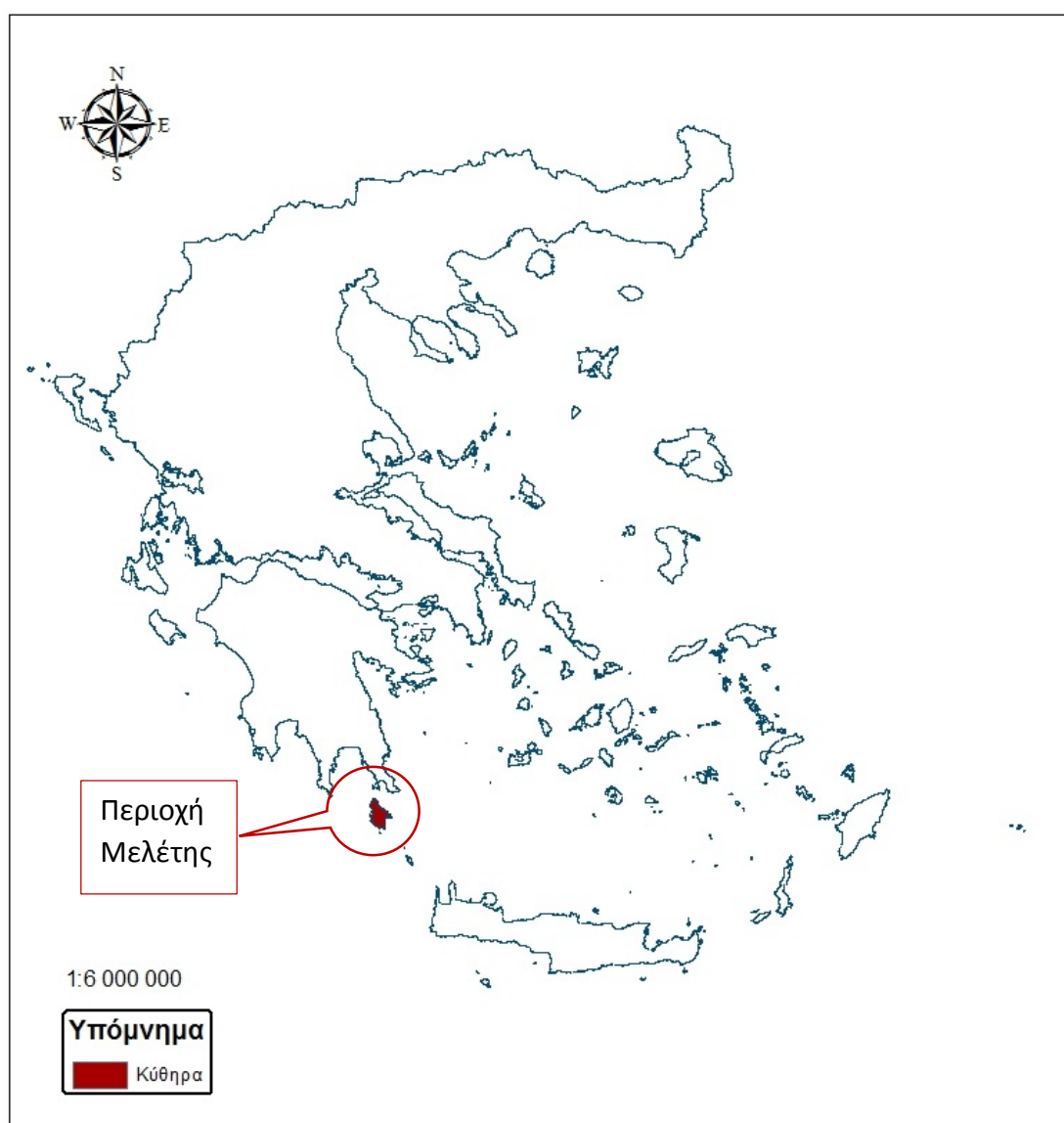
- Περιβάλλον (διαχείριση οικοσυστημάτων, πολιτικές προστασίας και πρόληψης, κ.α.)
- Φορολογία (φορολογία ακίνητης περιουσίας κ.α.)
- Εκπαίδευση και Υγεία-Πρόνοια (πολιτική διαχείρισης παροχών εκπαίδευσης, υγείας-πρόνοιας, κ.α.)
- Πυροσβεστική, Δασική Υπηρεσία, Αστυνομία (πολιτικές πρόληψης και αντιμετώπισης εκτάκτων αναγκών, κ.α.)
- Ανάλυση Αγοράς (ανάλυση καταναλωτικής συμπεριφοράς, κ.α.)
- Αγορά Εργασίας (χωρική ανάλυση αγορών εργασίας, σύζευξη προσφοράς-ζήτησης, κ.α.)

(Κουτσόπουλος, 2005α)

3 Περιοχή Μελέτης

3.1 Γενικά στοιχεία

Τα Κύθηρα, γνωστά και με την παλαιότερη ενετική ονομασία Τσιρίγο (Cerigo), είναι νησί το οποίο βρίσκεται στη Νότιο Ελλάδα, στα νότια της Πελοποννήσου και νοτιότερα της Ελαφώνησου και του κάβο Μαλιά. Ο Πλάτωνας αναφέρει ότι κατά τη μυθολογία ήταν το νησί της θεάς Ουράνιας Αφροδίτης (την οποία ξεχωρίζει από την Αφροδίτη Πάνδημο) και του Έρωτα.



Σχήμα 3.1: Γεωγραφική θέση των Κυθήρων (Πηγή: geodata.gov.gr)

Τα Κύθηρα βρίσκονται στην νότια Ελλάδα, ανάμεσα στην Πελοπόννησο και την Κρήτη, στο σημείο που το Ιόνιο, το Αιγαίο και το Κρητικό πέλαγος συναντώνται.

Είναι νησί επίμηκες, με μήκος 29 χιλιόμετρα και πλάτος 18 χιλιόμετρα. Έχουν έκταση 279,5 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Το μήκος των ακτογραμμών του είναι περίπου 90 χιλιόμετρα. Στο βόρειο άκρο του νησιού βρίσκεται ο φάρος του Μουδαρίου, ο οποίος χτίστηκε το 1857 από τους Άγγλους, ενώ στο λιμάνι του Καψαλίου, στο νότιο τμήμα του νησιού, βρίσκεται φάρος ο οποίος κατασκευάστηκε το 1853.

Πίνακας 3.1:Γεωγραφικά στοιχεία Κυθήρων (Πηγή: Wikipedia)

| Γεωγραφία | |
|---------------------|------------------------|
| Νησιωτικό σύμπλεγμα | Επτάνησα |
| Έκταση | 279 km ² |
| Υψόμετρο | 506 m |
| Υψηλότερη κορυφή | Μερμηγκάρης |
| Διοίκηση | |
| Περιφέρεια | Αττικής |
| Νομός | Πειραιά |
| Πρωτεύουσα | Κύθηρα (πόλη) |
| Δημογραφικά | |
| Πληθυσμός | 3.973 (απογραφή 2011) |
| Πυκνότητα | 13,47 /km ² |

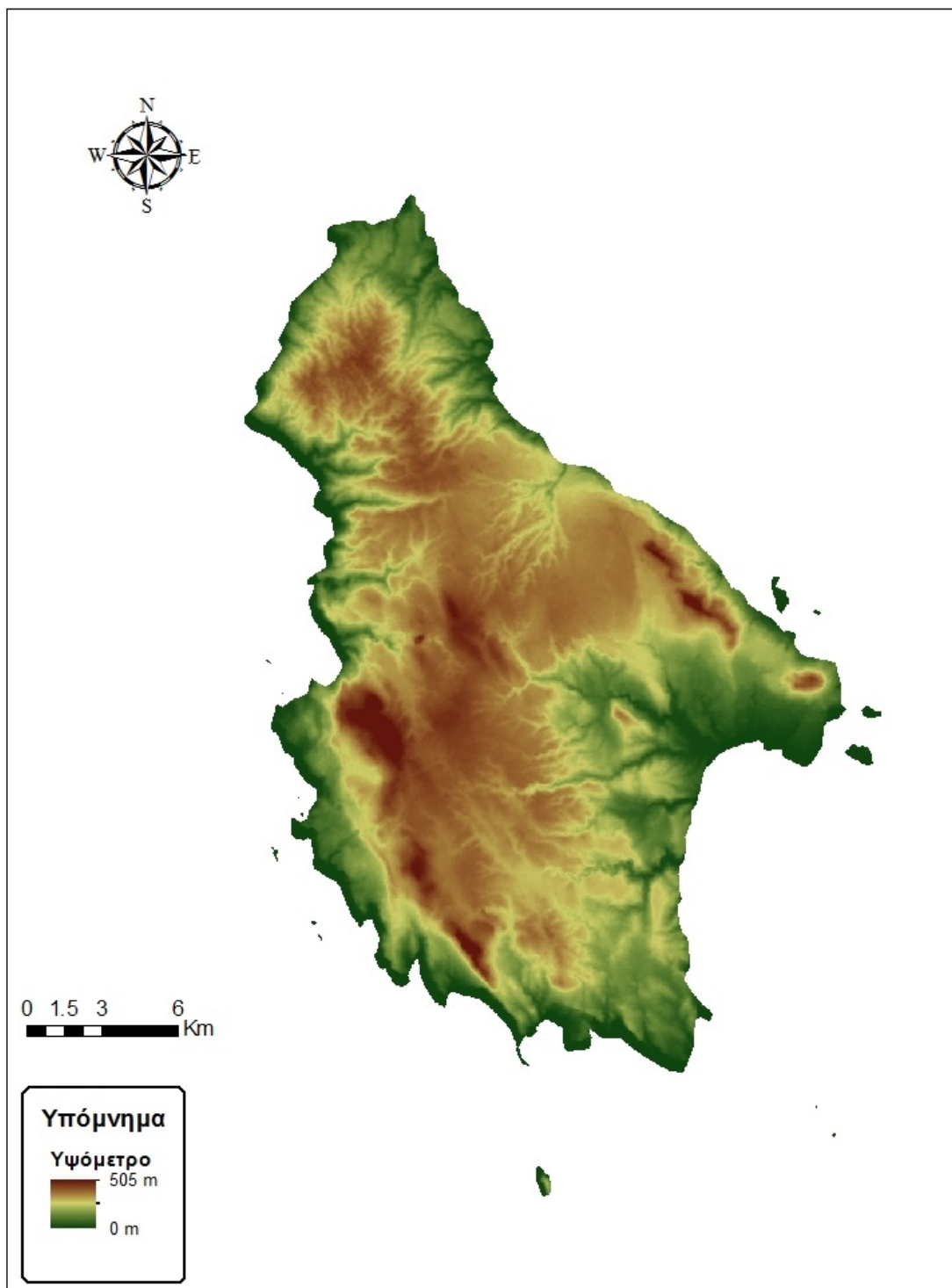
3.2 Μορφολογία

Τα Κύθηρα είναι ορεινά, με δύο κύριες οροσειρές, μια στα ανατολικά και μια δυτικά, ανάμεσα στις οποίες υπάρχει ένα ομαλό οροπέδιο. Οι ψηλότερες κορυφές της ανατολικής οροσειράς είναι :

- το Κουτσοκέφαλο (324 m),
- το Βουνό του Διγενή (474 m),
- η Αγία Μονή (348 m) και
- ο Άγιος Γεώργιος (321 m)

και της δυτικής είναι:

- η Σκληρή (432 m),
- ο Μερμηγκάρης (506 m),
- η Βίγλα (476 m) και
- η Αγία Ελένη (433 m).



Σχήμα 3.2: Γεωμορφολογία Κυθήρων

Αυτές οι δύο οροσειρές διακλαδίζονται σε μικρότερα βουνά, ενώ ανάμεσά τους υπάρχουν βαθιά φαράγγια. Ποταμοί υπάρχουν κοντά στον Μυλοπόταμο, στον Καραβά και στα Μητάτα, ενώ οι άλλες περιοχές βασίζονται για την ύδρευση στα πηγάδια. Στο Μυλόποταμο υπάρχουν καταρράκτες και το νερό χρησιμοποιείται για να κινεί νερόμυλους, ενώ εκεί είναι το πιο εύφορο τμήμα του νησιού.

3.3 Κλίμα

Το κλίμα των Κυθήρων είναι εύκρατο μεσογειακό. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι περίπου + 20 °C και το μέσο ετήσιο ύψος βροχής, (διάρκειας περίπου 60 ημερών), είναι 600 mm, η μέση νέφωση είναι 4 και η μέση δύναμη των ανέμων περίπου 3 - 4 μποφόρ με επικρατέστερους ανέμους τους βορειοανατολικούς και δυτικούς. Πολλές φορές κατά την άνοιξη παρατηρείται ένας δυτικός-νοτιοδυτικός άνεμος καλούμενος "προβέντζα" που αθροίζει χαμηλά νέφη δημιουργώντας ομίχλη. Το χιόνι είναι σπάνιο καθώς και η θερμοκρασία κάτω των - 4 °C.

3.4 Πληθυσμιακά στοιχεία

Ο πληθυσμός των Κυθήρων είναι 3.973 κάτοικοι σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Η ομώνυμη πρωτεύουσα του νησιού έχει 281 κατοίκους, ενώ σημαντικά χωριά είναι ο Ποταμός με 476 κατοίκους και το Λιβάδι με 361. Οι υπόλοιποι κάτοικοι βρίσκονται σε πολλά (σχεδόν 60) μικρά γραφικά χωριά, διάσπαρτα σε όλη την έκταση του νησιού (πυκνότητα μόνιμου πληθυσμού/km²: 13,47).

Πίνακας 3.2: Πληθυσμιακά στοιχεία Κυθήρων (Πηγή:Ελληνική Στατιστική Αρχή)

| ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΚΥΘΗΡΩΝ 2011 | |
|-------------------------------------|--------------|
| ΔΗΜΟΣ ΚΥΘΗΡΩΝ (Έδρα: Κύθηρα) | 4 041 |
| ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΥΘΗΡΩΝ | 3 973 |
| Τοπική Κοινότητα Αρωνιαδίκων | 98 |
| Τοπική Κοινότητα Καραβά | 222 |
| Τοπική Κοινότητα Καρβουνάδων | 324 |
| Τοπική Κοινότητα Κοντολιανίκων | 188 |
| Τοπική Κοινότητα Κυθήρων | 665 |
| Τοπική Κοινότητα Λιβαδίου | 464 |
| Τοπική Κοινότητα Λογοθετιανίκων | 208 |
| Τοπική Κοινότητα Μητάτων | 192 |
| Τοπική Κοινότητα Μυλοποτάμου | 102 |
| Τοπική Κοινότητα Μυρτιδίων | 132 |
| Τοπική Κοινότητα Ποταμού | 961 |
| Τοπική Κοινότητα Φρατσίων | 167 |
| Τοπική Κοινότητα Φριλιγκιανίκων | 250 |
| ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ | 68 |

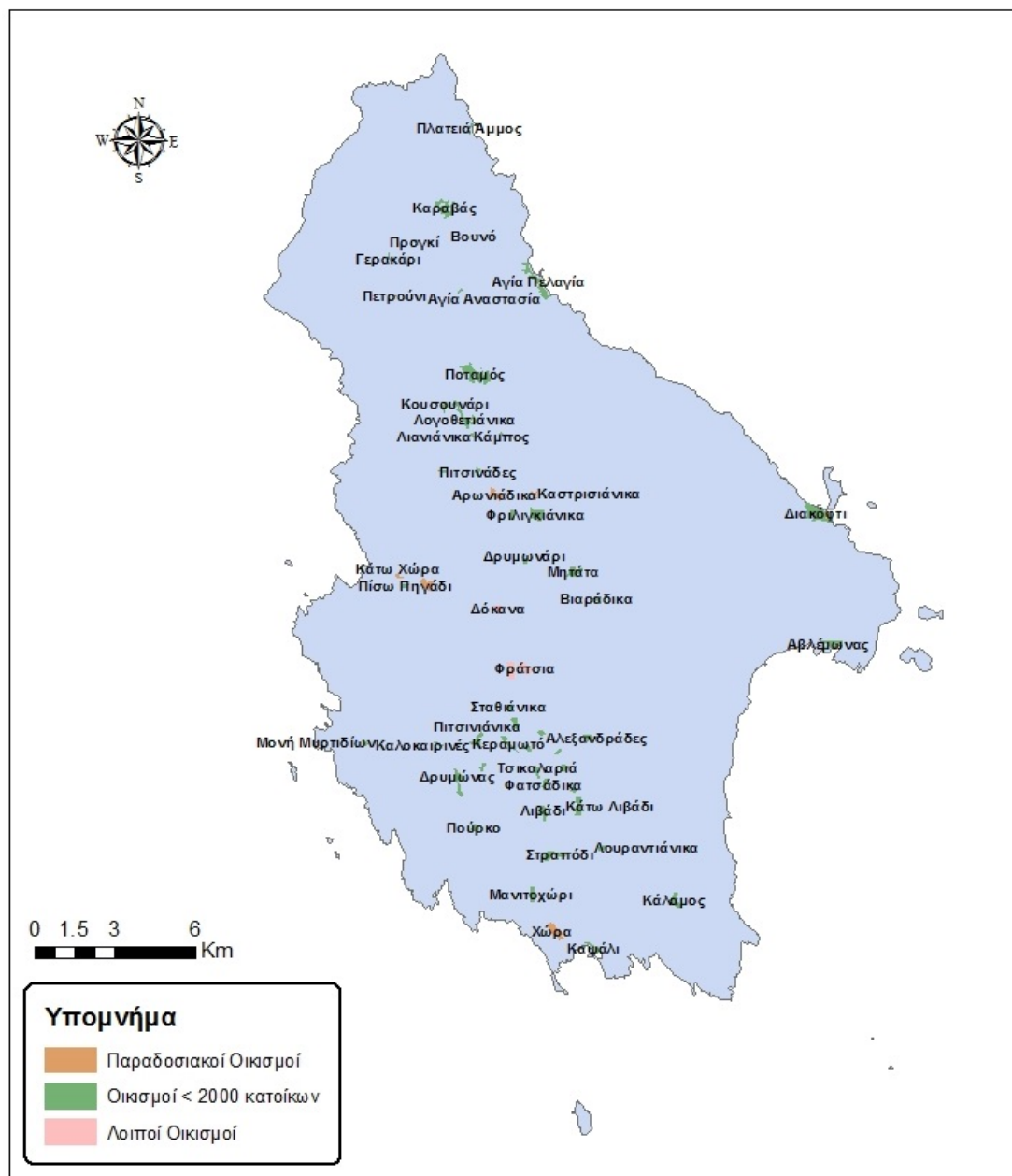
3.5 Οικιστικό δίκτυο

Παρά τον μικρό τους πληθυσμό τα Κύθηρα έχουν ένα μεγάλο αριθμό οικισμών, περίπου 60, η πλειοψηφία των οποίων είναι οικισμοί κάτω των 2000 κατοίκων. Τέσσερις από αυτούς τους οικισμούς είναι παραδοσιακοί οικισμοί. Στον χάρτη που ακολουθεί παρουσιάζεται το οικιστικό δίκτυο των Κυθήρων.

Ο κατάλογος των παραδοσιακών οικισμών των Κυθήρων σύμφωνα με το ΥΠΕΚΑ δίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.3: Παραδοσιακοί Οικισμοί Κυθήρων (Πηγή: Υπουργείο Παραγωγικής Ανασυγκρότησης Περιβάλλοντος & Ενέργειας)

| | <i>Παραδοσιακός Οικισμός</i> | <i>Δημοτικό Διαμέρισμα</i> |
|----------|------------------------------|----------------------------|
| <i>1</i> | Χώρα | Κυθήρων |
| <i>2</i> | Αρωνιάδικα | Αρωνιαδίκων |
| <i>3</i> | Μυλοπόταμος | Μυλοποτάμου |
| <i>4</i> | Καστρισιάνικα | Φριλιγκιανίκων |



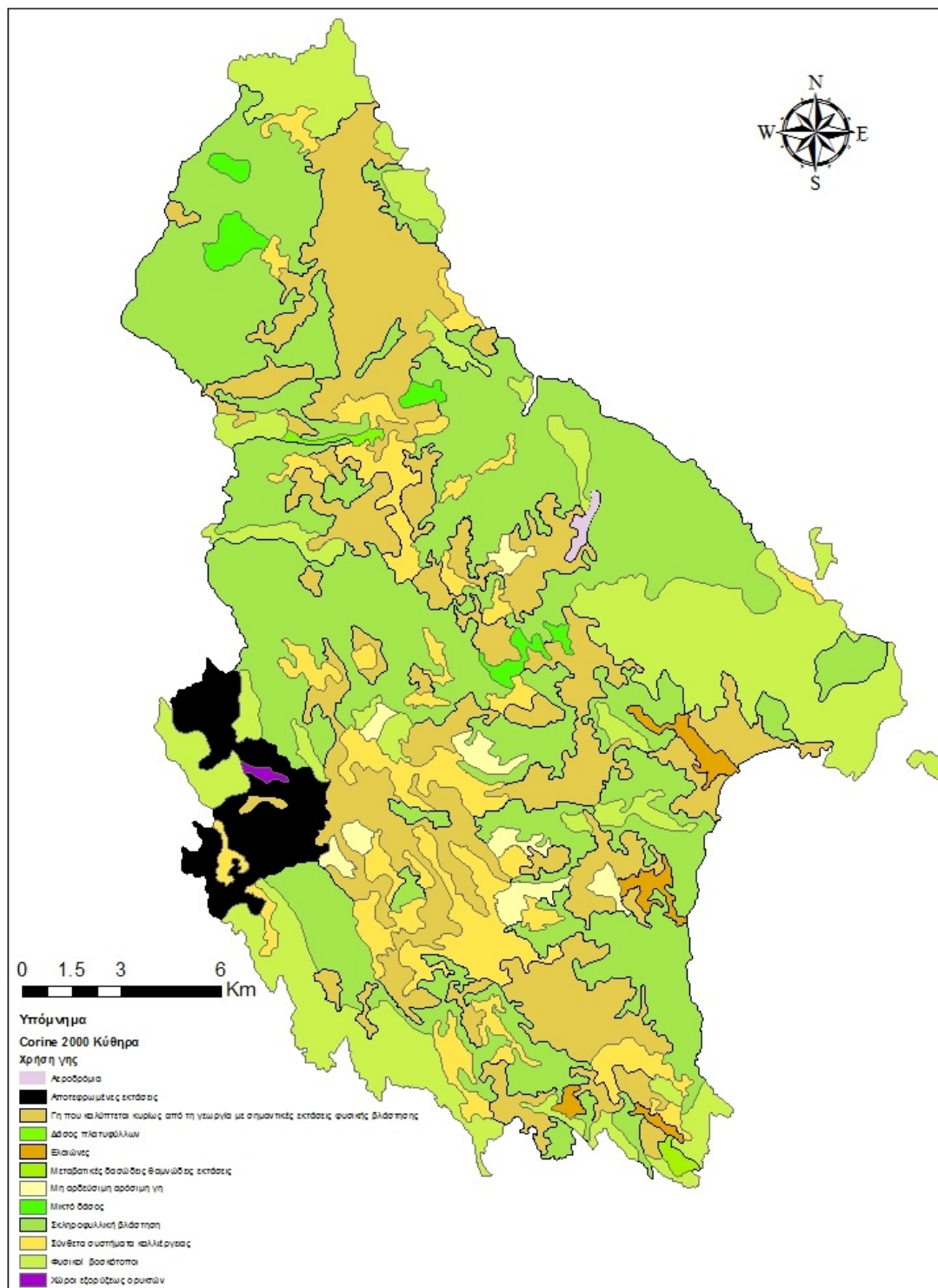
Σχήμα 3.3: Οικισμοί των Κυθήρων

3.6 Χρήσεις γης

Οι κυριότερες χρήσεις γης για τα Κύθηρα σύμφωνα με το Corine 2000 είναι:

- Η Σκληροφυλλική βλάστηση καλύπτει το 39.9% του νησιού. Πρόκειται για φυτά ξηροφυτικής κατασκευής (φύλλα σκληρά, δερματώδη, μετρίου ή μικρού μεγέθους), που αναπτύσσονται σε ξηρά, κυρίως μεσογειακά περιβάλλοντα όπως των Κυθήρων. Τέτοια φυτά είναι η χαρουπιά, αριά, πουρνάρι, φιλίκι, κουμαριά, σχίνος, μυρτιά, αγριελιά.
- Γη που καλύπτεται κυρίως από τη γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης καταλαμβάνει το 24.1% της έκτασης του νησιού.
- Φυσικοί βοσκότοποι που αποτελούν το 18% το νησιού. Στην κτηνοτροφία των Κυθήρων υπάρχουν τα πρόβατα οι κασίκες και οι χοίροι, ενώ στα βοοειδή υπάρχει περιορισμένη δραστηριότητα. Επίσης υπάρχουν και ορνιθοτροφεία. Από το γάλα των αιγοπροβάτων παράγεται τυρί το οποίο είναι πολύ καλής ποιότητας.
- Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας σε ποσοστό 9.3%. Τα καλλιεργούμενα φυτά είναι τα σιτηρά όπως κριθάρι, σιτάρι και καλαμπόκι, καθώς επίσης και τα όσπρια όπως κουκιά, ρεβίθια, φακές, βίκος και λαθούρι (φάβα). Η αμπελουργία είναι επίσης από τις βασικές ασχολίες των γεωργών. Τα δέντρα που καλλιεργούνται είναι η ελιά, η χαρουπιά, η συκιά, η δαμασκηλιά, η αμυγδαλιά, η αχλαδιά.
- Ελαιώνες είναι το 1% του νησιού από όπου παράγεται το άριστης ποιότητας λάδι Κυθήρων.
- Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη αποτελεί το 1.7%.
- Τα μικτά δάση καλύπτουν το 1.2%

Στην συνέχεια φαίνεται ο χάρτης του Corine 2000 με τις χρήσεις γης των Κυθήρων.

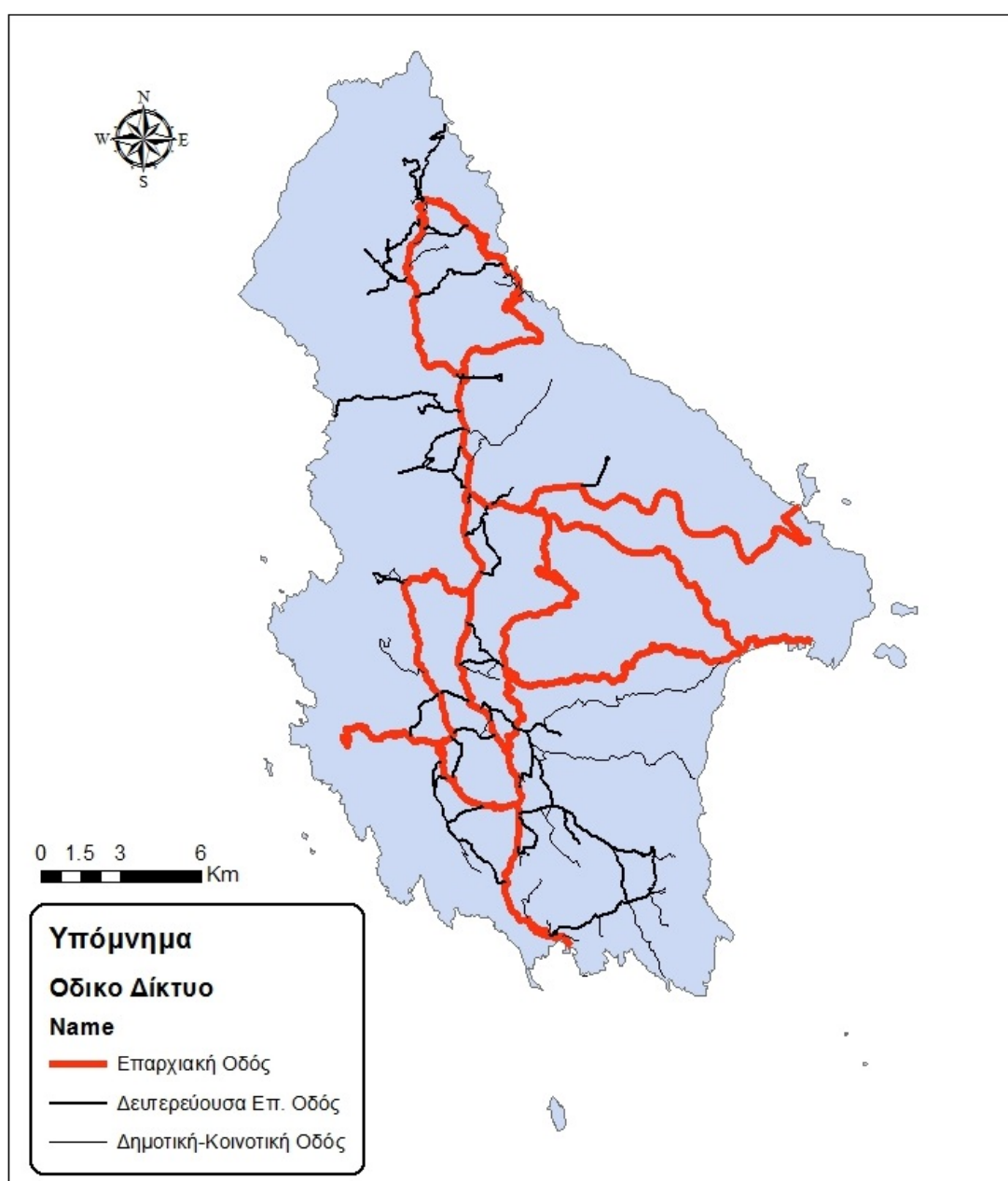


Σχήμα 3.4: : Χάρτης χρήσεων γης Corine 2000 (Πηγή: European Environment Agency)

3.7 Υποδομές – δίκτυα

3.7.1 Οδικό δίκτυο

Το οδικό δίκτυο των Κυθήρων είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένο για την εξυπηρέτηση των μεταφορικών αναγκών των πολιτών, της γεωργίας, του εμπορίου και του τουρισμού. Το κύριο επαρχιακό δίκτυο του νησιού που ενώνει το βόρειο τμήμα, το λιμάνι και το αεροδρόμιο με την πρωτεύουσα έχει μήκος περίπου 130 km. Επίσης, υπάρχουν ακόμη 156 km ασφαλτοστρωμένων δρόμων τα οποία συνδέουν τα χωριά του νησιού με το κεντρικό επαρχιακό οδικό δίκτυο.



