

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΚΑΤΣΑΠΡΑΚΑΚΗΣ
ΔΗΜΗΤΡΗΣ**

**ΘΕΜΑ : ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ, ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΑΠΟΤΕΛΟΥΜΕΝΟ ΑΠΟ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ,
ΑΝΑΣΤΡΕΨΙΜΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΑΙ
ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΓΙΑ ΤΑ ΜΗ
ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
ΛΗΜΝΟΥ – ΑΓΙΟΥ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΥ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ :

**ΣΕΒΑΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Α.Μ.:3879
ΦΟΥΝΤΑΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ Α.Μ.:3767**

***Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΗΡΑΚΛΕΙΟ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2007***

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΚΑΤΣΑΠΡΑΚΑΚΗΣ
ΔΗΜΗΤΡΗΣ

ΘΕΜΑ : ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ, ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΑΠΟΤΕΛΟΥΜΕΝΟ ΑΠΟ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ,
ΑΝΑΣΤΡΕΨΙΜΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΑΙ
ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΓΙΑ ΤΑ ΜΗ
ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
ΛΗΜΝΟΥ – ΑΓΙΟΥ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΥ

Εθεωρήθη
Ο Εισηγητής:
Κατσαπρακάκης Δημήτρης

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ :

ΣΕΒΑΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Α.Μ.:3879
ΦΟΥΝΤΑΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ Α.Μ.:3767

Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΗΡΑΚΛΕΙΟ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2007

Ευχαριστίες

Με το τέλος της παρούσας εργασίας θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όσους μας βοήθησαν δίνοντάς μας απλόχερα γνώσεις, κουράγιο και πολύτιμες εμπειρίες. Θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλο το προσωπικό του εργαστηρίου Αιολικής Ενέργειας και Σύνθεσης Ενεργειακών Συστημάτων για την βοήθεια που μου παρείχαν κατά την πραγματοποίηση αυτής της εργασίας. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και ιδιαίτερα τους γονείς μου Σάββα και Γιώτα, την κοπέλα μου Σοφία αλλά και τους φίλους μου για την ηθική υποστήριξη αλλά και την υπομονή που έδειξαν όλο αυτό τον καιρό.

Ηράκλειο, Σεπτέμβριος 2007

Παναγιώτης Σ. Σεβαστόπουλος

Ευχαριστώ και αφιερώνω αυτή την εργασία σ'αυτούς που με αγάπησαν και με ανέχτηκαν με τόση στοργή, αλλά και σε αυτούς που δεν πίστεψαν τα όνειρά μου σε αυτή τη γη. Ένα μικρό χαμίνι στην πόλη αυτή ανοίγω τα φτερά του δικού μου ζαρατούστρα και ξεκινώ στη ζωή...

Ηράκλειο, Σεπτέμβριος 2007

Δημήτρης Ι. Φούντας



Περιεχόμενα

| | |
|--|--------|
| Ευχαριστίες..... | |
| Περιεχόμενα..... | - 1 - |
| Περίληψη | - 4 - |
| 1 Εισαγωγή | - 5 - |
| 1.1 Ιστορική αναδρομή | - 5 - |
| 1.2 Ενέργεια | - 7 - |
| 1.3 Πηγές Ενέργειας..... | - 7 - |
| 1.4 Μη Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας | - 7 - |
| 1.4.1 Γαιάνθρακας | - 8 - |
| 1.4.2 Πετρέλαιο..... | - 8 - |
| 1.4.3 Φυσικό Αέριο..... | - 8 - |
| 1.4.4 Πυρηνική Ενέργεια..... | - 9 - |
| 1.5 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) | - 9 - |
| 1.5.1 Ηλιακή Ενέργεια..... | - 11 - |
| 1.5.2 Γεωθερμία..... | - 11 - |
| 1.5.3 Βιομάζα..... | - 12 - |
| 1.5.4 Ενέργεια Ωκεανών | - 12 - |
| 1.5.5 Υδροηλεκτρική Ενέργεια..... | - 13 - |
| 1.5.6 Αιολική Ενέργεια..... | - 14 - |
| 1.6 Συστήματα παραγωγής ενέργειας συνδυασμένου κύκλου..... | - 14 - |
| 1.7 Αιολικά Συστήματα..... | - 14 - |
| 1.7.1 Αιολική Ενέργεια..... | - 14 - |
| 1.7.2 Ανεμογεννήτριες..... | - 17 - |
| 1.8 Υδροηλεκτρική Ενέργεια..... | - 19 - |
| 1.8.1 Κατηγοριοποιήσεις Υδροηλεκτρικών Έργων (ΥΗ.Ε.)..... | - 22 - |
| 1.9 Υποδομή και Εξοπλισμός Υδροηλεκτρικών Έργων..... | - 22 - |
| 1.9.1 Φράγματα..... | - 22 - |
| 1.9.2 Υδροστρόβιλοι..... | - 23 - |
| 1.9.3 Αντλίες..... | - 24 - |
| 1.9.4 Μετρητικές Διατάξεις..... | - 25 - |



| | | |
|-------|---|--------|
| 2 | Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα Ελληνικά νησιά | - 27 - |
| 2.1 | Ηλεκτροδότηση νησιών | - 27 - |
| 2.2 | Απομονωμένα ενεργειακά συστήματα | - 28 - |
| 2.2.1 | Παραδείγματα αυτόνομων ενεργειακά συστημάτων | - 29 - |
| 2.3 | Παρουσίαση νησιών | - 30 - |
| 2.3.1 | Λήμνος | - 30 - |
| 2.3.2 | Άγιος Ευστράτιος | - 31 - |
| 2.3.3 | Προστατευόμενες περιοχές | - 32 - |
| 3 | Εισαγωγή προτεινόμενου αυτόνομου ενεργειακά συστήματος | - 34 - |
| 3.1 | Σκοπός της εργασίας | - 34 - |
| 3.2 | Χαρτογραφικά Διαγράμματα | - 34 - |
| 3.3 | Ψηφιοποίηση | - 35 - |
| 3.4 | Χάρτης Τραχύτητας | - 36 - |
| 3.5 | Επεξεργασία Ανεμολογικών Δεδομένων | - 36 - |
| 3.6 | Ανάλυση Αιολικού Δυναμικού | - 38 - |
| 3.7 | Εύρεση τοποθεσίας εγκατάστασης συστημάτων | - 38 - |
| 3.7.1 | Σύστημα Λήμνου | - 38 - |
| 3.7.2 | Σύστημα Αγίου Ευστρατίου | - 39 - |
| 3.8 | Υπολογισμός αυτόνομου ενεργειακά συστήματος Λήμνου | - 40 - |
| 3.9 | Υπολογισμός αυτόνομου ενεργειακά συστήματος Αγίου Ευστρατίου.... | - 46 - |
| 3.10 | Χωροθέτηση Ανεμογεννητριών (Α/Γ) | - 52 - |
| 3.11 | Ανάλυση προγράμματος WAsP για το προτεινόμενο αιολικό πάρκο Λήμνου..... | - 54 - |
| 3.12 | Ανάλυση προγράμματος WAsP για το προτεινόμενο αιολικό πάρκο Αγίου Ευστρατίου..... | - 56 - |
| 3.13 | Χωροθέτηση - Σχεδιασμός Δεξαμενών | - 59 - |
| 3.14 | Φωτορεαλισμός | - 59 - |
| 4 | Οικονομική αξιολόγηση επένδυσης..... | - 63 - |
| 4.1 | Οικονομική αξιολόγηση συστήματος Λήμνου | - 63 - |
| 4.2 | Οικονομική αξιολόγηση συστήματος Αγίου Ευστρατίου..... | - 71 - |
| 5 | Παράρτημα | - 80 - |
| 5.1 | Σχεδιασμός Δεξαμενών | - 80 - |



| | |
|--------------------|--------|
| Συμπεράσματα | - 83 - |
| Βιβλιογραφία | - 84 - |



Περίληψη

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μεγιστοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) στα αυτόνομα απομονωμένα ενεργειακά συστήματα Λήμνου και Αγίου Ευστρατίου. Αυτό επιτυγχάνεται με εγκατάσταση συστημάτων εγγυημένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τα οποία περιλαμβάνουν αιολικά πάρκα, αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά αλλά και θερμοηλεκτρικές μηχανές (εφεδρικά). Το σύστημα αυτό παράγει ενέργεια με την χρήση αιολικών σε περιόδους αυξημένου αιολικού δυναμικού και την περίσσεια αυτής την αποθηκεύει σαν δυναμική ενέργεια μεταφέροντας το εργαζόμενο μέσο (νερό) στην άνω δεξαμενή. Όταν η ενέργεια των αιολικών δεν επαρκεί (περίοδος νηνεμίας) εκμεταλλευόμενοι την δυναμική ενέργεια του νερού παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια με την χρήση των υδροστροβίλων. Τέλος αν η ζήτηση δεν καλύπτεται από τον συνδυασμό των παραπάνω συστημάτων τίθενται σε λειτουργία οι θερμοηλεκτρικές μηχανές.

Ο υπολογισμός των οικονομικών στοιχείων πραγματοποιήθηκε με βάση στατιστικά δεδομένα από άλλες παρόμοιες εγκαταστάσεις, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να είναι πιο ρεαλιστικά και να έχουμε μια καλύτερη εικόνα για την βιωσιμότητα των επενδύσεων.

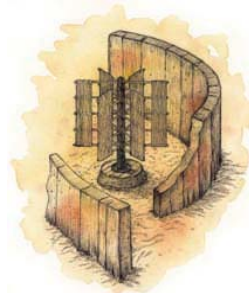


1 Εισαγωγή

1.1 Ιστορική αναδρομή

Από τη λίθινη εποχή γνωρίζουμε ότι οι κάτοικοι των σπηλαίων χρησιμοποίησαν την ενέργεια της φωτιάς αρχικά για το φωτισμό, τη θέρμανση και τη μαγειρική και με το πέρασμα των χιλιετιών για τη μεταλλουργία και την υαλουργία. Τα πρώτα καύσιμα ήταν τα ξερά χόρτα, το ξύλο, η κοπριά και στη συνέχεια το φυτικό και ζωικό λίπος (ανανεώσιμες πηγές ενέργειας).

Αργότερα ανακάλυψε τη δύναμη του ανέμου - αιολική ενέργεια - την οποία χρησιμοποίησε σαν "μηχανική ενέργεια" για την ύδρευση και άρδευση, άλεση δημητριακών, θαλάσσιες μεταφορές.



Εικόνα 1: Αρχαίος Περσικός Ανεμόμυλος

Με την ανακάλυψη του τροχού του νερού περίπου το 200 π.Χ., αξιοποιείται η ενέργεια του νερού που έρρεε ή έπεφτε, για την άλεση των σπόρων - υδραυλική ενέργεια - και σήμερα έχει εξελιχθεί στον σύγχρονο υδροστρόβιλο για την παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος.

Κατά την βιομηχανική επανάσταση (1780-1850) όπου η χρήση του πετρελαίου και γενικώς οι απαιτήσεις σε κατανάλωση ενέργειας αυξάνονται ραγδαία, αρχίζουν να δημιουργούνται τα πρώτα περιβαλλοντικά προβλήματα τα οποία κλιμακώνονται με την χρήση της πυρηνικής ενέργειας. Η χρήση των ορυκτών καυσίμων και της πυρηνικής ενέργειας επηρέασε τις κλιματικές συνθήκες του πλανήτη, συσώρευσε αέριους ρύπους στην ατμόσφαιρα, ρύπανε σε σημαντική έκταση τα επιφανειακά ύδατα του πλανήτη, μείωσε τη βιοποικιλότητα και ακόμη μόλυβε περιοχές λόγω των πυρηνικών αποβλήτων.



Επίσης με την εμφάνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη κατά 0,3-0,6°C από το 1860 (IPCC – 1995).

Η ανάγκη για παγκόσμιο περιορισμό των εκπομπών των αέριων ρύπων και του φαινομένου του θερμοκηπίου οδήγησε σε:

Παγκόσμια Συνδιάσκεψη του Ρίο το 1992 όπου, στο πλαίσιο της Συνθήκης για τις Κλιματικές Αλλαγές, οι 106 επικεφαλής των βιομηχανικών χωρών δεσμεύτηκαν μεταξύ τους να μειώσουν μέχρι το 2000 τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στα επίπεδα του 1990.

Στη **Διάσκεψη του Βερολίνου, το Μάρτιο του 1995**, η Γερμανία εξήγγειλε μείωση των εκπομπών άνθρακα κατά 30% έως το 2005 σε σχέση με το 1990, ενώ παράλληλα συνεχίζει να εγκαθιστά ανεμογεννήτριες, όπως και η Δανία, η Ολλανδία και η Ελβετία. Βέβαια η Γερμανία και η Αγγλία εκπέμπουν συνολικά αέρια θερμοκηπίου όσο περίπου όλες οι άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η Τρίτη **Διακυβερνητική Διάσκεψη για το Κλίμα στο Κιότο το 1997** δεν άλλαξε το τοπίο, αφού όχι μόνο δεν τηρήθηκε η απόφαση για την περιβόητη μείωση στην εκπομπή ρύπων κατά 5% μέχρι το 2010, αλλά πολλές ευρωπαϊκές χώρες αύξησαν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Επίσης η δυνατότητα, που προσφέρει η Συνθήκη, για εξαγορά δικαιωμάτων και ποσοστών ρύπων των λιγότερο αναπτυγμένων βιομηχανικών χωρών από τις πλέον αναπτυγμένες, δεν μειώνει καθόλου το συνολικό ρυπαντικό φορτίο του πλανήτη.

Όπως είδαμε η εντατική χρήση των ορυκτών καυσίμων και της πυρηνικής ενέργειας τα τελευταία χρόνια, ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για τα σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει ο πλανήτης μας και τα οποία έχουν άμεσο αντίκτυπο στις κλιματικές συνθήκες και γενικά στις συνθήκες ζωής πάνω στον πλανήτη. Είναι φανερό ότι οι ενεργειακές ανάγκες συνεχώς θα αυξάνονται, αφού ο πληθυσμός της γης αυξάνεται με γοργούς ρυθμούς αλλά και η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου του ανθρώπου πολλαπλασιάζει τις δραστηριότητές του, οι οποίες τελικά απαιτούν κατανάλωση ενέργειας. Η ανθρωπότητα καλείται να απαντήσει στο βασικό ερώτημα, αν θα συνεχίσει να καλύπτει τις ενεργειακές της ανάγκες κυρίως με τα ορυκτά καύσιμα (μέχρι αυτά



να εξαντληθούν) με την επακόλουθη περιβαλλοντική επιβάρυνση ή θα αναζητήσει άλλες λύσεις.

1.2 Ενέργεια

Ζωή και ενέργεια είναι δυο έννοιες άρρηκτα δεμένες. Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί για να επιζήσουν απαιτούν ενέργεια, αλλά και οι φυσικές όπως και οι ανθρωπογενείς διαδικασίες απαιτούν ενέργεια. Οτιδήποτε κινείται ή προκαλεί κίνηση διαθέτει ενέργεια, ο ήλιος ακτινοβολεί την ενέργειά του, όταν καίμε ξύλα στο τζάκι απελευθερώνεται ενέργεια που τη νιώθουμε σαν ζέστη, οι πυλώνες της ΔΕΗ μεταφέρουν ηλεκτρική ενέργεια, ακόμη στους πυρηνικούς αντιδραστήρες η πυρηνική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Δεν μπορούμε πάντοτε να την παρατηρήσουμε, αλλά αισθανόμαστε πάντα την επίδρασή της σε εμάς και γενικότερα στον κόσμο μας.

1.3 Πηγές Ενέργειας

Τα τελευταία 100 χρόνια η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται με εκπληκτικά γρήγορους ρυθμούς. Οι σημερινοί ρυθμοί κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων φέρνουν την ανθρωπότητα μπροστά σε κρίσιμα και πιεστικά προβλήματα. Αυτά τα προβλήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν με δυο τρόπους. Πρώτον, με την συνετή χρησιμοποίηση των περιορισμένων αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Και, δεύτερον, με την προσφυγή σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας. Οι πηγές ενέργειας είναι ταξινομημένες σε δύο ομάδες: τις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τις ανανεώσιμες.

1.4 Μη Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ορυκτά καύσιμα υγρά, αέρια και στερεά. Αυτές οι πηγές ενέργειας θεωρούνται μη ανανεώσιμες επειδή δεν έχουν την δυνατότητα να ανανεωθούν σε σύντομο χρονικό διάστημα.



Στις περισσότερες χώρες όπως και στην Ελλάδα το μεγαλύτερο μέρος της χρησιμοποιούμενης ενέργειάς προέρχεται από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο κ.α..

1.4.1 Γαιάνθρακας

Οι γαιάνθρακες ή ορυκτοί άνθρακες βρίσκονται στο υπέδαφος. Σχηματίστηκαν εκεί, κατά τη διάρκεια πολλών εκατομμυρίων ετών, από φυτικές ουσίες (δέντρα, φυτά, θάμνους, φύκια) που θάφτηκαν μετά από φυσικές καταστροφές (επιχωματώσεις, καθιζήσεις, σεισμούς, κατακρημνίσεις). Η ηλιακή ενέργεια, που είχε δεσμευτεί σε αυτές τις ουσίες κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης τους, αποδίδεται από τους γαιάνθρακες κατά την καύση τους με τη μορφή θερμότητας.

1.4.2 Πετρέλαιο

Το πετρέλαιο είναι ορυκτό καύσιμο και παραμένει μέχρι σήμερα η κυριότερη πρωτογενής πηγή ενέργειας. Το 1990 η συμμετοχή του στην παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση ανήλθε στο 38,5% και το 1994 μειώθηκε στο 36% περίπου. Τα παγκόσμια αποθέματα πετρελαίου υπολογίζεται, σύμφωνα με στοιχεία του 1993, ότι ανέρχονται σε 135,710 δισεκατομμύρια τόνους. Τα προϊόντα του πετρελαίου (βενζίνη, φάρμακα, λιπάσματα και άλλα) έχουν βοηθήσει τους ανθρώπους σε όλο τον κόσμο. Η χρήση του όμως δυστυχώς δεν είναι ανώδυνη για το περιβάλλον. Η παραγωγή του πετρελαίου και τα πετρελαιοειδή μπορούν να ρυπάνουν τον αέρα και τα νερά.

1.4.3 Φυσικό Αέριο

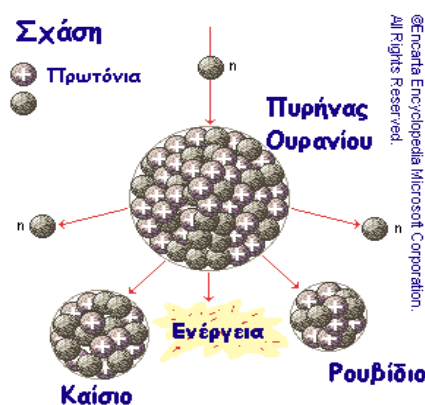
Το φυσικό αέριο είναι ορυκτό καύσιμο όπως το πετρέλαιο και ο άνθρακας. Το φυσικό αέριο είναι ένα μίγμα αερίων και κύριο συστατικό του είναι το μεθάνιο. Το μεθάνιο είναι άοσμο άχρωμο και άγευστο. Για λόγους ασφαλείας οι επιχειρήσεις φυσικού αερίου προσθέτουν αυτή τη χαρακτηριστική



μυρωδιά (χαλασμένο αυγό) στο αέριο ώστε να ανιχνεύεται σε περίπτωση διαρροής του.

1.4.4 Πυρηνική Ενέργεια

Η πυρηνική ενέργεια είναι η ενέργεια που βρίσκεται εγκλωβισμένη στον πυρήνα ενός ατόμου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Πρώτα όμως η ενέργεια αυτή πρέπει να απελευθερωθεί. Αυτό γίνεται με δύο τρόπους: την πυρηνική σύντηξη και την πυρηνική διάσπαση (σχάση).



Εικόνα 2: Σχηματική παράσταση της Σχάσης πυρήνα ουρανίου

Το καύσιμο που χρησιμοποιείται ευρύτατα από τις πυρηνικές εγκαταστάσεις για την πυρηνική διάσπαση είναι ουράνιο. Το ουράνιο είναι μη ανανεώσιμο, αν και είναι ένα κοινό μέταλλο που βρίσκεται στα πετρώματα σε όλο τον κόσμο. Οι πυρηνικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν το ουράνιο ως καύσιμο επειδή τα άτομά του διαχωρίζονται εύκολα.

1.5 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.)

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) ή ήπιες μορφές ενέργειας είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Ο όρος "ήπιες" αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχήν, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη,



άντληση, καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερον, πρόκειται για "καθαρές" μορφές ενέργειας, πολύ φιλικές στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα.

Πλεονεκτήματα Α.Π.Ε.

- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, 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 επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.

Μειονεκτήματα Α.Π.Ε.

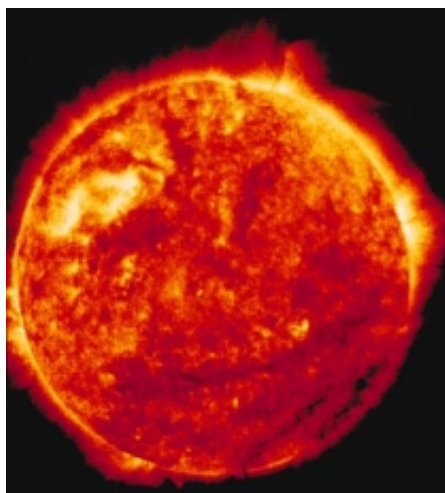
- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 40%. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης.
- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της 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 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.

1.5.1 Ηλιακή Ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια είναι η ενέργεια που ακτινοβολείται από τον ήλιο και μετατρέπεται από τον άνθρωπο, με συγκεκριμένα μέσα και τεχνικές, σε θερμότητα ή σε ηλεκτρική ενέργεια. Ως μορφή ενέργειας είναι ήπια, δηλαδή δεν ρυπαίνει το περιβάλλον, και ανανεώσιμη, δηλαδή πρακτικά ανεξάντλητη. Μοναδικά της μειονεκτήματα είναι η διακύμανση που παρουσιάζει στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, των εποχών και του έτους, οι διαφορές τιμών της ανάλογα με τη γεωγραφική θέση, καθώς και το ότι είναι «αραιή» μορφή ενέργειας, δηλαδή χρειάζεται αρκετή ποσότητα ηλιακής ενέργειας για να παραχθούν αξιόλογα ποσά θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 3: Φωτογραφία του Ήλιου, που λήφθηκε με τηλεσκόπιο ακτίνων X.

1.5.2 Γεωθερμία

Είναι η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά ή υπόγεια νερά και σε θερμά ξηρά πετρώματα. Η Ελλάδα λόγω των ειδικών γεωλογικών συνθηκών της είναι πλούσια σε αυτή τη μορφή ενέργειας.





Εικόνα 4: Περιοχή Συκιών Άρτας

1.5.3 Βιομάζα

Με τον όρο βιομάζα υποδηλώνονται τα παραπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, και δασικής παραγωγής, τα παραπροϊόντα τα οποία προέρχονται από τη βιομηχανική επεξεργασία των υλικών αυτών, τα αστικά λύματα και σκουπίδια, οι φυσικές ύλες που προέρχονται, είτε από φυσικά οικοσυστήματα (π.χ. αυτοφυή φυτά, δάση), είτε από τεχνητές φυτείες αγροτικού ή δασικού τύπου. Με αξιοποίηση της βιομάζας μπορούμε να πάρουμε σημαντική ποσότητα ενέργειας με σαφώς μικρότερες εκπομπές βλαβερών ουσιών στο περιβάλλον από αυτές που προέρχονται από την καύση συμβατικών καυσίμων.

1.5.4 Ενέργεια Ωκεανών

Η ενέργεια που περικλείει η θάλασσα μπορεί με ορισμένες μεθόδους να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό μπορεί να γίνει κυρίως με εκμετάλλευση της θερμικής ενέργειας των ωκεανών, της ενέργειας των κυμάτων και της ενέργειας των παλιρροιών και των υποθαλάσσιων ρευμάτων.

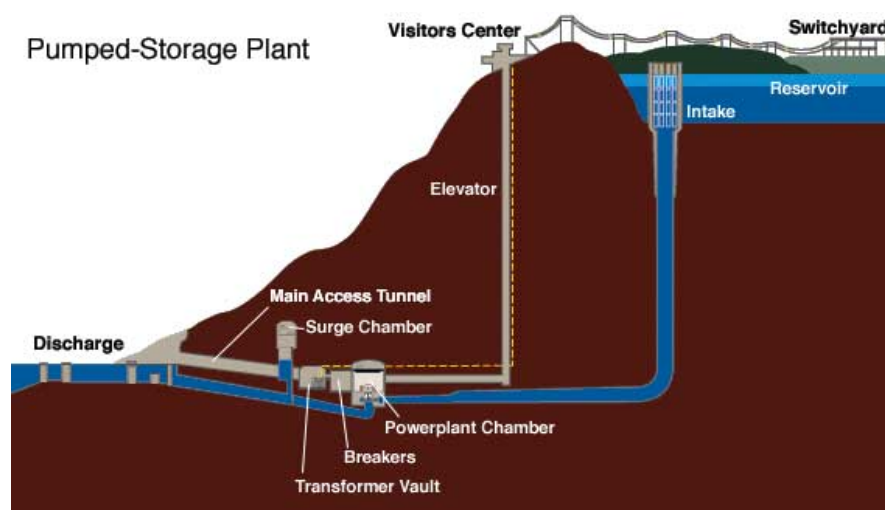
- Θερμική ενέργεια των ωκεανών είναι η ενέργεια που μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας αποθηκεύεται ως θερμότητα στα ανώτερα στρώματα των θαλασσών. Έτσι αυτά αποκτούν θερμοκρασία 26-30 C που σε συνδυασμό με εκείνη των χαμηλότερων στρωμάτων (περίπου 5 C) μπορεί να αξιοποιηθεί με ειδικές διατάξεις (θαλάσσιους θερμικούς σταθμούς) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



- Ενέργεια των κυμάτων δημιουργείται από την κίνηση του ανέμου πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Το ενδιαφέρον επικεντρώνεται κυρίως στα τρέχοντα κύματα, που μεταφέρουν κινητική ενέργεια, και όχι στα κύματα αιώρησης, που απλά ανεβοκατεβαίνουν. Τα συστήματα που έχουν κατά καιρούς προταθεί είναι πλωτά ή βυθιζόμενα πλήρως στο νερό.
- Η παλιρροϊκή ενέργεια είναι η μηχανική ενέργεια που παράγει η περιοδική ανύψωση και πτώση της στάθμης του νερού των θαλασσών (πλημμυρίδα και άμπωτη αντίστοιχα), φαινόμενο που γίνεται αντιληπτό κοντά στις ακτές. Η παλίρροια προκαλείται από την έλξη που ασκεί ο Ήλιος και κυρίως η Σελήνη στις υδάτινες μάζες της Γης.

1.5.5 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η αρχή λειτουργίας της υδροηλεκτρικής ενέργειας βασίζεται στην εκμετάλλευση της δυναμικής ενέργειας των επιφανειακών νερών, με μετατροπή της κινητικής αρχικά ενέργειας σε ηλεκτρική σύμφωνα με τους νόμους των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Καθώς το νερό ως στάσιμο στοιχείο έχει δυναμική ενέργεια και ως κινητό μέσο κινητική.



Εικόνα 5: Διάταξη Υδροηλεκτρικού Σταθμού Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Με τα υδροηλεκτρικά έργα τα οποία περιλαμβάνουν ταμιευτήρα νερού, φράγμα, κλειστό αγωγό πτώσεως, υδροστρόβιλο, ηλεκτρογεννήτρια κ.α.



εκμεταλλευόμαστε την ενέργεια του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση μέσω του ηλεκτρικού δικτύου.

1.5.6 Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που αναπτύσσεται ραγδαία τις τελευταίες δεκαετίες εξαιτίας της μείωσης των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων και την ανάγκη του ανθρώπου να στραφεί σε πιο φιλικές προς το περιβάλλον μορφές ενέργειας.

1.6 Συστήματα παραγωγής ενέργειας συνδυασμένου κύκλου

Οι ανάγκες μας για κατανάλωση ενέργειας μας οδήγησαν σε πιο αποδοτικά συστήματα παραγωγής ενέργειας ένα τέτοιο σύστημα είναι το σύστημα παραγωγής ενέργειας συνδυασμένου κύκλου το οποίο για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιεί δύο ή περισσότερες ενεργειακές πηγές. Τέτοια συστήματα μπορεί να είναι:

- συνδυασμός φωτοβολταϊκού συστήματος με γεννήτρια πετρελαίου(μικρό υβριδικό σύστημα)
- συνδυασμός αιολικών πάρκων με υδροηλεκτρικά και θερμοηλεκτρικά

1.7 Αιολικά Συστήματα

1.7.1 Αιολική Ενέργεια

Ο άνεμος είναι η συστηματική κίνηση του αέρα και προσδιορίζεται από την ένταση του και την διεύθυνση του. Ο ατμοσφαιρικός αέρας μπορεί να κινηθεί και κατακόρυφα, αλλά σαν άνεμος θεωρείται μόνο η οριζόντια συνιστώσα της κίνησης του.

Ο άνεμος είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που μπορεί να αξιοποιηθεί στην παραγωγή ηλεκτρισμού. Οι άνθρωποι έχουν ανακαλύψει την αιολική ενέργεια εδώ και χιλιάδες χρόνια. Οι ανεμόμυλοι έδιναν κάποτε κίνηση



στις τεράστιες μυλόπετρες, που άλεθαν το σιτάρι μετατρέποντάς το σε αλεύρι, μικρές αντλίες χρησιμοποιούσαν τη δύναμη του ανέμου για να ανεβάσουν το νερό από τα πηγάδια.

Αντικαταστάθηκαν όμως από άλλες πηγές ενέργειας για ολόκληρο σχεδόν τον εικοστό αιώνα λόγω των σημαντικών μειονεκτημάτων που παρουσίαζε σε σύγκριση με τις υπόλοιπες “πυκνότερες” μορφές ενέργειας. Βέβαια, οι σημερινές μηχανές δεν έχουν καμία σχέση τόσο από αεροδυναμικής σκοπιάς όσο και από κατασκευαστικής αντοχής και ποιότητας σε σύγκριση με τους ανεμόμυλους. Όμως ακόμη υπάρχουν μειονεκτήματα αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας και ορισμένα από αυτά αναφέρονται παρακάτω:

- i) Η **αδυναμία ακριβούς πρόβλεψης** της ταχύτητας και της διεύθυνσης των ανέμων δε μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε την απαραίτητη αιολική ενέργεια τη στιγμή που τη χρειαζόμαστε.
- ii) Σε **περιπτώσεις διασύνδεσης** της αιολικής εγκατάστασης με το ηλεκτρικό δίκτυο η παραγόμενη ενέργεια δεν πληροί πάντα τις τεχνικές απαιτήσεις του δικτύου με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η τοποθέτηση αυτοματισμών ελέγχου, μηχανημάτων ρύθμισης τάσεως και συχνότητας, καθώς και ελέγχου της άεργης ισχύος.
- iii) Σε **περιπτώσεις αυτόνομων μονάδων** είναι απαραίτητη η ύπαρξη συστημάτων αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, σε μία προσπάθεια να έχουμε συγχρονισμό της ζήτησης και της διαθέσιμης ενέργειας.
- iv) Ένα ακόμα μειονέκτημα είναι η **περιορισμένη δυνατότητα αξιοποίησης** του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού. Στην πραγματικότητα αξιοποιούμε μόνο ένα μέρος της κινητικής ενέργειας του ανέμου, η οποία αντιστοιχεί σε ένα περιορισμένο φάσμα ταχύτητας του.

Διαβάζοντας κανείς τα παραπάνω εύλογα θα αναρωτηθεί “Εφόσον η χρήση της αιολικής ενέργειας έχει τόσα μειονεκτήματα γιατί είναι μια από της ταχύτερα αναπτυσσόμενες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας;”. Το ερώτημα αυτό απαντάται από τα πλεονεκτήματα αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας τα οποία είναι:

- i) Η αιολική ενέργεια είναι **ανανεώσιμη πηγή ενέργειας** είναι ανεξάντλητη σε αντίθεση με το σύνολο των συμβατικών καυσίμων, των οποίων τα



βεβαιωμένα αποθέματα του πλανήτη μας αναμένεται να εξαντληθούν σε σύντομο χρονικό διάστημα.

- ii) Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια **καθαρή μορφή ενέργειας, ήπια προς το περιβάλλον**. Η χρήση της δεν επιβαρύνει τα οικοσυστήματα των περιοχών εγκατάστασης και παράλληλα αντικαθιστά ιδιαίτερα ρυπογόνες πηγές ενέργειας, όπως το κάρβουνο, το πετρέλαιο και η πυρηνική ενέργεια.

Ειδικά για την Ελλάδα ισχύουν και τα παρακάτω:

- iii) Η χώρα μας και κυρίως τα νησιά του Αιγαίου διαθέτουν **υψηλό αιολικό δυναμικό** το οποίο μάλιστα διατηρείται σε αυτά τα επίπεδα σχεδόν σε όλη την διάρκεια του έτους.
- iv) Η **περιορισμένη συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας** στο εθνικό ισοζύγιο, με αμελητέα μάλιστα τη συμμετοχή της αιολικής ενέργειας, καθιστά προφανές τις σχεδόν απεριόριστες δυνατότητες σύστασης αιολικών εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας.

| Μορφή Ενέργειας | 1973 | 1979 | 1986 | 1991 | 1996 | 2000 | 2002 |
|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Λιγνίτης-Άνθρακας | 18.0 | 22.4 | 34.7 | 28.9 | 28.9 | 26.0 | 26.6 |
| Πετρέλαιο | 77.2 | 71.6 | 58.6 | 61.7 | 61.8 | 61.8 | 61.4 |
| Φυσικό Αέριο | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0.5 | 5.3 | 5.2 |
| Ήπιες Μορφές Ενέργειας | 4.7 | 5.7 | 4.8 | 5.2 | 4.8 | 4.4 | 4.2 |
| Εισαγωγές Ηλεκτρικής Ενέργειας | 0.1 | 0.3 | 1.9 | 3.6 | 4.0 | 2.4 | 2.7 |
| Σύνολο | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Πίνακας 1: Διαχρονική διαμόρφωση εγχώριου ενεργειακού ισοζυγίου (%)
Πηγή Διαχείριση της αιολικής ενέργειας Ι.Κλ.Καλδέλλης

- v) Η **ισχυρή εξάρτηση της χώρας μας** από εισαγόμενα καύσιμα, τα οποία οδηγούν σε εξάρτηση της χώρας μας από χώρες εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η χώρα μας εξαρτάται κυρίως από το εισαγόμενο πετρέλαιο, που προέρχεται από χώρες υψηλού πολιτικό-οικονομικού κινδύνου και οι οποίες εμπλέκονται αρκετά συχνά σε πολιτικές και στρατιωτικές κρίσεις.



- vi) Η **υψηλή σεισμικότητα** της χώρας μας εγκυμονεί κινδύνους για τις θερμοηλεκτρικές και κυρίως τις πυρηνικές εγκαταστάσεις, με αποτέλεσμα να θεωρείται προβληματική στο άμεσο μέλλον η κατασκευή πυρηνικών μονάδων στη χώρα μας.
- vii) Η **σημαντική διασπορά και ανομοιομορφία του κόστους παραγωγής** της ηλεκτρικής ενέργειας στα διάφορα τμήματα της χώρας μας έχει ως αποτέλεσμα, σε αρκετά νησιά το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας να είναι πολλαπλάσιο, ενίοτε και υπερδεκαπλάσιο του οριακού κόστους παραγωγής της Δ.Ε.Η..
- viii) Η **δυνατότητα τόνωσης της ελληνικής κατασκευαστικής δραστηριότητας** με προϊόντα υψηλής Εγχώριας Προστιθέμενης Αξίας και συγκριτικά χαμηλού επενδυτικού κόστους, όπως θα μπορούσε να είναι η απόφαση συμπαραγωγής ανεμογεννητριών στη χώρα μας, συνεισφέροντας ταυτόχρονα και στη μείωση της ανεργίας.
- ix) Η **αξιόλογη εγχώρια ήλεκτρο-μηχανολογική εμπειρία**, καθώς και το σημαντικό επιστημονικό – ερευνητικό ενδιαφέρον και δραστηριότητα στη γνωστή περιοχή της αιολικής ενέργειας.
- x) Η **δυνατότητα αποκεντρωμένης ανάπτυξης** μέσα από αυτόνομα συστήματα παραγωγής ενέργειας, γεγονός που μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την οικονομική δραστηριότητα των τοπικών κοινωνιών.

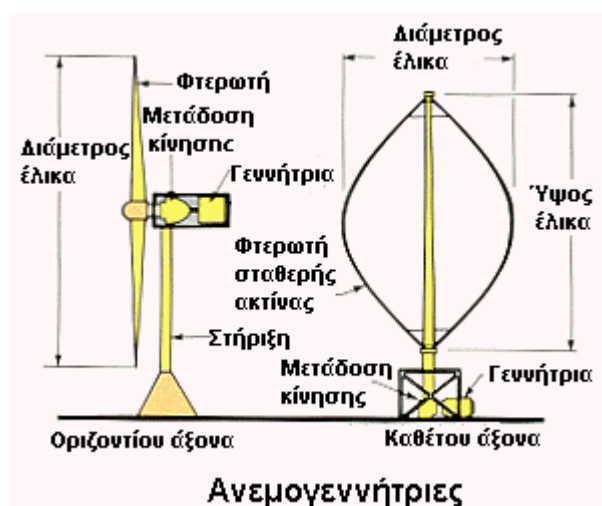
1.7.2 Ανεμογεννήτριες

Οι πρώτες προσπάθειες για την κατασκευή των πρώτων σύγχρονων ανεμογεννητριών άρχισαν μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση (1973) και στηρίχθηκαν κατά μεγάλο μέρος στην σύγχρονη αεροδιαστημική τεχνολογία. Έτσι αναπτύχθηκαν διάφοροι τύποι ανεμογεννητριών και στις αρχές της δεκαετίας του 1980 διατείθονταν στο εμπόριο συγκροτήματα μικρής ισχύος (μέχρι 20-25 κιλοβάτ) ενώ είχαν κατασκευαστεί και ανεμογεννήτριες μεγαλύτερης ισχύος (3-4 μεγαβάτ). Οι ανεμογεννήτριες προηγμένης τεχνολογίας που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι κυρίως δύο τύπων: **ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα με πτερύγια** και **ανεμογεννήτριες τύπου**



Νταριέ με κατακόρυφο άξονα (από τον Γάλλο G.J.M.Darrieus που τις εφεύρε το 1925).

Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα, που είναι πιο εξελιγμένες και διαδεδομένες, έχουν συνήθως δύο ή τρία πτερύγια και η ισχύς τους κυμαίνεται από λίγα κιλοβάτ έως μερικά μεγαβάτ. Οι ανεμογεννήτριες Νταριέ είναι απλούστερες και μικρότερης ισχύος.



Εικόνα 6: Τύποι Ανεμογεννητριών

Η ισχύ που αποδίδει, κατ επέκταση και η ενέργεια που παράγει, μια ανεμογεννήτρια είναι συνάρτηση του κύβου της ταχύτητας του ανέμου, της πυκνότητας του ανέμου και των τεχνικών χαρακτηριστικών του συγκροτήματος.

Η ταχύτητα του ανέμου αυξάνει με το ύψος και γι αυτό οι ανεμογεννήτριες τοποθετούνται πάντα στην κορυφή υψηλών πύργων στήριξης.