Σχήμα 3.5: Οδικό Δίκτυο Κυθήρων (Πηγή: OpenStreetMap)

3.7.2 Αεροδρόμιο

Ο Κρατικός Αερολιμένας Κυθήρων είναι ένα σύγχρονο αεροδρόμιο το οποίο συνδέει τα Κύθηρα με την Αθήνα, την Κρήτη και τα υπόλοιπα νησιά του Ιονίου. Επίσης, κατά τους θερινούς μήνες πραγματοποιούνται πτήσεις τσάρτερ με τουρίστες από Ευρώπη.

Βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα το νησιού σε απόσταση 23 km από την πρωτεύουσα. Η πρώτη επιβατική προσγείωση έγινε το 1971. Το αεροδρόμιο πήρε την σημερινή του μορφή το 2004 με την επέκταση του αεροδιάδρομου στα 1.481 m και την κατασκευή αεροσταθμού 2.370 m². Στις 29 Απριλίου 2014 μετονομάστηκε σε Κρατικό Αερολιμένα Κυθήρων "Αλέξανδρος Αριστοτέλους Ωνάσης".

3.7.3 Λιμάνι

Στην περιοχή του Διακοφτίου βρίσκεται το νέο λιμάνι του νησιού. Είναι ένα έργο το οποίο πραγματοποιήθηκε παράλληλα με το αεροδρόμιο και το νέο δρόμο που τα συνδέει με τον κεντρικό οδικό άξονα. Είναι από τα πιο ασφαλή λιμάνια καθώς είναι προστατευμένο από σχεδόν όλους τους ανέμους. Συνδέει ακτοπλοϊκά τα Κύθηρα με τον Πειραιά, την Πελοπόννησο και την Κρήτη.

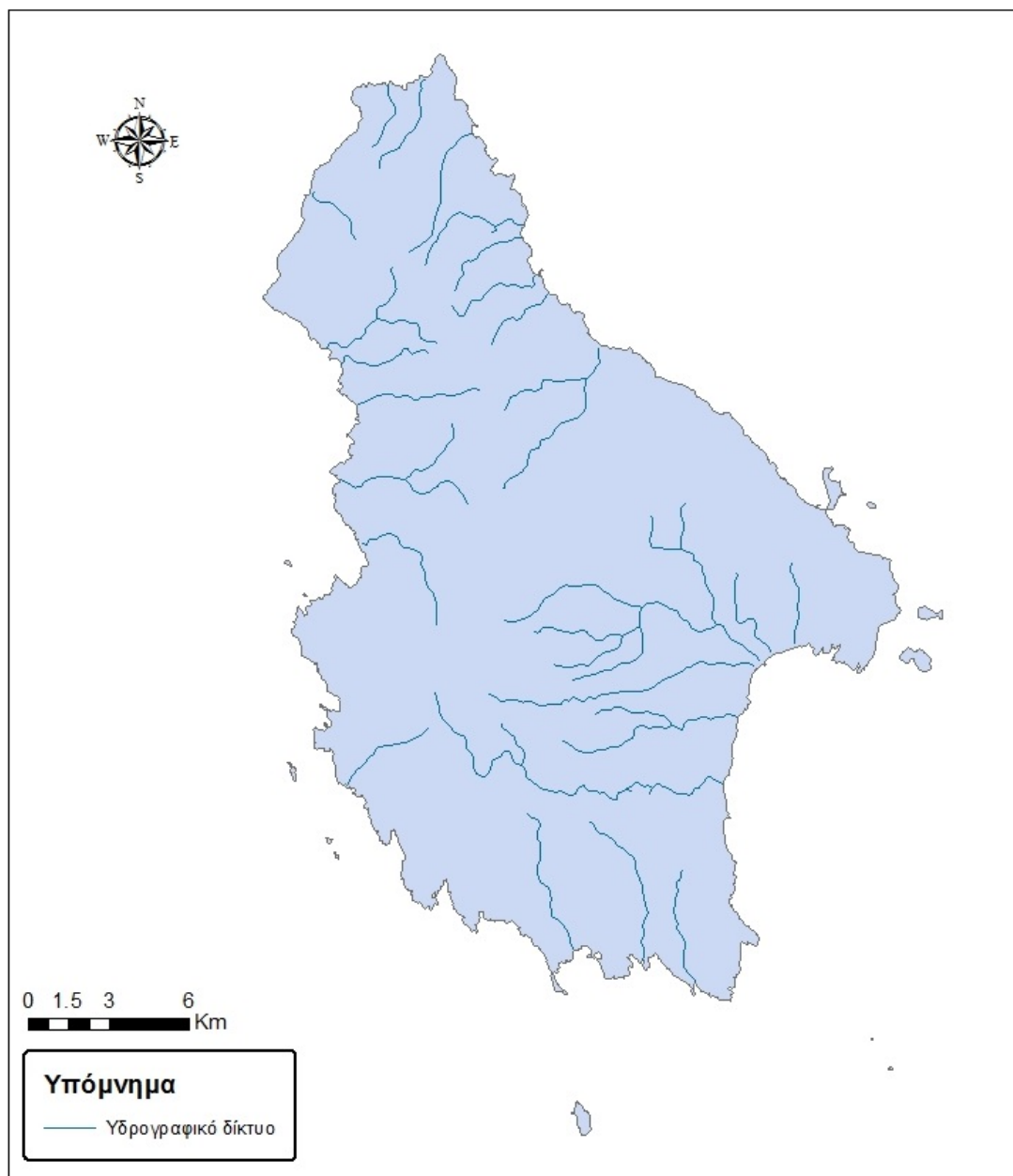
Άλλα λιμάνια του νησιού είναι η Αγία Πελαγία και το Καψάλι. Το λιμάνι του Καψαλίου δεν χρησιμοποιείται πλέον. Λειτουργεί κυρίως ως μαρίνα για σκάφη αναψυχής.

3.7.4 Διασυνδεδεμένα νησιά

Σύμφωνα με την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας τα Κύθηρα ανήκουν στα διασυνδεδεμένα νησιά όπως φαίνεται στον παρακάτω κατάλογο διασυνδεδεμένων νησιών: Σαμοθράκη, Θάσος, Αμολιανή, Σκιάθος, Σκόπελος, Αλόνησος, Άνδρος, Τήνος, Εύβοια, Κέα, Αίγινα Αγκίστρι, Πόρος, Ύδρα, Σπέτσες, **Κύθηρα**, Σαλαμίνα, Ελαφώνησος, Κέρκυρα, Παξοί, Αντίπαξοι, Λευκάδα, Μεγανήσι, Κάλαμος, Καστός, Κεφαλονιά, Ιθάκη και Ζάκυνθος.

3.7.5 Υδρογραφικό δίκτυο

Το υδρογραφικό δίκτυο των Κυθήρων αποτελείται κυρίως από χειμάρρους. Το ανάγλυφο του νησιού είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον, διότι σε πολλές περιοχές του νησιού σχηματίζονται ρεματιές και χειμάρροι, οι οποίοι σε καλά υδρολογικά έτη ρέουν καθ' όλη τη διάρκειά του. Στον παρακάτω χάρτη παρουσιάζεται το υδρογραφικό δίκτυο Κυθήρων.



Σχήμα 3.6: Υδρογραφικό δίκτυο Κυθήρων

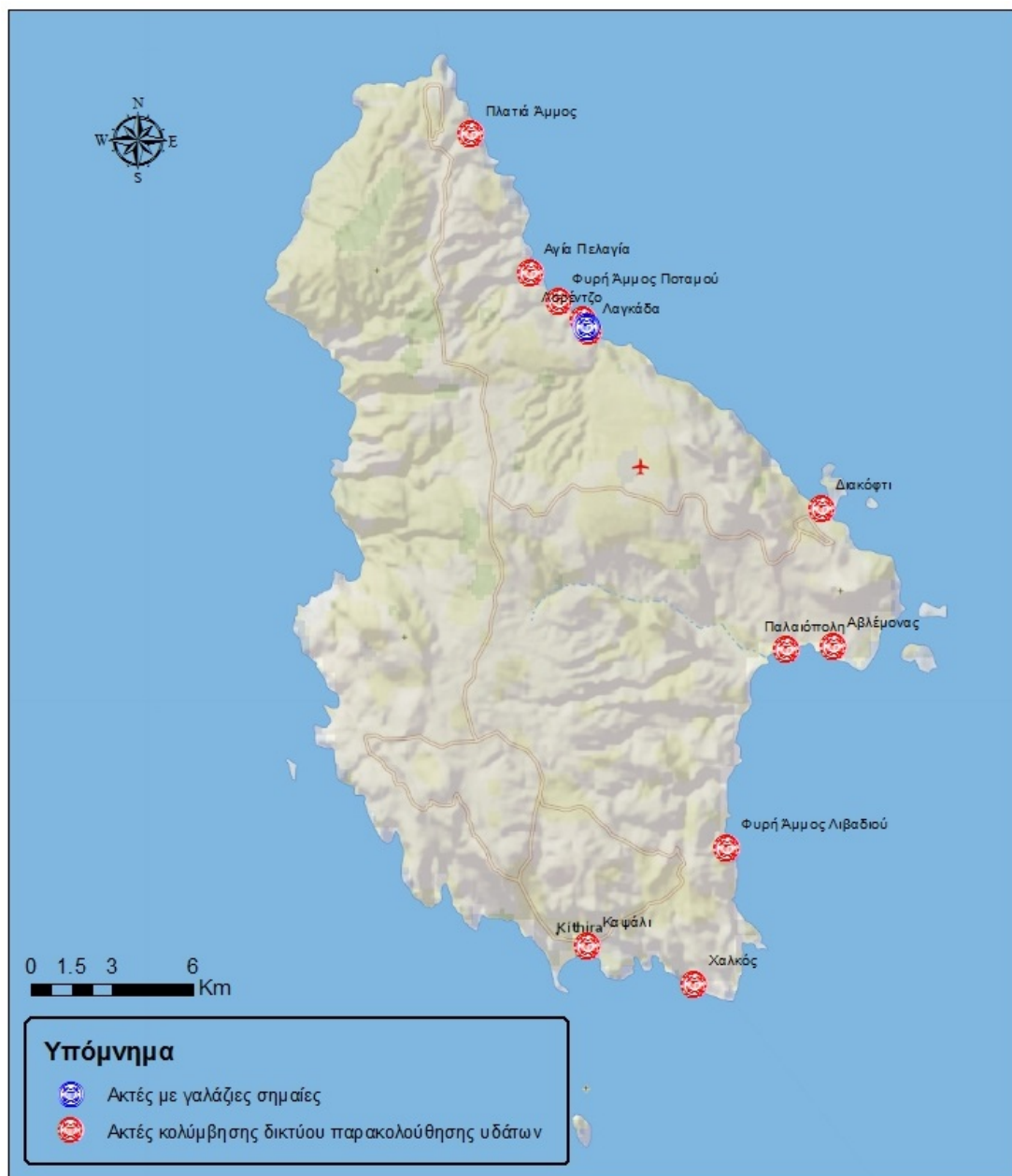
3.7.6 Ακτές κολύμβησης

Τα Κύθηρα έχουν ένα μεγάλο αριθμό παραλιών. Κάποιες από αυτές είναι ενταγμένες στο πρόγραμμα παρακολούθησης των ακτών κολύμβησης του Υπουργείου Παραγωγικής Ανασυγκρότησης, Περιβάλλοντος & Ενέργειας.

Στόχος του Προγράμματος αυτού είναι η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας των λουομένων, η συμμόρφωση με την Οδηγία 76/160/ΕΟΚ και η σταδιακή αντικατάστασή της από την Οδηγία 2006/7/ΕΚ μέχρι το 2014, η οποία

έχει εκδοθεί και ενσωματωθεί στο Εθνικό Δίκαιο και υιοθετεί νέους μικροβιολογικούς δείκτες.

Το «Πρόγραμμα» επαναλαμβάνεται κάθε έτος κατά τη διάρκεια της κολυμβητικής περιόδου, από το Μάιο έως τον Οκτώβρη και τα αποτελέσματά του καθώς και η ετήσια έκθεση παρακολούθησης κοινοποιούνται στην Ευρωπαϊκή Ένωση.



Σχήμα 3.7: Δίκτυο παρακολούθησης ακτών κολύμβησης (Πηγή: geodata.gov.gr)

Επίσης μία από τις παραλίες αυτές, η Λαγκάδα είναι βραβευμένη με γαλάζια σημαία. Το Πρόγραμμα “ΓΑΛΑΖΙΕΣ ΣΗΜΑΙΕΣ” αποτελεί πρωτοβουλία της διεθνούς οργάνωσης FEE (Foundation for Environmental Education), που στην Ελλάδα εκπροσωπείται από την Ελληνική Εταιρία Προστασίας της Φύσης (ΕΕΠΦ). Η Ελληνική Εταιρία Προστασίας

της Φύσης συνεργάζεται με το ΥΠΕΚΑ και ειδικότερα κάνει χρήση των επίσημων δημοσιοποιημένων αποτελεσμάτων του προγράμματος παρακολούθησης της ΕΓΥ για τη συμμετοχή των ενδιαφερόμενων φορέων διαχείρισης των ακτών στο διεθνές εθελοντικό πρόγραμμα “ΓΑΛΑΖΙΕΣ ΣΗΜΑΙΕΣ” (“BLUE FLAGS”).

3.8 Ιδιαίτερα φυσικά χαρακτηριστικά – Προστατευόμενες περιοχές

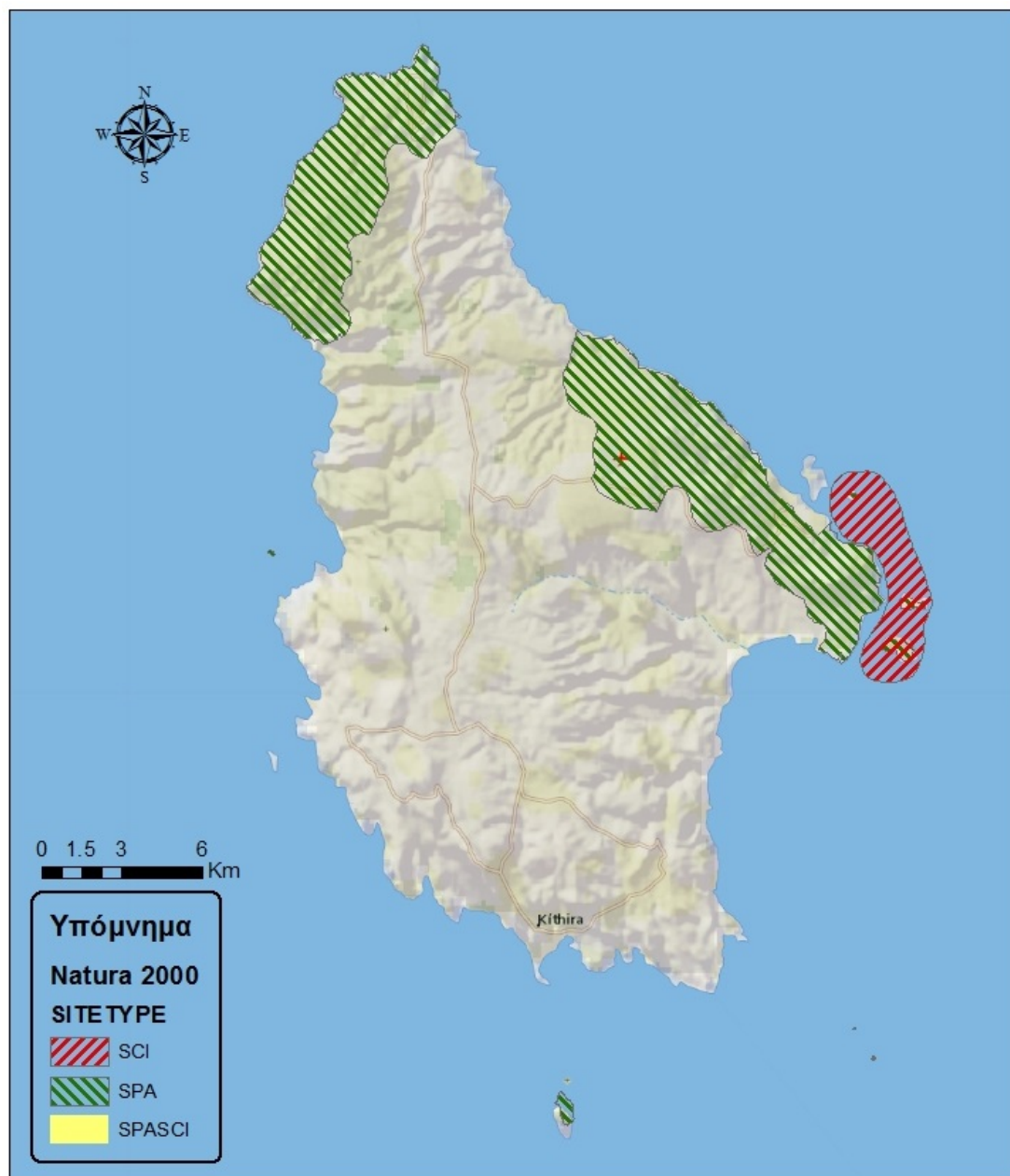
Το Δίκτυο Natura 2000 αποτελεί ένα Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο περιοχών, οι οποίες φιλοξενούν φυσικούς τύπους οικοτόπων και οικοτόπους ειδών που είναι σημαντικοί σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Αποτελείται από δύο κατηγορίες περιοχών:

- 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. Για τον προσδιορισμό των ΤΚΣ λαμβάνονται υπόψη οι τύποι οικοτόπων και τα είδη των Παραρτημάτων I και II της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ καθώς και τα κριτήρια του Παραρτήματος III αυτής.

Στο νησί των Κυθήρων υπάρχουν δύο τέτοιες περιοχές όπως φαίνονται στον πίνακα και στον χάρτη παρακάτω:

Πίνακας 3.4: Περιοχές δικτύου natura 2000 Κυθήρων (Πηγή: visitkythera.gr)

| Περιοχές δικτύου natura 2000 Κυθήρων | Κωδικός | Κατηγορία | Site name | Ονομασία Τόπου | Έκταση (ha) |
|--------------------------------------|-----------|-----------|---|--|-------------|
| 232 | GR3000010 | ΤΚΣ (SCI) | Kythira islets: Prasonisi, Dragonera, Antidragonera | Νησίδες Κυθήρων: Πρασονήσι, Δραγονέρα, Αντιδραγονέρα | 989,16 |
| 234 | GR3000013 | ΖΕΠ (SPA) | Kythera and neighbour islets: Prasonisi, Dragonera, Antidragonera, Avgo, Kapelo, Koufo and Fidonisi | Κύθηρα και γύρω νησίδες: Πρασονήσι, Δραγονέρα, Αντιδραγονέρα, Αυγό, Καπέλό, Κουφό και Φιδονήσι | 5448,00 |



Σχήμα 3.8: Περιοχές δικτύου Natura 2000 στα Κύθηρα (Πηγή:Natura 2000)

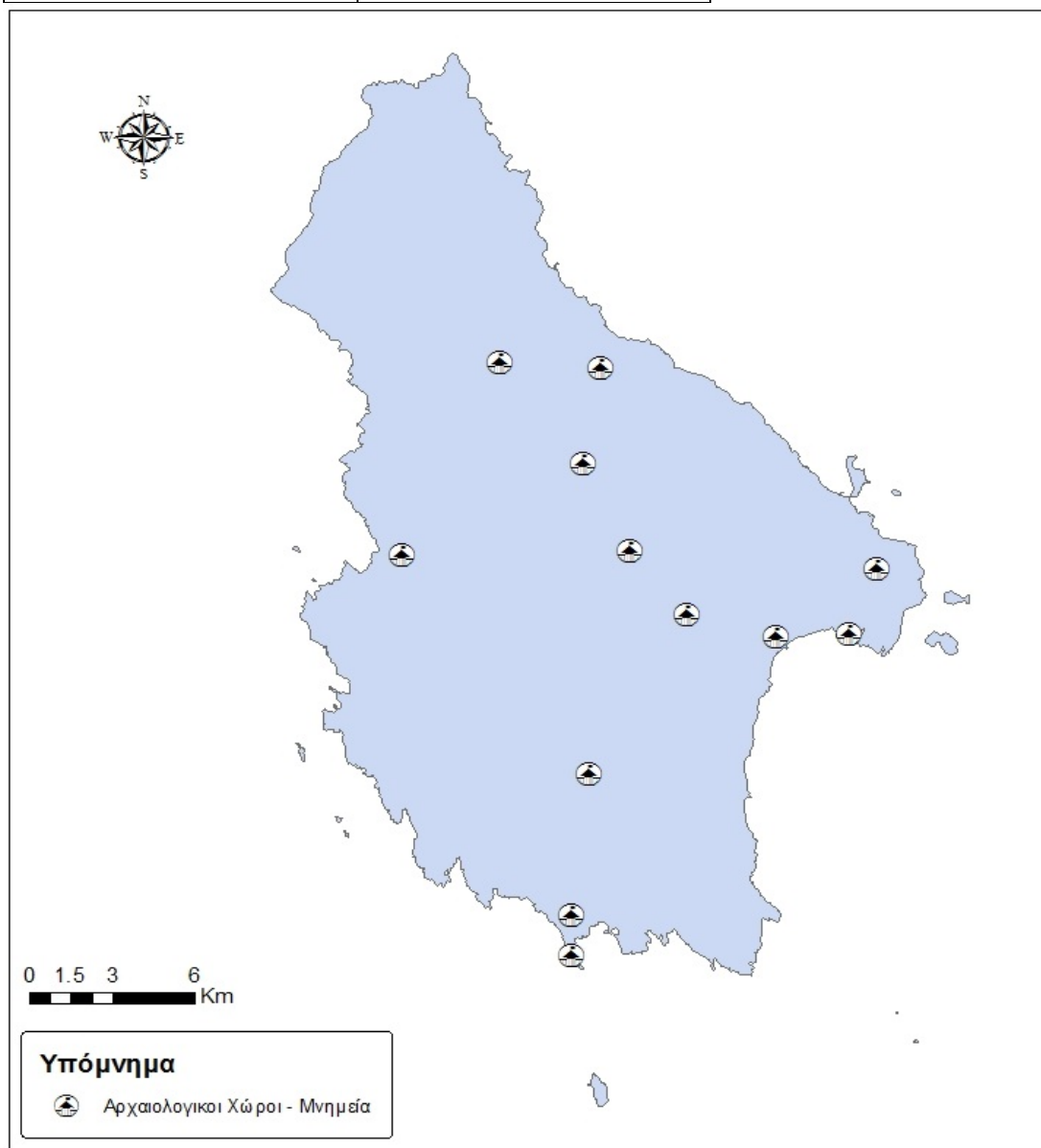
3.9 Αρχαιολογικοί χώροι – Μνημεία – Ιερές Μονές

Τα Κύθηρα παρά το μικρό τους μέγεθος έχουν να επιδείξουν πλούσια πολιτιστική κληρονομιά. Η γεωγραφική τους θέση καθώς και οι ιστορικές συγκυρίες που βίωσε το νησί διαμέσου των αιώνων, οδήγησαν στην δημιουργία ενός πολιτισμού ο οποίος άφησε πλούσια κατάλοιπα στην επιφάνεια του νησιού. Ακολουθούν πίνακας και χάρτης με τους αρχαιολογικούς χώρους και τα μνημεία όπως καταγράφονται στον διαρκή κατάλογο των Κηρυγμένων Αρχαιολογικών Χώρων και Μνημείων του Υπουργείου Πολιτισμού & Τουρισμού.

Κεφάλαιο 3 - Περιοχή Μελέτης

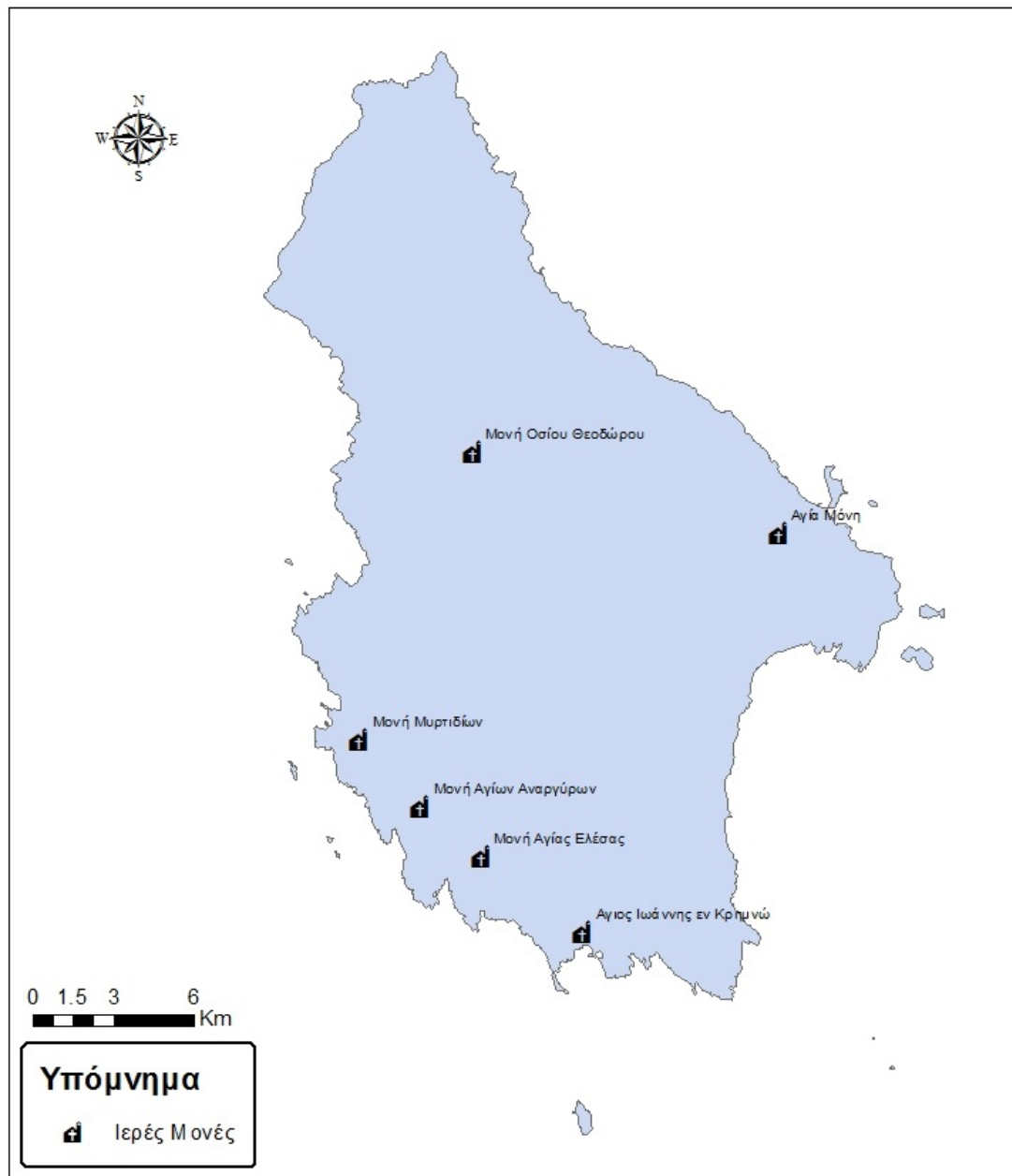
Πίνακας 3.5: Κατάλογος Αρχαιολογικών Χώρων και Μνημείων (Πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού & Τουρισμού)

| | |
|----------------------------|------------------------------------|
| Αρχαιολογικοί Χώροι | Κάστρο Χώρας Κυθήρων |
| | Μυλόκαστρο |
| | Βυζαντινός οικισμός Μυλοποτάμου |
| | Κάστρο Παληοχώρας |
| | Ενετικό Κάστρο Αυλέμονα |
| | Παιλιόπολη (Σκάνδεια) |
| | Μινωικό Ιερό Κορυφής |
| | Κάστρο Καψαλίου |
| | Παλιόκαστρο |
| | Μνημεία |
| Γέφυρα Ποταμού | |
| Κάμπος Παλαιοπόλεως | |



Σχήμα 3.9: Αρχαιολογικοί χώροι - Μνημεία Κυθήρων

Στα Κύθηρα υπάρχουν επίσης σημαντικά Μοναστηριακά Συγκροτήματα της βυζαντινής και μεταβυζαντινής περιόδου. Σύμφωνα με τον διαρκή κατάλογο των Κηρυγμένων Αρχαιολογικών Χώρων και Μνημείων του Υπουργείου Πολιτισμού & Τουρισμού αυτά είναι:



Σχήμα 3.10: Ιερές Μονές Κυθήρων

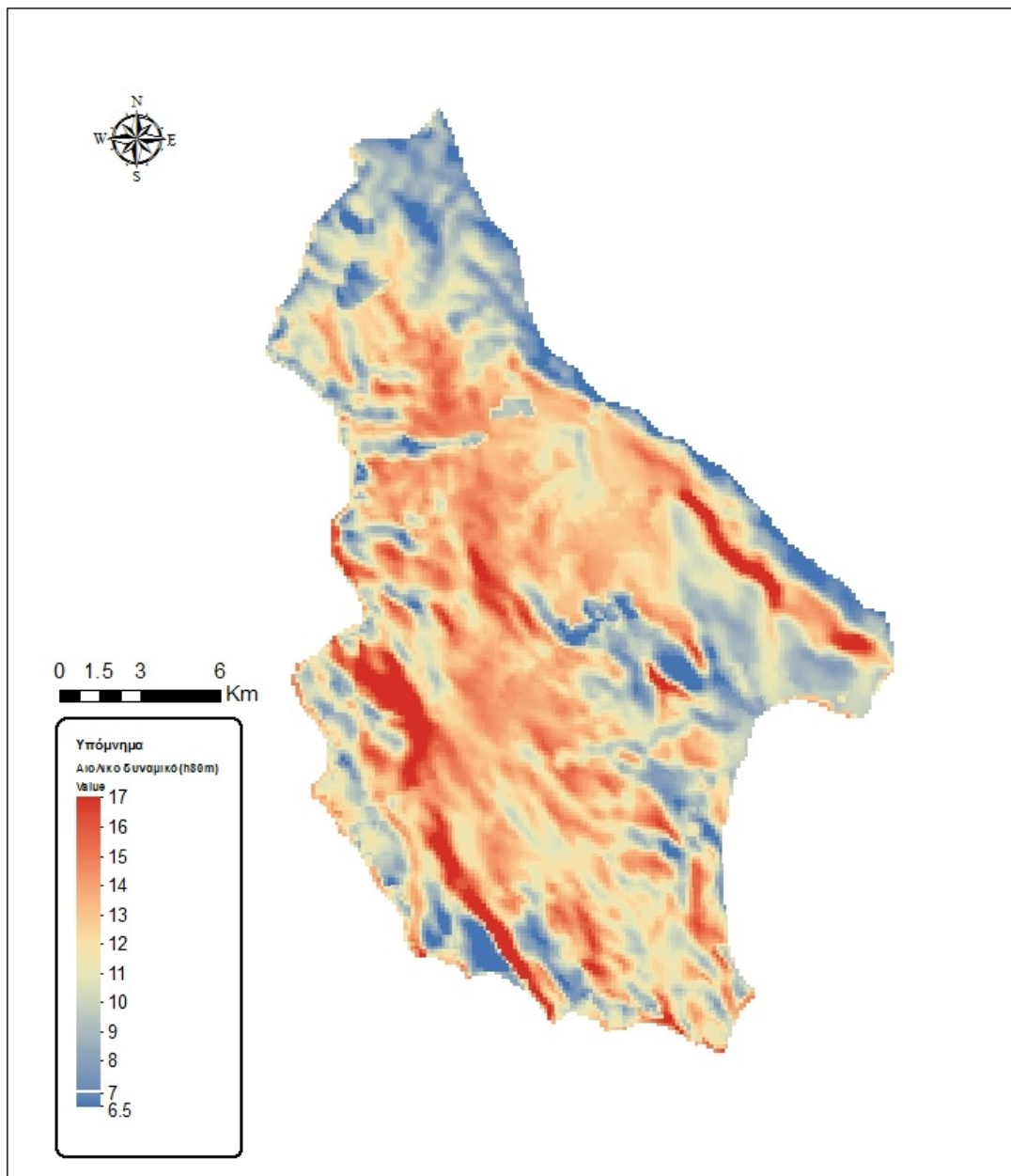
Πίνακας 3.6: Ιερές Μονές Κυθήρων (Πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού & Τουρισμού)

| Ιερή Μονή | Διαμέρισμα | Οικισμός |
|-------------------------|-------------|----------------|
| Μονή Μυρτιδίων | Μυρτιδίων | Μονή Μυρτιδίων |
| Μονή Αγίας Ελέσας | Κυθήρων | Πούρκο |
| Μονή Αγίου Κοσμά | Μυρτιδίων | Δρυμώνας |
| Μονή Οσίου Θεοδώρου | Αρωνιαδίκων | Πιτσινάδες |
| Αγία Μόνη | Μητάτα | Αγία Μόνη |
| Άγιος Ιωάννης Εν Κρημνώ | Κυθήρων | Κύθηρα |

3.10 Αιολικό δυναμικό

Χρησιμοποιώντας δεδομένα από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) έγινε παραγωγή του αιολικού χάρτη Κυθήρων. Χρησιμοποιήθηκαν ανεμολογικά δεδομένα για ύψος 80 m από την επιφάνεια του εδάφους που είναι και το σύνηθες ύψος της τυπικής ανεμογεννήτριας.