Πολυάριθμες ανεμογεννήτριες εγκατεστημένες σε μια περιοχή και διασυνδεδεμένες μεταξύ τους απαρτίζουν ένα αιολικό πάρκο με την επιθυμητή ικανότητα παραγωγής ενέργειας. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ένα αιολικό πάρκο είναι χρονικά ασυνεχής, επειδή ακολουθεί τη δίαιτα του ανέμου, ενώ η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από τις ώρες της ημέρας, την εποχή, την οικονομική και κοινωνική δομή των καταναλωτών, κτλ. Το αποτέλεσμα είναι να παρουσιάζονται σημαντικές ταλαντώσεις ισχύος ακόμη και σε μικρά χρονικά διαστήματα, ενώ όταν επικρατεί άπνοια ή πολύ ισχυρός άνεμος παύει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για τον σχεδιασμό ενός αυτόνομου



αιολικού ηλεκτρικού συστήματος θα πρέπει να προβλεφθεί αποθήκευση.

Ορισμένα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας είναι :

- Συστήματα παραγωγής υδρογόνου
- Συσσωρευτές
- Υδραυλικοπνευματική αποθήκευση ενέργειας μέσω συμπίεσης αερίων
- Αποθήκευση ενέργειας σε σφόνδυλο
- Συστήματα υδροδυναμικής αποθήκευσης ενέργειας

Στην Ελλάδα ιδιαίτερο ενδιαφέρον εμφανίζουν τα συστήματα υδροδυναμικής αποθήκευσης ενέργειας.

1.8 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η δυναμική ενέργεια που συνδέεται με το νερό το αναγκάζει να διατηρεί μία καθοδική ροή. Αυτή η προς τα κάτω κίνηση του νερού περιέχει την κινητική ενέργεια, η οποία μπορεί να μετατραπεί σε μηχανική ενέργεια, και έπειτα από τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνεργασία με άλλες πηγές ενέργειας και η παραγωγή της βασίζεται σε δύο δεξαμενές οι οποίες έχουν υψομετρική διαφορά μεταξύ τους. Η υδροηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται σαν αποθηκευτικό μέσο και σαν εφεδρική πηγή ενέργειας. Έτσι όταν έχουμε περίσσεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την κύρια πηγή ενέργειας πραγματοποιείται άντληση του νερού από την κάτω στην άνω δεξαμενή με την χρήση αντλιών και όταν η παραγωγή ενέργειας δεν επαρκεί το νερό που είναι αποθηκευμένο στην άνω δεξαμενή απελευθερώνεται και ρέοντας προς την κάτω δεξαμενή τίθενται σε λειτουργία οι υδροστρόβιλοι και έτσι παράγεται ενέργεια ικανή να καλύψει την απαιτούμενη ζήτηση.

Η παραγόμενη ενέργεια εξαρτάται άμεσα με τον βαθμό ροής του νερού και την υδροστατική πίεση μεταξύ των δύο δεξαμενών. Ο βαθμός ροής του νερού μπορεί να ελεγχθεί από την διάμετρο του αγωγού που ενώνει τις δυο δεξαμενές και την υδροηλεκτρική γεννήτρια, και δεν έχει επιπτώσεις μόνο στην παραγωγή, αλλά και στο χρόνο λειτουργίας του συστήματος .



Τα **πλεονεκτήματα** από τη χρήση της υδραυλικής ενέργειας είναι :

- Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις ζητηθεί επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια, σε αντίθεση με τους θερμικούς σταθμούς (γαιανθράκων, πετρελαίου), που απαιτούν χρόνο προετοιμασίας
- Μέσω των υδροταμιευτήρων δίνεται η δυνατότητα να ικανοποιηθούν και άλλες ανάγκες, όπως ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων, δημιουργία υγροτόπων και δημιουργία χώρων αναψυχής.

Τα **μειονεκτήματα** που συνήθως εμφανίζονται είναι:

- Το μεγάλο κόστος κατασκευής φραγμάτων και εξοπλισμού των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, όπως και ο πολύς χρόνος που απαιτείται μέχρι την αποπεράτωση του έργου.
- Η έντονη περιβαλλοντική αλλοίωση στην περιοχή του ταμιευτήρα (ενδεχόμενη μετακίνηση πληθυσμών, υποβάθμιση περιοχών, αλλαγή στη χρήση γης, κ.ά.). Για αυτό το λόγο η διεθνής πρακτική σήμερα προσανατολίζεται στην κατασκευή μικρών φραγμάτων.

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί αποθήκευσης είναι καταναλωτές ενέργειας, για να αντλήσουν το νερό στην επάνω δεξαμενή χρησιμοποιούν 1,5 φορές τη ενέργεια που παράγουν, αλλά η αξία του συστήματος ενισχύεται από την ταχύτητα αντίδρασης των υδροηλεκτρικών γεννητριών του. Παραδείγματος χάριν στις εγκαταστάσεις Dinorwig στην Ουαλία οι έξι στρόβιλοι 300MW μπορούν να αρχίσουν να παράγουν ενέργεια σε 10 δευτερόλεπτα εάν περιστρέφονται αρχικά στον αέρα, και σε ένα λεπτό από πλήρες στάση. Στην Ελλάδα η Δ.Ε.Η. λειτουργεί 15 μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 3017,8 MW με ετήσια ενεργειακή απολαβή 4,16 δις KWh.

Ενδεικτικά αναφέρονται :

- Το φράγμα στα Κρεμαστά το οποίο έχει ύψος 153 μέτρα και σχηματίζει τεχνητή λίμνη 30.000 στρεμμάτων που μπορεί να χωρέσει 4,7 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερό. Το φράγμα αυτό είναι το ψηλότερο χωμάτινο φράγμα της Ευρώπης και αποτελεί σπουδαίο επίτευγμα για την Ελλάδα, γιατί έλυσε πολλά



προβλήματα του ηλεκτρισμού της χώρας. Ο υδροηλεκτρικός σταθμός λειτουργεί με στροβιλοκινητήρες και έχει ισχύ 437,2 MW.

- Το φράγμα του θησαυρού έχει ύψος 175 μέτρα και έχει μέγιστη ικανότητα αποθήκευσης 565.000.000 m³. Ο υδροηλεκτρικός σταθμός λειτουργεί με στροβιλοκινητήρες και έχει ισχύ 384 MW.
- Το φράγμα στο Καστράκι το οποίο έχει μέγιστο ύψος 95,7 μέτρα μπορεί να χωρέσει 5.218.000 κυβικά μέτρα νερό. Ο υδροηλεκτρικός σταθμός λειτουργεί με στροβιλοκινητήρες και έχει ισχύ 320 MW.

Στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφονται τα υδροηλεκτρικά έργα της Δ.Ε.Η. με τις αντίστοιχες ισχύς.

| Περιφέρεια | Όνομα σταθμού | Ισχύς σε MW | Παραγωγική ικανότητα σε εκατ. kWh/έτος |
|--------------------------------------|---------------|-------------|--|
| Ανατολ. Μακεδονίας & Θράκης | Θησαυρός* | 384,0 | 440 |
| | Πλατανόβρυση | 116,0 | 240 |
| Δυτικής Ελλάδας | Κρεμαστά | 437,2 | 964 |
| | Καστράκι | 320,0 | 639 |
| | Στράτος | 150,0 | 298 |
| Δυτικής Μακεδονίας | Πολύφυτο | 375,0 | 386 |
| Ηπείρου | Πουρνάρι | 300,0 | 281 |
| | Πουρνάρι II | 33,6 | 45 |
| | Πηγές Αώου | 210,0 | 149 |
| Θεσσαλίας | Ταυρωπός | 130,0 | 163 |
| Κεντρικής Μακεδονίας | Άγρας | 50,0 | 19 |
| | Εδεσσαίος | 19,0 | 16 |
| | Ασώματα | 108,0 | 126 |
| | Σφηκιά* | 315,0 | 182 |
| Πελοποννήσου | Λάδωνας | 70,0 | 215 |
| Σύνολα | | 3.017,8 | 4.163 |
| Πίνακας 2: Υδροηλεκτρικά Έργα Δ.Ε.Η. | | | |



1.8.1 Κατηγοριοποιήσεις Υδροηλεκτρικών Έργων (ΥΗ.Ε.)

Τα υδροηλεκτρικά έργα κατηγοριοποιούνται σε :

- **Μεγάλα υδροηλεκτρικά** η ονομαστική ισχύς των οποίων είναι μεγαλύτερη των 10MW. Στην Ελλάδα τέτοια έργα βρίσκουν εφαρμογή μόνο από την Δ.Ε.Η. τα οποία αναφέρθηκαν στον πίνακα 3
- **Μικρά υδροηλεκτρικά** η ονομαστική ισχύς των οποίων είναι από 1MW έως 10MW. Τέτοια είναι τα περισσότερα υδροηλεκτρικά έργα τα οποία λειτουργούν σε συνδυασμό με άλλα συστήματα παραγωγής ενέργειας.
- **micro υδροηλεκτρικά** η ονομαστική ισχύς των οποίων είναι μικρότερη των 100 KW
- **mini υδροηλεκτρικά** η ονομαστική ισχύς των οποίων είναι μικρότερη του 1kW.

1.9 Υποδομή και Εξοπλισμός Υδροηλεκτρικών Έργων

Ένα υδροηλεκτρικό έργο αποτελείται από :

- Τα φράγματα
- Τις αντλίες
- Τους υδροστροβίλους
- Μετρητικές διατάξεις

1.9.1 Φράγματα

Φράγματα σχεδιάζονται και κατασκευάζονται για την παραγωγή ενέργειας. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των φραγμάτων είναι:

- Συσώρευση βράχων και χώματος με επικάλυψη κατάλληλου εδαφικού υλικού , το οποίο λειτουργεί υδρομονωτικά. Η ευστάθεια αυτών των γεωφραγμάτων προκύπτει από την βαρύτητα του όγκου των υλικών.



- Κατασκευή τείχους από τούβλα ή από οπλισμένο σκυρόδεμα, με στέψη. Είναι επίσης βαρυντικό φράγμα, το οποίο στηρίζεται σε ανθεκτικά πετρώματα, χωρίς κινδύνους υποχώρησης.
- Κατασκευή *τοξωτού φράγματος* σε στενές κοιλάδες με πλευρικούς ορεινούς όγκους (*αντερείσματα*), όπου η πίεση του νερού στην κυρτή πλευρά αγκιστρώνει το τείχος στα αντερείσματα και μεταφέρει εκεί τις δυνάμεις.
- Κατασκευή τείχους, το οποίο στηρίζεται σε αντηρίδες (στύλους) από μπετόν που εδράζονται στο υπέδαφος και μεταφέρουν εκεί τις δυνάμεις.



Εικόνα 7: Αριστερά: Γεωφράγμα Μόρνου, Μέση: Κτιστό βαρυντικό φράγμα, Δεξιά: Τοξωτό φράγμα

1.9.2 Υδροστρόβιλοι

Οι πρώτοι υδροστρόβιλοι στην σύγχρονη μορφή που τους ξέρουμε σήμερα πρωτοεμφανίστηκαν στα τέλη του 19^{ου} αιώνα και ήταν δυνατόν να αξιοποιήσουν μεγάλες ποσότητες νερού και μεγάλες υψομετρικές διαφορές.

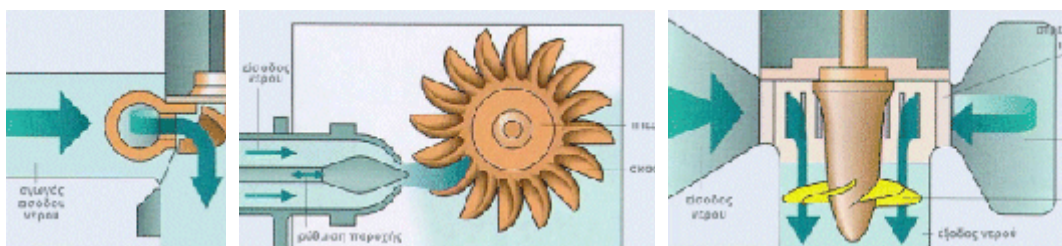
Η αρχή λειτουργίας του υδροστρόβιλου (τουρμπίνα) είναι ότι μετατρέπει την δυναμική και κινητική ενέργεια του νερού σε μηχανική ενέργεια (μέσω της περιστροφής) και μεταδίδει αυτή την κίνηση, σε ηλεκτρογεννήτριες περιστρεφόμενου δρομέα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι υδροστρόβιλοι είναι τριών τύπων: Francis, Pelton και Kaplan, και αναλύονται παρακάτω.

Ο Αμερικάνος μηχανικός James B. Francis (Φράνσις, 1815-1892) το 1849 κατασκεύασε έναν υδροστρόβιλο, ο οποίος έκτοτε φέρει αυτό το όνομα και αποτελεί το συνηθέστερο τύπο στρόβιλου σε υδροηλεκτρικά έργα μεσαίου μεγέθους. Αυτός ο στρόβιλος κινείται με την πίεση νερού στα πτερύγια της



περωτής και ο περιστρεφόμενος δρομέας του είναι συνδεδεμένος απευθείας σε προέκταση του άξονα της γεννήτριας κι έτσι όλη η ροπή του στροβίλου μεταφέρεται στη γεννήτρια.



Εικόνα 8: Αριστερά: Στρόβιλος Francis, Μέση: Στρόβιλος Pelton, Δεξιά: Στρόβιλος Kaplan

Το 1879 ο Αμερικάνος μηχανικός Lester Pelton (Πέλτον, 1829-1908) κατασκεύασε ένα νέο στρόβιλο στον οποίο το νερό οδηγείται σε ένα ή περισσότερα ακροφύσια, από τα οποία εκτοξεύεται το υγρό με μεγάλες ταχύτητες στα πτερύγια της περωτής. Ο στρόβιλος Pelton χρησιμοποιείται σε μεγάλες υδροηλεκτρικές μονάδες, με μεγάλα ύψη και μικρές ποσότητες νερού. Οι στρόβιλοι αυτού του τύπου λειτουργούν με μεγάλο αριθμό στροφών, περί τις 3.000 ανά λεπτό και έχουν βαθμό απόδοσης μέχρι 90%. Το μειονέκτημα αυτού του τύπου στροβίλων είναι ότι δημιουργούνται φαινόμενα σπηλαιώσης λόγω των μεγάλων ταχυτήτων λειτουργίας.

Ο στρόβιλος Kaplan αποτελεί μια βελτιωμένη εκδοχή του στροβίλου Francis και κατασκευάστηκε το 1913 από το Γερμανό μηχανικό Viktor Kaplan (Καπλάν, 1876-1934). Η περωτή αυτού του στροβίλου που τοποθετείται συνήθως κατακόρυφα κι έτσι επιτυγχάνεται η ρύθμιση της αποδοτικότερης λειτουργίας του. Αυτός ο στρόβιλος είναι κατάλληλος για μικρές υδροηλεκτρικές μονάδες, μικρά ύψη πτώσης και μικρές ποσότητες διελεύσεως νερού.

1.9.3 Αντλίες

Οι μηχανές που χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν υγρά και προσθέτουν ενέργεια σε αυτά ονομάζονται αντλίες. Μία αντλία σε λειτουργία μετατρέπει την διαθέσιμη μηχανική ενέργεια του κινητήρα σε δυναμική, κινητική



και θερμική ενέργεια του υγρού που διακινεί. Αντίθετα οι μηχανές μετατρέπουν την ενέργεια του υγρού σε μηχανική ενέργεια λέγονται υδραυλικοί κινητήρες

Οι αντλίες ταξινομούνται σε:

- Δυναμικές Αντλίες

Οι δυναμικές αντλίες κατηγοριοποιούνται σε:

- i) Φυγοκεντρικές αντλίες (μονοβάθμιες, διβάθμιες και πολυβάθμιες)
- ii) Αντλίες αξονικής ροής
- iii) Αντλίες μικτής ροής
- iv) Αντλίες αναγεννητικές ή στροβιλαντλίες ή περιφερικές ή δινραντλίες.
- v) Αντλίες σύνθετες και ειδικές.

- Αντλίες Θετικής Μετατόπισης

Οι αντλίες θετικής μετατόπισης κατηγοριοποιούνται σε δύο βασικούς τύπους ανάλογα με το είδος της κίνησης του κινούμενου στοιχείου:

- i) Παλινδρομικές αντλίες
- ii) Περιστροφικές αντλίες μετατόπισης

- Πνευματικές Αντλίες

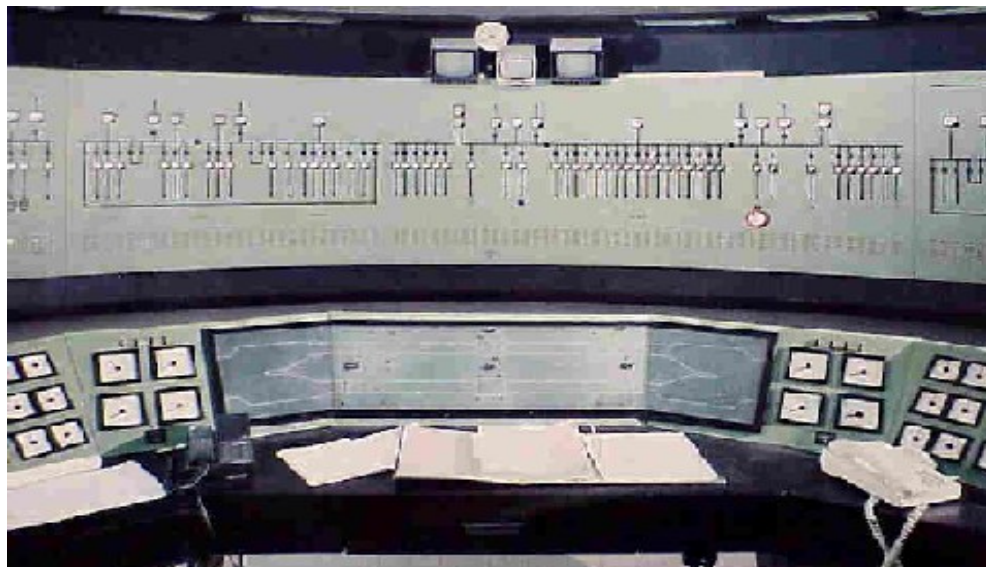
Οι πνευματικές αντλίες διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- i) Αντλίες πιεστικού θαλάμου
- ii) Αντλίες ανύψωσης με αέρα
- iii) Εγχυτήρες αερίου

1.9.4 Μετρητικές Διατάξεις

Για την σωστή λειτουργία ενός υδροηλεκτρικού έργου απαιτείται η εγκατάσταση διατάξεων μετρήσεων και ελέγχου.