Παρατηρώντας το χάρτη που ακολουθεί, προκύπτει ότι τα Κύθηρα διαθέτουν υψηλό αιολικό δυναμικό αφού η χαμηλότερη τιμή της ταχύτητας του ανέμου είναι τα 6,5 m/s και η ψηλότερη 17 m/s. Η ελάχιστη ταχύτητα που απαιτείται για να είναι λειτουργικό ένα αιολικό πάρκο είναι τα 4 m/s. Αυτό σημαίνει ότι από άποψη αιολικού δυναμικού όλο το νησί είναι κατάλληλο για εγκατάσταση ανεμογεννητριών.



Σχήμα 3.11: Αιολικό Δυναμικό Κυθήρων (Πηγή: Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας)

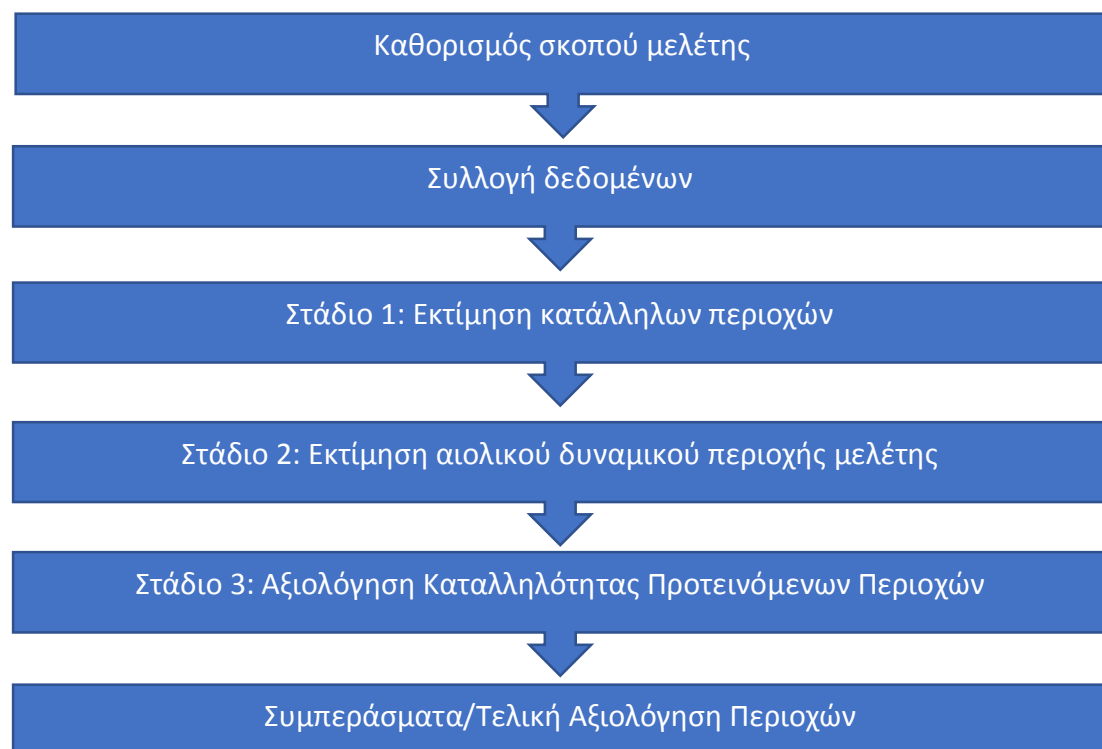
4 Μεθοδολογία

4.1 Γενικό περίγραμμα μεθοδολογίας

Στην συγκεκριμένη εργασία στόχος είναι η εξεύρεση των περιοχών οι οποίες είναι κατάλληλες για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς και τα κριτήρια που θέτει το Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Με την εξεύρεση των καταλληλότερων περιοχών μπορεί να γίνει και η εκτίμηση του συνολικού αιολικού δυναμικού της περιοχής μελέτης.

Στο πρώτο στάδιο της εφαρμογής γίνεται ο καθορισμός των απλών κριτηρίων τα οποία θέτει η νομοθεσία ώστε να εξευρεθούν οι περιοχές στις οποίες επιτρέπεται η χωροθέτηση αιολικού πάρκου. Στη συνέχεια, στο δεύτερο στάδιο γίνεται η εκτίμηση του αιολικού δυναμικού των τελικών προτεινόμενων περιοχών του πρώτου σταδίου. Στο τελευταίο στάδιο γίνεται η αξιολόγηση των τελικών αυτών περιοχών.

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



Σχήμα 4.1: Μεθοδολογικό πλαίσιο μελέτης

4.2 Στάδιο 1 : Εκτίμηση κατάλληλων περιοχών

Στο στάδιο αυτό έγινε ο καθορισμός των απλών κριτηρίων ώστε να εκτιμηθούν οι κατάλληλες περιοχές. Τα κριτήρια διαχωρίζονται σε πέντε βασικές κατηγορίες:

- Περιβαλλοντικά
- Οικιστικά
- Δικτύων Υποδομών
- Πολιτιστικά
- Λειτουργικά/Οικονομικά

Για την εξεύρεση των κατάλληλων θέσεων για την εγκατάσταση των αιολικών πάρκων, προσδιορίστηκαν οι περιοχές που αποκλείονται είτε για πρακτικούς λόγους, είτε για λόγους ασφαλείας. Δημιουργούνται έτσι οι ζώνες αποκλεισμού που εξυπηρετούν κάθε μια από τις παραπάνω κατηγορίες. Για περιβαλλοντικούς σκοπούς, δημιουργήθηκαν ζώνες αποκλεισμού για προστατευόμενες περιοχές που είναι ενταγμένες στο δίκτυο Natura 2000, ποταμούς και από ακτές κολύμβησης. Για τα οικιστικά κριτήρια δημιουργήθηκαν ζώνες αποκλεισμού γύρω από κατοικημένες περιοχές, εξυπηρετώντας κυρίως λόγους ασφαλείας ενώ για τα πολιτιστικά κριτήρια δημιουργήθηκαν ζώνες αποκλεισμού γύρω από αρχαιολογικά μνημεία και τόπους πολιτιστικής κληρονομιάς. Για τα κριτήρια δικτύων και υποδομών δημιουργήθηκαν ζώνες αποκλεισμού γύρω από το οδικό δίκτυο και από αεροδρόμια εξυπηρετώντας λόγους ασφαλείας. Όσον αφορά το δίκτυο ηλεκτροδότησης αποκλείστηκε μια περιοχή ασφαλείας περιμετρικά από αυτό. Οι ζώνες αποκλεισμού δημιουργήθηκαν βάση του εργαλείου *Buffer* του ArcMap 10.

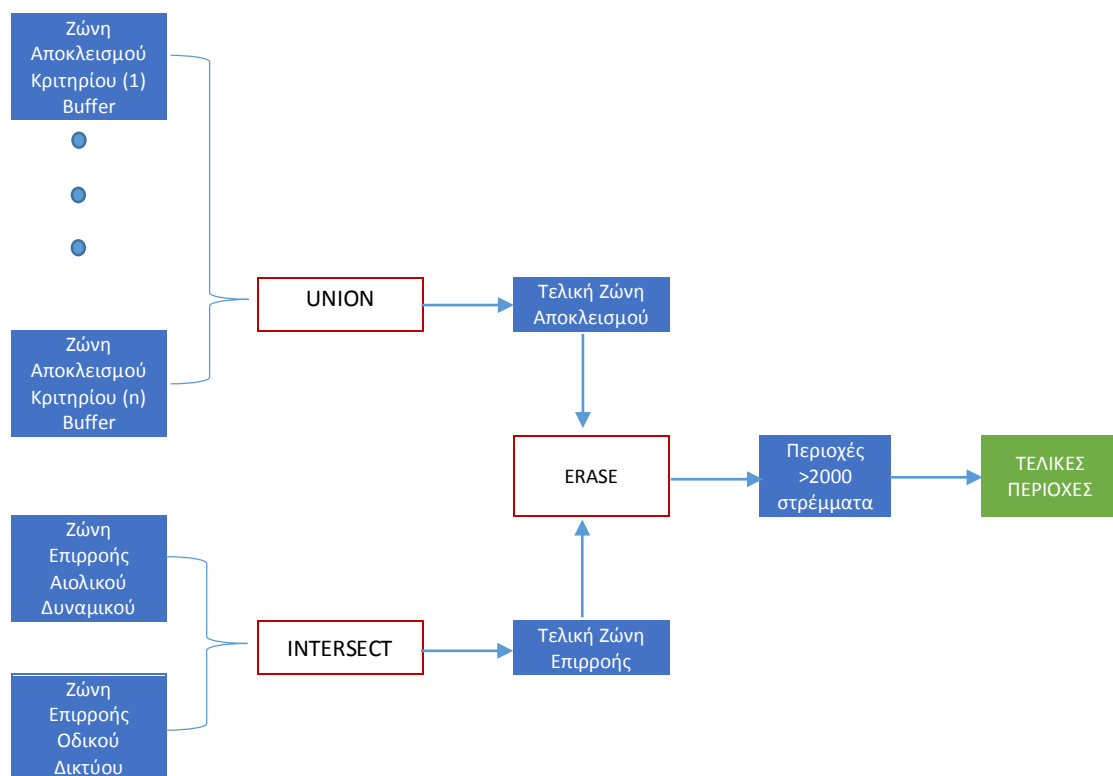
Στην συνέχεια έγινε η ένωση των παραπάνω ζωνών αποκλεισμού που αφορούν το κάθε κριτήριο με το εργαλείο *Union* του ArcMap 10, παράγοντας μια τελική ζώνη αποκλεισμού στις περιοχές που είναι ακατάλληλες για εγκατάσταση αιολικού πάρκου.

Έπειτα, έγινε η δημιουργία των ζωνών επιρροής που αφορούσαν το αιολικό δυναμικό και την προσβασιμότητα στο οδικό δίκτυο. Επειδή στα Κύθηρα δεν υπάρχει δίκτυο υψηλής τάσης θεωρήθηκε ότι η σύνδεση με το δίκτυο θα γίνει μέσω του δικτύου μέσης και χαμηλής τάσης. Ωστόσο, επειδή το δίκτυο αυτό ακολουθεί κατά κανόνα το οδικό δίκτυο δεν δημιουργήθηκε ζώνης επιρροής για την προσβασιμότητα στο δίκτυο. Για να είναι βιώσιμο ένα αιολικό πάρκο χρειάζονται ταχύτητες ανέμων μεγαλύτερες των 4 m/s. Χρησιμοποιώντας δεδομένα από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας δημιουργήθηκε ο χάρτης αιολικού δυναμικού για τα Κύθηρα. Από τον χάρτη αυτό φαίνεται ότι η μικρότερη ταχύτητα ανέμου στα Κύθηρα είναι 6,5 m/s.

Η τομή αυτών των περιορισμών με το εργαλείο *Intersect* του ArcMap 10, δημιουργεί την τελική ζώνη επιρροής. Από την αφαίρεση των ζωνών αποκλεισμού από τις ζώνες επιρροής εξάγονται οι τελικές προτεινόμενες περιοχές που είναι κατάλληλες για την

χωροθέτηση αιολικού πάρκου. Η αφαίρεση έγινε με το εργαλείο *Erase* του ArcMap 10.

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης μελέτης επιλέχθηκαν μόνο οι περιοχές που είναι μεγαλύτερες από 2000 στρέμματα που προκύπτει από τη φέρουσα ικανότητα για τις νησιωτικές περιοχές σύμφωνα με το Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο για τις ΑΠΕ (0,53 τυπικές ανεμογεννήτριες / 1000 στρέμματα). Η επιλογή των περιοχών που είναι μεγαλύτερες από 2000 στρέμματα έγινε με την εντολή *Calculate Areas* αφού υπολογίστηκαν αρχικά τα εμβαδά όλων των περιοχών και επιλέχθηκαν τελικά αυτά που πληρούν τον περιορισμό.



Σχήμα 4.2: Διάγραμμα ροής πρώτου σταδίου

4.3 Στάδιο δεύτερο: Εκτίμηση Αιολικού Δυναμικού περιοχής μελέτης

Μετά την εξαγωγή των τελικών περιοχών που είναι κατάλληλες για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών έγινε η εκτίμηση του αιολικού δυναμικού των Κυθήρων. Αυτό έγινε λαμβάνοντας υπόψη στους υπολογισμούς την τυπική ανεμογεννήτρια. Σύμφωνα με το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ως τυπική ανεμογεννήτρια (Α/Γ) ή ισοδύναμη αυτής θεωρείται η ανεμογεννήτρια με διάμετρο ρότορα $D=85$ m.

Ο υπολογισμός της ισοδύναμης Α/Γ προκύπτει από τον τύπο $(N_{10}) = D / D_t$, (όπου N_{10} είναι ο ισοδύναμος αριθμός τυπικών Α/Γ, D η διάμετρος του ρότορα της εγκατεστημένης Α/Γ και D_t η διάμετρος του ρότορα της τυπικής Α/Γ).

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω για τον υπολογισμό του αιολικού δυναμικού των Κυθήρων στην συγκεκριμένη εργασία θεωρήθηκε η τυπική ανεμογεννήτρια με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Πίνακας 4.1: Χαρακτηριστικά Τυπικής Ανεμογεννήτριας

| Χαρακτηριστικά Τυπικής Ανεμογεννήτριας | |
|--|------------|
| Διάμετρος ρότορα | 85 m |
| Ύψος Πύργου | 80 m |
| Ονομαστική Ισχύς | 2 MW |
| Ονομαστική ταχύτητα ανέμου | 12 m/s |
| Εύρος λειτουργίας | 3 - 22 m/s |

Χρησιμοποιώντας λοιπόν τα παραπάνω χαρακτηριστικά τυπικής ανεμογεννήτριας σε συνδυασμό με τον περιορισμό που ισχύει για τον νησιωτικό χώρο από το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας έγινε η εκτίμηση του αιολικού δυναμικού των Κυθήρων. Σύμφωνα με τον περιορισμό αυτό η μέγιστη φέρουσα ικανότητα ανεμογεννητριών για τον νησιωτικό χώρο είναι 0,53 τυπικές ανεμογεννήτριες/1000 στρέμματα.

4.4 Στάδιο 3: Αξιολόγηση Καταλληλότητας Προτεινόμενων Περιοχών

Η αξιολόγηση των προτεινόμενων περιοχών έγινε με τη διαδικασία της σταθμισμένης επικάλυψης. Η διαδικασία αυτή είναι μια από τις πιο διαδεδομένες προσεγγίσεις της ανάλυσης της επικάλυψης για την επίλυση πολύ-κριτηριακών προβλημάτων.

Δεδομένου ότι τα κριτήρια των εισερχόμενων επιπέδων αντιστοιχούν σε διαφορετικά συστήματα αρίθμησης με διαφορετικές κλίμακες, για να μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους σε μια ενιαία ανάλυση, κάθε κελί για κάθε κριτήριο πρέπει να αναταξινομηθεί (*reclassify*), σε μια κοινή κλίμακα προτίμησης. Για παράδειγμα σε μια κλίμακα από το 1 μέχρι το 5, με το 5 να αποτελεί την ευνοϊκότερη τιμή. Οι τιμές της κλίμακας σχετίζονται άμεσα μεταξύ τους, π. χ. σε μια κλίμακα από το 1 μέχρι το 10, η τιμή 10 είναι δυο φορές προτιμότερη από την τιμή 5.

Αντίστοιχα, πρέπει να ορίζονται όλες οι κλίμακες μέσα σε κάθε εισερχόμενο επίπεδο (*raster*), ώστε να έχουν την ίδια σημασία. Για παράδειγμα σε ένα πρόβλημα επιλογής κατάλληλης θέσης για την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου, ευνοϊκότερες κλίσεις εδάφους είναι αυτές που είναι μικρότερες από 5% και έτσι παίρνουν την υψηλότερη τιμή (5). Αντίστοιχα, εάν οι ευνοϊκότερες τιμές της ταχύτητας των ανέμων είναι

μεγαλύτερες των 7 m/s, πρέπει να αποδίδονται στην κοινή κλίμακα με την υψηλότερη τιμή (5), ώστε το αποτέλεσμα της επικάλυψης να είναι λογικό.

Ακολουθως, κάθε ένα από τα εισερχόμενα κριτήρια μπορεί να μην είναι ίδιας σημαντικότητας. Έτσι τα σημαντικότερα κριτήρια πρέπει να σταθμιστούν με μεγαλύτερο βάρος από τα υπόλοιπα. Ακολουθως τα κριτήρια εισόδου πολλαπλασιάζονται με τα βάρη και στην συνέχεια αθροίζονται μεταξύ τους.

Στο τελευταίο στάδιο της επικάλυψης αξιολογείται εάν τα αποτελέσματα είναι σωστά και ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα (ESRI, ArcGis Resource Center).

Χρήση του εργαλείου της σταθμισμένης επικάλυψης

Το εργαλείο αυτό δίνει την δυνατότητα πολλά από τα βήματα της γενικής λειτουργίας της επικάλυψης να εφαρμοστούν ταυτόχρονα σε ένα μόνο βήμα. Έτσι το εργαλείο αυτό συνδυάζει τα ακόλουθα βήματα:

- Αναταξινομεί τις τιμές στα εισερχόμενα επίπεδα (raster) σε μια κοινή κλίμακα αξιολόγησης καταλληλότητας/προτίμησης.
- Κάθε εισερχόμενο επίπεδο σταθμίζεται βάσει της σημαντικότητας του. Το βάρος είναι σχετικό ποσοστό και το άθροισμα των βαρών κάθε κριτηρίου πρέπει να ισούται με 100.
- Πολλαπλασιάζει τα κελιά των τιμών κάθε εισερχόμενου επιπέδου (raster) με τα βάρη που καθορίστηκαν.
- Προσθέτει τις τιμές των παραγόμενων κελιών δημιουργώντας ένα νέο ενιαίο επίπεδο.

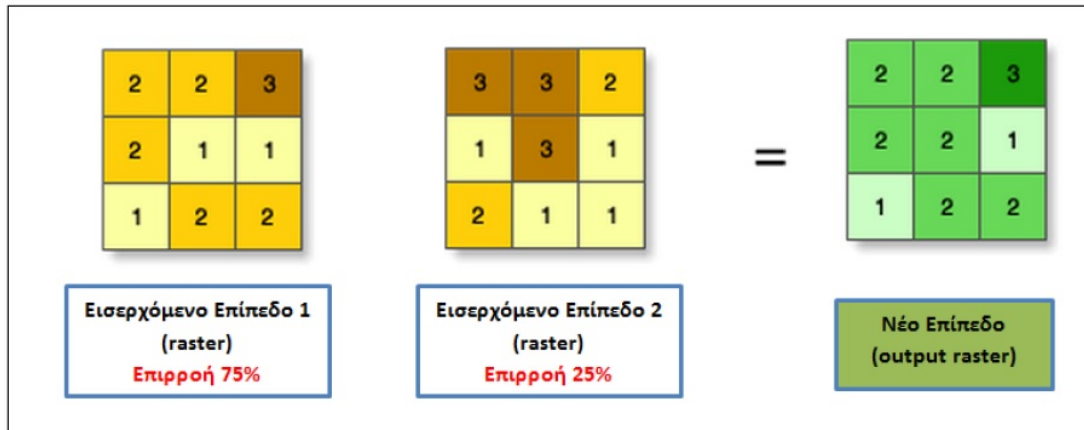
Αλλάζοντας την κλίμακα αξιολόγησης ή τα ποσοστά των βαρών, τότε αλλάζει και το αποτέλεσμα της επικάλυψης.

Το εργαλείο δέχεται μόνο ακέραιες τιμές στα εισερχόμενα επίπεδα (raster), έτσι όλα τα επίπεδα πριν εισαχθούν σε αυτό, πρέπει να αναταξινομηθούν σε ακέραιους αριθμούς. Αυτή η αναταξινόμηση μπορεί να γίνει με το εργαλείο *reclassify*.

Πολύ σημαντικό είναι επίσης, το γεγονός η κλίμακα των τιμών που ορίζεται σε κάθε επίπεδο να είναι πλήρως κατανοητή. Εάν η σταθμισμένη επικάλυψη χρησιμοποιείται σε ένα μοντέλο καταλληλότητας (εντοπισμός κατάλληλων περιοχών), οι υψηλότερες τιμές υποδεικνύουν γενικότερα ότι η περιοχή είναι καταλληλότερη.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται μια εικαστική προσομοίωση των διαδικασιών που εκτελούνται στο εργαλείο της σταθμισμένης επικάλυψης (*weighted overlay*). Τα δυο εισερχόμενα επίπεδα (raster) της εικόνας έχουν αναταξινομηθεί σε μια κοινή κλίμακα μέτρησης από το 1 μέχρι το 3. Σε κάθε επίπεδο (raster) καθορίζεται το βάρος. Για το πρώτο αντιστοιχεί επιρροή 75% ενώ για το δεύτερο 25%. Οι τιμές των κελιών κάθε επιπέδου πολλαπλασιάζονται με το αντίστοιχο βάρος του επιπέδου και τα

αποτελέσματα αθροίζονται ώστε να δημιουργήσουν το νέο επίπεδο (output raster). Για παράδειγμα στο πάνω αριστερά κελί της εικόνας 2.2 γίνονται οι ακόλουθες πράξεις: $(2 \cdot 0.75) = 1.5$ για το πρώτο επίπεδο, και $(3 \cdot 0.25) = 0.75$ για το δεύτερο επίπεδο. Το άθροισμα τους είναι ίσο με 2.25 και λόγω του ότι τιμή στο νέο επίπεδο πρέπει να είναι ακέραιος αριθμός, η τελική τιμή στρογγυλοποιείται στον κοντινότερο ακέραιο. Έτσι ως τελική τιμή στο νέο επίπεδο καθορίζεται η τιμή 2.



Σχήμα 4.3: Διαδικασίες κατά την εκτέλεση της σταθμισμένης επικάλυψης (weighted overlay) (Πηγή: ESRI, ArcGis Resource Center)

5 Εφαρμογή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η εφαρμογή της μεθοδολογίας που αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο ώστε να εξευρεθούν οι περιοχές που είναι κατάλληλες για χωροθέτηση αιολικών πάρκων στα Κύθηρα. Αυτό έγινε με την χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια του λογισμικού ArcMap 10. Επίσης, όλοι οι χάρτες είναι στο παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς WGS 1984.

5.1 Καθορισμός κριτηρίων

Για την εφαρμογή της χωροθέτησης αιολικών πάρκων στην περιοχή των Κυθήρων, τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν επιλέχθηκαν με βάση το ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ, το οποίο υποδεικνύει τις κατευθύνσεις του χωροταξικού σχεδιασμού των αιολικών πάρκων.

Κατά την εφαρμογή της χωροθέτησης αιολικών πάρκων στην περιοχή των Κυθήρων, χρησιμοποιούνται κριτήρια τα οποία επηρεάζουν την λήψη της απόφασης στην συγκεκριμένη περιοχή μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, στα Κύθηρα δεν υπάρχουν εθνικοί δρυμοί, περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης, αισθητικά δάση και κηρυγμένα μνημεία της φύσης οπότε αυτά δεν λαμβάνονται υπόψη.

Επιπρόσθετα, το νησί δεν διαθέτει δίκτυο υψηλής τάσης. Θεωρήθηκε ότι για τη σύνδεση των ανεμογεννητριών με το δίκτυο θα χρησιμοποιηθεί το δίκτυο μέσης και χαμηλής τάσης του νησιού. Επομένως, για το κριτήριο για τη διασφάλιση της λειτουργικότητας δεν χρησιμοποιήθηκε αυτό της μέγιστης απόστασης από το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας Υψηλής Τάσης.

Όσον αφορά τις περιοχές Οργανωμένης Ανάπτυξης Παραγωγικών Δραστηριοτήτων, τους τουριστικούς λιμένες, τα θεματικά πάρκα και στα λοιπά τουριστικά καταλύματα και εγκαταστάσεις, αυτά δεν συνυπολογίστηκαν κατά τη διαδικασία χωροθέτησης καθώς θεωρήθηκε ότι θα ληφθούν υπόψη από την εκάστοτε Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για κάθε μεμονωμένη εγκατάσταση.

Τέλος στο ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ δεν δίνονται συγκεκριμένες κατευθύνσεις για το αιολικό δυναμικό, αφού αυτό εξαρτάται όχι μόνο από την μέση ταχύτητα του ανέμου αλλά και από πολλές άλλες παραμέτρους. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή, ωστόσο, θεωρήθηκε απαραίτητο να ληφθεί υπόψη η μέση ετήσια τιμή της ταχύτητας του ανέμου με βάση τα στοιχεία του ΚΑΠΕ γιατί αποτελεί το κριτήριο με τη μεγαλύτερη βαρύτητα για τη βιωσιμότητα της εγκατάστασης. Τα κριτήρια μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής κατηγορίες:

5.1.1 Περιβαλλοντικά Κριτήρια

Αυτά τα κριτήρια λαμβάνουν υπόψη τις διάφορες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα έχουν οι αιολικές εγκαταστάσεις στο φυσικό περιβάλλον της ευρύτερης περιοχής. Τα κριτήρια που αφορούν τις προστατευόμενες περιοχές ορνιθοπανίδας (ΖΕΠ), τις περιοχές Natura 2000 καθώς και τις ακτές κολύμβησης που παρακολουθούνται από πρόγραμμα παρακολούθησης της ποιότητας των νερών κολύμβησης. Για τα κριτήρια που αφορούν το υδρογραφικό δίκτυο (ποταμοί), το χωροταξικό πλαίσιο δεν ορίζει μια συγκεκριμένη ζώνη αποκλεισμού αλλά θεωρήθηκε ορθό να επιλεγεί μια λογική ζώνη αποκλεισμού για περιβαλλοντικούς σκοπούς.

Κριτήριο 1^ο, 2^ο: *Προστατευόμενες Περιοχές (Τόποι Κοινοτικής Σημασίας), Ζώνες Ειδικής Προστασίας*

Θα πρέπει οι προτεινόμενες περιοχές να μην βρίσκονται μέσα σε περιοχές που έχουν ενταχθεί στο δίκτυο Natura 2000 ως Τόποι Κοινοτικής Σημασίας. Επίσης, θα πρέπει οι προτεινόμενες περιοχές να μη βρίσκονται εντός καθορισμένης Ζώνης Ειδικής Προστασίας ορνιθοπανίδας (ΖΕΠ). Τα Κύθηρα διαθέτουν 2 τέτοιες περιοχές οι οποίες παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 3.

Κριτήριο 3^ο: *Ακτές κολύμβησης*

Οι προτεινόμενες περιοχές θα πρέπει να απέχουν 1.500 m , από της ακτές κολύμβησης που παρακολουθούνται από το ΥΠΕΚΑ.

Κριτήριο 4^ο: *Υδρογραφικό δίκτυο*

Οι προτεινόμενες περιοχές πρέπει να απέχουν 150 m από ποταμούς.

5.1.2 Πολιτιστικά Κριτήρια

Στα πολιτιστικά κριτήρια ανήκουν όλοι οι αρχαιολογικοί χώροι, καθώς και μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς.

Κριτήριο 5^ο: *Αρχαιολογικοί Χώροι – Πολιτιστικά Μνημεία*

Τα αιολικά πάρκα πρέπει να χωροθετούνται σε απόσταση μεγαλύτερη των 500 m από ζώνη απολύτου προστασίας, λοιπών αρχαιολογικών χώρων και Κηρυγμένων Πολιτιστικών Χώρων όπως αυτά καθορίζονται από το Υπουργείο Πολιτισμού.

5.1.3 Οικιστικά Κριτήρια

Τα κριτήρια αυτά αφορούν τους περιορισμούς χωροθέτησης Αιολικών εγκαταστάσεων με βάση τα διάφορα είδη οικισμών (οικισμοί < 2000 κατοίκων, παραδοσιακοί οικισμοί, λοιποί οικισμοί) και τα μοναστηριακά συγκροτήματα.

Κριτήριο 6^ο: Οικισμοί < 2000 κατοίκων

Οι ελάχιστες αποστάσεις εγκατάστασης αιολικών από οικιστικές δραστηριότητες σύμφωνα με το ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ πρέπει να είναι 1.000 m από τα όρια οικισμού < 2000 κατοίκων.

Κριτήριο 7^ο: Παραδοσιακοί Οικισμοί

Για τους παραδοσιακούς οικισμούς το χωροταξικό πλαίσιο ορίζει ως ελάχιστη απόσταση τα 1500 m από το όριο του οικισμού.

Κριτήριο 8^ο, 9^ο : Λοιποί οικισμοί, Ιερές Μονές

Για τους υπόλοιπους οικισμούς η ελάχιστη απόσταση είναι τα 500 m από τα όρια του οικισμού. Το ίδιο όριο ισχύει και για την ελάχιστη απόσταση από τα όρια της Μονής.

5.1.4 Κριτήρια δικτύων και υποδομών

Κριτήριο 10^ο: Οδικό δίκτυο

Η ελάχιστη απόσταση ασφαλείας σύμφωνα με το Χωροταξικό Πλαίσιο είναι $1,5 \cdot d$ όπου d η διάμετρος της ανεμογεννήτριας. Στην παρούσα διπλωματική όπως έχει αναφερθεί χρησιμοποιήθηκε ως ανεμογεννήτρια αναφοράς η τυπική ανεμογεννήτρια ($d = 85$ m). Άρα η απόσταση αυτή λήφθηκε 130 m.

5.1.5 Κριτήρια παραγωγικών δραστηριοτήτων

Σε αυτή την κατηγορία κριτηρίων ανήκουν η αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, αρδευόμενες εκτάσεις και η μεταλλευτικές – εξορυκτικές ζώνες. Για τον καθορισμό αυτών των περιοχών χρησιμοποιήθηκε ο χάρτης των χρήσεων γης του Corine 2000. Πιο συγκεκριμένα, στη παρούσα εργασία ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας θεωρήθηκαν τα σύνθετα συστήματα καλλιέργειας και οι ελαιώνες.

Κριτήριο 11^ο, 12^ο : *Ελαιώνες, Σύνθετα Συστήματα Καλλιέργειας*

Η ελάχιστη απόσταση ασφαλείας από τους ελαιώνες και τα σύνθετα συστήματα καλλιέργειας είναι $1,5 \cdot d$, δηλαδή τα 130 m.

Κριτήριο 13^ο: *Μεταλλευτικές – εξορυκτικές ζώνες*

Η ελάχιστη απόσταση ασφαλείας είναι τα 500 m από τις μεταλλευτικές δραστηριότητες.

5.1.6 Λειτουργικά κριτήρια

Η προτεινόμενη περιοχή θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από κατάλληλο αιολικό δυναμικό. Οι περιοχές αιολικού δυναμικού πρέπει να είναι μεγαλύτερες των 4 m/s που είναι ελάχιστο όριο για να είναι να είναι βιώσιμο ένα αιολικό πάρκο. Η παραγωγή των χαρτών αιολικού δυναμικού έγινε χρησιμοποιώντας δεδομένα από το ΚΑΠΕ. Ο χάρτης αυτός φαίνεται στο κεφάλαιο 3. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία οι κατηγορίες του αιολικού δυναμικού σε (m/s) μέσης ετήσιας τιμής ανέμου έχουν ως εξής:

- Ανεπαρκές < 4
- Χαμηλό 4 – 5,5
- Μέσο 5,5 -7
- Υψηλό 7 - 9
- Πολύ υψηλό > 9

Χωρίς αμφιβολία, το αιολικό δυναμικό είναι πρωταρχικό κριτήριο αφού είναι αυτό που πρωταρχικά καθορίζει, ποια θέση κρίνεται καταλληλότερη για την χωροθέτηση του αιολικού πάρκου, ενώ οι μετρήσεις αιολικού δυναμικού είναι απαραίτητες για το σχεδιασμό και τον καλό προγραμματισμό λειτουργίας ενός αιολικού σταθμού.

Επίσης, η προσβασιμότητα στις αιολικές εγκαταστάσεις είναι επίσης πολύ σημαντική. Η μικρή απόσταση από το οδικό οποιασδήποτε κατηγορίας αφενός εξασφαλίζει την προσβασιμότητα στις εγκαταστάσεις, αφετέρου μειώνει το κόστος των δευτερευόντων έργων υποδομής που συνοδεύουν αυτές τις εγκαταστάσεις. Ο χάρτης του οδικού δικτύου των Κυθήρων φαίνεται παρουσιάζεται επίσης στο κεφάλαιο 3.

Κριτήριο 14^ο: *Αιολικό δυναμικό*

Στην συγκεκριμένη εργασία το ελάχιστο αιολικό δυναμικό που λήφθηκε υπόψη ως 6,5 m/s.

Κριτήριο 15^ο: Προσβασιμότητα στο οδικό δίκτυο

Στα νησιά η μέγιστη απόσταση των αιολικών εγκαταστάσεων από υφιστάμενη οδό οποιασδήποτε κατηγορίας είναι τα 10 km ανεξάρτητα από την ισχύ/μονάδα.

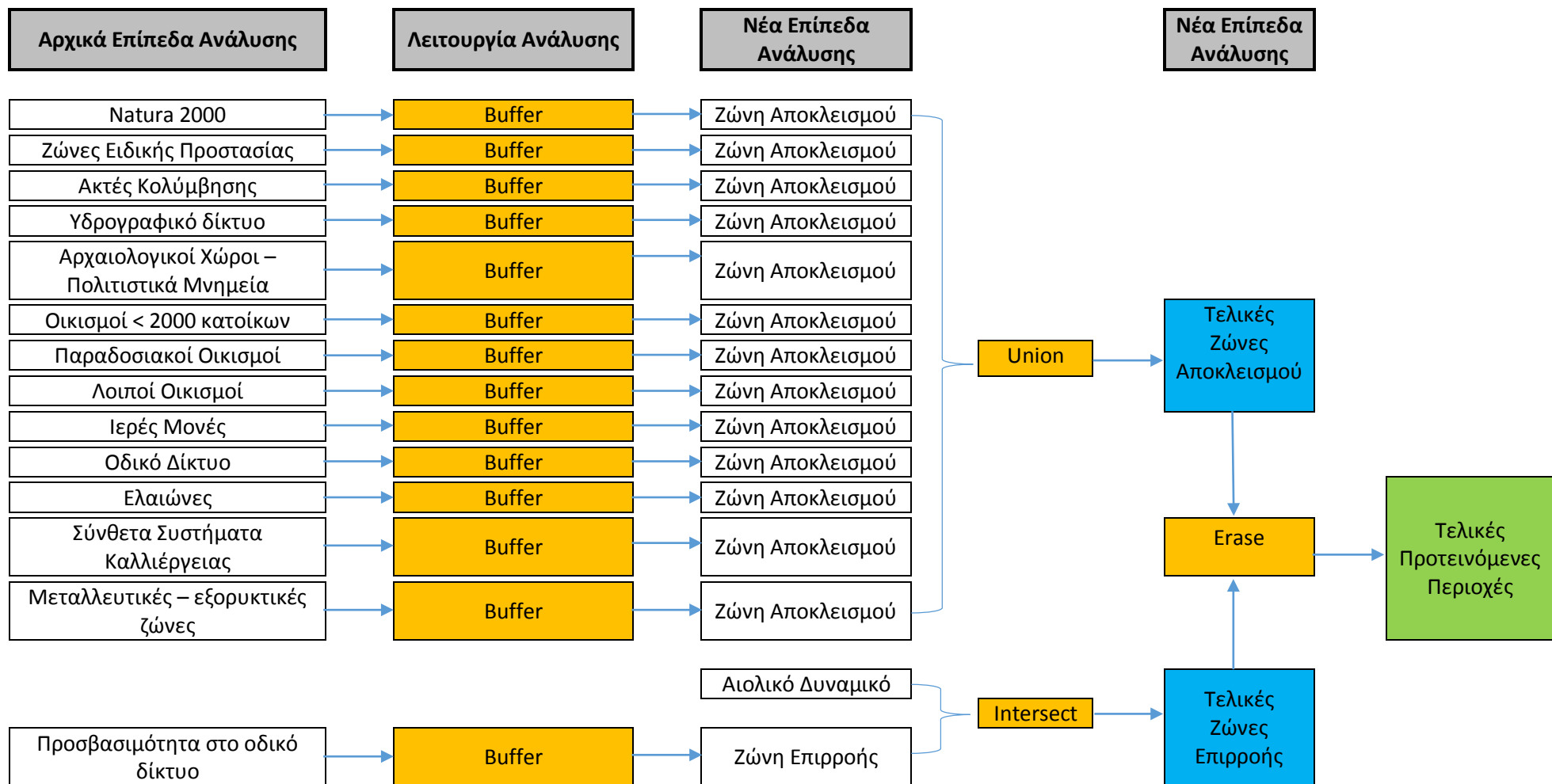
5.2 Προσδιορισμός Θεματικών Επιπέδων

Κάθε κριτήριο πρέπει να μεταφρασθεί σε συγκεκριμένα γεωγραφικά – γεωμετρικά στοιχεία και στα αντίστοιχα θεματικά επίπεδα. Η επιλογή αυτή εξαρτάται από την ανάλυση που είναι αναγκαία στην εκάστοτε μελέτη και τα τελικά προϊόντα που πρέπει να δημιουργηθούν (Κουτσόπουλος, 2005β).

Για την οργάνωση των χωρικών στοιχείων σε επίπεδα, δύο είναι οι βασικές συνιστώσες: η μορφή των στοιχείων (σημείο, γραμμή, πολύγωνο) και η θεματολογία τους (Κουτσόπουλος, 2005β). Στον παρακάτω πίνακα περιγράφονται τα κριτήρια με τη μετατροπή τους σε θεματικά επίπεδα αρχικά και τελικά:

Πίνακας 5.1: Θεματικά επίπεδα ζωνών αποκλεισμού & ζωνών επιρροής

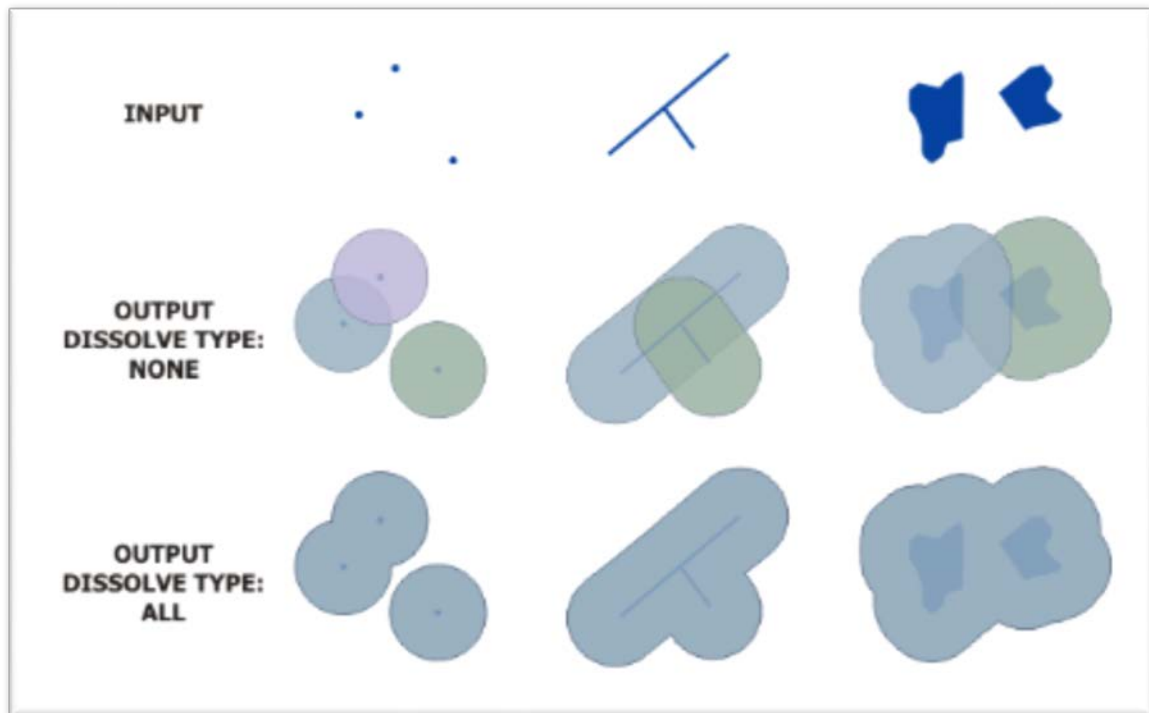
| Κριτήριο | Αρχικά Επίπεδα | Τοπολογία | Παραγόμενα Επίπεδα | Τοπολογία |
|----------|---|------------|--------------------------|------------|
| 1 | Προστατευόμενες Περιοχές Natura 2000 | Πολυγωνική | Ζώνη Αποκλεισμού | Πολυγωνική |
| 2 | Ζώνες Ειδικής Προστασίας | Πολυγωνική | Ζώνη Αποκλεισμού | Πολυγωνική |
| 3 | Ακτές Κολύμβησης | Σημειακή | Ζώνη Αποκλεισμού 1.500 m | Πολυγωνική |
| 4 | Υδρογραφικό δίκτυο | Γραμμική | Ζώνη Αποκλεισμού 150 m | Πολυγωνική |
| 5 | Αρχαιολογικοί Χώροι – Πολιτιστικά Μνημεία | Σημειακή | Ζώνη Αποκλεισμού 500 m | Πολυγωνική |
| 6 | Οικισμοί < 2000 κατοίκων | Πολυγωνική | Ζώνη Αποκλεισμού 1000 m | Πολυγωνική |
| 7 | Παραδοσιακοί Οικισμοί | Πολυγωνική | Ζώνη Αποκλεισμού 1500 m | Πολυγωνική |
| 8 | Λοιποί Οικισμοί | Πολυγωνική | Ζώνη Αποκλεισμού 500 m | Πολυγωνική |
| 9 | Ιερές Μονές | Σημειακή | Ζώνη Αποκλεισμού 500 m | Πολυγωνική |
| 10 | Οδικό Δίκτυο | Γραμμική | Ζώνη Αποκλεισμού 130 m | Πολυγωνική |
| 11 | Ελαιώνες | Πολυγωνική | Ζώνη Αποκλεισμού 130 m | Πολυγωνική |
| 12 | Σύνθετα Συστήματα Καλλιέργειας | Πολυγωνική | Ζώνη Αποκλεισμού 130 m | Πολυγωνική |
| 13 | Μεταλλευτικές – εξορυκτικές ζώνες | Πολυγωνική | Ζώνη Αποκλεισμού 500 m | Πολυγωνική |
| 14 | Αιολικό Δυναμικό | Πολυγωνική | Ζώνη Επιρροής | Πολυγωνική |
| 15 | Προσβασιμότητα στο οδικό δίκτυο | Γραμμική | Ζώνη Επιρροής 10.000 m | Πολυγωνική |



Σχήμα 5.1: Διαδικασία εύρεσης τελικών προτεινόμενων περιοχών

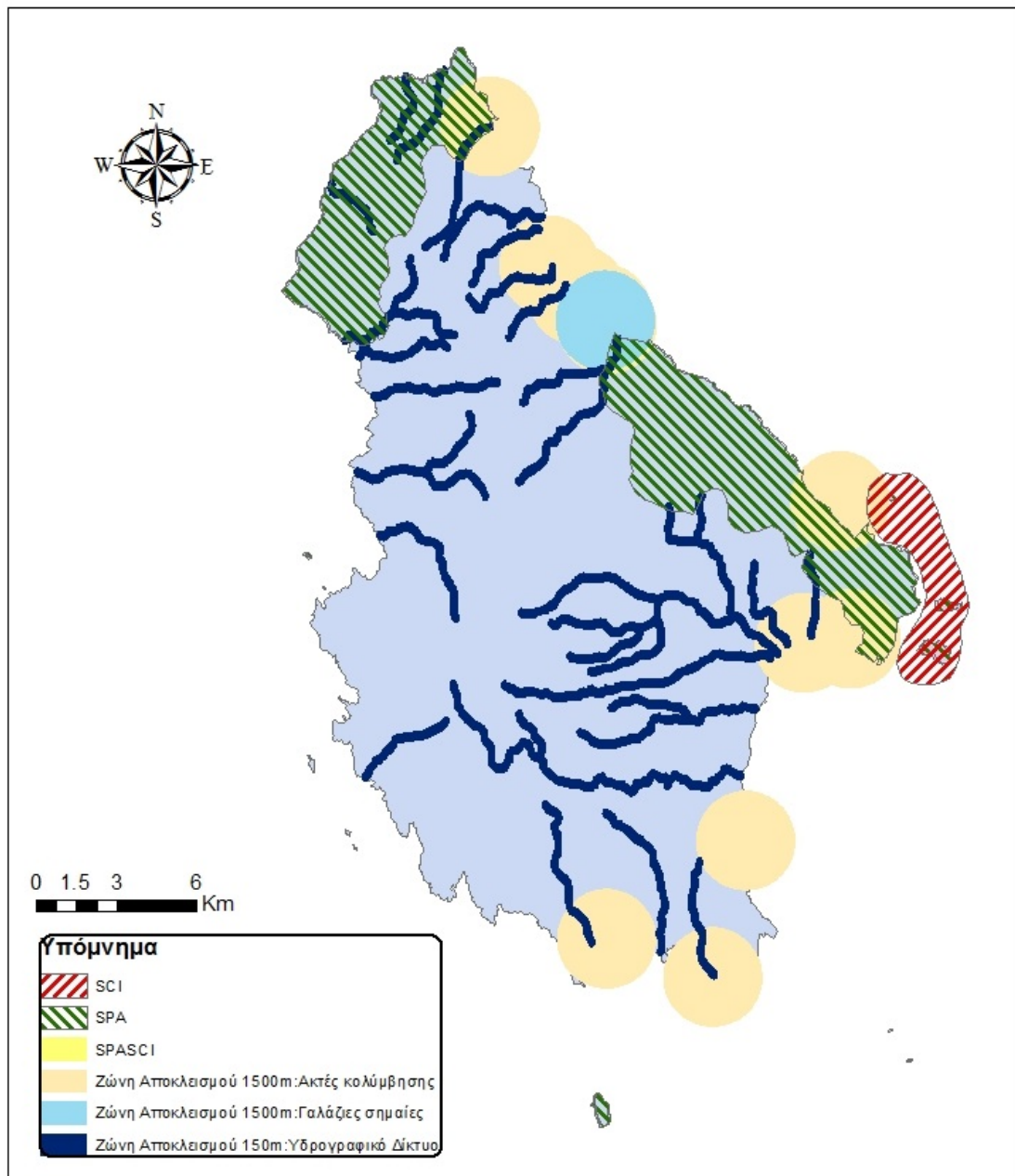
5.3 Δημιουργία Ζωνών Αποκλεισμού

Χρησιμοποιώντας το παραπάνω μοντέλο, δημιουργούνται οι ζώνες αποκλεισμού για τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων, δηλαδή εκείνων των περιοχών που βάση του Ειδικού Χωροταξικού Πλαισίου, θεωρούνται ασύμβατες για την κατασκευή αιολικών πάρκων για λόγους κοινωνικούς, περιβαλλοντικούς και τεχνικούς. Για την δημιουργία των ζωνών αποκλεισμού χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο *Buffer Tool* του ArcMap 10. Με το εργαλείο αυτό, δημιουργούνται ζώνες περιμετρικά των αρχικών θεματικών επιπέδων, αναλόγως της απόστασης που καταχωρείται από τον χρήστη.



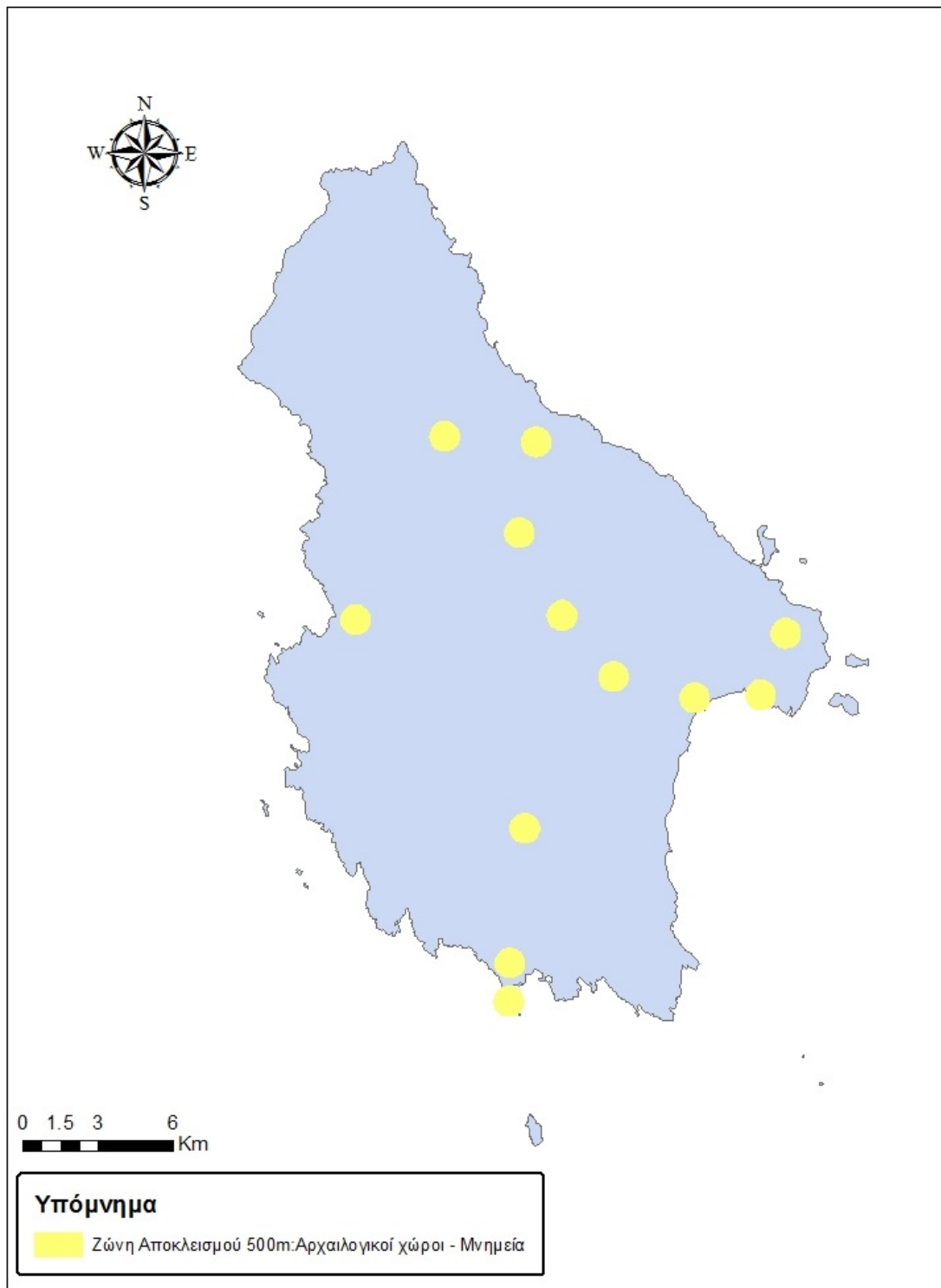
Σχήμα 5.2: Τρόπος λειτουργίας Buffer Tool του ArcMap (Πηγή: ESRI, ArcGis Resource Center)

5.3.1 Ζώνη αποκλεισμού: Περιβαλλοντικά Κριτήρια



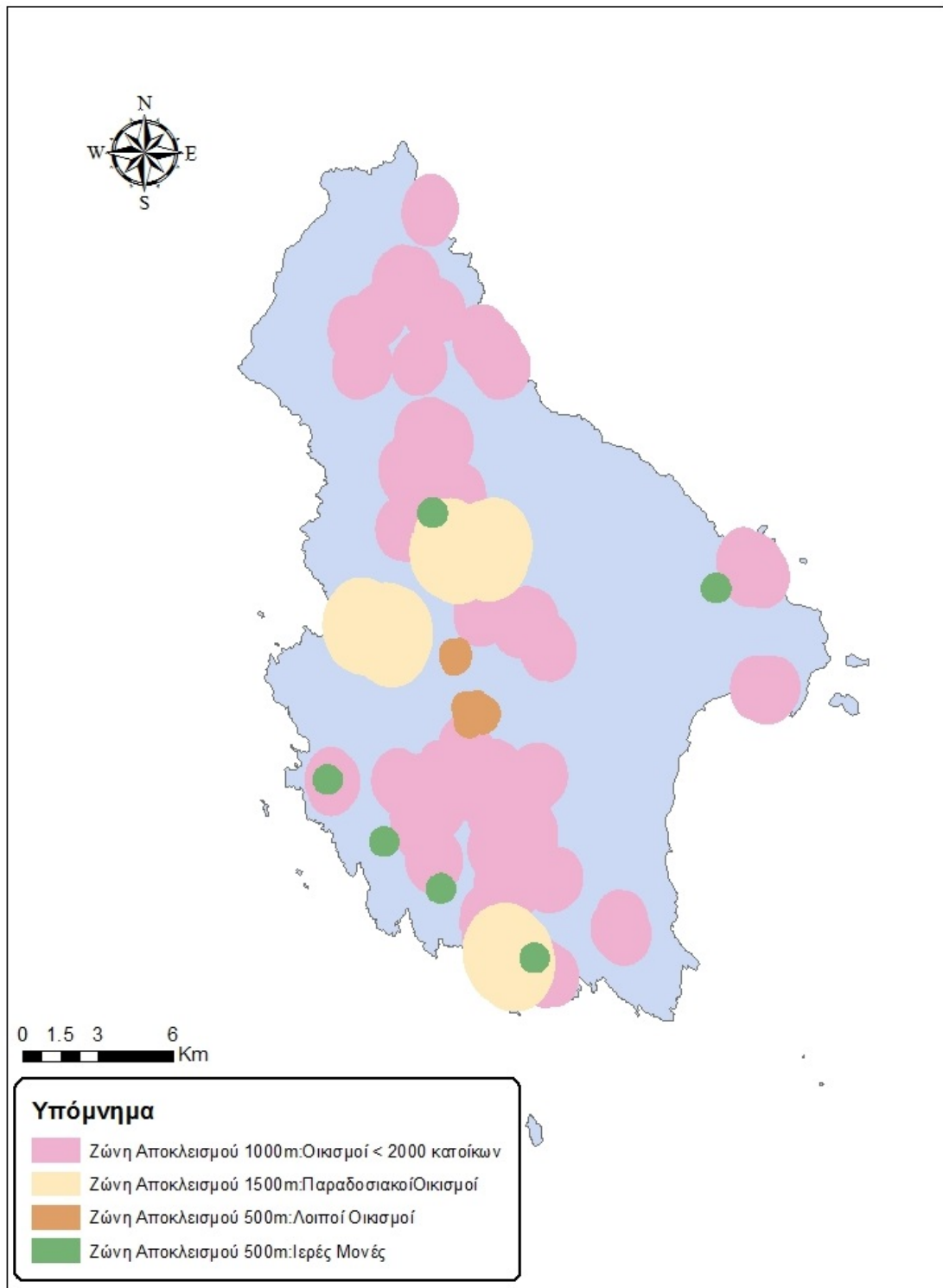
Σχήμα 5.3: Περιοχές αποκλεισμού: Περιβαλλοντικά κριτήρια

5.3.2 Ζώνη αποκλεισμού: Πολιτιστικά Κριτήρια



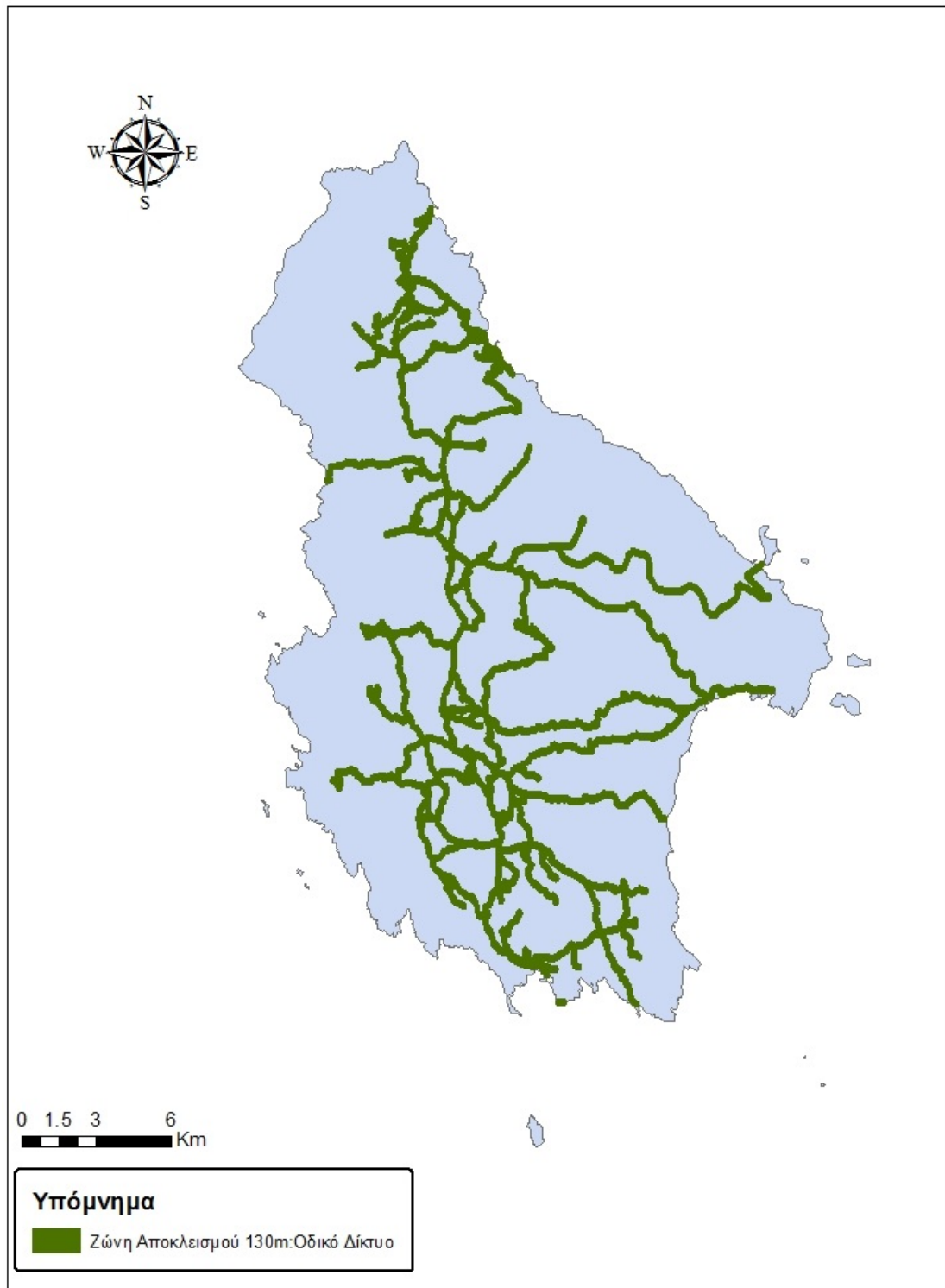
Σχήμα 5.4: Περιοχές αποκλεισμού: Πολιτιστικά Κριτήρια