Εικόνα 9: Πίνακας ελέγχου Υδροηλεκτρικού Σταθμού

Ορισμένες από αυτές αναφέρονται παρακάτω:

- i) Όργανα μέτρησης παροχής
- ii) Σταθμήμετρο, βροχόμετρο και μονάδες συλλογής δεδομένων
- iii) Αλτίμετρο και αποστασιόμετρο
- iv) Γεωραντάρ και γεωμαγνητόμετρο για ανίχνευση γεωλογικών και υδρολογικών χαρακτηριστικών
- v) Λογισμικό υδρολογικής ανάλυσης και λογισμικό επεξεργασίας δεδομένων
- vi) Εξοπλισμός μετρήσεων απόδοσης ΜΥΗ σταθμών
- vii) Εξοπλισμός μετρήσεων δυναμικής συμπεριφοράς υδροστροβίλων



2 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα Ελληνικά νησιά

2.1 Ηλεκτροδότηση νησιών

Η ηλεκτροδότηση των νησιών στις μέρες μας πραγματοποιείται κυρίως από θερμοηλεκτρικά τα οποία αποτελούνται από αεριοστρόβιλους, ντίζελ, ατμοστρόβιλους και συνδυασμένου κύκλου. Σε αυτά τα συστήματα παραγωγής ενέργειας δημιουργούνται διάφορα και περίπλοκα προβλήματα. Ορισμένα από αυτά τα προβλήματα είναι :

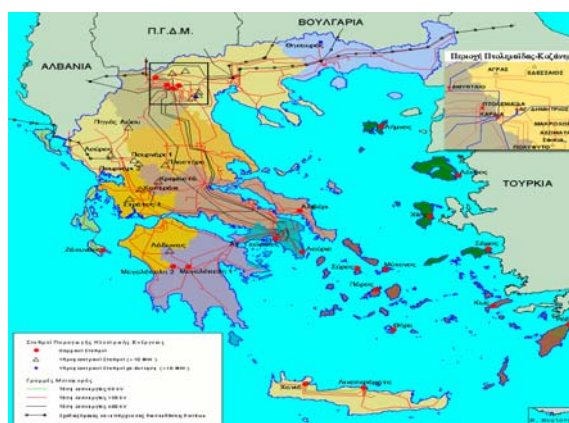
- Παλαιότητα των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής που επιβάλλει την αντικατάσταση πολλών αυτόνομων πετρελαϊκών μονάδων στο άμεσο μέλλον. Ακόμη και σήμερα λειτουργούν μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με ηλικία άνω των 40 ετών και με εξαιρετικά χαμηλή απόδοση. Πολλές από αυτές παρουσιάζουν αναξιόπιστη και προβληματική λειτουργία.
- Σημαντική περιβαλλοντική επιβάρυνση, προκαλείται επίσης από αυτές τις εγκαταστάσεις αφού για κάθε κιλοβατώρα που παράγεται στην ατμόσφαιρα διοχετεύεται περίπου 1 κιλό διοξειδίου του άνθρακα. Οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στα νησιά όπου η ΔΕΗ διαθέτει μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, είναι περίπου 4 εκατ. τόνοι ετησίως. Επίσης, οι σταθμοί αυτοί επιβαρύνουν τοπικά το περιβάλλον με ρύπους σε συνδυασμό με την αυξημένη ηχητική όχληση.
- Το κόστος παραγωγής για τη ΔΕΗ στα νησιά είναι υψηλότερο από την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας και με την άνοδο των τιμών του πετρελαίου, το κόστος αυτό ανεβαίνει, αφού το κόστος καυσίμου αποτελεί το 50% περίπου του συνολικού κόστους της κιλοβατώρας.
- Σχεδόν σε όλα τα νησιά παρατηρούνται προβλήματα επάρκειας ισχύος σε συνδυασμό με τον υψηλό ρυθμό αύξησης της ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια από χρόνο σε χρόνο.
- Αυξημένη ζήτηση κατά τους θερινούς μήνες λόγω της τουριστικής περιόδου.



Διαχειρίστρια των συστημάτων αυτών είναι η Δ.Ε.Η. και είναι υπεύθυνη για την συντήρηση και την βελτιστοποίηση αυτών των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας.

2.2 Απομονωμένα ενεργειακά συστήματα

Απομονωμένο ενεργειακό σύστημα ορίζεται το σύστημα εκείνο το οποίο καλύπτει κατ' αποκλειστικότητα τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια μιας απομονωμένης γεωγραφικά περιοχής, στην οποία και είναι εγκατεστημένο, χωρίς να είναι διασυνδεδεμένο με «μεγάλα» ηπειρωτικά δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Εναλλακτικά μπορούμε να πούμε ότι συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που είναι εγκατεστημένα σε μια περιοχή και καλύπτουν τις ανάγκες της για ηλεκτρική ενέργεια καλούνται απομονωμένα ενεργειακά συστήματα.



Εικόνα 10: Χάρτης δικτύου διασύνδεσης Δ.Ε.Η.

Εξαιτίας των προβλημάτων που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο σχετικά με την ηλεκτροδότηση των νησιών μελετούνται νέοι τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Α.Π.Ε.).

Παρακάτω θα αναλύσουμε την μεγιστοποίηση διείσδυσης από συνδυασμένο κύκλο αιολικών, αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών και θερμοηλεκτρικών μηχανών.

Σε ένα απομονωμένο ενεργειακό σύστημα η χρήση αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών αποσκοπεί στην μείωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από θερμοηλεκτρικά (που συνήθως είναι αεριοστρόβιλοι). Οι υδροστρόβιλοι



παρουσιάζουν ακόμα πιο ελκυστικά χαρακτηριστικά από τους αεριοστρόβιλους σχετικά με τους ρυθμούς απόκρισης στις μεταβολές φορτίου και τις ταχείες εκκινήσεις. Άρα μπορούν να λειτουργήσουν κατά τα χρονικά διαστήματα εμφάνισης αιχμών ζήτησης ισχύος, παρακολουθώντας τις όποιες μεταβολές φορτίου. Στις περιπτώσεις των αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών έργων, όπου δεν υπάρχει διατιθέμενη συνεχής φυσική ροή εργαζόμενου μέσου, το πρόβλημα είναι η εξασφάλιση της απαιτούμενης ποσότητας εργαζόμενου μέσου για τη λειτουργία των υδροστροβίλων. Η αποθήκευση εργαζόμενου μέσου λαμβάνει χώρα κατά τις ώρες χαμηλής ζήτησης ισχύος, μέσω της αύξησης της λειτουργίας των «φτηνών» θερμοηλεκτρικών μονάδων βάσης.

Στον συνδυασμένο κύκλο λειτουργίας η ρύθμιση της κατανάλωσης ενέργειας πραγματοποιείται από το σύστημα διαχείρισης ενέργειας το οποίο αρχικά καταναλώνει την ενέργεια από τα αιολικά πάρκα, και όταν αυτή δεν επαρκεί τίθενται σε λειτουργία τα αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά και εν συνεχεία τα θερμοηλεκτρικά. Όταν υπάρχει περίσσεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα αιολικά πάρκα η ενέργεια αυτή αποθηκεύεται με την βοήθεια των υδροηλεκτρικών μεταφέροντας το εργαζόμενο μέσο (νερό) από των κάτω ταμιευτήρα στον άνω. Έτσι μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την δυναμική ενέργεια του νερού για να θέσουμε σε λειτουργία τους υδροστροβίλους όταν αυτό μας ζητηθεί από το σύστημα διαχείρισης ενέργειας.

2.2.1 Παραδείγματα αυτόνομων ενεργειακά συστημάτων

Στον παρακάτω πίνακα ενδεικτικά αναφέρονται οι ισχύς ορισμένων αυτόνομων ενεργειακά συστημάτων με χρήση θερμικών σταθμών παραγωγής .

| Τροφοδοτούμενα Νησιά | Αυτόνομοι Σταθμοί Παραγωγής | Εγκ/νη Ισχύς (kW) | Μέγιστη Ζήτηση (kW) | Ετήσια Ζήτηση Ενέργειας (MWh) |
|----------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|
| ΚΡΗΤΗ | ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΑ | 192800 | 407200 | 1924571 |
| | ΧΑΝΙΑ | 328400 | | |
| | Σύνολο | 521200 | | |
| ΡΟΔΟΣ | ΣΟΡΩΝΗ | 206000 | 126800 | |



| | | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------|-------|--------|
| ΑΓΑΘΟΝΗΣΙ | ΑΓΑΘΟΝΗΣΙ | 240 | 95 | 276 |
| ΑΓ. ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ | ΑΓ. ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ | 360 | 220 | 755 |
| ΑΜΟΡΓΟΣ | ΑΜΟΡΓΟΣ | 2650 | 2190 | 6295 |
| ΔΟΝΟΥΣΑ | ΔΟΝΟΥΣΑ | 210 | 150 | 284 |
| ΙΚΑΡΙΑ | ΙΚΑΡΙΑ | 6900 | 5400 | 18570 |
| ΚΥΘΝΟΣ | ΚΥΘΝΟΣ | 2300 | 1960 | 5216 |
| ΛΕΣΒΟΣ | ΛΕΣΒΟΣ | 49500 | 45700 | 209733 |
| ΛΗΜΝΟΣ | ΛΗΜΝΟΣ | 8900 | 11700 | 47130 |
| ΠΑΤΜΟΣ | ΠΑΤΜΟΣ | 4380 | 3580 | 11348 |
| ΣΑΜΟΘΡΑΚΗ | ΣΑΜΟΘΡΑΚΗ | 2200 | 2400 | 7098 |
| ΣΕΡΙΦΟΣ | ΣΕΡΙΦΟΣ | 2000 | 1900 | 4777 |
| ΣΙΦΝΟΣ | ΣΙΦΝΟΣ | 4300 | 3360 | 9437 |
| ΣΚΥΡΟΣ | ΣΚΥΡΟΣ | 4500 | 3750 | 12403 |
| ΣΥΜΗ | ΣΥΜΗ | 4350 | 1950 | 7814 |
| ΣΥΡΟΣ | ΣΥΡΟΣ | 20000 | 18700 | 85117 |
| ΑΝΔΡΟΣ-ΤΗΝΟΣ | ΑΝΔΡΟΣ | 9400 | 9300 | 32613 |
| ΙΟΣ-ΣΙΚΙΝΟΣ-ΦΟΛΕΓΑΝΔΡΟΣ | ΙΟΣ-ΣΙΚΙΝΟΣ-ΦΟΛΕΓΑΝΔΡΟΣ | 3740 | 4380 | 12563 |
| ΚΑΡΠΑΘΟΣ-ΚΑΣΟΣ | ΚΑΡΠΑΘΟΣ-ΚΑΣΟΣ | 9000 | 6500 | 24369 |

Πίνακας 3: Στοιχεία αυτόνομων ενεργειακά συστημάτων

Η λύση στα προβλήματα που έχουν προαναφερθεί βασίζεται στην διείσδυση των Α.Π.Ε. και στην εκμετάλλευση των φυσικών τους πόρων.

2.3 Παρουσίαση νησιών

Τα νησιά με τα οποία θα ασχοληθούμε είναι η Λήμνος και ο Άγιος Ευστράτιος. Η ενεργειακή κάλυψη σε αυτά τα δύο νησιά πραγματοποιείται από θερμοηλεκτρικές μονάδες που είναι εγκατεστημένες σε αυτά (μη διασυνδεδεμένα συστήματα).

2.3.1 Λήμνος

Η Λήμνος είναι το όγδοο νησί της Ελλάδας με έκταση 438 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Βρίσκεται στο βόρειο Αιγαίο, στο Θρακικό πέλαγος, ανάμεσα στο Άγιο Όρος, τη Σαμοθράκη, την Ίμβρο και τη Λέσβο. Μαζί με τον Άγιο



Ευστράτιο αποτελούν την επαρχία Λήμνου του νομού Λέσβου. Πρωτεύουσα και κύριο λιμάνι της Λήμνου είναι η Μύρινα.



Εικόνα 11: Δορυφορική άποψη Λήμνου

Η Λήμνος είναι ηφαιστειογενές νησί. Αν και δεν έχει δάση, έχει εκτεταμένες εύφορες πεδιάδες καλλιεργημένες με σιτηρά κι αμπέλια. Οι βασικές ασχολίες των κατοίκων είναι η κτηνοτροφία, η γεωργία και η αλιεία. Επίσης, ο τουρισμός, το εμπόριο και τα ναυτικά επαγγέλματα. Ο πληθυσμός του νησιού ανέρχεται σε περίπου 17.000 (απογραφή 2001).

2.3.2 Άγιος Ευστράτιος

Ο Άγιος Ευστράτιος είναι ένα μικρό ηφαιστειογενές νησάκι του βορειοανατολικού Αιγαίου με έκταση 42 τετραγωνικά χιλιόμετρα και είναι το τρίτο και μικρότερο νησί του νομού Λέσβου (βρίσκεται μεταξύ των νησιών Λέσβος και Λήμνος).



Το έδαφος του είναι ηφαιστιογενές και η μεγαλύτερη πεδιάδα του βρίσκεται στο βορειοανατολικό μέρος, στη θέση Αλωνίτσι, όπου παλαιότερα ήταν εκτεταμένος αμπελώνας. Μια μικρότερη κοιλάδα βρίσκεται στις παρυφές του σημερινού οικισμού. Η υψηλότερη κορυφή είναι το «Σημάδι», με υψόμετρο 298 μέτρων. Ο πληθυσμός του είναι περίπου τριακόσιοι κάτοικοι με κύρια απασχόληση την αλιεία και λιγότερο την κτηνοτροφία και γεωργία.



Εικόνα 12: Δορυφορική άποψη Αγίου Ευστρατίου

2.3.3 Προστατευόμενες περιοχές

Η Λήμνος έχει χαρακτηριστεί από το δίκτυο Natura 2000 ως προστατευόμενη περιοχή στην βορειοανατολική πλευρά της όπου βρίσκονται υγρότοποι, η αλυκή και οι χορταρολίμνη επίσης η γεωγραφική θέση της περιοχής



είναι μεγάλης σπουδαιότητας για αρκετά μεταναστευτικά πτηνά που την χρησιμοποιούν ως ενδιάμεσο σταθμό ανάπαυσης.



Εικόνα 13: Περιοχές NATURA 2000

Ο Άγιος Ευστράτιος έχει χαρακτηριστεί και αυτός σαν προστατευόμενη περιοχή από το δίκτυο Natura 2000 διότι στην παράκτια βραχώδη ζώνη του σχηματίζονται σπηλιές οι οποίες είναι ιδανικά καταφύγια για την μεσογειακή φώκια επίσης στους παράκτιους βράχους φωλιάζουν σημαντικά είδη θαλάσσιων πουλιών και τέλος το απολιθωμένο δάσος κάνει το νησί ενδιαφέρον από γεωλογική άποψη.



3 Εισαγωγή προτεινόμενου αυτόνομου ενεργειακά συστήματος

3.1 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η επίλυση του ενεργειακού προβλήματος των νήσων Λήμνου και Αγίου Ευστρατίου και ανεξαρτητοποίηση τους από τις συμβατικές μορφές ενέργειας. Αυτό επιτυγχάνετε με την εισαγωγή ενός συστήματος εγγυημένης παραγωγής ηλεκτρική ενέργειας με χρήση αιολικού πάρκου, αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών και χρησιμοποιώντας τις θερμοηλεκτρικές μηχανές σαν εφεδρική πηγή ενέργειας. Έτσι πραγματοποιείται μεγιστοποίηση διείσδυσης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. στην κατανάλωση.

Τα συστήματα αυτά θα αποτελούνται από ένα ζεύγος δεξαμενών με υψομετρική μεταξύ τους διαφορά, ένα αιολικό πάρκο και θερμοηλεκτρικές μηχανές (εφεδρικά).

Για την Λήμνο η εγκατάσταση περιλαμβάνει μία άνω τεχνητή δεξαμενή στην οποία θα αποθηκεύετε το νερό σε περίπτωση περίσσειας παραγωγής ενέργειας των αιολικών από την κάτω δεξαμενή που στην προκειμένη περίπτωση είναι η θάλασσα. Στον Άγιο Ευστράτιο θα είναι η ίδια εγκατάσταση σε μικρότερη κλίμακα με μόνη διαφορά ότι και η δύο δεξαμενές θα είναι τεχνητές.

3.2 Χαρτογραφικά Διαγράμματα

Από την αντίστοιχη διανομή χαρτών για κάθε κλίμακα βρήκαμε και επιλέξαμε τους κωδικούς του κάθε χάρτη που χρησιμοποιήσαμε και έγινε η παραγγελία των χαρτών στην Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ.).

Για την Λήμνο και για τον Άγιο Ευστράτιο χρησιμοποιήσαμε χάρτες κλίμακας 1:50.000 οι κωδικοί των οποίων αναγράφονται παρακάτω:



| Χαρτογραφικά Διαγράμματα 1:50.000 | | |
|------------------------------------|------------------------|--------------|
| | Όνομασία | Φύλλο χάρτου |
| 1 | Μούδρος | 223 |
| 2 | Μύρινα | 228 |
| 3 | Νήσος Άγιος Ευστράτιος | 242 |
| Πίνακας 4: Κωδικοί χαρτών 1:50.000 | | |

Μετά από συνεννόηση με τον υπεύθυνο καθηγητή για μεγαλύτερη ακρίβεια των αποτελεσμάτων έγινε παραγγελία χαρτών στην Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1:5.000 για τον Άγιο Ευστράτιο. Οι κωδικοί των οποίων αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

| Χαρτογραφικά Διαγράμματα 1:5.000 | |
|-----------------------------------|---------|
| | Κωδικός |
| 1 | 45974 |
| 2 | 45976 |
| 3 | 45978 |
| 4 | 45983 |
| 5 | 45985 |
| 6 | 45987 |
| 7 | 55072 |
| 8 | 55074 |
| 9 | 55081 |
| Πίνακας 5: Κωδικοί χαρτών 1:5.000 | |

3.3 Ψηφιοποίηση

Η μέθοδος της ψηφιοποίησης μετατρέπει αναλογικά χωρικά δεδομένα σε ψηφιακά με τη χρήση Η/Υ και κατάλληλων λογισμικών πακέτων. Η ψηφιοποίηση έγινε με το πακέτο λογισμικού Autodesk AutoCAD 2007 κάνοντας χρήση του πρόσθετου Raster Design, δημιουργώντας έτσι αρχεία σε περιβάλλον Autocad.

Στους χάρτες η αναπαράσταση του ανάγλυφου γίνεται με τη βοήθεια ισοϋψών καμπύλων. Η υψομετρική διαφορά ανάμεσα σε δύο διαδοχικές ισοϋψείς καμπύλες λέγεται ισοδιάσταση. Η ψηφιοποίηση που πραγματοποιήσαμε από τους χάρτες που είχαμε στην διάθεση μας έγινε με βάση ισοϋψών με ισοδιάσταση 20 m. Η ψηφιοποίηση είναι απαραίτητη για την δημιουργία ψηφιακού μοντέλου εδάφους ώστε να γίνει η βέλτιστη χωροθέτηση των Α/Γ.



3.4 Χάρτης Τραχύτητας

Για την πραγματοποίηση της μελέτης απαιτείται η δημιουργία του χάρτη τραχύτητας της περιοχής. Ο χάρτης τραχύτητας συντάσσεται με το πρόγραμμα WAsP Map Editor σε συνεργασία με τα αποτελέσματα της ψηφιοποίησης.

Η σκοπιμότητα της δημιουργίας του χάρτη τραχύτητας είναι για να κατανοήσουμε το ανάγλυφο της εκάστοτε περιοχής δηλαδή:

- Τη μορφολογία του, η οποία αποτυπώνεται με τις ισοϋψείς.
- Τις χρήσεις γης (χορτολιβαδικές εκτάσεις, δάση, χωριά, πόλεις κ.λπ.)

Από αυτά συμπεράνουμε ότι το ύψος της τραχύτητας του ανάγλυφου είναι συναρτήσεως των παραπάνω.

Οι τιμές της τραχύτητας επιλέχθηκαν με βάσει τους κανονισμούς του βιβλίου European Wind Atlas.

3.5 Επεξεργασία Ανεμολογικών Δεδομένων

Η επεξεργασία ανεμολογικών δεδομένων είναι μια από τις σημαντικότερες διαδικασίες μιας τέτοιας μελέτης. Τα ανεμολογικά δεδομένα περιλαμβάνουν τιμές της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου σε μέση 10λεπτη βάση. Η λήψη αυτών των μετρήσεων πραγματοποιείται με την χρήση ανεμογράφου στην εκάστοτε περιοχή.

Ταχύτητα ανέμου: Η καταγραφή των τιμών της ταχύτητας του ανέμου γίνεται με την χρήση οργάνων τα οποία ονομάζονται ανεμόμετρα. Τα ανεμόμετρα είναι εξοπλισμένα με ένα αισθητήριο ταχύτητας και ένα διευθυνσιόμετρο και με αυτό τον τρόπο μετρούμε το αιολικό δυναμικό. Τα ανεμόμετρα καταγράφουν στην μνήμη τους τις ταχύτητες του ανέμου με συχνότητα του ενός δευτερολέπτου και μας αποδίδουν σε αρχεία H/Y τις μέσες τιμές της ταχύτητας για χρόνο που έχουμε ορίσει εμείς και συνήθως είναι δεκάλεπτες ή μισάωρες ή ωριαίες.

Διεύθυνση ανέμου: Η καταγραφή των μετρήσεων της διεύθυνσης του ανέμου πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο όπως και στην ταχύτητα του ανέμου. Οι μετρήσεις αυτές γίνονται με την χρήση του διευθυνσιομέτρου το οποίο είναι προσαρμοσμένο στο ανεμόμετρο και μετρά την οριζόντια διεύθυνση του ανέμου. Η διεύθυνση του ανέμου δεν είναι σταθερή σε μια θέση αλλά μεταβάλλεται συνεχώς,



καθορίζεται δε με βάση το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος, σε σχέση με τη θέση μέτρησης. Η διεύθυνση του ανέμου μετρείται κατά την φορά των δεικτών του ρολογιού, σε μοίρες ή σε τιμές που αντιστοιχούν σε ολόκληρο κυκλικό τομέα. Ανάλογα με την επιθυμητή ακρίβεια χρησιμοποιούνται για παράδειγμα 8, 12, ή 16 τομείς. Αν παρατηρήσουμε την διεύθυνση του ανέμου μπορούμε να χαράξουμε σε «πολικό διάγραμμα» (ή ανεμολόγιο-ροζέτα) τις συχνότητες πνοής ανέμου συγκεκριμένης ταχύτητας και διεύθυνσης. Κατά την εκτίμηση του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής, χαρακτηρίζουμε σαν κύρια διεύθυνση του ανέμου κάθε διεύθυνση η οποία συνεισφέρει τουλάχιστον 10% στη συνολική διαθέσιμη αιολική ενέργεια.



Εικόνα 14: Ανεμολόγιο-Ροζέτα

Οι διευθύνσεις του ανέμου επηρεάζονται από το ανάγλυφο των γειτονικών περιοχών το οποίο μπορεί να είναι βουνά, κοιλάδες, λόφοι, χαμηλή βλάστηση, κτίρια κ.α.. Η διεύθυνση του ανέμου η οποία στην υπό μελέτη περιοχή έχει την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης ονομάζεται κύρια διεύθυνση. Εκτός από την ένταση και την διεύθυνση του ανέμου, είναι χρήσιμο να καταγραφεί και η ύπαρξη ριπών ανέμου, η ύπαρξη στροβιλισμού καθώς και το επίπεδο της τύρβης του ανέμου.

Η ένταση της τύρβης είναι ένα από τα βασικότερα μεγέθη τα οποία πρέπει να γνωρίζει κανείς όταν πρόκειται να εγκαταστήσει μια αιολική μηχανή, γιατί δεν επιδρά μόνο στην αποδιδόμενη ισχύ, αλλά και σε όλη την εγκατάσταση του συστήματος. Η ένταση τύρβης είναι η διακύμανση της ταχύτητας του αέρα γύρω από τη μέση τιμή.

Τα ανεμολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήσαμε στη συγκεκριμένη μελέτη είναι από ανεμογράφο τοποθετημένο στον Άγιο Ευστράτιο σε υψόμετρο 260 m και



μας παραχωρήθηκαν από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) μετά από γραπτή αίτηση που τους υποβάλαμε.

3.6 Ανάλυση Αιολικού Δυναμικού

Με τον όρο ανάλυση αιολικού δυναμικού εννοούμε την κατασκευή του αιολικού χάρτη. Η ανάλυση αιολικού δυναμικού πραγματοποιείται με το πρόγραμμα WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Programme) εισάγοντας σε αυτό το ανάγλυφο της περιοχής, τα επεξεργασμένα ανεμολογικά δεδομένα και τον χάρτη τραχύτητας.

Η ακριβής γνώση της ποιότητας του αιολικού δυναμικού μίας περιοχής αποτελεί ιδιαίτερα σοβαρό πρόβλημα, που συχνά σχετίζεται με την επιτυχία ή την αποτυχία μίας επένδυσης. Για το σκοπό αυτό γίνονται εκτεταμένες χρονικά μετρήσεις της έντασης και της διεύθυνσης του ανέμου στις υποψήφιες περιοχές.

Παράλληλα χρησιμοποιούνται κατάλληλα μοντέλα με στόχο την πρόβλεψη του αιολικού δυναμικού μίας περιοχής με βάση τα στοιχεία μετρήσεων. Για τις ανάγκες υπολογισμού του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού μιας περιοχής δεν επαρκεί η γνώση της μέσης τιμής του ανέμου της περιοχής, αλλά μας χρειάζονται και αναλυτικές πληροφορίες και για την κατανομή της πιθανότητας εμφάνισης των διαφόρων τιμών ταχύτητας του ανέμου μέσα στο χρόνο, με έμφαση στην καταγραφή των περιόδων νηνεμίας καθώς και των περιόδων εμφάνισης πολύ ισχυρών ανέμων. Η στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων πραγματοποιείται με την κατασκευή της κατανομής Weibull των ταχυτήτων.

3.7 Εύρεση τοποθεσίας εγκατάστασης συστημάτων

3.7.1 Σύστημα Λήμνου

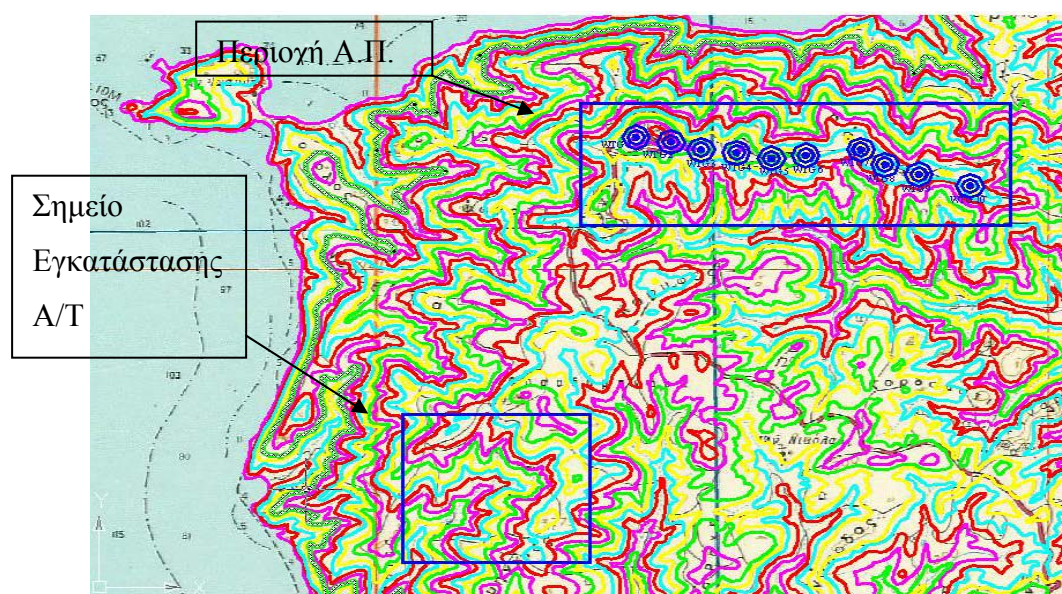
Με τα δεδομένα που έχουμε στην διάθεση μας από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους το οποίο δημιουργήθηκε από την ψηφιοποίηση και μετά από την ανάλυση αιολικού δυναμικού έχουμε την δυνατότητα να προχωρήσουμε στην ανεύρεση του βέλτιστου σημείου εγκατάστασης του αιολικού πάρκου. Σύμφωνα



με τα κριτήρια χωροθέτησης βρήκαμε τρεις περιοχές οι οποίες είναι ιδανικές για την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου διότι είναι κορυφογραμμές και έχουν υψηλό αιολικό δυναμικό. Οι περιοχές αυτές είναι ο Σταυρός με υψόμετρο 264 m και ένταση ανέμου 8,5-9 m/s και βρίσκεται στο νότιο άκρο του νησιού, το Βουνί με υψόμετρο 340 m και ένταση ανέμου 8,5-9 m/s το οποίο βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του νησιού και τέλος οι περιοχές Βίγλα, Ράχες οι οποίες είναι στην ίδια κορυφογραμμή με μέσο υψόμετρο 360 m και ένταση ανέμου 9-9,5 m/s.

Το επόμενο βήμα είναι η εύρεση σημείου εγκατάστασης του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού το οποίο βρέθηκε σε συνεργασία με τον υπεύθυνο καθηγητή και με την χρήση του προγράμματος Google Earth καταλήξαμε σε ένα σημείο το οποίο πληροί τις προδιαγραφές αυτό είναι η περιοχή Σκαλωσιές με ωφέλιμο ύψος υδατόπτωσης 350 m.

Με οδηγό το σημείο εγκατάστασης του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού επιλέξαμε την περιοχή Βίγλα, Ράχες για να γίνει η χωροθέτηση του αιολικού πάρκου διότι επιτυγχάνουμε μικρό δίκτυο σύνδεσης του Α.Π. με τους ταμιευτήρες.



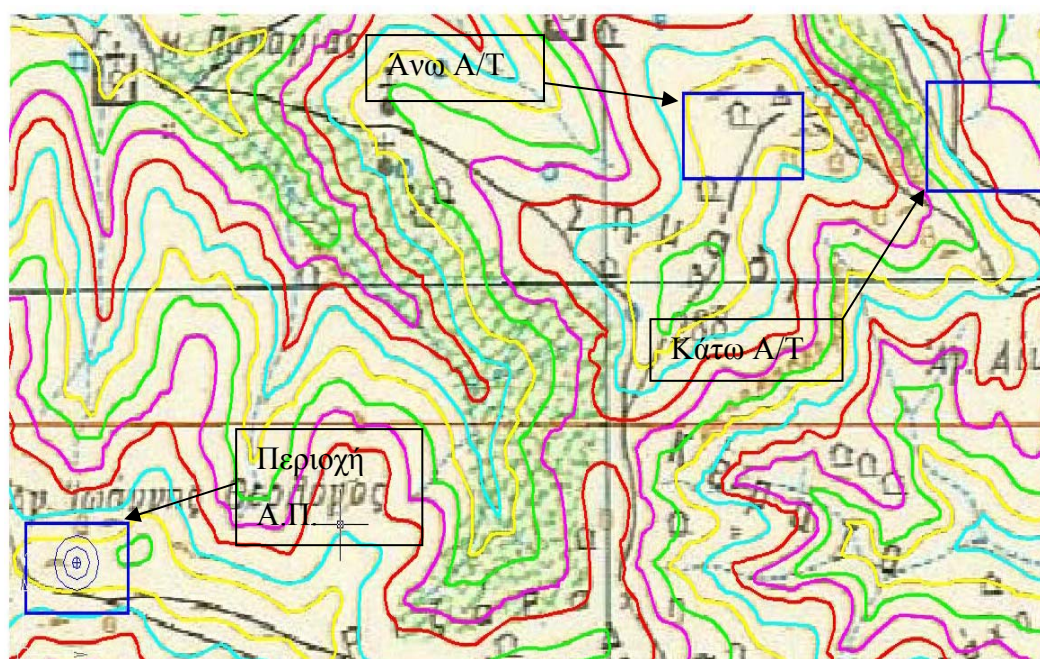
Εικόνα 15: Σημείο εγκατάστασης προτεινόμενου συστήματος Λήμνου

3.7.2 Σύστημα Αγίου Ευστρατίου

Το σημείο χωροθέτησης αιολικού πάρκου και του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού στον Άγιο Ευστράτιο επιλέχθηκε με την ίδια διαδικασία που



έγινε και για την Λήμνο. Η περιοχή εγκατάστασης του πάρκου είναι αυτή όπου βρίσκεται ο ανεμογράφος από τον οποίο πήραμε τα ανεμολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήσαμε στην εργασία. Το σημείο αυτό είναι Λεμονή Ράχη με υψόμετρο 270 m και με ένταση ανέμου 9,5-10 m/s και βρίσκεται στο κέντρο του νησιού. Οι αντλησιοταμιευτήρες του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού βρίσκονται στην περιοχή Σημάδι και έχουν ωφέλιμο ύψος υδατόπτωσης 150 m.



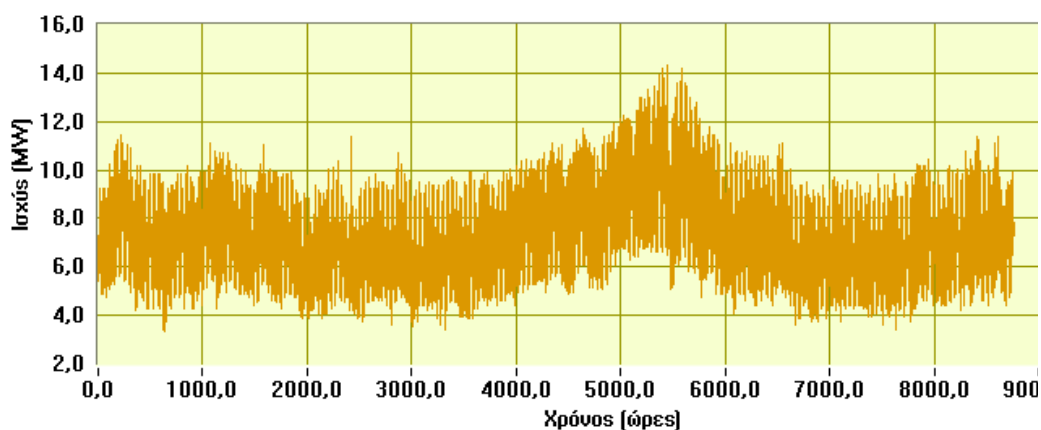
Εικόνα 16: Σημείο εγκατάστασης προτεινόμενου συστήματος Αγίου Ευστρατίου

3.8 Υπολογισμός αυτόνομου ενεργειακά συστήματος Λήμνου

Η διαστασιολόγηση της εγκατάστασης πραγματοποιήθηκε βάσει ενός λογισμικού το οποίο έχει κατασκευαστεί στο Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας από τον κύριο Κατσαπρακάκη Δημήτρη. Τα αποτελέσματα της διαστασιολόγησης αναφέρονται παρακάτω.

Η ετήσια χρονοσειρά μέσω ωριαίων τιμών ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος στο απομονωμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας Λήμνου, παρουσιάζεται στο σχήμα 1 για το έτος αναφοράς της μελέτης, που επιλέχθηκε να είναι το 2006.





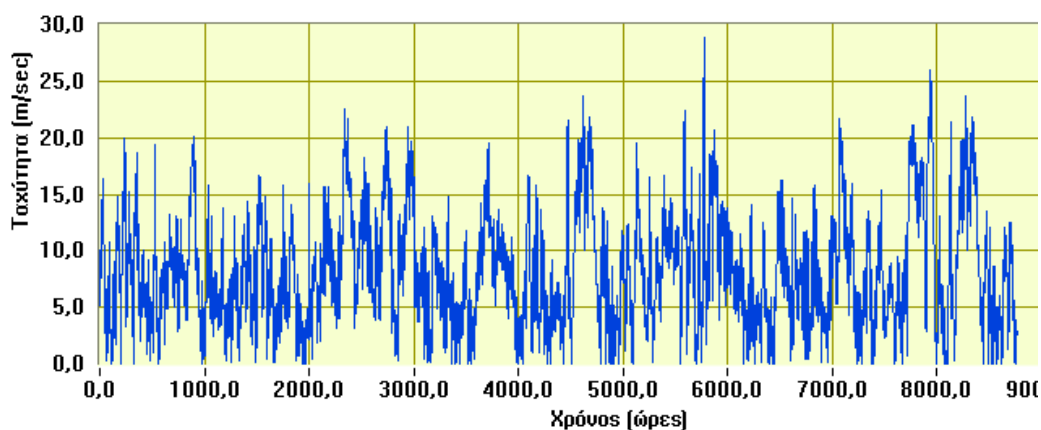
Σχήμα 1: Ετήσια χρονοσειρά μέσω ωριαίων τιμών ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος στο απομονωμένο σύστημα Λήμνου το 2006.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της ετήσιας ζήτησης ισχύος του συστήματος Λήμνου για το 2006 παρουσιάζονται στον πίνακα 6.

| | |
|---|-----------|
| Ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (MWh) | 62.888,03 |
| Μέγιστη ετήσια ζήτηση ισχύος (MW) | 14,33 |
| Ελάχιστη ετήσια ζήτηση ισχύος (MW) | 3,31 |
| Μέση ημερήσια κατανάλωση ενέργειας (MWh) | 172,30 |
| Πίνακας 6: Χαρακτηριστικές τιμές ετήσιας ζήτησης ισχύος στο σύστημα Λήμνου το 2006. | |

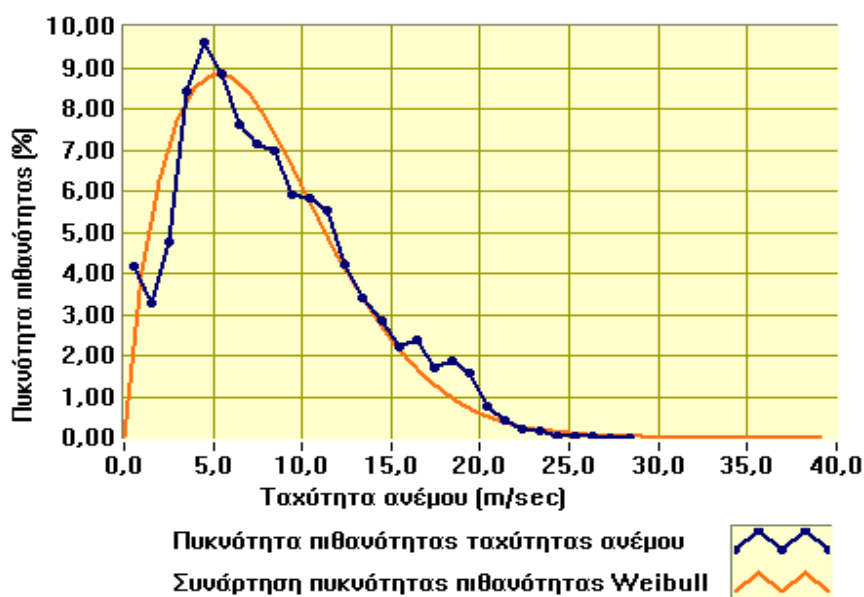
Η ετήσια χρονοσειρά μέσω ωριαίων τιμών ταχύτητας ανέμου για την περιοχή εγκατάστασης του αιολικού πάρκου στη Λήμνο, προσεγγίζεται από την καμπύλη που παρουσιάζεται στο σχήμα 2. Η καμπύλη στηρίζεται σε μετρήσεις που έχουν ληφθεί από ανεμογράφο εγκατεστημένο στον Άγιο Ευστράτιο.





Σχήμα 2: Ετήσια χρονοσειρά μέσω ωριαίων τιμών ταχύτητας ανέμου για τη θέση εγκατάστασης του αιολικού πάρκου στο νησί της Λήμνου.

Η υιοθετημένη χρονοσειρά ταχυτήτων ανέμου παρουσιάζει μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου ίση με 8,19 m/sec. Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται η πυκνότητα πιθανότητας της χρονοσειράς ταχυτήτων ανέμου καθώς και η αντίστοιχη συνάρτηση Weibull. Οι συντελεστές της κατανομής Weibull για την εν λόγω χρονοσειρά υπολογίστηκαν $k=1,71$, $C=8,83$ m/sec.

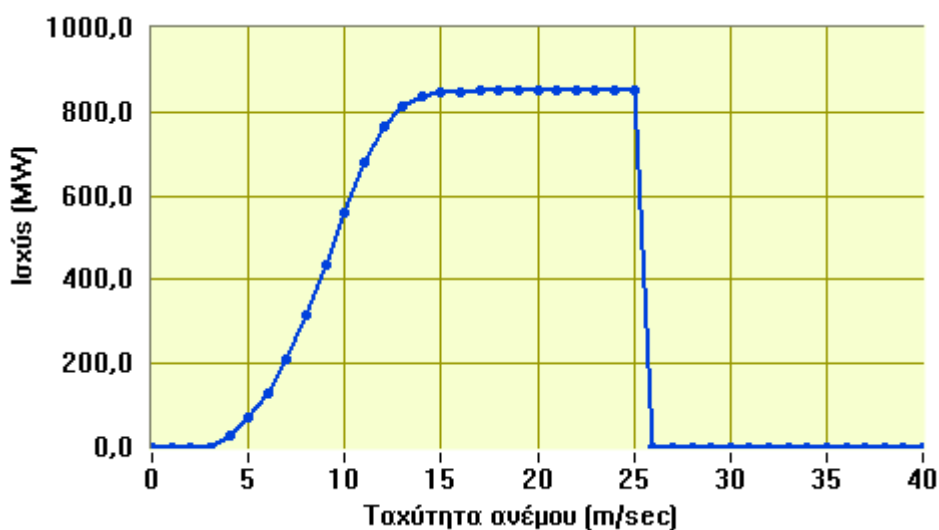


Σχήμα 3: Πυκνότητα πιθανότητας χρονοσειράς ταχυτήτων ανέμου και αντίστοιχη κατανομή Weibull.