5.3.3 Ζώνη αποκλεισμού: Οικιστικά Κριτήρια



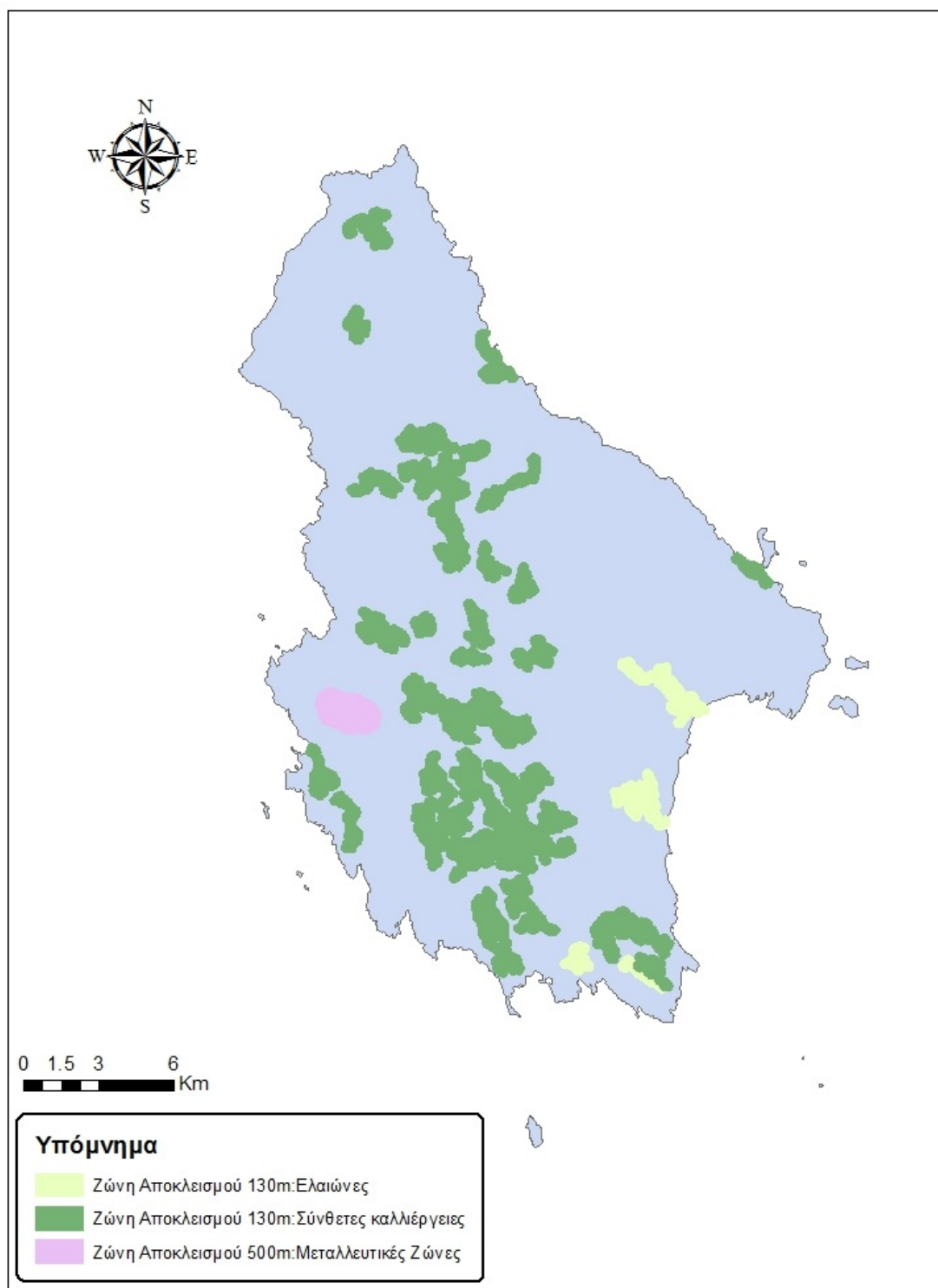
Σχήμα 5.5: Περιοχές αποκλεισμού: Οικιστικά Κριτήρια

5.3.4 Ζώνη αποκλεισμού: Κριτήρια Δικτύων και Υποδομών



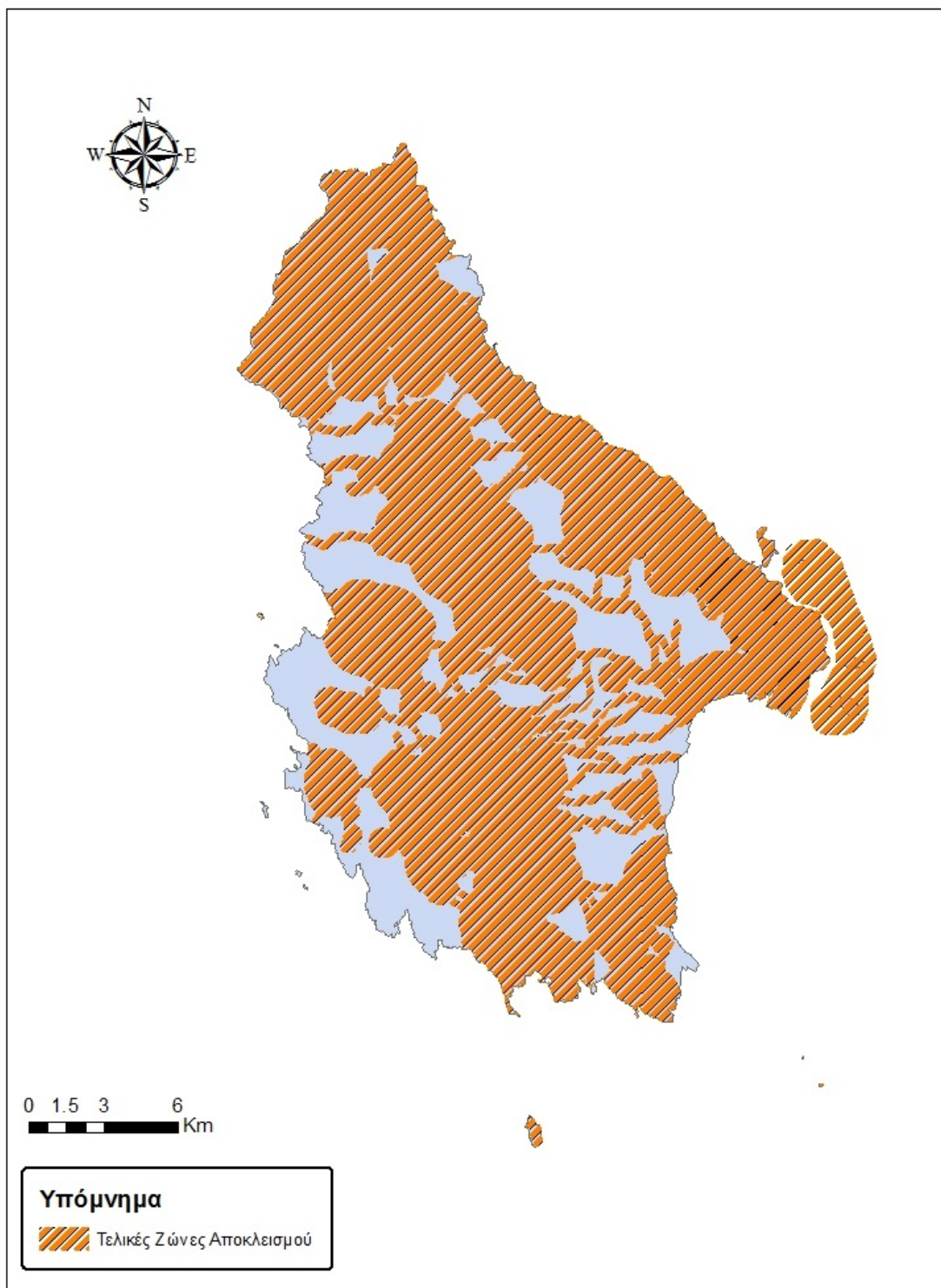
Σχήμα 5.6: Περιοχές αποκλεισμού: Κριτήρια Δικτύων και Υποδομών

5.3.5 Ζώνη αποκλεισμού: Κριτήρια Παραγωγικών Δραστηριοτήτων



Σχήμα 5.7: Περιοχές αποκλεισμού: Κριτήρια Παραγωγικών Δραστηριοτήτων

5.3.6 Τελικές Ζώνες Αποκλεισμού



Σχήμα 5.8: Τελικές Ζώνες Αποκλεισμού

Με την εντολή *Union* του ArcMap 10 γίνεται η ένωση όλων των επιμέρους κριτηρίων (περιβαλλοντικών, οικιστικών, πολιτιστικών, δικτύων και υποδομών, παραγωγικών δραστηριοτήτων). Έγινε έτσι η εξαγωγή της τελικής ενιαίας ζώνης αποκλεισμού η

οποία παρουσιάζεται στον παραπάνω χάρτη. Στις περιοχές αυτές δεν μπορεί να γίνει χωροθέτηση αιολικού πάρκου σύμφωνα με το Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο για τις αιολικές εγκαταστάσεις.

5.4 Δημιουργία ζωνών επιρροής

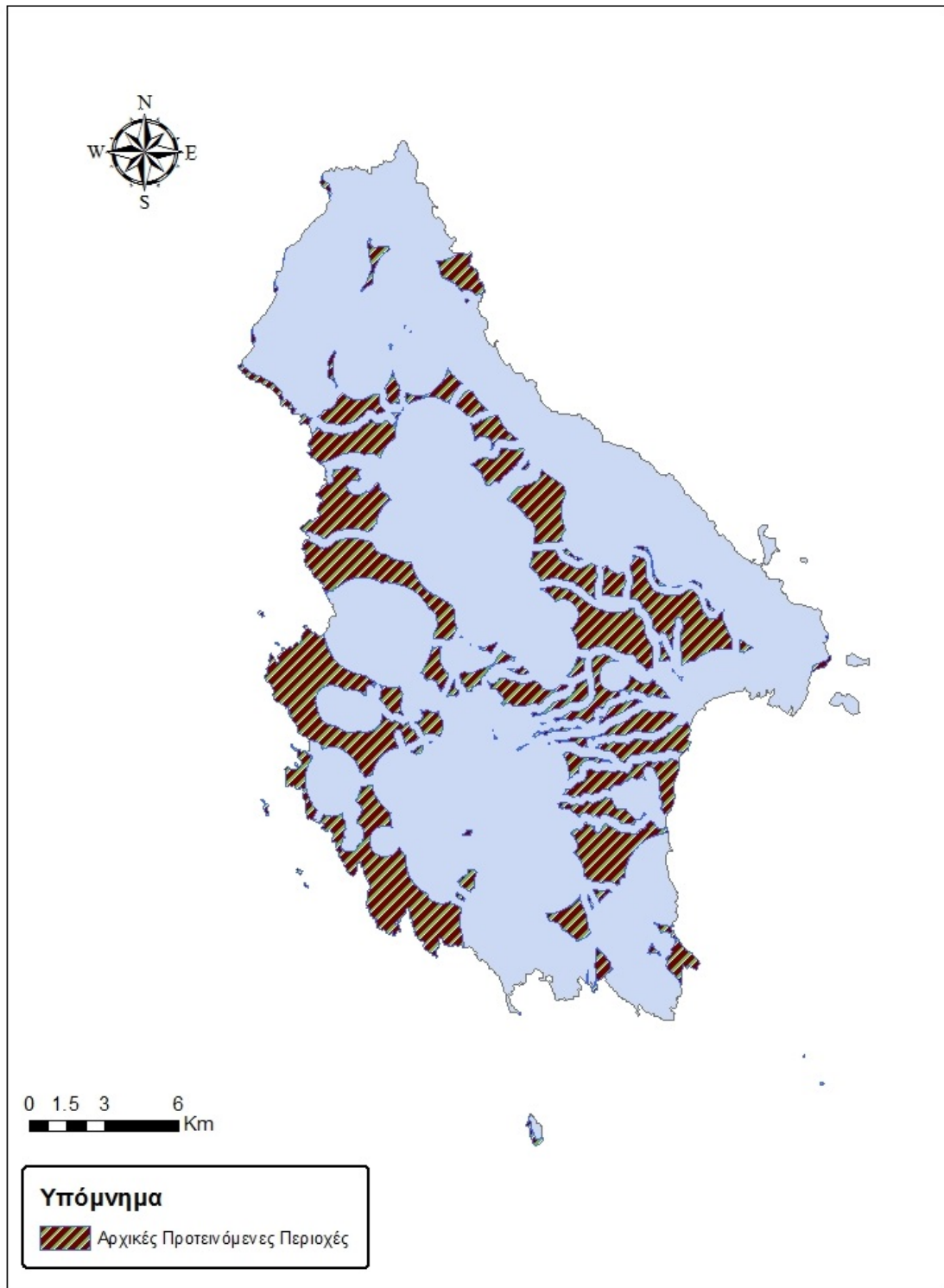
Σύμφωνα με το χωροταξικό πλαίσιο για τη δημιουργία των ζωνών επιρροής της χωροθέτησης αιολικών πάρκων, απαραίτητα επίπεδα είναι το δίκτυο υψηλής τάσης, το οδικό δίκτυο και οπωσδήποτε το εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό της περιοχής. Το νησί όμως δεν διαθέτει δίκτυο υψηλής τάσης. Θεωρήθηκε, λοιπόν, ότι η σύνδεση των αιολικών θα γίνει μέσω του δικτύου μέσης και χαμηλής τάσης που ακολουθεί κατά βάση το οδικό δίκτυο. Καλύπτει σχεδόν όλη την έκταση των Κυθήρων έτσι δεν χρειάστηκε να ληφθεί υπόψη το κριτήριο μέγιστης απόστασης από αυτό.

Το κριτήριο με τη μεγαλύτερη βαρύτητα για την οικονομικοτεχνική βιωσιμότητα της εγκατάστασης είναι η ύπαρξη εκμεταλλεύσιμου αιολικού δυναμικού. Αυτό συμπεριλήφθηκε στον κατάλογο με τα κριτήρια γιατί είναι το πρώτο και σημαντικότερο βήμα για την εξέλιξη του έργου. Από το χάρτη του αιολικού δυναμικού που παράχθηκε με βάση τα δεδομένα του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας επιλέχθηκαν οι περιοχές που διαθέτουν αιολικό δυναμικό μεγαλύτερο από 4 m/s, ως καταρχήν κατάλληλες. Τα 4 m/s είναι η ελάχιστη ετήσια μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου που χρειάζεται για να είναι βιώσιμη μία αιολική εγκατάσταση. Στα Κύθηρα ωστόσο όπως φαίνεται στο χάρτη του κεφαλαίου 3 η ελάχιστη ταχύτητα ανέμου τα 6,5 m/s. Αυτό σημαίνει ότι σε πρώτη φάση δεν υπάρχει περιορισμός από άποψη αιολικού δυναμικού. Επίσης, δημιουργήθηκε μια ζώνη επιρροής 10 χιλιομέτρων γύρω από το οδικό δίκτυο που είναι η μέγιστη επιτρεπτή απόσταση για τα νησιά (*Buffer*). Η ζώνη αυτή λόγω του πυκνού οδικού δικτύου καλύπτει ουσιαστικά το σύνολο του νησιού.

Από την τομή (*Intersect*) των δύο παραπάνω επιπέδων προέκυψε η ζώνη καταλληλότητας για χωροθέτηση αιολικών πάρκων.

5.5 Τελικές Προτεινόμενες Περιοχές

Το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας, περιλαμβάνει την αφαίρεση των δυο επιπέδων, των ζωνών αποκλεισμού από τις ζώνες επιρροής. Προκύπτουν έτσι οι τελικές περιοχές που είναι δυνατή η χωροθέτηση αιολικού πάρκου. Αυτό γίνεται μέσω του εργαλείου *Erase*, με το οποίο γίνεται η αφαίρεση των ζωνών αποκλεισμού από τις ζώνες επιρροής, δίνοντας έτσι τις αρχικές προτεινόμενες περιοχές. Οι περιοχές αυτές δίνονται στο χάρτη που ακολουθεί.

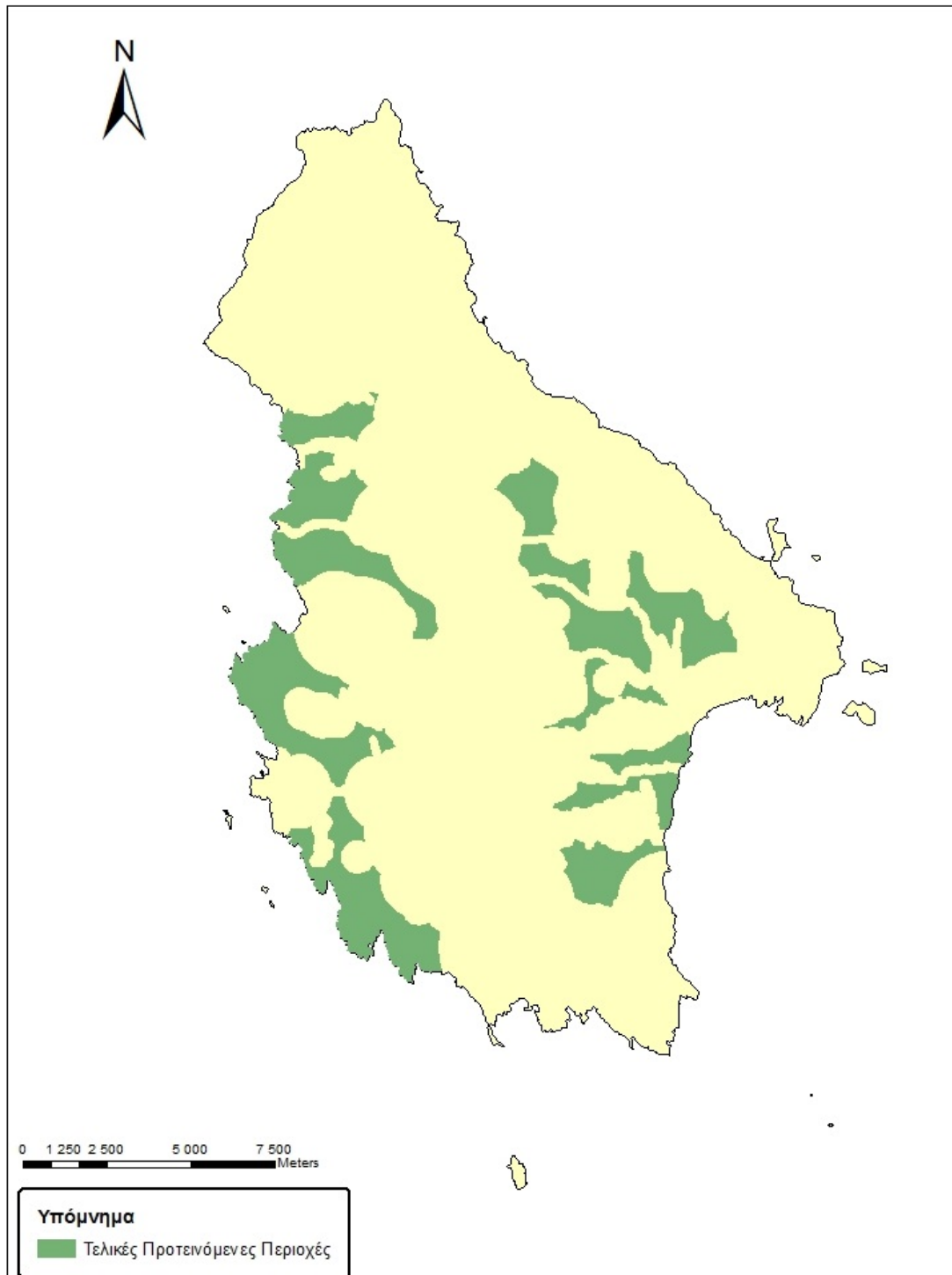


Σχήμα 5.9: Αρχικές Προτεινόμενες Περιοχές

Όπως φαίνεται στον παραπάνω χάρτη, στις αρχικές προτεινόμενες περιοχές υπάρχουν πολλά κατακερματισμένα πολύγωνα τα οποία καλύπτουν πολύ μικρή έκταση. Οι περιοχές αυτές δεν είναι κατάλληλες για χωροθέτηση αιολικού πάρκου. Σύμφωνα με το χωροταξικό πλαίσιο η ελάχιστη απόσταση μεταξύ ανεμογεννητριών είναι 2,5 φορές η διάμετρος της φτερωτής της ανεμογεννήτριας. Ωστόσο για τις

εγκαταστάσεις σε νησιωτικό χώρο η μέγιστη πυκνότητα αιολικών εγκαταστάσεων είναι 0,53 τυπικές ανεμογεννήτριες/1000 στρέμματα, δηλαδή 1 τυπική ανεμογεννήτρια/ 2000 στρέμματα. Έτσι, οι τελικές προτεινόμενες θέσεις πρέπει να έχουν έκταση μεγαλύτερη των 2000 στρεμμάτων.

Ο υπολογισμός των εμβαδών των περιοχών που προήλθαν από την αφαίρεση των ζωνών αποκλεισμού από τις ζώνες επιρροής, γίνεται με την βοήθεια του ArcMap10 με τη χρήση του *Calculate Areas*. Η επιλογή των ενδιαφερόμενων περιοχών έγινε από το πεδίο *Attributes* του καινούργιου επιπέδου επιλέγοντας τις περιοχές με εμβαδόν ≥ 2000 στρεμμάτων. Προκύπτουν έτσι 13 τελικές προτεινόμενες περιοχές, που φαίνονται στο χάρτη που ακολουθεί.



Σχήμα 5.10: Τελικές Προτεινόμενες Περιοχές

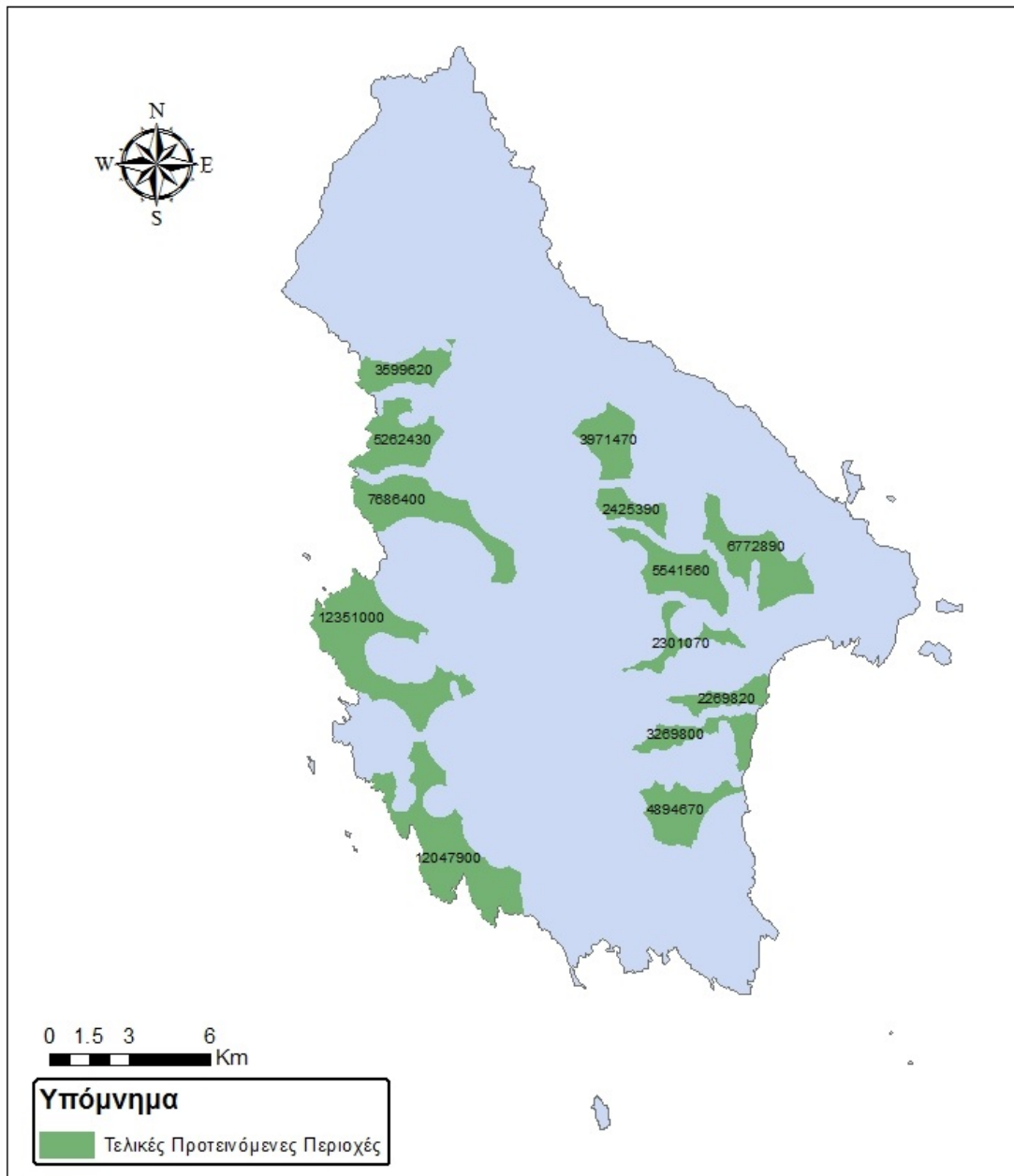
5.6 Στάδιο 2: Εκτίμηση Αιολικού Δυναμικού Κυθήρων

Για τη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων στα κατοικημένα νησιά του Αιγαίου και Ιονίου Πελάγους και στην Κρήτη πρέπει να λαμβάνονται υπόψη το ειδικό κριτήριο της μέγιστης επιτρεπόμενης κάλυψης εδαφών. Αυτό δεν μπορεί να υπερβαίνει το 4% του ΟΤΑ, δηλαδή 0,53 τυπικές ανεμογεννήτριες / 1000 στρέμματα. Σύμφωνα λοιπόν με το παραπάνω κριτήριο γίνεται και η εκτίμηση του αιολικού δυναμικού των Κυθήρων.

Από το χάρτη με τις τελικές προτεινόμενες περιοχές, όπου επιτρέπεται η εγκατάσταση αιολικών πάρκων, γίνεται ο υπολογισμός των εμβαδών αυτών των περιοχών. Τα εμβαδά αυτά φαίνονται στον πίνακα και το χάρτη που ακολουθούν.

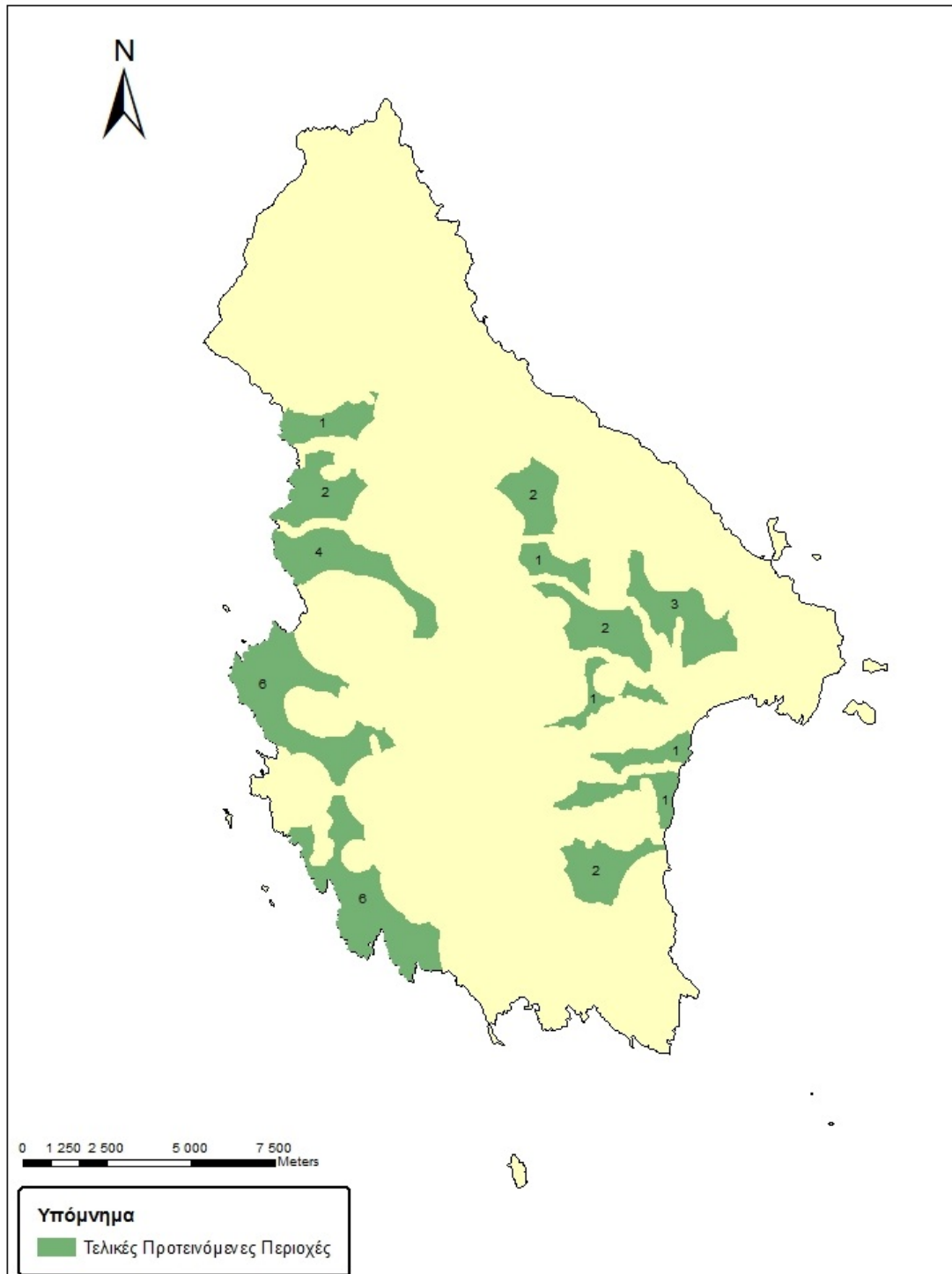
Πίνακας 5.2: Αριθμός τυπικών ανεμογεννητριών ανά προτεινόμενη περιοχή

| α/α | Εμβαδόν (m ²) | Τυπικές Α/Γ |
|------------------------------|---------------------------|-------------|
| 1 | 4 894 670 | 2 |
| 2 | 12 047 900 | 6 |
| 3 | 3 269 800 | 1 |
| 4 | 2 269 820 | 1 |
| 5 | 2 301 070 | 1 |
| 6 | 12 351 000 | 6 |
| 7 | 5 541 560 | 2 |
| 8 | 6 772 890 | 3 |
| 9 | 2 425 390 | 1 |
| 10 | 7 686 400 | 4 |
| 11 | 3 971 470 | 2 |
| 12 | 5 262 430 | 2 |
| 13 | 3 599 620 | 1 |
| Σύνολο | 72 394 020 | 32 |
| Συνολική Ισχύς: 64 MW | | |



Σχήμα 5.11: Εμβαδά τελικών προτεινόμενων περιοχών (m²)

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι οι τελικές προτεινόμενες περιοχές έχουν συνολική έκταση περίπου 72.000 στρεμμάτων. Επομένως, το τελικό αιολικό δυναμικό των Κυθήρων είναι 32 ισοδύναμες τυπικές ανεμογεννήτριες, δηλαδή 64 MW. Στον χάρτη που ακολουθεί φαίνεται ο αριθμός ισοδύναμων τυπικών ανεμογεννητριών ανά προτεινόμενη περιοχή.