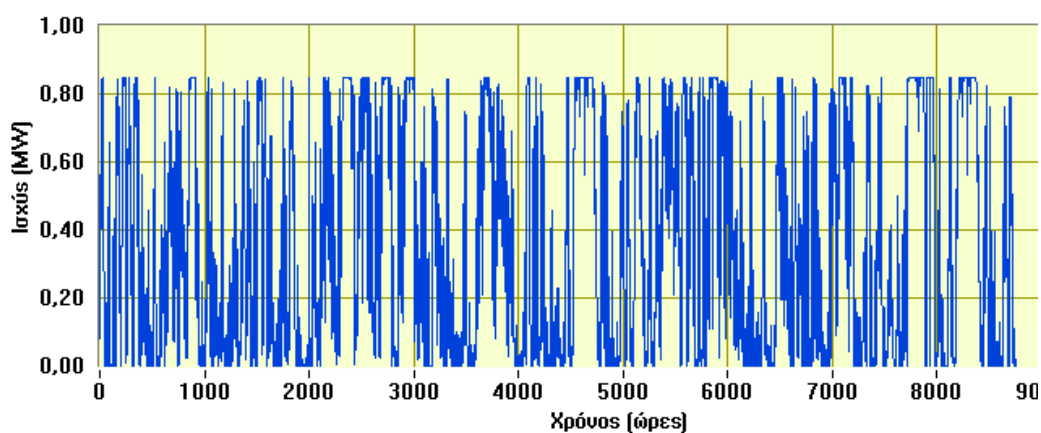
Εισάγοντας την καμπύλη ισχύος ενός χαρακτηριστικού μοντέλου ανεμογεννήτριας, η οποία παρουσιάζεται στο σχήμα 4, καταλήγουμε τελικά στην ετήσια χρονοσειρά μέσω ωριαίων τιμών ηλεκτρικής ισχύος παραγόμενης από μία ανεμογεννήτρια στη θέση εγκατάστασης του αιολικού πάρκου, η οποία



παρουσιάζεται στο σχήμα 5. Η ονομαστική ισχύς του επιλεγμένου μοντέλου ανεμογεννήτριας είναι 850 kW.



Σχήμα 4: Καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας που θα χρησιμοποιηθεί στους υπολογισμούς της εργασίας.

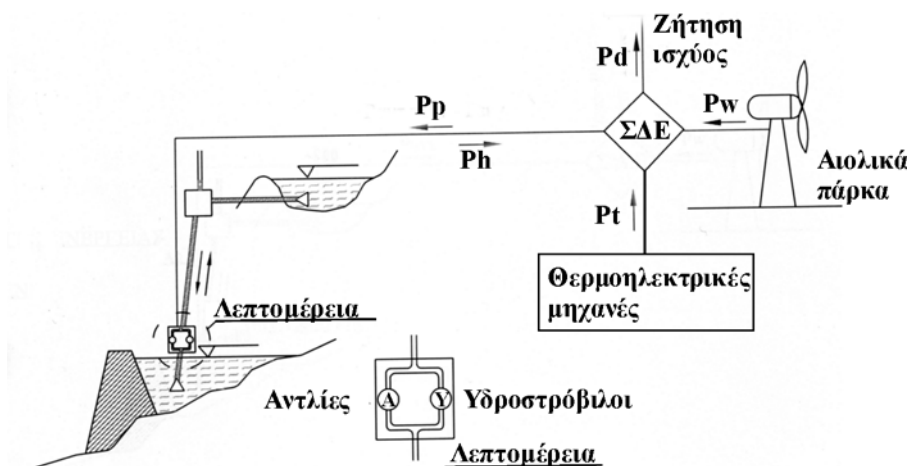


Σχήμα 5: Ετήσια χρονοσειρά μέσω ωριαίων τιμών ηλεκτρικής ισχύος παραγόμενης από μία ανεμογεννήτρια στη θέση εγκατάστασης του αιολικού πάρκου στο νησί της Λήμνου.

Η καμπύλη ισχύος που παρουσιάζεται στο σχήμα 4 παρουσιάζει συντελεστή ισχύος ίσο με 41,69 %.

Το προτεινόμενο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζεται γραφικά στο σχήμα 6.





Σχήμα 6: Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούμενο από αιολικά πάρκα, αντλιοσταμειυτήρα και θερμοηλεκτρικές μονάδες.

Στο σχήμα 6, σε μία δεδομένη χρονική στιγμή ο σταθμός παραγωγής τροφοδοτείται με ηλεκτρική ισχύ P_w από τα αιολικά πάρκα. Το σύστημα διαχείρισης ενέργειας (Σ.Δ.Ε.) ελέγχει αν η στιγμιαία παραγωγή ισχύος από τα αιολικά πάρκα P_w είναι μεγαλύτερη από τη στιγμιαία ζήτηση P_d . Διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

1. Αν $P_w > P_d$, η ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος καλύπτεται από τα αιολικά πάρκα και τις θερμοηλεκτρικές μονάδες. Η στιγμιαία διείσδυση των αιολικών πάρκων P_{wd} περιορίζεται, για λόγους ασφάλειας του συστήματος στο 80% της ζήτησης ισχύος, δηλαδή $P_{wd} = 0,80 \cdot P_d$. Οι θερμοηλεκτρικές μονάδες παράγουν το υπόλοιπο της ισχύος, δηλαδή $P_{th} = 0,20 \cdot P_d$. Οι αντλίες του συστήματος αντλιοσταμειυσης τροφοδοτούνται με ισχύ $P_p = P_w - P_{wd}$, με σκοπό να αποθηκευτεί με τη μορφή δυναμικής ενέργειας στην άνω δεξαμενή του συστήματος. Στην περίπτωση που η άνω δεξαμενή του αντλιοσταμειυτήρα είναι γεμάτη, η διαθέσιμη περίσσεια ισχύος δεν μπορεί να αποθηκευθεί. Η αξιοποίηση της περίσσειας αυτής σε άλλες εφαρμογές (παραγωγή υδρογόνου, αφαλάτωση, κλπ) μπορεί να βελτιώσει τα επενδυτικά χαρακτηριστικά του έργου, ωστόσο ξεφεύγει από τα πλαίσια της παρούσας.
2. Αν $P_w < P_d$, η παραγόμενη αιολική ισχύς καλύπτει τη ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος έως 80%, $P_{wd} \leq 0,80 \cdot P_d$. Την ίδια χρονική στιγμή, παράγεται από τους υδροστρόβιλους συμπληρωματική ηλεκτρική ισχύς $P_h = P_d - P_{wd}$, προκειμένου να συμπληρωθεί το έλλειμμα στην παραγωγή ισχύος από τα αιολικά πάρκα. Στην



περίπτωση που η άνω δεξαμενή του αντλησιοταμιευτήρα δεν περιέχει ικανή ποσότητα νερού ώστε να καλυφθεί το έλλειμμα παραγωγής ισχύος μέσω των υδροστροβίλων, τότε τίθενται σε λειτουργία οι θερμοηλεκτρικές μονάδες, παράγοντας ισχύ $P_{th}=P_d-P_{wd}-P_h$.

Η διαστασιολόγηση και η χωροθέτηση του έργου έδωσε τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 7.

| | |
|---|--------------|
| Ονομαστική ισχύς αιολικού πάρκου (MW) | 15,30 |
| Ονομαστική ισχύς υδροστροβίλου (MW) | 15,00 |
| Ονομαστική ισχύς αντλίας (MW) | 15,00 |
| Χωρητικότητα άνω δεξαμενής (m ³) | 1.000.000,00 |
| Μήκος σωληνώσεων (m) | 1.800,00 |
| Διάμετρος σωληνώσεων (m) | 2,00 |
| Ύψος υδατόπτωσης (m) | 350,00 |
| Μέσος βαθμός απόδοσης υδροστροβίλου (%) | 90,00 |
| Μέσος βαθμός απόδοσης αντλίας (%) | 72,00 |
| Πίνακας 7: Διαστασιολόγηση προτεινόμενου έργου. | |

Οι υδροστρόβιλοι που επιλέχθηκαν για να εγκατασταθούν είναι τύπου Pelton με μέσο βαθμό απόδοσης 90% οι οποίοι θα συνεργάζονται με πολυβάθμιες αντλίες που έχουν μέσο βαθμό απόδοσης 72%.

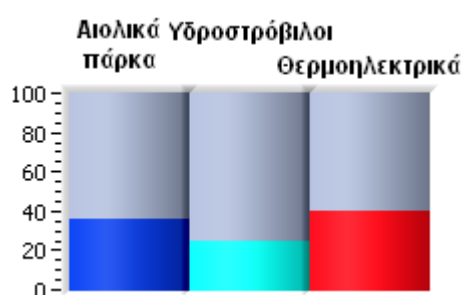
Η ενεργειακή προσομοίωση του συστήματος δίνει τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 8.

| | |
|--|-----------|
| Ετήσια παραγωγή ενέργειας από αιολικό πάρκο (MWh) | 22.599,25 |
| Ετήσια παραγωγή ενέργειας από υδροστρόβιλο (MWh) | 15.338,68 |
| Συνολική ετήσια παραγωγή ενέργειας από προτεινόμενο σταθμό (MWh) | 37.937,93 |
| Ετήσια αποθήκευση ενέργειας από αντλίες (MWh) | 23.674,37 |
| Ετήσια παραγωγή ενέργειας από θερμοηλεκτρικά (MWh) | 24.950,10 |



| | |
|--|----------|
| Ετήσια απώλεια ενέργειας (μη αποθήκευση) (MWh) | 9.290,61 |
| Πίνακας 8: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης συστήματος. | |

Η ποσοστιαία συμμετοχή των μονάδων παραγωγής στην κάλυψη της ετήσιας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζεται γραφικά στο σχήμα 7. Η παραγωγή του αιολικού πάρκου αντιστοιχεί στο 35,94% της ετήσιας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ η συμμετοχή του υδροστρόβιλου και των θερμοηλεκτρικών φτάνει στο 24,39% και 39,67% αντίστοιχα.



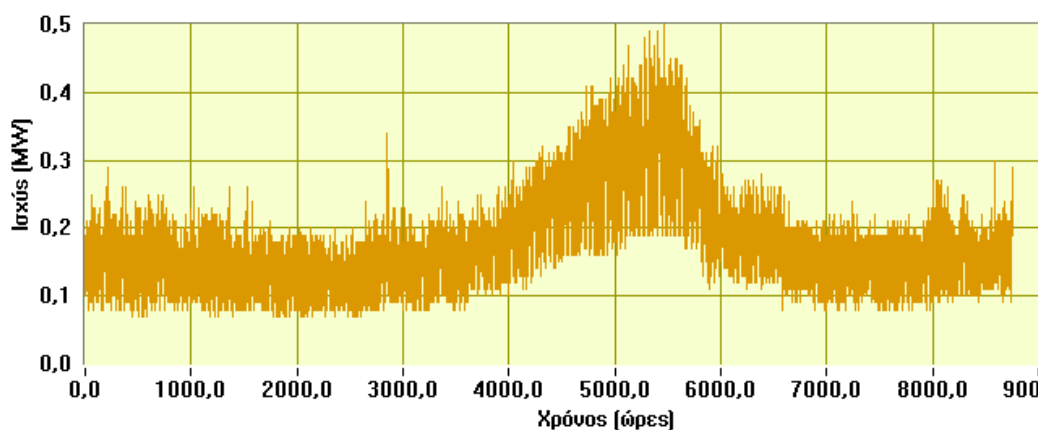
Σχήμα 7: Ποσοστιαία συμμετοχή των μονάδων παραγωγής στην κάλυψη της ετήσιας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

3.9 Υπολογισμός αυτόνομου ενεργειακά συστήματος Αγίου Ευστρατίου

Σε αυτή την παράγραφο θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα που προέκυψαν για την διαστασιολόγηση του Αγίου Ευστρατίου η οποία πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα που αναφέραμε προηγουμένως.

Στο σχήμα 8 παρουσιάζεται η ετήσια χρονοσειρά μέσω ωριαίων τιμών ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος στο απομονωμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας Αγίου Ευστρατίου, για το έτος αναφοράς της μελέτης, που επιλέχθηκε να είναι το 2006. Η καμπύλη προέκυψε με προσαρμογή της ετήσιας χρονοσειράς ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος του συστήματος Κάσου – Καρπάθου (μικρό σύστημα), στο ετήσιο μέγιστο ζήτησης ισχύος του Αγίου Ευστρατίου.





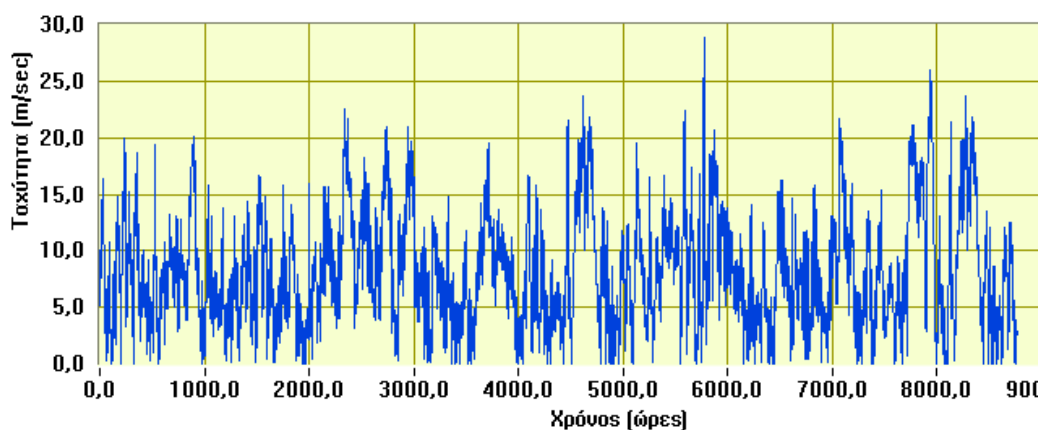
Σχήμα 8: Ετήσια χρονοσειρά μέσω ωριαίων τιμών ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος στο απομονωμένο σύστημα Αγίου Ευστρατίου το 2006.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της ετήσιας ζήτησης ισχύος του συστήματος Αγίου Ευστρατίου το 2006 παρουσιάζονται στον πίνακα 9.

| | |
|---|----------|
| Ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (MWh) | 1.517,07 |
| Μέγιστη ετήσια ζήτηση ισχύος (MW) | 0,50 |
| Ελάχιστη ετήσια ζήτηση ισχύος (MW) | 0,07 |
| Μέση ημερήσια κατανάλωση ενέργειας (MWh) | 4,16 |
| Πίνακας 9: Χαρακτηριστικές τιμές ετήσιας ζήτησης ισχύος στο σύστημα Αγίου Ευστρατίου το 2006. | |

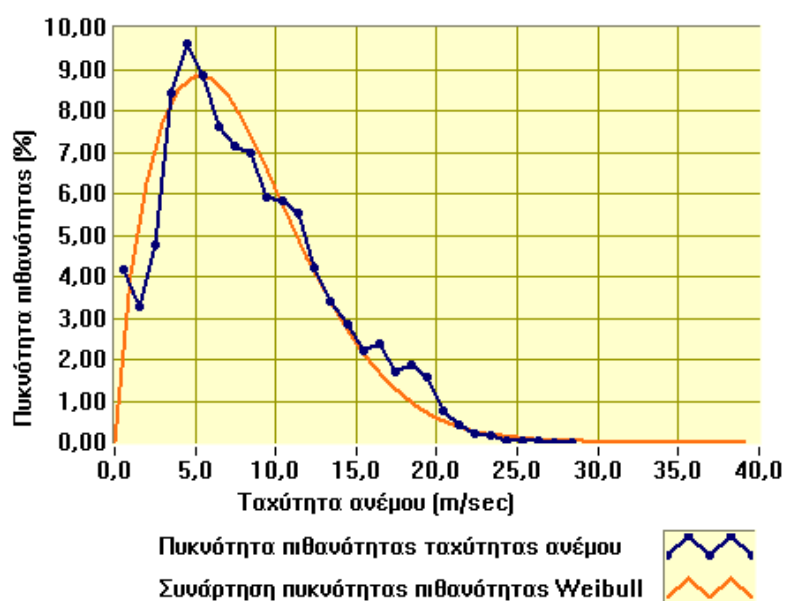
Η ετήσια χρονοσειρά μέσω ωριαίων τιμών ταχύτητας ανέμου για την περιοχή εγκατάστασης του αιολικού πάρκου στον Άγιο Ευστράτιο, προσεγγίζεται από την καμπύλη που παρουσιάζεται στο σχήμα 9. Η καμπύλη στηρίζεται σε μετρήσεις που έχουν ληφθεί από ανεμογράφο εγκατεστημένο στον Άγιο Ευστράτιο.





Σχήμα 9: Ετήσια χρονοσειρά μέσω ωριαίων τιμών ταχύτητας ανέμου για τη θέση εγκατάστασης του αιολικού πάρκου στον Άγιο Ευστράτιο.

Η υιοθετημένη χρονοσειρά ταχυτήτων ανέμου παρουσιάζει μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου ίση με 8,19 m/sec. Στο σχήμα 10 παρουσιάζεται η πυκνότητα πιθανότητας της χρονοσειράς ταχυτήτων ανέμου καθώς και η αντίστοιχη συνάρτηση Weibull. Οι συντελεστές της κατανομής Weibull για την εν λόγω χρονοσειρά υπολογίστηκαν $k=1,71$, $C=8,83$ m/sec.

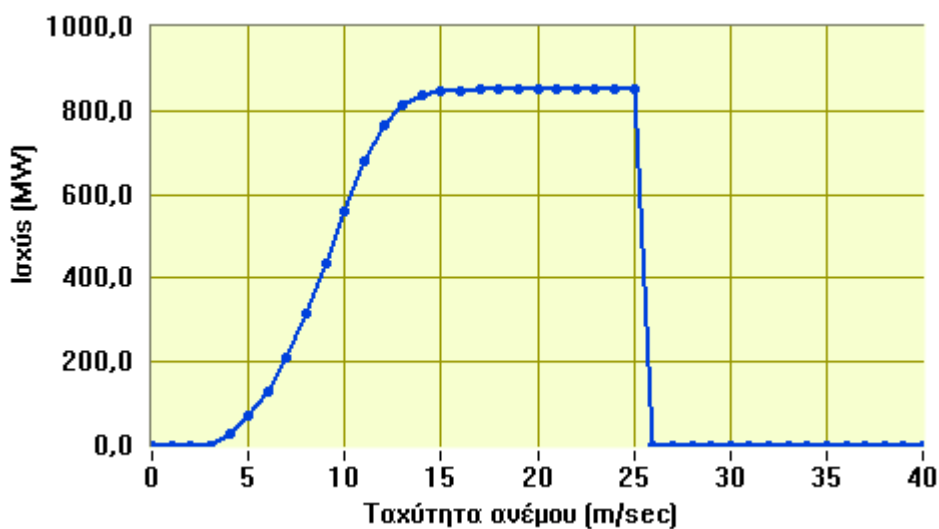


Σχήμα 10: Πυκνότητα πιθανότητας χρονοσειράς ταχυτήτων ανέμου και αντίστοιχη κατανομή Weibull.