Σχήμα 5.12: Τυπικές Α/Γ ανά Προτεινόμενη Περιοχή

Αξιολόγηση αιολικού δυναμικού

Σύμφωνα με την Έρευνα Κατανάλωσης Ενέργειας στα Νοικοκυριά 2011-2012 της ΕΛΣΤΑΤ η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά νοικοκυριό στην Ελλάδα είναι 3.750 kWh. Στα Κύθηρα σύμφωνα με την απογραφή του 2011 υπάρχουν 1673 νοικοκυριά, δηλαδή οι ενεργειακές ανάγκες συνολικά του νησιού ανέρχονται σε 6.273.750 kWh. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία μία τυπική ανεμογεννήτρια 2 MW σε μια τυπική θέση στην Ελλάδα μπορεί να παράγει περίπου 4.500.000 kWh/χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι δύο μόνο τυπικές ανεμογεννήτριες φτάνουν για να υπερκαλύψουν την ετήσια κατανάλωση ενέργειας του νησιού για ένα έτος.

6 Αξιολόγηση Προτεινόμενων Περιοχών

Στο στάδιο αυτό έγινε η αξιολόγηση των 13 προτεινόμενων περιοχών του προηγούμενου σταδίου. Αυτό γίνεται με το καθορισμό βαρών σε κάθε κριτήριο ώστε να καθοριστεί η καταλληλότητα κάθε περιοχής ξεχωριστά.

Το πρώτο στάδιο της εφαρμογής αφορούσε την εύρεση των περιοχών που είναι ακατάλληλες για χωροθέτηση αιολικού πάρκου, χρησιμοποιώντας απλά κριτήρια αποκλεισμού. Στη συνέχεια, έγινε η εύρεση των περιοχών όπου μπορεί να γίνει εγκατάσταση αιολικών πάρκων επιλέγοντας τις τελικές θέσεις βάση του αιολικού δυναμικού και της προσβασιμότητας στο οδικό δίκτυο.

Το τρίτο στάδιο αποτελεί ένα υποσύνολο κριτηρίων για την χωροθέτηση αιολικού πάρκου τα οποία έχουν μια κυμαινόμενη γεωγραφική εξάρτηση σε κάποιους τομείς των εισερχόμενων επιπέδων. Τα κριτήρια λοιπόν αυτά είναι δυναμικά, εννοώντας ότι οι επιπτώσεις που έχουν στην καταλληλότητα μιας συγκεκριμένης περιοχής αλλάζουν σε σχέση με άλλα κριτήρια. Τα δυναμικά κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της καταλληλότητας των προτεινόμενων περιοχών και οι περιορισμοί που τέθηκαν παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 6.1: Θεματικά επίπεδα κριτηρίων καταλληλότητας

| Θεματικά Επίπεδα | Παράγοντες | Περιορισμοί/Κριτήρια |
|---------------------------------|--------------------------|--|
| Αιολικό Δυναμικό | Οικονομικοί/Λειτουργικοί | $\geq 4 \text{ m/s}$ |
| Προσβασιμότητα στο Οδικό Δίκτυο | Οικονομικοί/Υποδομών | Από 130 m έως 2 km |
| Κλίσεις | Φυσικοί/Οικονομικοί | $\leq 25\%$ |
| Ορατότητα από οικισμούς | Οικιστικά/Αισθητικά | <ul style="list-style-type: none"> ▪ απόσταση μεγαλύτερη από 1,5 km για παραδοσιακούς οικισμούς ▪ απόσταση μεγαλύτερη από 1 km για οικισμούς < 2000 κατοίκων ▪ απόσταση μεγαλύτερη από 500 m για αρχαιολογικούς χώρους και μνημεία |

6.1 Καθορισμός βαθμών καταλληλότητας κριτηρίων

Στο στάδιο αυτό γίνεται ο καθορισμός των βαθμών καταλληλότητας για κάθε επιμέρους κριτήριο του πίνακα. Όλα τα επίπεδα καθορίζονται βάση μιας κοινής κλίμακας από το 1 μέχρι το 5 με διαστήματα του 1, που ονομάζεται κλίμακα τιμών καταλληλότητας της λειτουργίας του *weighted overlay tool*. Ο βαθμός 5 να αποτελεί τον υψηλότερο βαθμό καταλληλότητας και ο αριθμός 1 τον χαμηλότερο, ενώ οι μηδενικές τιμές απορρίπτονται (ακατάλληλες περιοχές). Τα θεματικά επίπεδα του οδικού δικτύου και της ορατότητας από οικισμούς αφορούν σειρές αποστάσεων, του αιολικού δυναμικού τάξεις, ενώ των κλίσεων, κλάσεις ποσοστών. Με τη χρήση του εργαλείου *Reclassify Tool* τα αρχικά θεματικά επίπεδα αναταξινομήθηκαν στην κοινή κλίμακα καταλληλότητας 1-5. Τέλος, έγινε η επικάλυψη των κριτηρίων με τη χρήση του *Weighted Overlay Tool*.

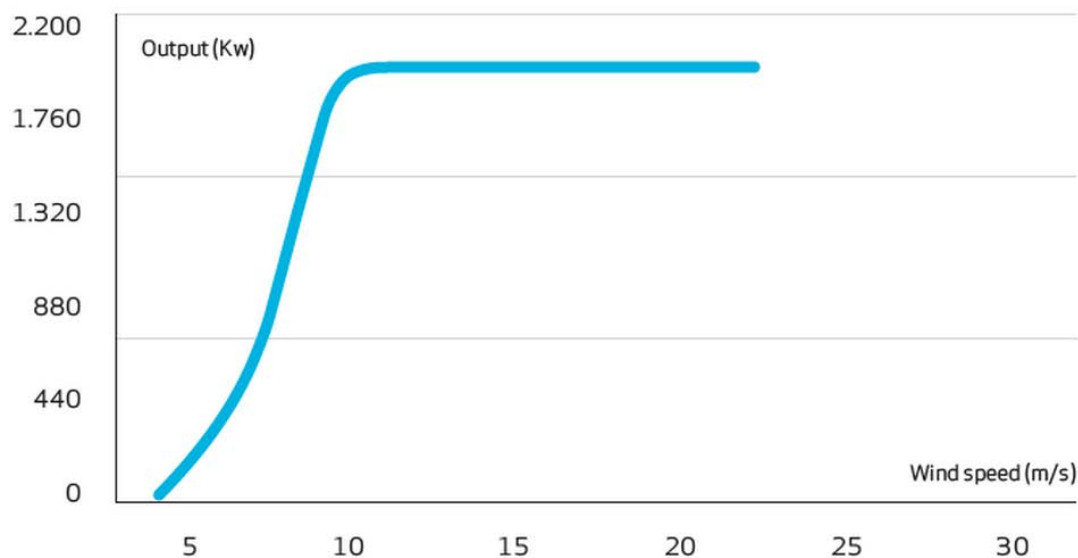
Το κριτήρια της προσβασιμότητας στο οδικό δίκτυο που εξαρτάται από την γεωγραφική εγγύτητα, θα έχει βαθμούς καταλληλότητας οι οποίοι θα μειώνονται όσο θα μεγαλώνει η απόσταση από αυτό μέχρι να μηδενιστεί ο βαθμός καταλληλότητας (ακατάλληλες περιοχές). Για το θεματικό επίπεδο των κλίσεων, όσο μεγαλύτερες είναι οι κλίσεις θα μειώνεται ο βαθμός καταλληλότητας της περιοχής. Η ορατότητα των αιολικών από τους οικισμούς και αρχαιολογικούς χώρους θα μειώνεται όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση από αυτούς. Επομένως, οι περιοχές με το μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας για το συγκεκριμένο κριτήριο θα είναι αυτές με τη μεγαλύτερη απόσταση από τους οικισμούς.

Για τα κριτήρια τα οποία σχετίζονται με την απόσταση, (εξάρτησης – αποστάσεων), οδικό δίκτυο και ορατότητα από τους οικισμούς, πριν την χρήση του *Reclassify Tool* (αναταξινόμηση), χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο *Euclidean Distance Tool*. Με το συγκεκριμένο εργαλείο, υπάρχει η δυνατότητα να καθορίζονται ζώνες αποστάσεων περιμετρικά του εισερχόμενου θεματικού επιπέδου σε ένα βήμα.

Ακολουθεί η ανάλυση κάθε δυναμικού κριτηρίου παρουσιάζοντας τους πίνακες καταλληλότητας και τους χάρτες μετά την αναταξινόμηση (*reclassify*).

6.1.1 Αιολικό δυναμικό

Το αιολικό δυναμικό όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, είναι ένας από του σημαντικότερους παράγοντες για την βιωσιμότητα ενός αιολικού πάρκου. Η απόδοση του αιολικού πάρκου εξαρτάται άμεσα από την ταχύτητα του ανέμου. Όπως έχει ήδη αναφερθεί η ταχύτητα αυτή πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 4 m/s. Η σχέση ταχύτητας ανέμου – απόδοσης φαίνεται στο παρακάτω γράφημα.



Σχήμα 6.1: Απόδοση ανεμογεννήτριας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου (Πηγή: vestas.com)

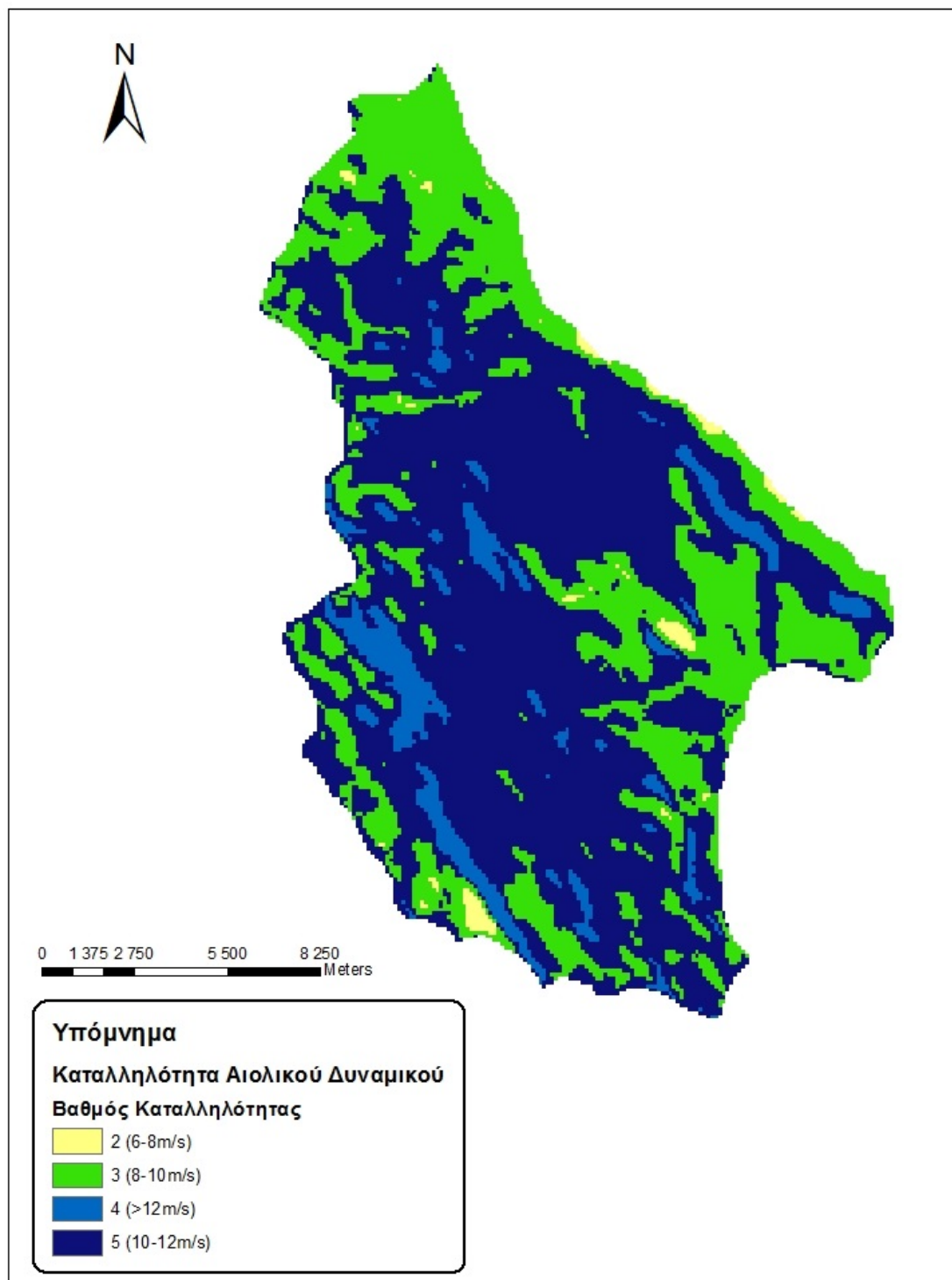
Με βάση, λοιπόν, το παραπάνω γράφημα διαμορφώθηκε η αντίστοιχη κλίμακα καταλληλότητας. Ο μεγαλύτερος βαθμός καταλληλότητας δόθηκε για ταχύτητες ανέμου 10-12 m/s που όπως φαίνεται από το γράφημα δίνουν την μεγαλύτερη απόδοση. Για ταχύτητες >12 m/s δόθηκε βαθμός καταλληλότητας 4 αφού όπως φαίνεται από το γράφημα η απόδοση σταθεροποιείται κοντά στα 2 MW οπότε δεν προσθέτει επιπλέον απόδοση. Για ταχύτητες < 4 m/s ο βαθμός καταλληλότητας είναι 0 αφού όπως έχει ήδη αναφερθεί οι ταχύτητες αυτές είναι ακατάλληλες για τη λειτουργία αιολικών εγκαταστάσεων. Οι κλάσεις ταχυτήτων ανέμου έλαβαν ενδιάμεσες τιμές όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 6.2: Βαθμοί καταλληλότητας αιολικού δυναμικού

| α/α | Ταχύτητα ανέμου (m/s) | Βαθμός Καταλληλότητας |
|-----|-----------------------|-----------------------|
| 1 | <4 | 0 |
| 2 | 4-6 | 1 |
| 3 | 6-8 | 2 |
| 4 | 8-10 | 3 |
| 5 | 10-12 | 5 |
| 6 | >12 | 4 |

Με τη βοήθεια του παραπάνω πίνακα και τη χρήση του *Reclassify Tool* του Arcmap δημιουργήθηκε ο παρακάτω χάρτης που δείχνει την καταλληλότητα κάθε περιοχής με βάση το αιολικό της δυναμικό. Οι περιοχές με το γαλάζιο και σκούρο μπλε χρώμα είναι αυτές με τον μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας. Παρατηρώντας το χάρτη εύκολα προκύπτει το συμπέρασμα ότι τα Κύθηρα έχουν πολύ υψηλό αιολικό

δυναμικό αφού οι περισσότερες περιοχές του νησιού έχουν βαθμό καταλληλότητας 4 ή 5 δηλαδή ταχύτητα πάνω από 10 m/s. Οι περιοχές με πράσινο χρώμα έχουν μεσαίο βαθμό καταλληλότητας με ταχύτητες ανέμου 8-10 m/s. Οι ταχύτητες αυτές είναι επίσης ευνοϊκές για την εγκατάσταση αιολικού πάρκου.



Σχήμα 6.2: Καταλληλότητα Αιολικού Δυναμικού

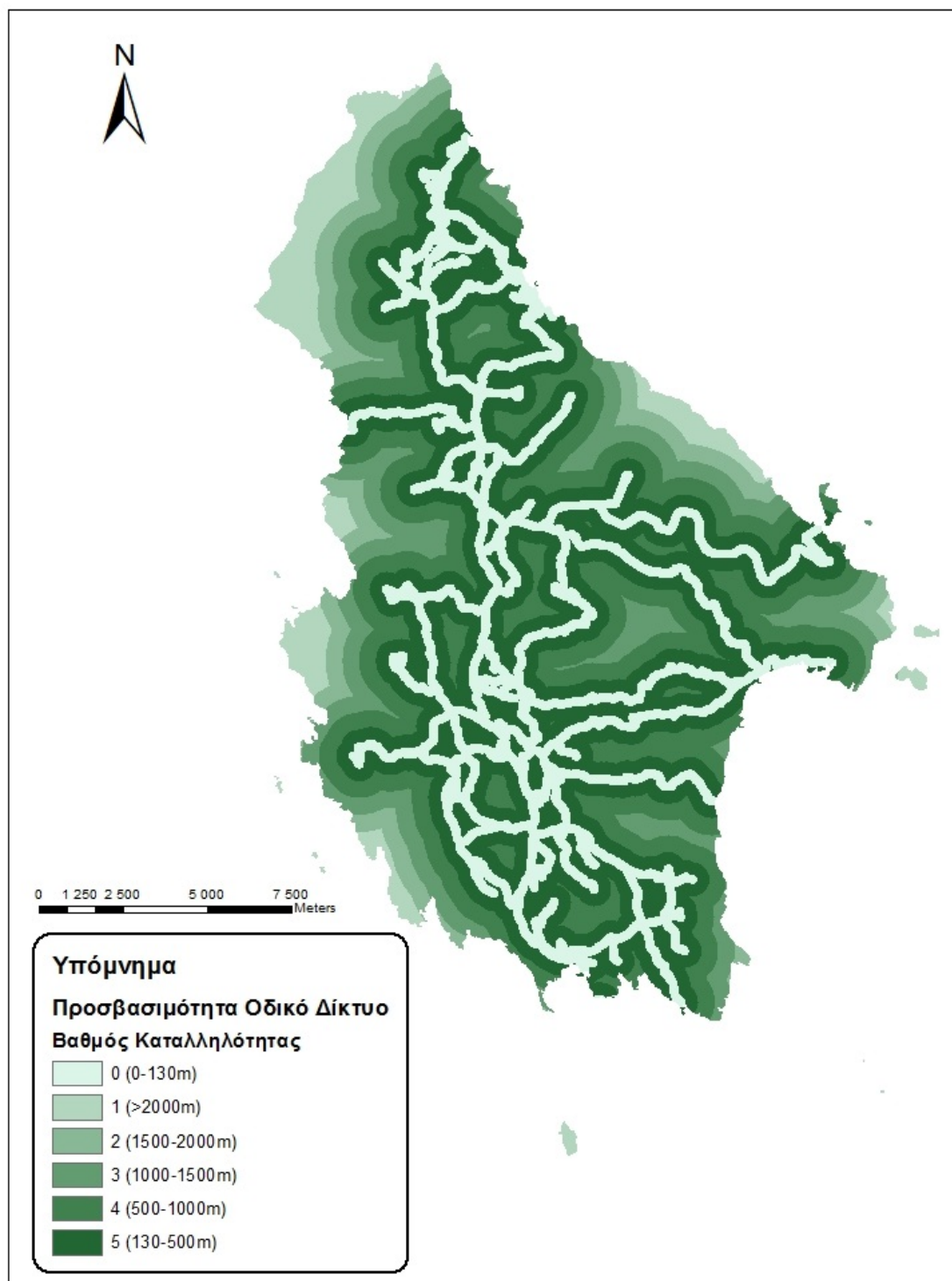
6.1.2 Προσβασιμότητα στο οδικό δίκτυο

Η προσβασιμότητα στο οδικό δίκτυο είναι ένα ακόμη σημαντικό κριτήριο, καθώς λαμβάνει υπόψη το υψηλό κόστος κατασκευής και διατήρησης νέων δρόμων. Οι δρόμοι αυτοί πρέπει να είναι σωστά κατασκευασμένοι, ώστε να επιτρέπουν την μεταφορά των μεγάλων κομματιών των ανεμογεννητριών. Ενδεικτικά η τυπική ανεμογεννήτρια με ονομαστική ισχύ 2 MW, έχει διάμετρο πτερυγίων 85 m και ύψος πύργου 80 m. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι η χωροθέτηση αιολικών πάρκων όσο το δυνατόν πιο κοντά στους υφιστάμενους δρόμους μειώνει σε μεγάλο βαθμό το κόστος. Παρακάτω δίνεται ο πίνακας καταλληλότητας και ο αντίστοιχος χάρτης μετά την αναταξινόμηση (*Reclassify*).

Πίνακας 6.3: Βαθμοί καταλληλότητας προσβασιμότητας στο οδικό δίκτυο

| α/α | Απόσταση από το οδικό δίκτυο (m) | Βαθμός Καταλληλότητας |
|-----|----------------------------------|-----------------------|
| 1 | <130 | 0 |
| 2 | 130 – 500 | 5 |
| 3 | 500 – 1000 | 4 |
| 4 | 1000 – 1500 | 3 |
| 5 | 1500 – 2000 | 2 |
| 6 | >2000 | 1 |

Για λόγους ασφαλείας δεν επιτρέπεται η εγκατάσταση αιολικών σε απόσταση μικρότερη από 130 m. Για αυτό οι περιοχές αυτές βαθμό καταλληλότητας 0. Από κει κα πέρα όσο πιο κοντά στο οδικό δίκτυο βρίσκεται μία περιοχή τόσο υψηλότερο βαθμό καταλληλότητας λαμβάνει.



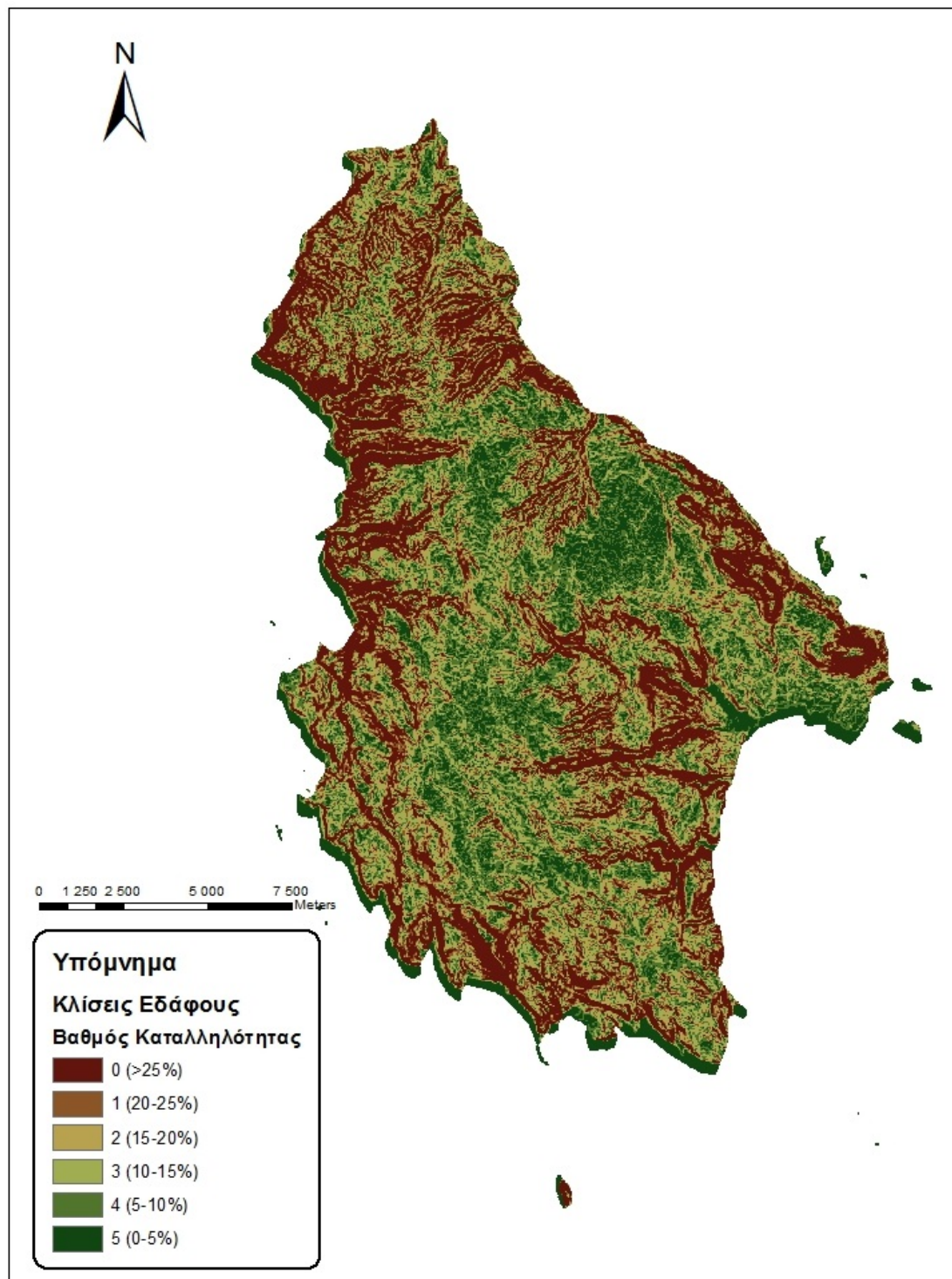
Σχήμα 6.3: Καταλληλότητα Προσβασιμότητας στο Οδικό Δίκτυο

6.1.3 Κλίσεις εδάφους

Η επιλογή της κατάλληλης γεωμορφολογίας για την εγκατάσταση αιολικού πάρκου σε μια περιοχή δεν έχει συγκεκριμένες προδιαγραφές. Ωστόσο, η τοποθέτηση ανεμογεννητριών σε πολύ απότομες περιοχές είναι δύσκολη και αυξάνει σημαντικά το κόστος κατασκευής. Επομένως ένα λογικό όριο για κατασκευαστικούς σκοπούς θεωρούνται κλίσεις μέχρι 25%. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να αποκλειστούν και πολλές περιοχές με υψηλές ταχύτητες ανέμων, αφού τέτοιες περιοχές συνήθως βρίσκονται σε ψηλές πλαγιές ή βουνά, δημιουργώντας έτσι και άλλους περιορισμούς, όπως την δύσκολη πρόσβαση στο οδικό δίκτυο και στο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Με βάση τα παραπάνω λοιπόν οι περιοχές με την μικρότερη κλίση εδάφους λαμβάνουν το μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας. Όσο αυξάνεται η κλίση ο βαθμός καταλληλότητας μειώνεται. Ο πίνακας καταλληλότητας και ο σχετικός χάρτης φαίνονται στην παρακάτω.