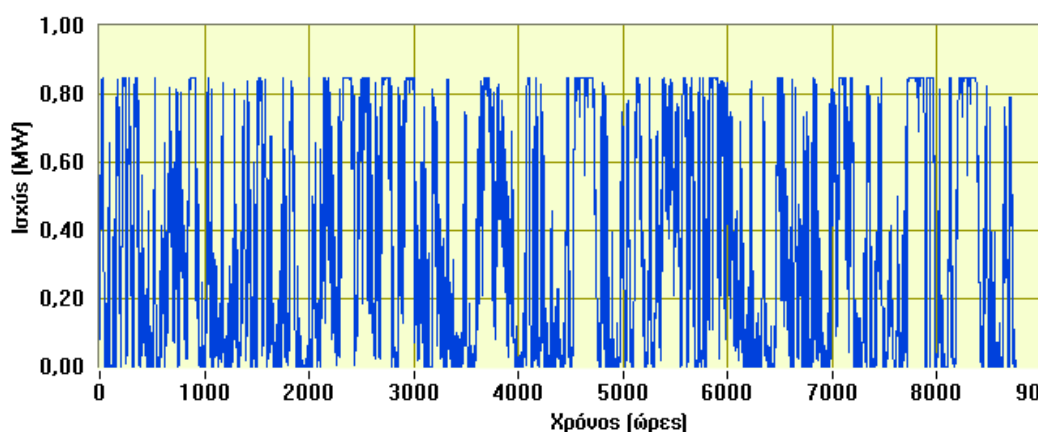
Εισάγοντας την καμπύλη ισχύος ενός χαρακτηριστικού μοντέλου ανεμογεννήτριας, η οποία παρουσιάζεται στο σχήμα 11, καταλήγουμε τελικά στην ετήσια χρονοσειρά μέσω ωριαίων τιμών ηλεκτρικής ισχύος παραγόμενης



από μία ανεμογεννήτρια στη θέση εγκατάστασης του αιολικού πάρκου, η οποία παρουσιάζεται στο σχήμα 12. Η ονομαστική ισχύς του επιλεγμένου μοντέλου ανεμογεννήτριας είναι 850 kW.



Σχήμα 11: Καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας που θα χρησιμοποιηθεί στους υπολογισμούς της εργασίας.

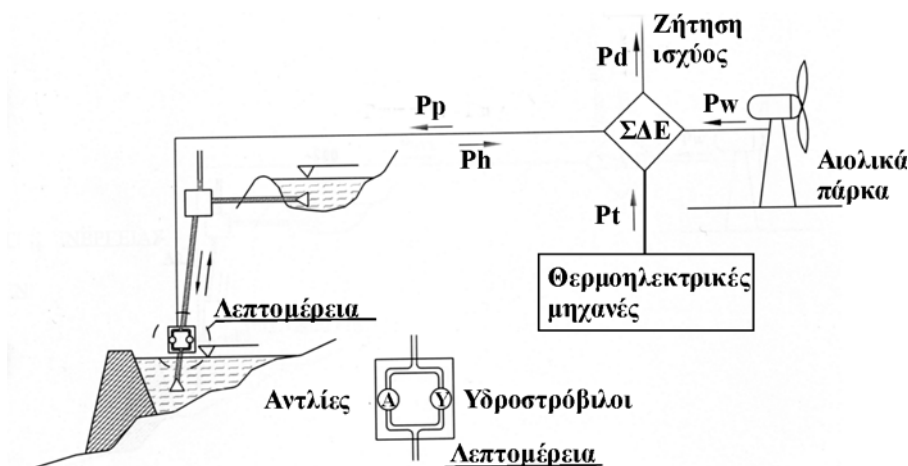


Σχήμα 12: Ετήσια χρονοσειρά μέσω ωριαίων τιμών ηλεκτρικής ισχύος παραγόμενης από μία ανεμογεννήτρια στη θέση εγκατάστασης του αιολικού πάρκου στον Άγιο Ευστράτιο.

Η καμπύλη ισχύος που παρουσιάζεται στο σχήμα 11 παρουσιάζει συντελεστή ισχύος ίσο με 41,69 %.

Το προτεινόμενο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζεται γραφικά στο σχήμα 13.





Σχήμα 13: Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούμενο από αιολικά πάρκα, αντλησιοταμιευτήρα και θερμοηλεκτρικές μονάδες.

Στο σχήμα 13, σε μία δεδομένη χρονική στιγμή ο σταθμός παραγωγής τροφοδοτείται με ηλεκτρική ισχύ P_w από τα αιολικά πάρκα. Το σύστημα διαχείρισης ενέργειας (Σ.Δ.Ε.) ελέγχει αν η στιγμιαία παραγωγή ισχύος από τα αιολικά πάρκα P_w είναι μεγαλύτερη από τη στιγμιαία ζήτηση P_d . Διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

1. Αν $P_w > P_d$, η ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος καλύπτεται από τα αιολικά πάρκα και τις θερμοηλεκτρικές μονάδες. Η στιγμιαία διείσδυση των αιολικών πάρκων P_{wd} περιορίζεται, για λόγους ασφάλειας του συστήματος στο 80% της ζήτησης ισχύος, δηλαδή $P_{wd} = 0,80 \cdot P_d$. Οι θερμοηλεκτρικές μονάδες παράγουν το υπόλοιπο της ισχύος, δηλαδή $P_{th} = 0,20 \cdot P_d$. Οι αντλίες του συστήματος αντλησιοταμίευσης τροφοδοτούνται με ισχύ $P_p = P_w - P_{wd}$, με σκοπό να αποθηκευτεί με τη μορφή δυναμικής ενέργειας στην άνω δεξαμενή του συστήματος. Στην περίπτωση που η άνω δεξαμενή του αντλησιοταμιευτήρα είναι γεμάτη, η διαθέσιμη περίσσεια ισχύος δεν μπορεί να αποθηκευθεί. Η αξιοποίηση της περίσσειας αυτής σε άλλες εφαρμογές (παραγωγή υδρογόνου, αφαλάτωση, κλπ) μπορεί να βελτιώσει τα επενδυτικά χαρακτηριστικά του έργου, ωστόσο ξεφεύγει από τα πλαίσια της παρούσας.
2. Αν $P_w < P_d$, η παραγόμενη αιολική ισχύς καλύπτει τη ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος έως 80%, $P_{wd} \leq 0,80 \cdot P_d$. Την ίδια χρονική στιγμή, παράγεται από τους υδροστρόβιλους συμπληρωματική ηλεκτρική ισχύς $P_h = P_d - P_{wd}$, προκειμένου να συμπληρωθεί το έλλειμμα στην παραγωγή ισχύος από τα αιολικά πάρκα. Στην



περίπτωση που η άνω δεξαμενή του αντλησιοταμιευτήρα δεν περιέχει ικανή ποσότητα νερού ώστε να καλυφθεί το έλλειμμα παραγωγής ισχύος μέσω των υδροστροβίλων, τότε τίθενται σε λειτουργία οι θερμοηλεκτρικές μονάδες, παράγοντας ισχύ $P_{th}=P_d-P_{wd}-P_h$.

Η διαστασιολόγηση και η χωροθέτηση του έργου έδωσε τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 10.

| | |
|--|------------|
| Ονομαστική ισχύς αιολικού πάρκου (MW) | 0,85 |
| Ονομαστική ισχύς υδροστροβίλου (MW) | 0,50 |
| Ονομαστική ισχύς αντλίας (MW) | 1,00 |
| Χωρητικότητα άνω δεξαμενής (m ³) | 100.000,00 |
| Χωρητικότητα κάτω δεξαμενής (m ³) | 100.000,00 |
| Μήκος σωληνώσεων (m) | 400,00 |
| Διάμετρος σωληνώσεων (m) | 1,00 |
| Ύψος υδατόπτωσης (m) | 150,00 |
| Μέσος βαθμός απόδοσης υδροστροβίλου (%) | 90,00 |
| Μέσος βαθμός απόδοσης αντλίας (%) | 72,00 |
| Πίνακας 10: Διαστασιολόγηση προτεινόμενου έργου. | |

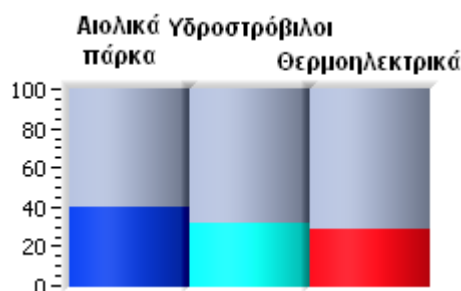
Οι υδροστρόβιλοι που επιλέχθηκαν για να εγκατασταθούν είναι τύπου Pelton με μέσο βαθμό απόδοσης 90% οι οποίοι θα συνεργάζονται με πολυβάθμιες αντλίες που έχουν μέσο βαθμό απόδοσης 72%.

Η ενεργειακή προσομοίωση του συστήματος δίνει τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 11.

| | |
|--|----------|
| Ετήσια παραγωγή ενέργειας από αιολικό πάρκο (MWh) | 598,23 |
| Ετήσια παραγωγή ενέργειας από υδροστρόβιλο (MWh) | 481,46 |
| Συνολική ετήσια παραγωγή ενέργειας από προτεινόμενο σταθμό (MWh) | 1.079,69 |
| Ετήσια αποθήκευση ενέργειας από αντλίες (MWh) | 764,79 |
| Ετήσια παραγωγή ενέργειας από θερμοηλεκτρικά (MWh) | 437,38 |
| Ετήσια απώλεια ενέργειας (μη αποθήκευση) (MWh) | 1.736,64 |
| Πίνακας 11: Αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης συστήματος. | |



Η ποσοστιαία συμμετοχή των μονάδων παραγωγής στην κάλυψη της ετήσιας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζεται γραφικά στο σχήμα 14. Η παραγωγή του αιολικού πάρκου αντιστοιχεί στο 39,43% της ετήσιας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ η συμμετοχή του υδροστρόβιλου και των θερμοηλεκτρικών φτάνει στο 31,74% και 28,83% αντίστοιχα.

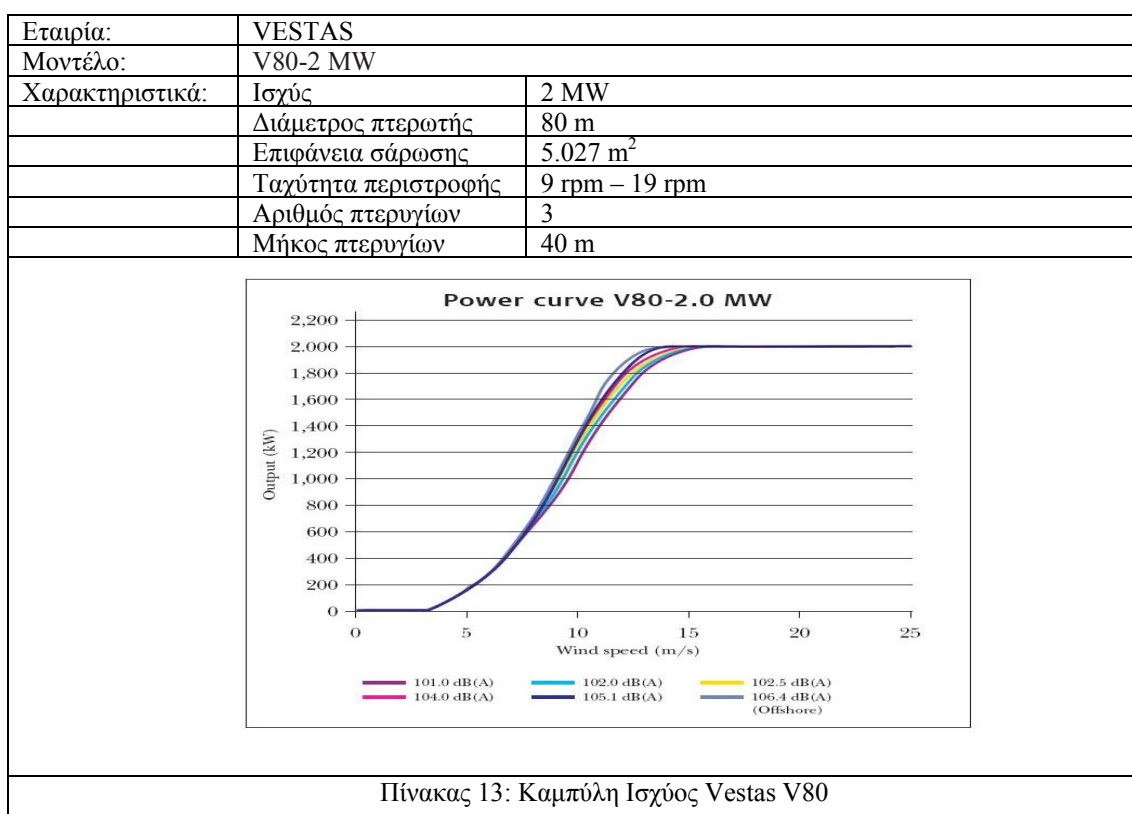
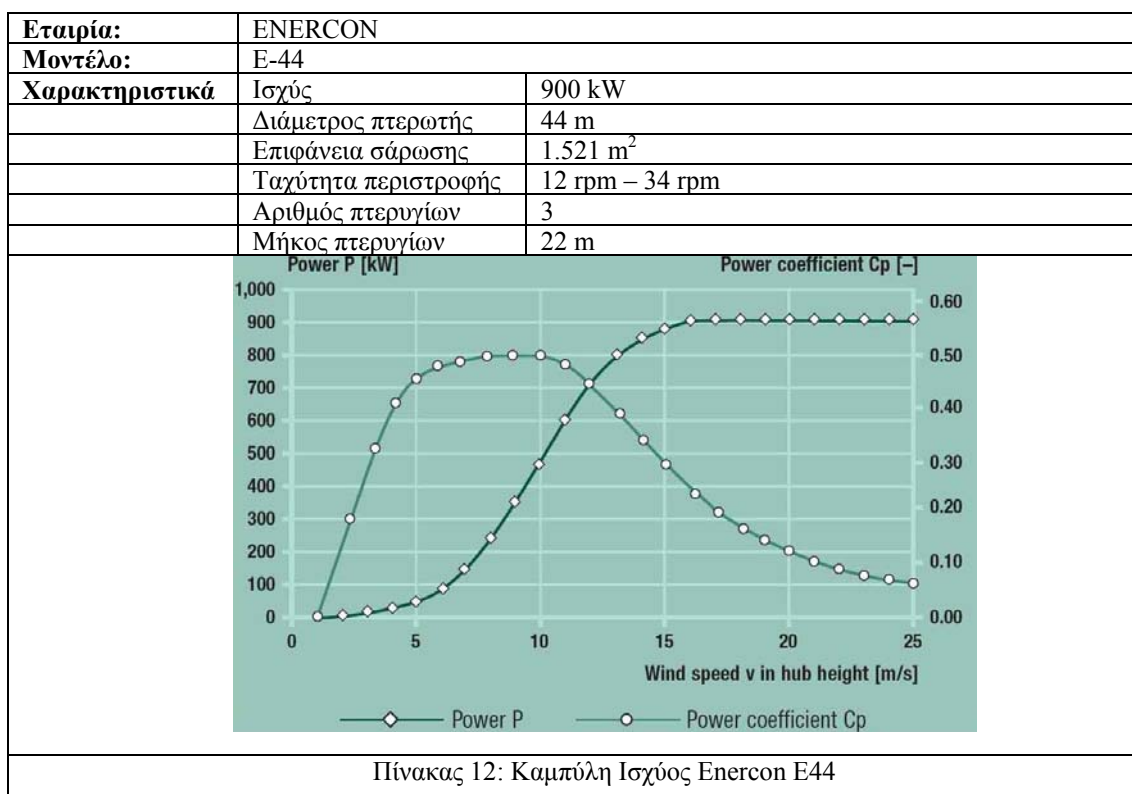


Σχήμα 14: Ποσοστιαία συμμετοχή των μονάδων παραγωγής στην κάλυψη της ετήσιας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

3.10 Χωροθέτηση Ανεμογεννητριών (Α/Γ)

Για την χωροθέτηση των ανεμογεννητριών λαμβάνουμε υπόψη το ανάγλυφο και το αιολικό δυναμικό της ευρύτερης περιοχής, έτσι ώστε να γίνει σωστή επιλογή της θέσης της εγκατάστασης. Οι ανεμογεννήτριες θα πρέπει να χωροθετούνται σε κορυφογραμμές με υψηλό αιολικό δυναμικό και κάθετα στην κύρια διεύθυνση του ανέμου σε απόσταση τέτοια ώστε να μην εμφανίζονται έντονα φαινόμενα σκίασης γιατί έτσι θα έχουμε απώλειες στην παραγωγή ενέργειας. Μετά από έρευνα που πραγματοποιήθηκε για τα χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής καταλήξαμε να χωροθετήσουμε στην Λήμνο δέκα ανεμογεννήτριες Vestas V80 ισχύος 2 MW η μία οι οποίες ανέρχονται σε συνολική εγκατεστημένη ισχύ 20 MW και στον Άγιο Ευστράτιο μια ανεμογεννήτρια Enercon E44 ισχύος 900 kW. Στους πίνακες που ακολουθούν υπάρχουν τα τεχνικά χαρακτηριστικά όπως το ύψος πλήμνης, η διάμετρος πτερωτής όπως επίσης και η καμπύλη ισχύος για τις ανεμογεννήτριες που επιλέξαμε.





3.11 Ανάλυση προγράμματος WAsP για το προτεινόμενο αιολικό πάρκο Λήμνου

Παρακάτω βλέπουμε τα αποτελέσματα που πήραμε μετά από ανάλυση που πραγματοποιήσαμε με το πρόγραμμα WAsP για την Λήμνο.

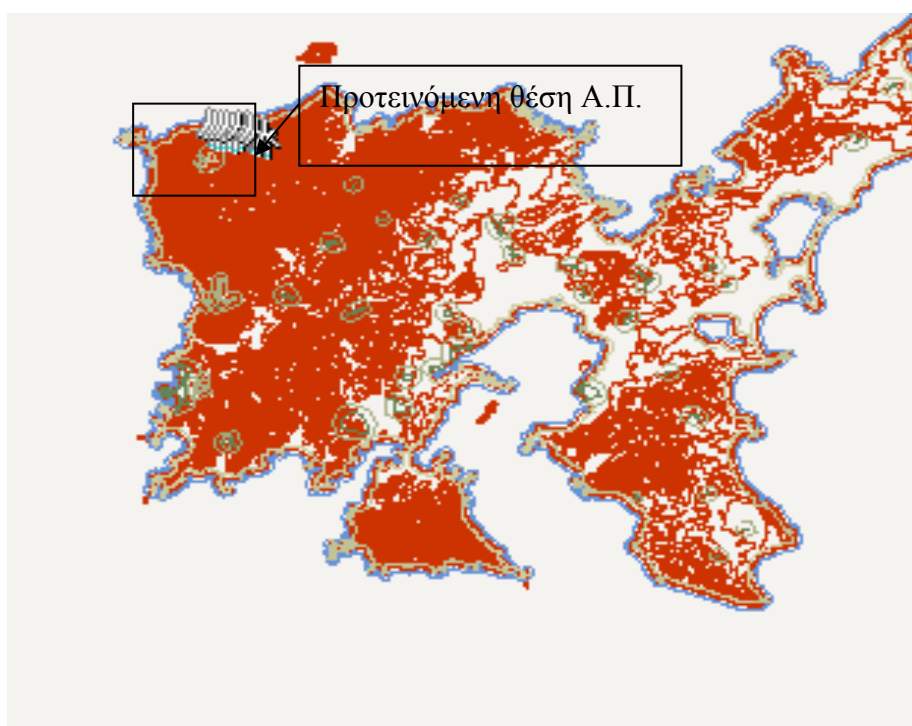
Λήμνος wind farm

Summary results

| Parameter | Total | Average | Minimum | Maximum |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| Net AEP [GWh] | 103.866 | 10.387 | 9.979 | 10.816 |
| Gross AEP [GWh] | 105.106 | 10.511 | 10.153 | 10.911 |
| Wake loss [%] | 1.18 | - | - | - |

Πίνακας 14: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα WAsP για την Λήμνο