Πίνακας 6.4: Βαθμοί καταλληλότητας κλίσεων εδάφους

| α/α | Κλίσεις Εδάφους (%) | Βαθμός Καταλληλότητας |
|-----|---------------------|-----------------------|
| 1 | 0-5 | 5 |
| 2 | 5-10 | 4 |
| 3 | 10-15 | 3 |
| 4 | 15-20 | 2 |
| 5 | 20-25 | 1 |
| 6 | >25 | 0 |



Σχήμα 6.4: Καταλληλότητα Κλίσεων Εδάφους

6.1.4 Ορατότητα από σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος

Για την εκτίμηση της επίπτωσης μιας υπό αδειοδότηση αιολικής μονάδας στο τοπίο, λαμβάνεται υπόψη η οπτική παρεμβολή της από τα σημεία 'ιδιαίτερου ενδιαφέροντος', σύμφωνα με το ειδικό χωροταξικό πλαίσιο. Επομένως, γίνεται αντιληπτό ότι η ορατότητα των ανεμογεννητριών από αυτά τα σημεία είναι σημαντικό κριτήριο για την αξιολόγηση μιας προτεινόμενης περιοχής. Ποιες περιοχές θεωρούνται ως σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 6.5: Σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος σύμφωνα με το ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ (Πηγή: ΕΠΧΣΑΑ, 2008)

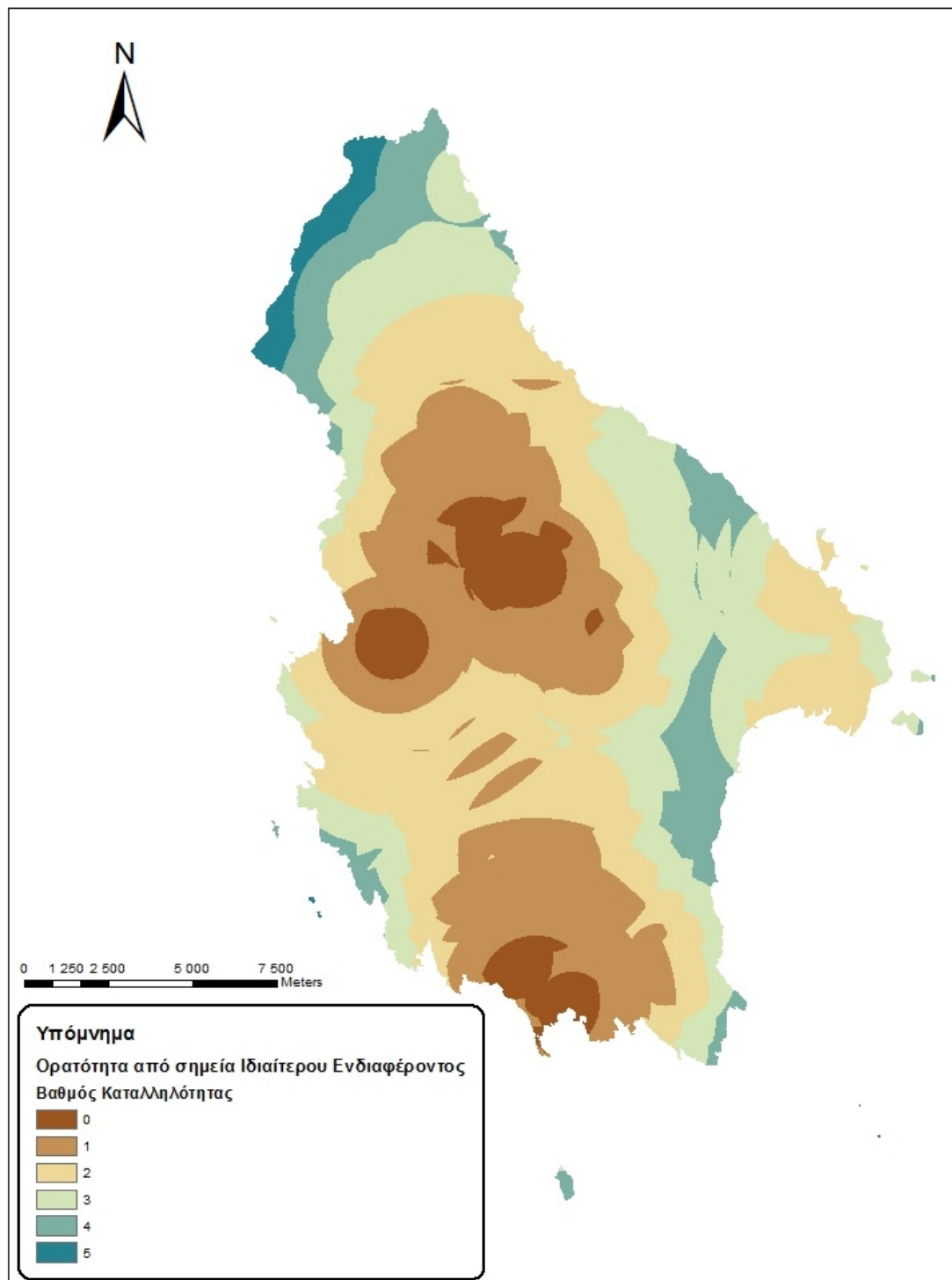
| A/A | Σημείο Ιδιαίτερου Ενδιαφέροντος |
|-----|--|
| 1 | Το πλησιέστερο όριο των εγγεγραμμένων στον κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς και άλλων μείζονος σημασίας μνημείων, αρχαιολογικών χώρων και ιστορικών τόπων της παρ. 5. εδάφιο ββ) του άρθρου 50 του Ν. 3028/02 |
| 2 | Το πλησιέστερο όριο ζώνης απολύτου προστασίας (ζώνη Α') λοιπών αρχαιολογικών χώρων |
| 3 | Το πλησιέστερο όριο θεσμοθετημένου πυρήνα Εθνικού Δρυμού, μνημείου της φύσης, αισθητικού δάσους των παρ. 3 και 4 του άρθρου 19 του Ν. 1650/86. |
| 4 | Το πλησιέστερο όριο θεσμοθετημένου παραδοσιακού οικισμού |
| 5 | Τα πλησιέστερα όρια πόλεων ή οικισμών |
| 6 | Το πλησιέστερο όριο θεσμοθετημένης ή διαμορφωμένης τουριστικής περιοχής τουριστικά καταλύματα μεσαίου και μεγάλου μεγέθους, ειδικές τουριστικές υποδομές, τουριστικοί λιμένες |

Στην περιοχή των Κυθήρων εξετάστηκε η ορατότητα από τις κατηγορίες των αρχαιολογικών χώρων, του θεσμοθετημένου παραδοσιακού οικισμού και τα όρια των υπόλοιπων οικισμών, καθώς στο νησί δεν υπάρχουν μνημεία παγκόσμιας κληρονομιάς και Εθνικοί Δρυμοί. Στην συνέχεια χρησιμοποιώντας τις ακτίνες ζωνών για μέγιστη πυκνότητα ανεμογεννητριών ανά ζώνη που δίνει το χωροταξικό (βλ. Παράρτημα) δόθηκαν οι βαθμοί καταλληλότητας ανά κατηγορία σημείου. Όσο μεγαλύτερη η απόσταση από το σημείο ιδιαίτερου ενδιαφέροντος τόσο μεγαλύτερος ο βαθμός καταλληλότητας της περιοχής. Οι βαθμοί καταλληλότητας δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 6.6: Βαθμοί καταλληλότητας κριτηρίου ορατότητας

| α/α | Αποστάσεις σε km | | | Βαθμός Καταλληλότητας |
|-----|--|-------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| | Θεσμοθετημένος Παραδοσιακό Οικισμό | Όρια Οικισμών < 2000 κατοίκων | Αρχαιολογικοί Χώροι | |
| 1 | <1.5 km | <1 km | <0.5 km | 0 |
| 2 | 1.5 – 3 km | 1 – 1.5 km | 0.5 – 3 km | 1 |
| 3 | 3 – 4 km | 1.5 – 2 km | 3 – 4 km | 2 |
| 4 | 4 – 5 km | 2 – 2.5 km | 4 – 5 km | 3 |
| 5 | 5 – 6 km | 2.5 – 3 km | 5 – 6 km | 4 |
| 6 | >6 km | >3 km | >6 km | 5 |

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι το κριτήριο της ορατότητας αποτελείται από τρία επιμέρους κριτήρια ανάλογα με την κατηγορία του ιδιαίτερου σημείου ενδιαφέροντος. Όποτε, αφού δημιουργήθηκαν οι αρχικοί χάρτες έγινε η επικάλυψή τους με τη χρήση του *weighted overlay tool* και προέκυψε το τελικό κριτήριο ορατότητας.



Σχήμα 6.5: Καταλληλότητα Ορατότητας από σημεία Ιδιαίτερου Ενδιαφέροντος

6.2 Αξιολόγηση με επικάλυψη των κριτηρίων

Η τελική αξιολόγηση των προτεινόμενων περιοχών γίνεται με την λειτουργία της επικάλυψης με τη χρήση του εργαλείου *Weighted Overlay Tool*. Το εργαλείο αυτό του Arcmap είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς δίνει τη δυνατότητα επίλυσης πολυκριτηριακών προβλημάτων. Η επικάλυψη των εισερχόμενων θεματικών επιπέδων γίνεται χρησιμοποιώντας μια κοινή κλίμακα και αποδίδοντας τα βάρη ανάλογα με την σημαντικότητά τους.

Αφού λοιπόν έγινε πρώτα η αναταξινόμηση τους με την χρήση του *Reclassify Tool*, τα τέσσερα θεματικά επίπεδα (αιολικό δυναμικό, προσβασιμότητα στο οδικό δίκτυο, κλίσεις εδάφους, ορατότητα από σημεία 'ιδιαίτερου ενδιαφέροντος'), αντιστοιχίστηκαν σε μια κοινή κλίμακα καταλληλότητας 1-5 και στην συνέχεια επικαλύφθηκαν.

• Πίνακας Απόδοσης Βαρών του *Weighted Overlay*

Με την συμπλήρωση του πίνακα απόδοσης βαρών που προσφέρει το εργαλείο *Weighted Overlay* γίνεται η επικάλυψη των θεματικών επιπέδων μεταξύ τους. Τα δεδομένα που μπορεί να δεχτεί ο πίνακας είναι:

- i. Το θεματικό επίπεδο σε μορφή raster – (Raster)
- ii. Η επιρροή (βάρος) που αντιστοιχεί στο κάθε κριτήριο – (Influence)
- iii. Το πεδίο τιμών (Τιμές που αντιστοιχούν σε κάθε βαθμό καταλληλότητας) – (Field)
- iv. Η κλίμακα καταλληλότητας για κάθε πεδίο τιμών – (Scale Value)

Κάθε επίπεδο ανάλογα με τη σημαντικότητά του λαμβάνει ένα βάρος, σύμφωνα με την επιρροή που θα έχει συγκριτικά με τα υπόλοιπα κριτήρια. Το βάρος αυτό σε συνδυασμό με την αξιολόγηση καταλληλότητας του κάθε πεδίου τιμών μέσα στο ίδιο το θεματικό επίπεδο εξάγει τα τελικά αποτελέσματα της επικάλυψης. Τα βάρη αντιστοιχούν σε σχετικά ποσοστά και το άθροισμα της επιρροής τους για κάθε επίπεδο πρέπει να ισούται με 100. Αλλάζοντας τις κλίμακες αξιολόγησης καταλληλότητας ή τα ποσοστά επιρροής αλλάζουν αναλόγως και τα αποτελέσματα της επικάλυψης (ESRI, ArcGis Resource Center).

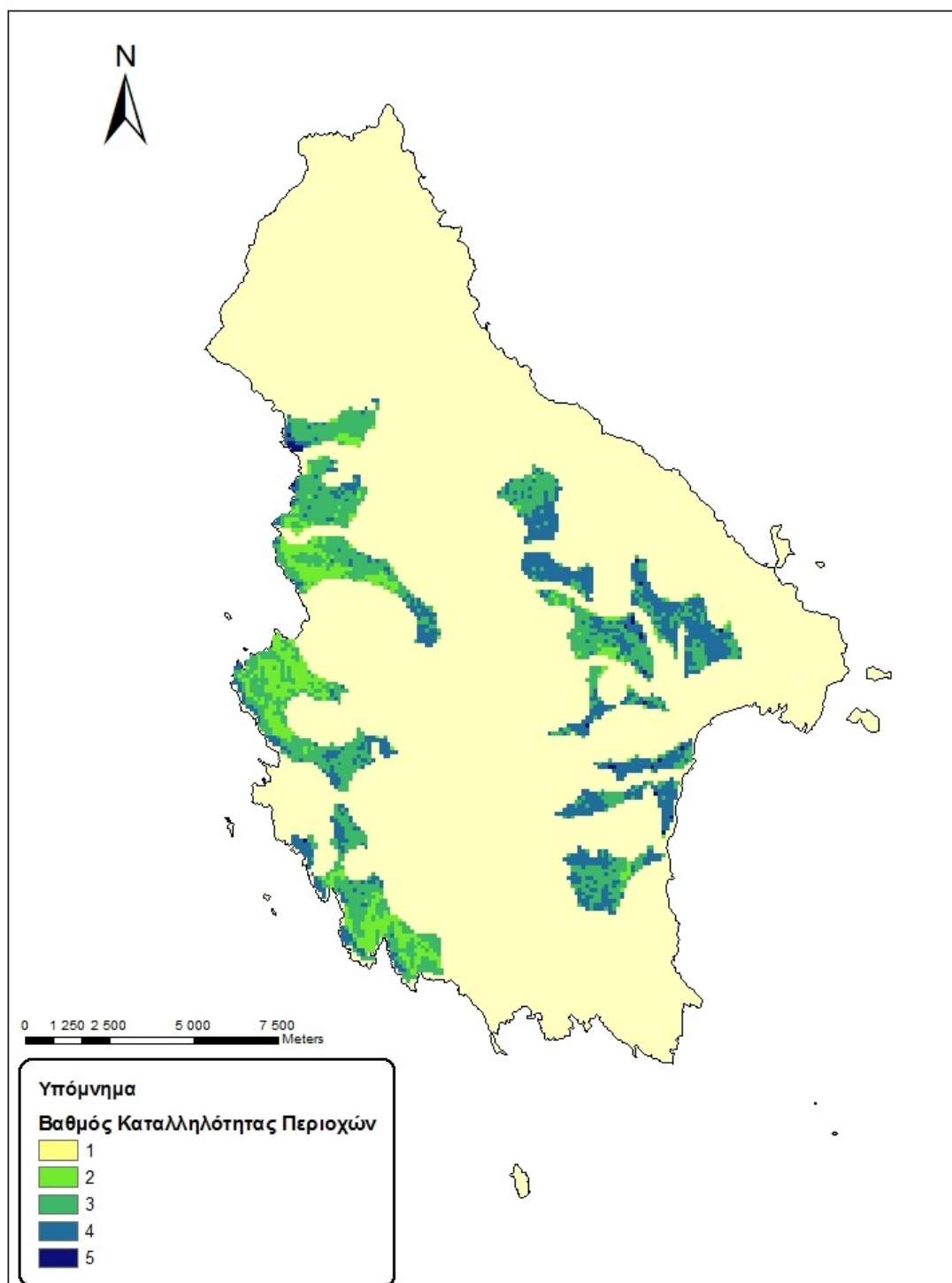
Η επικάλυψη γίνεται θεωρώντας ότι τα 4 κριτήρια έχουν την ίδια σημαντικότητα/επιρροή καθώς στο ΕΠΧΣΑΑ δεν υπάρχει διάταξη που να καθορίζει την επιρροή του κάθε κριτηρίου. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τα δεδομένα όπως αυτά εισήχθησαν στο εργαλείο *Weighted Overlay*.

Κεφάλαιο 6 - Αξιολόγηση Περιοχών

Πίνακας 6.7: Δεδομένα εισαγωγής στο *weighted overlay tool*

| Θεματικό Επίπεδο/Κριτήριο (Raster) | Επιρροή/ Βάρος (Influence) | Πεδίο Τιμών (Field) | | | Κλίμακα Καταλληλότητας (Scale Value) |
|---|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| Αιολικό Δυναμικό | 25% | Ταχύτητα ανέμου (m/s) | | | |
| | | 6-8 | | | 2 |
| | | 8-10 | | | 3 |
| | | 10-12 | | | 5 |
| | | >12 | | | 4 |
| Προσβασιμότητα στο οδικό δίκτυο | 25% | Απόσταση από οδικό δίκτυο | | | |
| | | <130 | | | 0 |
| | | 130 – 500 | | | 5 |
| | | 500 – 1000 | | | 4 |
| | | 1000 – 1500 | | | 3 |
| | | 1500 – 2000 | | | 2 |
| Κλίσεις Εδάφους | 25% | Κλίσεις εδάφους | | | |
| | | <130 | | | 0 |
| | | 130 – 500 | | | 5 |
| | | 500 – 1000 | | | 4 |
| | | 1000 – 1500 | | | 3 |
| | | 1500 – 2000 | | | 2 |
| Ορατότητα από σημεία 'Ιδιαίτερου Ενδιαφέροντος' | 25% | Θεσμοθετημένος Παραδοσιακός Οικισμός | Όρια Οικισμών < 2000 κατοίκων | Αρχαιολογικοί Χώροι | |
| | | <1.5 | <1 | <0.5 | 0 |
| | | 1.5 – 3 | 1 – 1.5 | 0.5 – 3 | 1 |
| | | 3 – 4 | 1.5 – 2 | 3 – 4 | 2 |
| | | 4 – 5 | 2 – 2.5 | 4 – 5 | 3 |
| | | 5 – 6 | 2.5 – 3 | 5 – 6 | 4 |
| | | >6 | >3 | >6 | 5 |

Μετά την εκτέλεση της λειτουργίας της επικάλυψης με την χρήση του *weighted overlay tool*, για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων μόνο των προτεινόμενων περιοχών που εξετάζονται χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο *Extract by Masc*, το οποίο έχει την δυνατότητα να εξάγει τα κελιά του εισερχόμενου θεματικού επιπέδου (raster) που αντιστοιχούν στις περιοχές που καθορίζουν την μάσκα (ESRI). Έτσι ως εισερχόμενο θεματικό επίπεδο εισάχθηκε το επίπεδο της επικάλυψης και ως μάσκα οι τελικές προτεινόμενες περιοχές. Οι βαθμοί καταλληλότητας που αντιστοιχούν σε κάθε κελί για τις τελικές προτεινόμενες περιοχές παρουσιάζονται στο χάρτη που ακολουθεί.



Σχήμα 6.6: Βαθμός Καταλληλότητας Προτεινόμενων Περιοχών

Παρατηρώντας τον χάρτη εύκολα γίνεται αντιληπτό ότι η πλειοψηφία των προτεινόμενων περιοχών έχει υψηλό βαθμό καταλληλότητας με βάση τα κριτήρια που αναλύθηκαν παραπάνω. Ιδιαίτερα οι περιοχές που βρίσκονται στο ανατολικό τμήμα του νησιού έχουν πολύ υψηλό βαθμό καταλληλότητας από αυτά του δυτικού τμήματος. Στο δυτικό τμήμα του νησιού οι προτεινόμενες περιοχές εμφανίζουν επίσης υψηλή καταλληλότητα. Συγκριτικά ωστόσο με αυτές του ανατολικού

τμήματος μειονεκτούν καθώς η περισσότερες παρουσιάζουν βαθμό καταλληλότητας 3. Επίσης, κάποια τμήματα των περιοχών αυτών (που βρίσκονται κυρίως στο κέντρικό τμήμα του νησιού) έχουν μικρότερο βαθμό καταλληλότητας κυρίως λόγω του κριτηρίου της ορατότητας από σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος.

7 Συμπεράσματα

7.1 Γενικά συμπεράσματα

Ο ρόλος των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην αντιμετώπιση του παγκόσμιου ενεργειακού προβλήματος είναι αποδεδειγμένα ιδιαίτερα σημαντικός. Επομένως, η χωροθέτηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και ιδιαίτερα της αιολικής ενέργειας αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα για την προώθησή τους. Η χωροθέτηση αυτή πρέπει να είναι αποτέλεσμα ευρύτερου σχεδιασμού έτσι ώστε η ένταξη των αιολικών εγκαταστάσεων να γίνεται αρμονικά, χωρίς τη δημιουργία προβλημάτων στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον. Ταυτόχρονα θα πρέπει να εξασφαλίζεται η βιωσιμότητα και η λειτουργικότητα αυτών των εγκαταστάσεων.

Στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία έγινε η ανάδειξη των περιοχών που είναι κατάλληλες για αιολικές εγκαταστάσεις στα Κύθηρα. Αυτό έγινε με βάση τα οικονομικά, λειτουργικά, οικιστικά, περιβαλλοντικά και πολιτιστικά κριτήρια που ορίζει το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας του ΥΠΕΚΑ (Οκτώβριος 2008). Το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για να γίνει αυτό είναι τα Γεωγραφικά Συστήματα Σχεδιασμού. Σε πρώτη φάση επιλέχθηκαν οι προτεινόμενες περιοχές με βάση τα παραπάνω κριτήρια, δημιουργώντας ζώνες αποκλεισμού για τις περιοχές που είναι ακατάλληλες και ζώνες επιρροής για τις περιοχές που πρέπει να εντάσσονται στη χωροθέτηση. Στην συνέχεια, θεωρώντας μία τυπική ανεμογεννήτρια τα βασικά χαρακτηριστικά της οποίας ορίζει το Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο έγινε η εκτίμηση του αιολικού δυναμικού των Κυθήρων. Τέλος, έγινε η αξιολόγηση των προτεινόμενων περιοχών χρησιμοποιώντας τέσσερα δυναμικά κριτήρια (αιολικό δυναμικό, προσβασιμότητα στο οδικό δίκτυο, κλίσεις εδάφους, ορατότητα από σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος) που αφορούν κατά βάση σκοπούς οικονομικούς, λειτουργικούς και αρμονικής ένταξης στο περιβάλλον. Η επικάλυψη των επιμέρους κριτηρίων έδωσε την τελική αξιολόγηση των προτεινόμενων περιοχών.

7.2 Συμπεράσματα από την εκτίμηση των περιοχών που είναι κατάλληλες για εγκατάσταση αιολικών

Τα Κύθηρα παρότι δεν έχουν ιδιαίτερα μεγάλο μέγεθος διαθέτουν αρκετές περιοχές στις οποίες μπορούν να εγκατασταθούν αιολικά πάρκα. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι το νησί διαθέτει ιδιαίτερα ευνοϊκά ανεμολογικά χαρακτηριστικά. Πιο συγκεκριμένα από στοιχεία του ΚΑΠΕ προκύπτει ότι οι μέσες ετήσιες ταχύτητες του ανέμου στο νησί είναι μεγαλύτερες από 6,5 m/s. Αυτό σημαίνει ότι από άποψης

αιολικού δυναμικού δεν υπάρχει περιορισμός καθώς η ελάχιστη απαιτούμενη ταχύτητα που χρειάζεται για να είναι λειτουργικό ένα αιολικό πάρκο είναι τα 4m/s.

Ωστόσο, μετά την εφαρμογή των χωροταξικών περιορισμών που θέτει το Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο οι περιοχές αυτές περιορίζονται σημαντικά. Αφενός, αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχει μεγάλος αριθμός διάσπαρτων οικισμών για το μέγεθος και τον πληθυσμό του νησιού (περίπου 60). Αφετέρου, στο νησί υπάρχουν δύο μεγάλες περιοχές που αποκλείονται λόγω περιβαλλοντικών περιορισμών (περιοχές Natura 2000, ΖΕΠ). Επίσης, λόγω αναγλύφου το νησί διαθέτει αρκετούς χειμάρρους με αποτέλεσμα να αποκλείονται επίσης αρκετές περιοχές. Τέλος, πολλές περιοχές αποκλείονται λόγω χρήσεων γης, αφού είναι υψηλής παραγωγικότητας (πρόκειται κυρίως για περιοχές σύνθετων καλλιεργειών και ελαιώνων).

Τελικά, οι περιοχές που κρίνονται ως κατάλληλες είναι συνολικά 13 και έχουν συνολική έκταση 72 000 στρεμμάτων, δηλαδή 72 km². Αυτό σημαίνει ότι το 25% της συνολικής έκτασης του νησιού μπορεί να αξιοποιηθεί από αιολικές εγκαταστάσεις.

7.3 Συμπεράσματα από την εκτίμηση του Αιολικού Δυναμικού των Κυθήρων

Θεωρώντας ως τυπική ανεμογεννήτρια αυτή που ορίζεται από το Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο, δηλαδή την ανεμογεννήτρια με διάμετρο ρότορα 85 m και ονομαστική ισχύ 2 MW, και τον περιορισμό 0,53 τυπικών ανεμογεννητριών / 1000 στρέμματα (που ορίζει επίσης το ΕΠΧΣΑΑ) για τον νησιωτικό χώρο έγινε η εκτίμηση του συνολικού αιολικού δυναμικού των Κυθήρων. Η ισχύς αυτή υπολογίστηκε σε 64 MW ή αλλιώς σε 32 τυπικές ανεμογεννήτριες, που είναι ιδιαίτερα υψηλή για το μέγεθος του νησιού. Όπως, υπολογίστηκε με βάση την βιβλιογραφία θα μπορούσε να υπερκαλύψει τις ενεργειακές ανάγκες του νησιού και να βοηθήσει στην ενεργειακή αυτονομία του νησιού.

7.4 Συμπεράσματα από την αξιολόγηση των προτεινόμενων περιοχών

Το τελευταίο στάδιο περιλάμβανε την αξιολόγηση των τελικών προτεινόμενων περιοχών με τη χρήση δυναμικών κριτηρίων. Από την διαδικασία αυτή οι κατάλληλες περιοχές του πρώτου σταδίου χωρίστηκαν σε κελιά και κάθε ένα έλαβε ένα βαθμό καταλληλότητας. Έτσι, ήταν δυνατόν να γίνει αξιολόγηση καταλληλότητας των προτεινόμενων περιοχών.

Από την αξιολόγηση αυτή προέκυψε το συμπέρασμα ότι οι περιοχές με την υψηλότερη καταλληλότητα βρίσκονται στο ανατολικό τμήμα του νησιού. Αντίθετα, οι προτεινόμενες περιοχές του δυτικού τμήματος και κυρίως αυτές κοντά στο κέντρο

του νησιού λαμβάνουν μικρότερο βαθμό καταλληλότητας. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στο κριτήριο της ορατότητας από σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος. Στις περιοχές αυτές υπάρχουν αρκετοί οικισμοί δημιουργώντας έτσι πρόβλημα πιθανής οπτικής όχλησης. Αντίθετα το ανατολικό τμήμα είναι περισσότερο αραιοκατοικημένο οπότε οι περιοχές εκεί έχουν μεγαλύτερο βαθμό καταλληλότητας.

Σε γενικές γραμμές πάντως η πλειοψηφία των περιοχών έχει βαθμό καταλληλότητας πάνω από 3 πράγμα που δείχνει ότι το νησί έχει μεγάλες δυνατότητες αξιοποίησης του αιολικού του δυναμικού.

7.5 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η παρούσα μελέτη εξέτασε σε πρώτη φάση τις περιοχές που είναι κατάλληλες για χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων. Τα κριτήρια για την επιλογή αυτών των περιοχών είναι αυτά που καθορίζει το ΕΠΧΣΑΑ, τα οποία είναι γενικά χωροταξικά κριτήρια. Επομένως, μία πρόταση θα μπορούσε να είναι η λεπτομερής αξιολόγηση κάθε μεμονωμένης προτεινόμενης περιοχής. Με αυτό τον τρόπο θα υπήρχε η δυνατότητα σημειακής χωροθέτησης σε κάθε προτεινόμενη περιοχή, υποδεικνύοντας την ακριβή θέση τοποθέτησης κάθε ανεμογεννήτριας έτσι ώστε να αποδίδει στον μέγιστο δυνατό βαθμό αλλά ταυτόχρονα να αποτελεί και την πιο συμφέρουσα οικονομικά λύση. Επίσης, η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν και πιο συγκεκριμένα κριτήρια αποκλεισμού όπως ο θόρυβος ή η γειτνίαση με διάσπαρτες μεμονωμένες τουριστικές μονάδες, που δεν ήταν δυνατό να γίνει στην παρούσα εργασία.

Επίσης, μία ακόμη πρόταση είναι να αξιολογηθεί η εγκατάσταση αιολικών στις προτεινόμενες περιοχές όσον αναφορά το οικονομικό σκέλος. Στην παρούσα εργασία δε μελετήθηκαν τα τεχνικά στοιχεία και το κόστος των ανεμογεννητριών. Επίσης, δε μελετήθηκε το οικονομικό όφελος που θα είχε μία τέτοια επένδυση στο νησί. Μία τέτοια οικονομικό - τεχνική μελέτη που θα αναδείκνυε τα οικονομικά οφέλη των ανεμογεννητριών θα μπορούσε να αποτελέσει κίνητρο για τυχόν επενδυτές, συμβάλλοντας παράλληλα και στα περιβαλλοντικά οφέλη που θα προκύπταν από μία τέτοια εγκατάσταση.

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

Τέλος, μία ακόμη παράμετρος που μπορεί να μελετηθεί είναι τα ενεργειακά οφέλη που μπορεί να έχει η συγκεκριμένη περιοχή των Κυθήρων από την εγκατάσταση αιολικών πάρκων και κατά πόσο θα μπορούσε ένα τέτοιο έργο να βοηθήσει στην 'ενεργειακή αυτονομία' του νησιού.

Αναφορές

- Baltas E. A., & Dervos N. A. (2012, June 15). Special framework for the spatial planning & the sustainable development. *Renewable Energy*.
- Burrough P., & Mc Donnel R. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*, New York: Oxford University Press.
- EUROBSERV'ER, (February 2015). *Wind Energy Barometer*.
- Harrison J. D. (2012). *Onshore Wind Power Systems(ONSWPS): A GIS-BASED*, University of Southern California.
- Ανδρονίκου Ε. (2012). *Ανάπτυξη των ΑΠΕ και επιπτώσεις στην απασχόληση. Η περίπτωση της Κύπρου*, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- Δαγκαλίδης Α. (2010). *Κλαδική Μελέτη: Αιολικά Πάρκα*, Αθήνα: Τράπεζα Πειραιώς.
- Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, (2010). *Μελέτη Διασυνδέσεων των Νησιών του Αιγίου στο Ηπειρωτικό Σύστημα - Φάση Α' Γενικός Σχεδιασμός*, Αθήνα.
- Ελληνική Στατιστική Αρχή, (2013). *Έρευνα Κατανάλωσης Ενέργειας στα Νοικοκυριά 2011-2012*, Πειραιάς.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή Ενέργειας, (2015). *Μία βιώσιμη, ασφαλής και οικονομικά προσιτή ενέργεια για τους Ευρωπαίους*. Λουξεμβούργο: Υπηρεσία Εκδόσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, (Φεβρουάριος 2009). *Το Ελληνικό Ενεργειακό Σύστημα*. Αθήνα: Υπουργείο Ανάπτυξης.
- Κουτσόπουλος Κ. (2005α). *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου*, Αθήνα: Παπασωτηρίου.
- Κουτσόπουλος Κ. (2005β). *Εφαρμογές του Λογισμικού ArcGIS 9x με Απλά Λόγια*. Αθήνα: Παπασωτηρίου.
- Λεμονής Γ. (2002). *Κυματική Ενέργεια στην Ευρώπη Εθνικές Δραστηριότητες και Προοπτικές Αξιοποίησης*. Αθήνα.
- Μανιάτης Γ. (1996). *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Γης – Κτηματολογίου*, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη.
- Μπεργελές Γ. (2005). *Ανεμοκινητήρες*, Αθήνα: Εκδόσεις Συμεών.
- Νάκου Ε (2007). *Χωροθέτηση Αιολικού Πάρκου στο Νομό Φωκίδας με Λογική της Ασάφειας και ΓΣΠ*, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

- Νικολάου Σ. (2013). *Χωροθετικός Σχεδιασμός ΑΠΕ σε περιβάλλον GIS: Η περίπτωση των αιολικών πάρκων της Κύπρου*, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Σαλταούρα, Α. (2015). *Διαφορές Χερσαίων και Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων*, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Σαρρή Ε., Π. (2008). *Χωροθέτηση Αιολικών Πάρκων στο Νομό Λακωνίας με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών*, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Σκαλούμπακας Κ. (2011). *Μελέτη ενεργειακού δυναμικού παλιρροιακής ενέργειας στο στενό του Ευρίπου και τρόποι εκμετάλλευσης μέσω εγκατάστασης παλιρροιακής τουρμπίνας*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Στρατηγέα Α. & Γραμματικογιάννης Η. (2010). *Μεθοδολογία Αξιολόγησης Εναλλακτικών Θέσεων Χωροθέτησης Αιολικού Πάρκου*, *Τεχνικά Χρονικά - Επιστημονικές Εκδόσεις ΤΕΕ*.
- Τσιπουρίδης Ι. (2005). *Η Αιολική Ενέργεια με στοιχεία και αριθμούς*, Αθήνα: ΔΕΗ.
- Υπουργείο Ανάπτυξης (Φεβρουάριος 2009). *Το Ελληνικό Ενεργειακό Σύστημα*, Αθήνα.
- Υπουργείο Παραγωγικής Ανασυγκρότησης, Περιβάλλοντος & Ενέργειας (2008). *Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*, Αθήνα.

Διαδικτυακές Αναφορές

- *etcgreen.com*, www.etcgreen.com
- *EurObserv'ER*, www.eurobserv-er.org
- *European Environment Agency*, www.eea.europa.eu
- *Eurostat*, ec.europa.eu/eurostat
- *geodata.gov.gr*, geodata.gov.gr/geodata/
- *kythera.gr*, www.kythera.gr
- *National Geographic Greece*, www.nationalgeographic.gr
- *Natura 2000*, natura2000.eea.europa.eu
- *OpenStreetMap*, www.openstreetmap.org
- *Vestas*, www.vestas.com
- *visitkythera.gr*, www.visitkythera.gr

- *Wikipedia*, el.wikipedia.org
- *Δήμος Κυθήρων*, www.kythira.gr
- *Ελληνική Στατιστική Αρχή*, www.statistics.gr
- *Ευρωπαϊκή Ένωση*, europa.eu
- *Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)*, www.cres.gr
- *Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας*, www.rae.gr
- Υπουργείο Παραγωγικής Ανασυγκρότησης Περιβάλλοντος & Ενέργειας, www.yrpeka.gr
- Υπουργείο Πολιτισμού & Τουρισμού, *Διαρκής Κατάλογος των Κηρυγμένων Αρχαιολογικών Χώρων και Μνημείων*, listedmonuments.culture.gr

Παράρτημα

Ι. Αποστάσεις αιολικών εγκαταστάσεων από γειτνιάζουσες χρήσεις γης, δραστηριότητες και δίκτυα τεχνικής υποδομής

| A. Αποστάσεις για τη διασφάλιση της λειτουργικότητας και απόδοσης των αιολικών εγκαταστάσεων | |
|---|--|
| A. Μέγιστη απόσταση από υφιστάμενη οδό χερσαίας προσπέλασης οποιασδήποτε κατηγορίας | <ul style="list-style-type: none"> - Για εγκατεστημένη ισχύ / μονάδα κάτω των 10 MWe: Σε Π.Α.Π. και Αττική: 20 χλμ. μήκους όδευσης - Σε άλλες περιοχές (Π.Α.Κ.): 15 χλμ. ανεξάρτητα από την εγκατεστημένη ισχύ / μονάδα - Σε νησιά: 10 χλμ. ανεξάρτητα από την εγκατεστημένη ισχύ / μονάδα. |
| B. Μέγιστη απόσταση από το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας Υψηλής Τάσης (Υ.Τ.) | Όπως ορίζει ο Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. στους όρους σύνδεσης της εγκατάστασης (υψηλή τάση) και η ΔΕΗ (μέση και χαμηλή τάση) |
| Γ. Ελάχιστη απόσταση (A) μεταξύ των ανεμογεννητριών. | 2,5 φορές τη διάμετρο (d) της φτερωτής της ανεμογεννήτριας (A=2,5d) |

| B. Αποστάσεις από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος | |
|--|--|
| Ασύμβατη χρήση | Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση |
| Περιοχές απολύτου προστασίας της Φύσης και προστασίας της φύσης του άρθρου 19 παρ.1, 2 ν.1650/86 (Α'160) | Σύμφωνα με την εγκεκριμένη Ε.Π.Μ. ή το σχετικό π.δ. (του άρθρου 21 του ν. 1650/86) ή την σχετική Κ.Υ.Α. (ν. 3044/02) |
| <ul style="list-style-type: none"> - Πυρήνες των Εθνικών Δρυμών, κηρυγμένα μνημεία της φύσης, αισθητικά δάση που δεν περιλαμβάνονται στις περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης και προστασίας της φύσης των παρ. 1 και 2 του άρθρου 19 του ν. 1650/1986. - Οι υγρότοποι RAMSAR | Κρίνεται κατά περίπτωση στο πλαίσιο της ΕΠΟ |

| | |
|--|--|
| - Οι οικότοποι προτεραιότητας περιοχών της Επικράτειας που έχουν ενταχθεί στον κατάλογο των τόπων κοινοτικής σημασίας του δικτύου ΦΥΣΗ 2000 σύμφωνα με την απόφαση 2006/613/ΕΚ της Επιτροπής (ΕΕ L 259 της 21.9.2006, σ. 1). | |
| Ακτές κολύμβησης, που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα παρακολούθησης της ποιότητας των νερών κολύμβησης που συντονίζεται από το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. | 1500μ. ² |
| Περιοχές ΖΕΠ ορνιθοπανίδας (SPA) | Κρίνεται κατά περίπτωση στο πλαίσιο της ΕΠΟ, μετά από ειδική ορνιθολογική μελέτη |

| Γ. Αποστάσεις από περιοχές και στοιχεία πολιτιστικής κληρονομιάς | |
|---|---|
| Ασύμβατη χρήση | Ελάχιστη απόσταση ¹εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση |
| Εγγεγραμμένα στον Κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς και τα άλλα μείζονος σημασίας μνημεία, αρχαιολογικοί χώροι και ιστορικοί τόποι της παρ. 5. εδάφιο ββ του άρθρου 50 του Ν. 3028/02 | 3.000 μ. |
| Ζώνη απολύτου προστασίας (Ζώνη Α) λοιπών αρχαιολογικών χώρων | A=7d, όπου (d) η διάμετρος της φτερωτής της ανεμογεννήτριας, τουλάχιστον 500 μ. |
| Κηρυγμένα πολιτιστικά μνημεία και ιστορικοί τόποι | A=7d, όπου (d) η διάμετρος της φτερωτής της ανεμογεννήτριας, τουλάχιστον 500 μ. |

| Δ. Αποστάσεις από οικιστικές δραστηριότητες | |
|--|--|
| Ασύμβατη χρήση | Ελάχιστη απόσταση² εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση |

¹ Η αναφερόμενη απόσταση δεν λαμβάνεται υπόψη στη περίπτωση που η άτρακτος μιας Α/Γ δεν είναι ορατή από την ασύμβατη χρήση.

| | |
|--|---|
| Πόλεις και οικισμοί με πληθυσμό >2000 κατοίκων ή οικισμοί με πληθυσμό < 2000 κατοίκων που χαρακτηρίζονται ως δυναμικοί, τουριστικοί ή αξιόλογοι κατά την έννοια του άρθρου 2 του π.δ. 24.4/3.5.1985 | 1.000 μ από το όριο ² του οικισμού ή του σχεδίου πόλης κατά περίπτωση |
| Παραδοσιακοί οικισμοί | 1.500 μ. από το όριο ³ του οικισμού ³ Κατά παρέκκλιση από τα παραπάνω είναι δυνατή με απόφαση του Γ.Γ. Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. ύστερα από εισήγηση της αρμόδιας Δ/νσης του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. η μείωση της ως άνω απόστασης μέχρι τα 1000 μ εφόσον ο αριθμός των κατοικιών που συνθέτουν τον οικισμό είναι μικρότερος των είκοσι. |
| Λοιποί οικισμοί | 500 μ. από το όριο ³ του οικισμού |
| Οργανωμένη δόμηση Α΄ ή Β΄ κατοικίας (Π.Ε.Ρ.ΠΟ., Συνεταιρισμοί κλπ) ή και διαμορφωμένες περιοχές Β΄ κατοικίας, όπως αναγνωρίζονται στο πλαίσιο της Μ.Π.Ε. κάθε μεμονωμένης εγκατάστασης αιολικού πάρκου | 1.000 μ. από τα όρια του σχεδίου ή της διαμορφωμένης περιοχής αντίστοιχα. |
| Ιερές Μονές | 500 μ. από τα όρια της Μονής |
| Μεμονωμένη κατοικία (νομίμως υφιστάμενη) | Εξασφάλιση ελάχιστου επιπέδου θορύβου μικρότερου των 45 db. |

Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να εξασφαλίζεται ελάχιστο επίπεδο θορύβου στα όρια των ανωτέρω οικιστικών δραστηριοτήτων μικρότερο των 45 db.

| Ε. Αποστάσεις από δίκτυα τεχνικής υποδομής και ειδικές χρήσεις | |
|--|---|
| Ασύμβατη χρήση | Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση |
| Κύριοι οδικοί άξονες, οδικό δίκτυο αρμοδιότητας των Ο.Τ.Α. και σιδηροδρομικές γραμμές. | Απόσταση ασφαλείας 1,5d από τα όρια της ζώνης απαλλοτρίωσης της οδού ή του σιδηροδρομικού δικτύου αντίστοιχα. |

² Στις περιπτώσεις που δεν έχει οριοθετηθεί ο οικισμός η απόσταση υπολογίζεται από το κέντρο του οικισμού προσαυξημένη κατά 500 μέτρα και, σε κάθε περίπτωση, σε απόσταση μεγαλύτερη των 500 μ. από την τελευταία κατοικία του οικισμού.

³ Σε περίπτωση που υφίσταται ήδη εγκατάσταση αιολικού σταθμού, ή πάρκο κεραιών ή ραντάρ, σε απόσταση μικρότερη των 1500μ από τα όριά του, η ελάχιστη απόσταση κάθε νέας εγκατάστασης αιολικού πάρκου από αυτά, ορίζεται ως αντιστάθμισμα στα 2.500μ.

| | |
|---|--|
| Γραμμές υψηλής τάσεως | Απόσταση ασφαλείας 1,5d από τα όρια από τα όρια διέλευσης των γραμμών Υ.Τ. |
| Υποδομές τηλεπικοινωνιών (κεραίες), RADAR | Κατά περίπτωση μετά από γνωμοδότηση του αρμόδιου φορέα. |
| Εγκαταστάσεις ή δραστηριότητες της αεροπλοΐας | Κατά περίπτωση μετά από γνωμοδότηση του αρμόδιου φορέα. |

| ΣΤ. Αποστάσεις από ζώνες ή εγκαταστάσεις παραγωγικών δραστηριοτήτων | |
|--|--|
| Ασύμβατη χρήση | Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση |
| Αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, ζώνες αναδασμού, αρδευόμενες εκτάσεις | Απόσταση ασφαλείας 1,5d |
| Ιχθυοκαλλιέργειες | Απόσταση ασφαλείας 1,5d |
| Μονάδες εσταυλισμένης κτηνοτροφίας: | Απόσταση ασφαλείας 1,5d |
| Λατομικές ζώνες και δραστηριότητες | Όπως ορίζεται στην κείμενη νομοθεσία. |
| Λειτουργούσες επιφανειακά μεταλλευτικές - εξορυκτικές ζώνες και δραστηριότητες | 500 μ. |
| ΠΟΤΑ και άλλες Περιοχές Οργανωμένης Ανάπτυξης Παραγωγικών Δραστηριοτήτων του τριτογενούς τομέα, θεματικά πάρκα, τουριστικοί λιμένες και άλλες θεσμοθετημένες ή διαμορφωμένες τουριστικά περιοχές (όπως αναγνωρίζονται στο πλαίσιο της ΜΠΕ του αιολικού πάρκου για κάθε μεμονωμένη εγκατάσταση). Τουριστικά καταλύματα και ειδικές τουριστικές υποδομές, | 1.000 μ από τα όρια της ζώνης / περιοχής ^{4 5} |

⁴ Η αναφερόμενη απόσταση δεν λαμβάνεται υπόψη στη περίπτωση που η άτρακτος μιας Α/Γ δεν είναι ορατή από την ασύμβατη χρήση.

⁵ Οι αποστάσεις αυτές μπορεί να μειώνονται με τη σύμφωνη γνώμη του φορέα της ασύμβατης χρήσης, η οποία παρέχεται για όλη τη διάρκεια κύκλου ζωής των σχετικών εγκαταστάσεων και πάντως για χρονικό διάστημα τουλάχιστον ίσο με τον χρόνο ισχύος των σχετικών αδειών παραγωγής (25 έτη). Σε κάθε περίπτωση η απόσταση αυτή δεν μπορεί να είναι μικρότερη των 500 μέτρων από τα όρια των εγκαταστάσεων διανυκτέρευσης και 1.5 d από τα όρια των λοιπών εγκαταστάσεων.

II. Κριτήρια ένταξης των αιολικών εγκαταστάσεων στο τοπίο

Για την εκτίμηση της επίπτωσης μιας υπό αδειοδότηση αιολικής μονάδας στο τοπίο, λαμβάνεται υπόψη η οπτική παρεμβολή της από τα σημεία 'ιδιαίτερου ενδιαφέροντος', που ευρίσκονται εντός κύκλου, που ορίζεται με κέντρο την μονάδα και ακτίνα που διαφοροποιείται ανάλογα με τη σημασία και την ποιότητα του σημείου 'ιδιαίτερου ενδιαφέροντος' και την κατηγορία χώρου που ανήκει σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

| Σημείο Ιδιαίτερου Ενδιαφέροντος | Μέγιστη απόσταση από Α/Π (χλμ) | |
|--|--|---------------------------------|
| | Εντός Π.Α.Π. - Αττικής - Θαλάσσιου χώρου | Εντός Π.Α.Κ.- Κατοικημένα Νησιά |
| Το πλησιέστερο όριο των εγγεγραμμένων στον κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς και άλλων μείζονος σημασίας μνημείων, αρχαιολογικών χώρων και ιστορικών τόπων της παρ. 5. εδάφιο ββ) του άρθρου 50 του Ν. 3028/02 | 6 | 6 |
| Το πλησιέστερο όριο ζώνης απολύτου προστασίας (ζώνη Α') λοιπών αρχαιολογικών χώρων | 6 | 6 |
| Το πλησιέστερο όριο θεσμοθετημένου πυρήνα Εθνικού Δρυμού, μνημείου της φύσης, αισθητικού δάσους των παρ. 3 και 4 του άρθρου 19 του Ν. 1650/86. | 0,8 | 1 |
| Το πλησιέστερο όριο θεσμοθετημένου παραδοσιακού οικισμού | 6 | 6 |
| Τα πλησιέστερα όρια πόλεων ή οικισμών | 2 | 3 |
| Το πλησιέστερο όριο θεσμοθετημένης ή διαμορφωμένης τουριστικής περιοχής τουριστικά καταλύματα μεσαίου και μεγάλου μεγέθους, ειδικές τουριστικές υποδομές, τουριστικοί λιμένες | 2 | 3 |

Οι ανεμογεννήτριες, που χωροθετούνται εκτός του κύκλου ή που η άτρακτος τους δεν έχει οπτική επαφή με το σημείο, δεν λαμβάνονται υπόψη.

Γενικότερα, και παρόλο που η συγκέντρωση αιολικών πάρκων σε περιοχές υψηλού αιολικού δυναμικού είναι επιθυμητή (περιοχές Προτεραιότητας), τόσο από

οικονομικής, όσο και από περιβαλλοντικής απόψεως, η πυκνότητα των ανεμογεννητριών γύρω από τυχόν υφιστάμενα σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος των περιοχών αυτών, θα πρέπει να περιορίζεται εντός προδιαγεγραμμένων ορίων. Σε περίπτωση που υπάρχει υπέρβαση αυτού του ορίου πυκνότητας, θα πρέπει να τίθεται περιορισμός στην κάλυψη του οπτικού ορίζοντα των σημείων ιδιαίτερου ενδιαφέροντος. Περαιτέρω, ο βαθμός επίδρασης της κάθε ανεμογεννήτριας στο τοπίο από το σημείο ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, εξαρτάται από την πραγματική απόσταση της από το σημείο.

Προκειμένου να αντικειμενικοποιηθούν τα πιο πάνω, τίθενται οι παρακάτω απαιτήσεις-κριτήρια, ως προς τα οποία ελέγχεται το αιολικό πάρκο και με τα οποία οφείλει να συμμορφωθεί:

- Το πρώτο κριτήριο αφορά στην συνολική πυκνότητα των ανεμογεννητριών, που χωροθετούνται εντός κύκλου με κέντρο το εκάστοτε σημείο ιδιαίτερου ενδιαφέροντος και ακτίνα την μέγιστη απόσταση κατά τα ανωτέρω και η άτρακτος των οποίων έχει οπτική επαφή με το σημείο. Προκειμένου να ληφθεί υπόψη η πραγματική απόσταση των ανεμογεννητριών από το σημείο, η κυκλική επιφάνεια χωρίζεται σε τρία συνολικά ομόκεντρα τμήματα (ζώνες) Α', Β' και Γ', σε κάθε μία από τις οποίες, η μέγιστη επιτρεπόμενη πυκνότητα εγκατάστασης, είναι διαφορετική.
- Το δεύτερο κριτήριο, το οποίο εφαρμόζεται μόνο στην περίπτωση κατά την οποία υφίσταται υπέρβαση του πρώτου κριτηρίου, αφορά στο ποσοστό κάλυψης από τις ανεμογεννήτριες του οπτικού ορίζοντα ενός παρατηρητή, που βρίσκεται στο σημείο ιδιαίτερου ενδιαφέροντος και περιστρέφεται 360° περί τον εαυτό του. Για την εκτίμηση του κριτηρίου αυτού, οι ανεμογεννήτριες, μεταξύ των οποίων η πραγματική απόσταση δεν υπερβαίνει τα 500 μέτρα, ενώνονται με νοητά ευθύγραμμα τμήματα και υπολογίζονται οι γωνίες (σε μοίρες), που δημιουργούνται με κέντρο το σημείο ιδιαίτερου ενδιαφέροντος και με πλευρές που διέρχονται από τα άκρα των προαναφερθέντων νοητών τμημάτων.

Κατά την εξέταση του κριτηρίου, λαμβάνονται και πάλι υπ' όψη μόνον οι ανεμογεννήτριες, που χωροθετούνται εντός κύκλου με κέντρο το εκάστοτε σημείο ιδιαίτερου ενδιαφέροντος και ακτίνα την μέγιστη απόσταση κατά τα ανωτέρω και η άτρακτος των οποίων έχει οπτική επαφή με το σημείο. Προκειμένου να ληφθεί υπόψη η πραγματική απόσταση των Α/Γ από το σημείο, ο κύκλος χωρίζεται και πάλι σε τρεις συνολικά ομόκεντρες ζώνες Α', Β' και Γ', σε κάθε μία από τις οποίες, το άθροισμα των γωνιών, που περικλείουν τα νοητά τμήματα που βρίσκονται εντός της αντίστοιχης ζώνης, έχει διαφορετικό συντελεστή βαρύτητας. Δεν λαμβάνονται υπόψη τμήματα αιολικών πάρκων, των οποίων η γωνία θέασης από το σημείο ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, καλύπτεται από άλλα αιολικά πάρκα, που βρίσκονται πλησιέστερα στο σημείο ενδιαφέροντος και συνεπώς η γωνία θέασης τους έχει ήδη ληφθεί υπ' όψη στον συνολικό υπολογισμό (γωνιακή επικάλυψη).

Αν ένα αιολικό πάρκο πληροί το πρώτο κριτήριο, σημαίνει ότι οι ανεμογεννήτριες γύρω και πλησίον του σημείου ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, χωροθετούνται επαρκώς αραιά, ακόμα και αν πιθανόν απλώνονται σε αρκετές περιοχές του ορίζοντα γύρω από το σημείο ιδιαίτερου ενδιαφέροντος. Αν ένα αιολικό πάρκο πληροί το δεύτερο κριτήριο, ακόμη και αν δεν πληροί το πρώτο κριτήριο, σημαίνει ότι, οι ανεμογεννήτριες γύρω και πλησίον του σημείου ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, χωροθετούνται προς μία ή ελάχιστες κατευθύνσεις, ακόμα και αν προς τις ελάχιστες ή τη μία αυτή κατεύθυνση έχουν αυξημένη πυκνότητα.

Οι ομόκεντρες ζώνες είναι κοινές για την εφαρμογή και των δύο κριτηρίων και ορίζονται ανάλογα με τη σημασία του σημείου ιδιαίτερου ενδιαφέροντος και ανάλογα με την κατηγορία χώρου που χωροθετείται το υπό εξέταση αιολικό πάρκο, ως εξής:

| Σημείο Ιδιαίτερου Ενδιαφέροντος | Ακτίνες ζωνών (σε χλμ.) | | | | | |
|---|--------------------------------------|-----|----|----------------------------------|-----|----|
| | Εντός Π.Α.Π. Αττικής-Θαλάσσιου χώρου | | | Εντός Π.Α.Κ. - Κατοικημένα Νησιά | | |
| | Α' | Β' | Γ' | Α' | Β' | Γ' |
| Όρια των εγγεγραμμένων στον κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς και άλλων μείζονος σημασίας μνημείων, αρχαιολογικών χώρων και ιστορικών τόπων της παρ. 5. εδάφιο ββ) του άρθρου 50 του Ν. 3028/02 | 3 | 4,5 | 6 | 3 | 4,5 | 6 |
| Όρια ζώνης απολύτου προστασίας (ζώνη Α') λοιπών αρχαιολογικών χώρων | 0,5 | 3 | 6 | 0,5 | 3 | 6 |
| Όρια θεσμοθετημένου πυρήνα Εθνικού Δρυμού, μνημείου της φύσης, αισθητικού δάσους των παρ. 3 και 4 του άρθρου 19 του Ν. 1650/86 | 0,2 | 0,8 | - | 0,3 | 1 | - |
| Όρια θεσμοθετημένου παραδοσιακού οικισμού | 1,5 | 3 | 6 | 1,5 | 3 | 6 |
| Όρια πόλεων ή οικισμών >2000 κατοίκων και όρια οικισμών <2000 κατοίκων που χαρακτηρίζονται ως τουριστικοί ή αξιόλογοι | 1 | 2 | - | 1 | 3 | - |
| Όρια οικισμών <2000 κατοίκων που δεν χαρακτηρίζονται ως τουριστικοί ή αξιόλογοι | 0,5 | 1 | 2 | 0,5 | 1 | 2 |
| Όρια θεσμοθετημένης ή διαμορφωμένης τουριστικής περιοχής, τουριστικά καταλύματα, ειδικές τουριστικές υποδομές, τουριστικοί λιμένες. | 1 | 1,5 | 2 | 1 | 2 | 3 |

Για την εφαρμογή του πρώτου κριτηρίου, η μέγιστη πυκνότητα ανεμογεννητριών ανά ζώνη, ανάλογα με την κατηγορία του χώρου, είναι:

| Ζώνες | Κριτήριο 1: Μέγιστη πυκνότητα ανεμογεννητριών (πλήθος Α/Γ ανά τ.χλμ.) | | |
|-------|---|--------------|-------------------|
| | Εντός Π.Α.Π. Αττικής - Θαλάσσιου χώρου | Εντός Π.Α.Κ. | Κατοικημένα Νησιά |
| Α' | 0 | 0 | 0 |
| Β' | 4 | 3 | 2 |
| Γ' | 7 | 6 | 4 |

Το παραπάνω πλήθος, αφορά ανεμογεννήτριες με διάμετρο πτερυγίων 85 μέτρων (τυπική Α/Γ). Αν η διάμετρος είναι διαφορετική, το πλήθος προσαρμόζεται ανάλογα με στρογγυλοποίηση προς τα άνω, στον πλησιέστερο μεγαλύτερο ακέραιο αριθμό.

Σε περίπτωση, που υφίσταται υπέρβαση του πρώτου κριτηρίου «πυκνότητας», θα πρέπει να πληρείται τουλάχιστον το δεύτερο κριτήριο «οπτικής κάλυψης». Για τον υπολογισμό του δεύτερου αυτού κριτηρίου, οι συντελεστές βαρύτητας ανά ζώνη που εφαρμόζονται επί του αθροίσματος των γωνιών, που περικλείουν τα νοητά τμήματα που βρίσκονται εντός της αντίστοιχης ζώνης (συμπεριλαμβανομένων των προϋφιστάμενων εγκαταστάσεων), ανάλογα με την κατηγορία του χώρου, είναι:

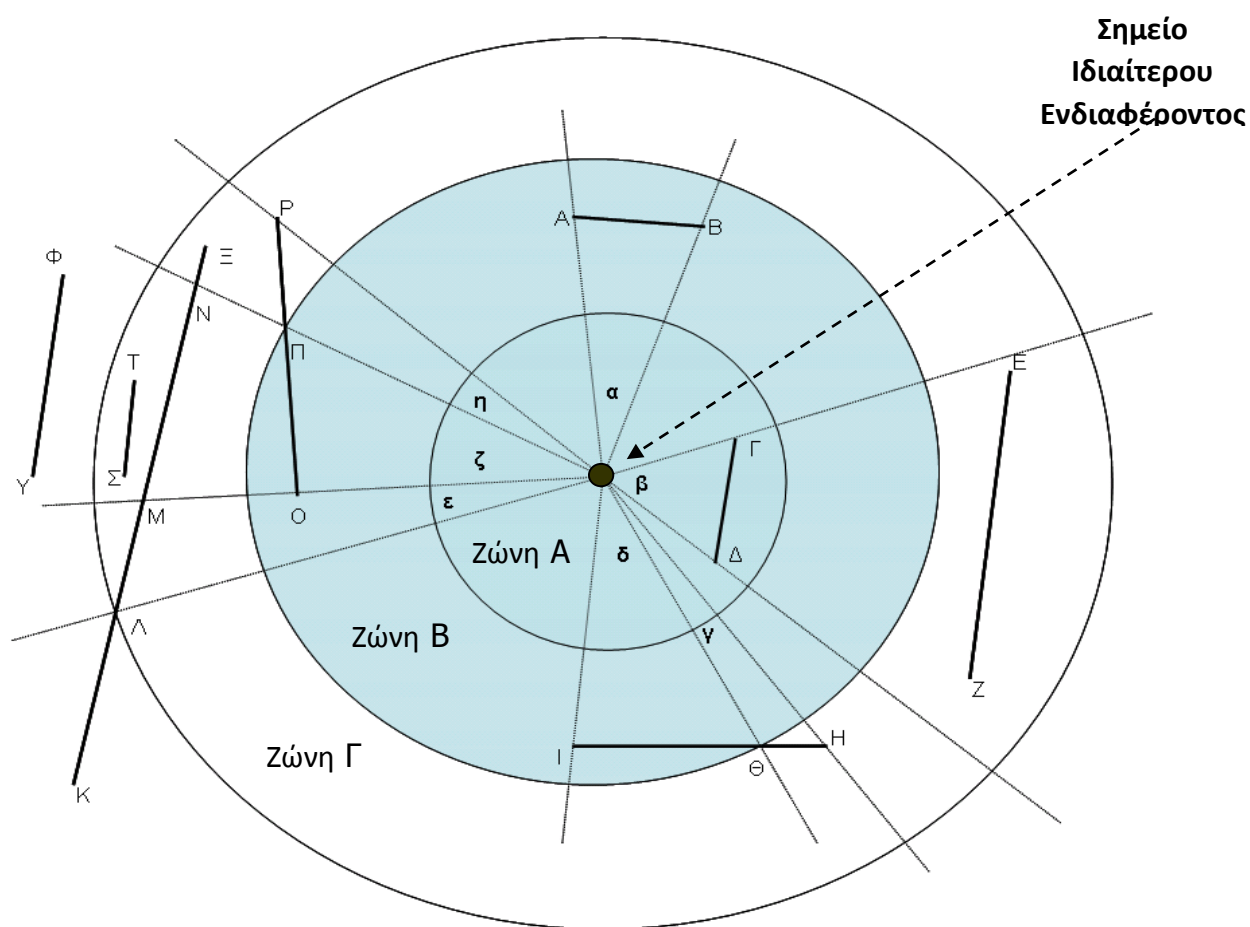
| Ζώνες | Συντελεστές βαρύτητας γωνιών οπτικής κάλυψης για την εφαρμογή του κριτηρίου 2 | | |
|-------|---|--------|-------------------|
| | Εντός Π.Α.Π.- Αττικής-Θαλάσσιου χώρου | Π.Α.Κ. | Κατοικημένα Νησιά |
| Α' | 1 | 1 | 1 |
| Β' | 0,5 | 0,7 | 0,8 |
| Γ' | 0,3 | 0,5 | 0,7 |

Τέλος, για την εφαρμογή του δεύτερου κριτηρίου, τίθεται ανώτατο όριο στο λόγο του σταθμισμένου (με τους ανωτέρω συντελεστές) αθροίσματος των γωνιών που ορίζονται, προς το σύνολο του κύκλου (360°). Το όριο αυτό, ανάλογα με το αν πρόκειται για περιοχή προτεραιότητας ή όχι, είναι:

| Κριτήριο 2: Ποσοστό οπτικής κάλυψης του ορίζοντα | | |
|---|---------------|------------------------------|
| Εντός Π.Α.Π. - Αττικής-Θαλάσσιου χώρου | Π.Α.Κ. | Κατοικημένα Νησιά |
| 30% | 20% | 15% |

Η διαφοροποίηση των πιο πάνω τιμών (μέγιστη πυκνότητα εγκατάστασης Α/Γ, συντελεστές βαρύτητας γωνιών οπτικής κάλυψης και ποσοστά οπτικής κάλυψης), ανταποκρίνεται στους χωροταξικούς στόχους ευνοϊκότερης αντιμετώπισης των εγκαταστάσεων εντός των περιοχών υψηλής εκμεταλλευσιμότητας του αιολικού δυναμικού (Π.Α.Π., Αττική, θαλάσσιος χώρος), αλλά παράλληλα λαμβάνει υπόψη και τις ιδιαιτερότητες του νησιωτικού χώρου.

Ενδεικτική εφαρμογή των κανόνων ένταξης Α/Π στο τοπίο



| Γωνίες | α | β | γ | δ | ε | ζ | η | Σύνολο | Βάρη (π.Α.Π.) | Σταθμισμένο σύνολο |
|----------------------------|----|----|----|----|----|------------|----|--------|---------------|--------------------|
| Τμήματα | ΑΒ | ΓΔ | ΗΘ | ΘΙ | ΜΛ | ΟΠ | ΠΡ | | | |
| Τμήματα που επικαλύπτονται | | ΕΖ | | | | ΜΝ, ΣΤ, ΥΦ | ΝΞ | | | |
| Ζώνη Α | | 25 | | | | | | 25 | 1,0 | 25 |
| Ζώνη Β | 25 | | | 30 | | 25 | | 80 | 0,5 | 40 |
| Ζώνη Γ | | | 10 | | 15 | | 20 | 45 | 0,3 | 13,5 |
| | | | | | | | | | | 78,5 |
| | | | | | | | | | | 21,81% |