The wind farm lies in a map called Lhmnos

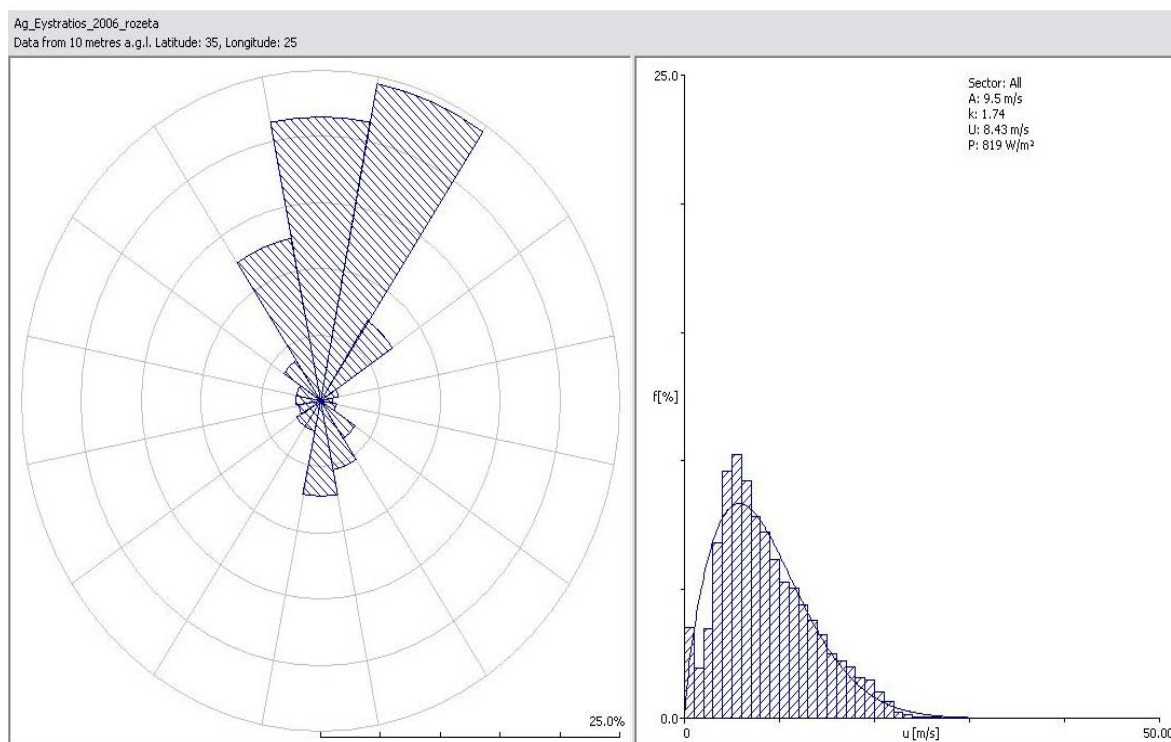


Εικόνα 17: Ψηφιοποιημένος χάρτης Λήμνου

The wind farm is in a project called Λήμνος



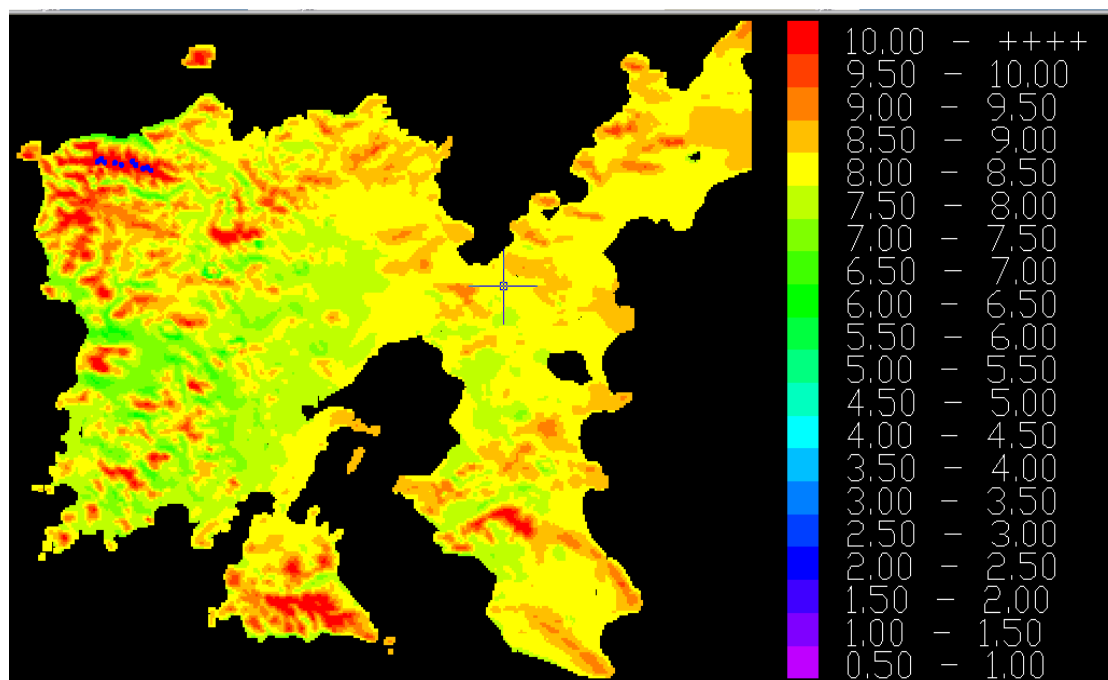
Στον παραπάνω ψηφιοποιημένο χάρτη της Λήμνου φαίνονται οι θέσεις εγκατάστασης των ανεμογεννήτριων που θα χρησιμοποιήσουμε.



Εικόνα 18: Ροδόγραμμα και κατανομή Weibull για την νήσο Λήμνο

Στο παραπάνω γράφημα απεικονίζεται το ροδόγραμμα και η κατανομή Weibull για την νήσο Λήμνο στο οποίο εμφανίζονται οι μέσες ταχύτητες ανέμου ανά διεύθυνση. Από το ροδόγραμμα παρατηρούμε ότι οι κύριες διευθύνσεις του ανέμου είναι Βόρειες (B) και Βόρειες – Βορειοανατολικές (BBA). Οι μετρήσεις είναι ίδιες με αυτές του Αγίου Ευστρατίου διότι τα ανεμολογικά δεδομένα που έχουμε για την Λήμνο είναι από ανεμογράφο εγκατεστημένο στον Άγιο Ευστράτιο.





Εικόνα 19: Αιολικός χάρτης Λήμνου

Η παραπάνω εικόνα μας δείχνει τον αιολικό χάρτη της Λήμνου μαζί με την χρωματική κλίμακα όπως αυτός συντάχθηκε με χρήση του προγράμματος WAsP και για ανεμολογικά δεδομένα από ανεμογράφο που είναι εγκατεστημένος στον Άγιο Ευστράτιο.

3.12 Ανάλυση προγράμματος WAsP για το προτεινόμενο αιολικό πάρκο Αγίου Ευστρατίου

Παρακάτω βλέπουμε τα αποτελέσματα που πήραμε μετά από ανάλυση που πραγματοποιήσαμε με το πρόγραμμα WAsP για τον Άγιο Ευστράτιο.

Άγιος Ευστράτιος wind farm

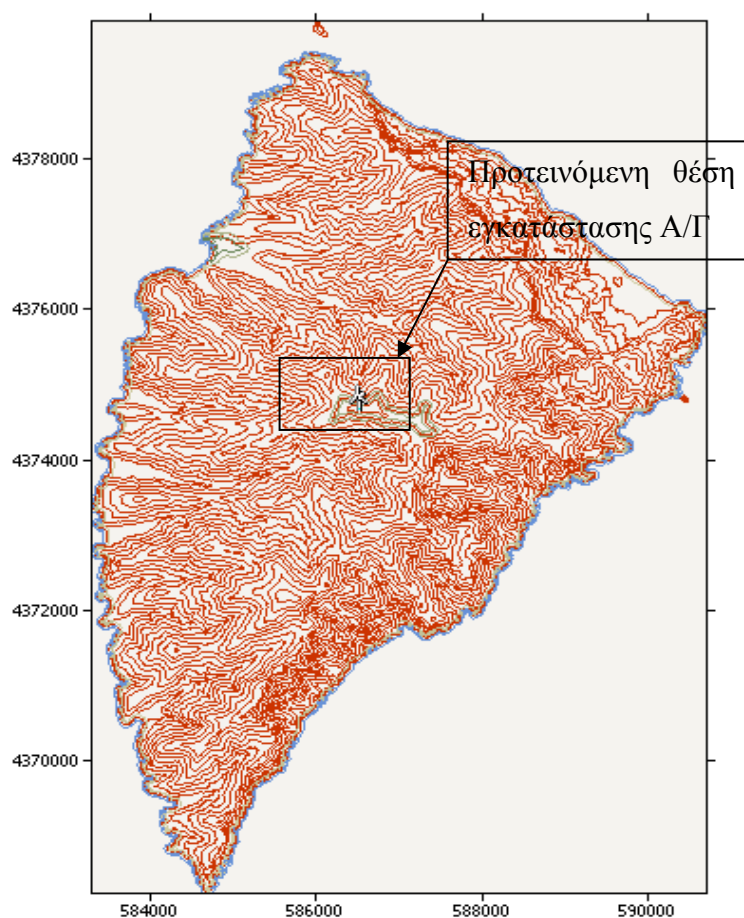


Summary results

| Parameter | Total | Average | Minimum | Maximum |
|-----------------|-------|---------|---------|---------|
| Net AEP [GWh] | 4.055 | 4.055 | 4.055 | 4.055 |
| Gross AEP [GWh] | 4.055 | 4.055 | 4.055 | 4.055 |
| Wake loss [%] | 0.0 | - | - | - |

Πίνακας 15: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα WAsP για τον Άγιο Ευστράτιο

The wind farm lies in a map called Agios Eustratios



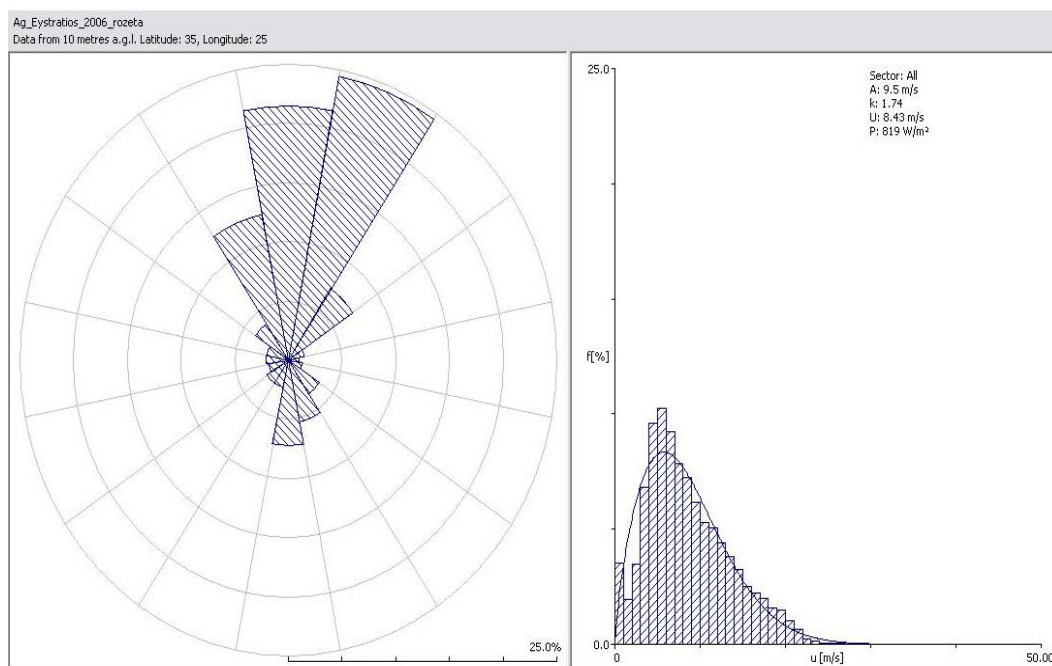
Εικόνα 20: Ψηφιοποιημένος χάρτης Αγίου Ευστρατίου

The wind farm is in a project called Άγιος Ευστράτιος

A wind atlas called Wind atlas 1 was used to calculate the predicted wind climates

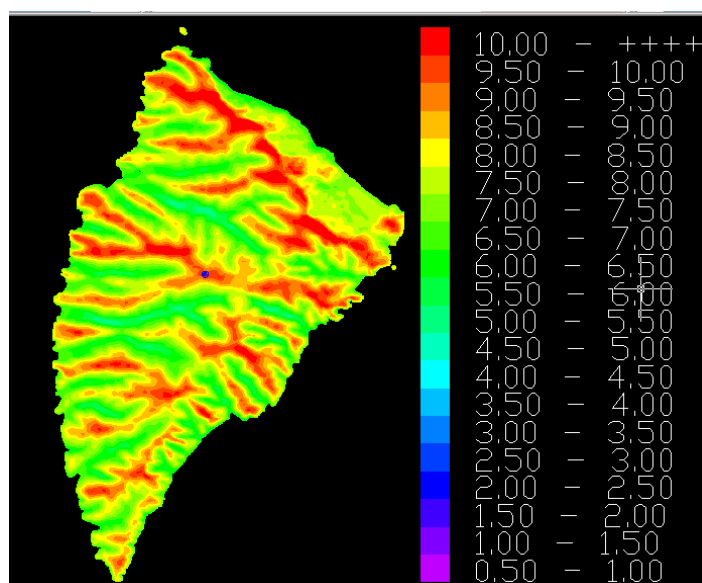
Στον παραπάνω ψηφιοποιημένο χάρτη του Αγίου Ευστρατίου φαίνεται η θέση εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας που θα χρησιμοποιήσουμε.





Εικόνα 21: Ροδόγραμμα και κατανομή Weibull για την νήσο Άγιο Ευστράτιο

Στο παραπάνω γράφημα απεικονίζεται το ροδόγραμμα και η κατανομή Weibull για την νήσο Άγιο Ευστράτιο στο οποίο εμφανίζονται οι μέσες ταχύτητες ανέμου ανά διεύθυνση. Από το ροδόγραμμα παρατηρούμε ότι οι κύριες διευθύνσεις του ανέμου είναι Βόρειες (B) και Βόρειες – Βορειοανατολικές (BBA).



Εικόνα 22: Αιολικός χάρτης Αγίου Ευστρατίου



Η παραπάνω εικόνα μας δείχνει τον αιολικό χάρτη του Αγίου Ευστρατίου μαζί με την χρωματική κλίμακα όπως αυτός συντάχθηκε με χρήση του προγράμματος WASP και για ανεμολογικά δεδομένα από ανεμογράφο που είναι εγκατεστημένος στον Άγιο Ευστράτιο.

3.13 Χωροθέτηση - Σχεδιασμός Δεξαμενών

Η χωροθέτηση των δεξαμενών που απαιτούνται για την ολοκλήρωση της εργασίας πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με τον επιβλέποντα καθηγητή με βάση τα ψηφιοποιημένα χαρτογραφικά διαγράμματα κλίμακας 1:5.000. Ορισμένα από τα κριτήρια χωροθέτησης των ταμιευτήρων είναι ότι ελέγχουμε σε ποιες περιοχές υπάρχουν φυσικές κοιλάτητες έτσι ώστε να μπορέσουμε να κατασκευάσουμε τον ταμιευτήρα κατασκευάζοντας μόνο ένα φράγμα και όχι ολόκληρη την δεξαμενή, αν αυτό δεν είναι εφικτό τότε επιλέγουμε να κατασκευάσουμε τον ταμιευτήρα σε απομακρυσμένες από χωριά και πόλεις περιοχές ώστε να μην δημιουργήσουμε προβλήματα όπως μετακίνηση πληθυσμών και τέλος το κυριότερο ίσως κριτήριο χωροθέτησης είναι ένα εκμεταλλεύσιμο ύψος υδατόπτωσης για να μπορούμε να παράγουμε εύκολα να ενέργεια με την χρήση των υδροστροβίλων. Μετά την χωροθέτηση και εφόσον ο απαιτούμενος όγκος και των δύο δεξαμενών είναι γνωστός σύμφωνα με τους υπολογισμούς που αναφέραμε προηγουμένως προχωρήσαμε στο σχεδιαστικό μέρος. Πρώτα σχεδιάσαμε την μηκοτομή έτσι ώστε να έχουμε μια καλύτερη εικόνα για το ανάγλυφο του εδάφους στα όρια της χωροθέτησης, μετά προχωρήσαμε σε δισδιάστατο αλλά και τρισδιάστατο σχεδιασμό των δεξαμενών. Ο σχεδιασμός έγινε με το πρόγραμμα Autodesk AutoCAD 2007. Τα τρισδιάστατα σχέδια των δεξαμενών βρίσκονται στο παράρτημα της εργασίας. Ο λόγος για τον οποίο σχεδιάσαμε και τρισδιάστατα τις δεξαμενές είναι για να μπορέσει να γίνει φωτορεαλιστική απεικόνιση της εγκατάστασης.

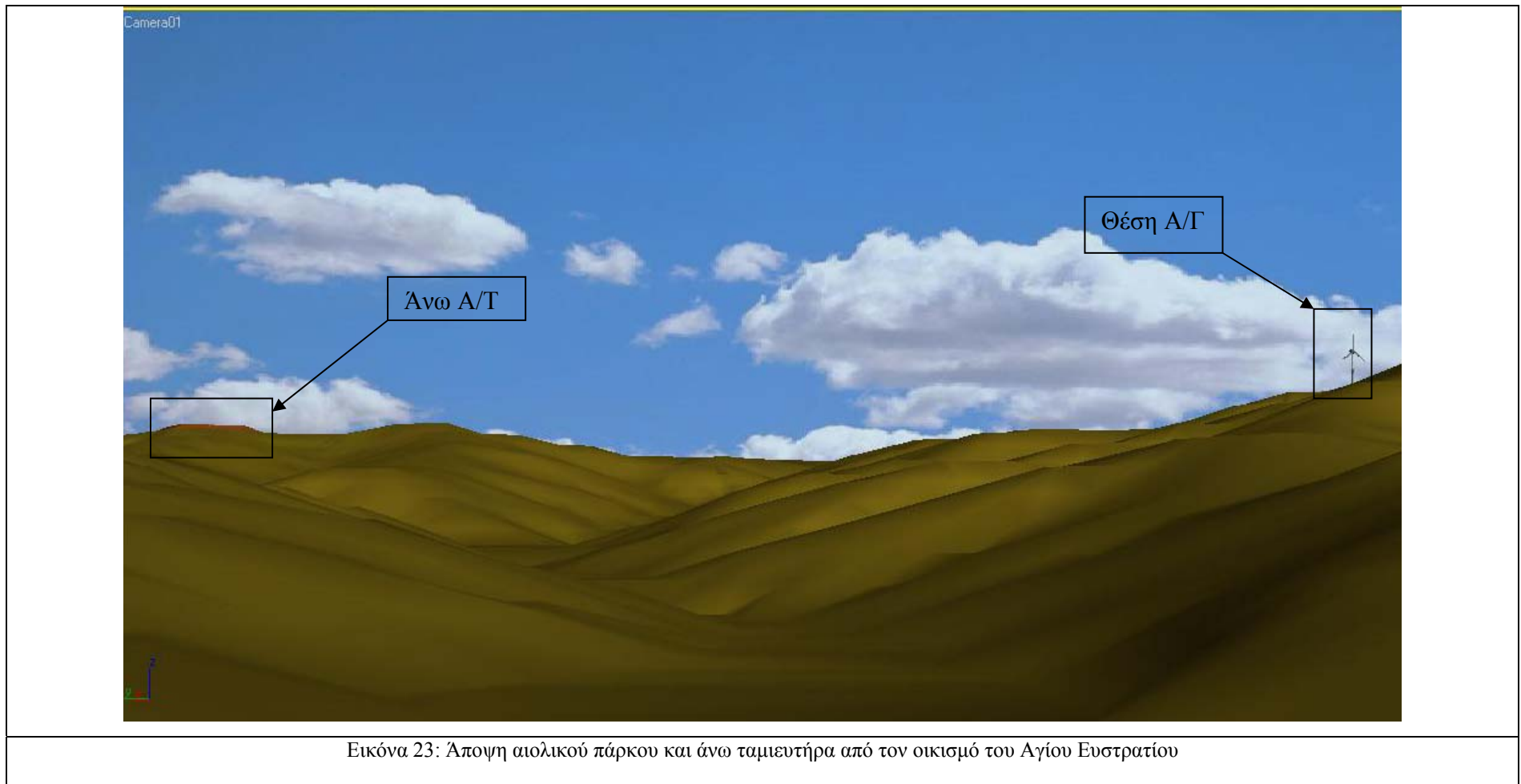
3.14 Φωτορεαλισμός

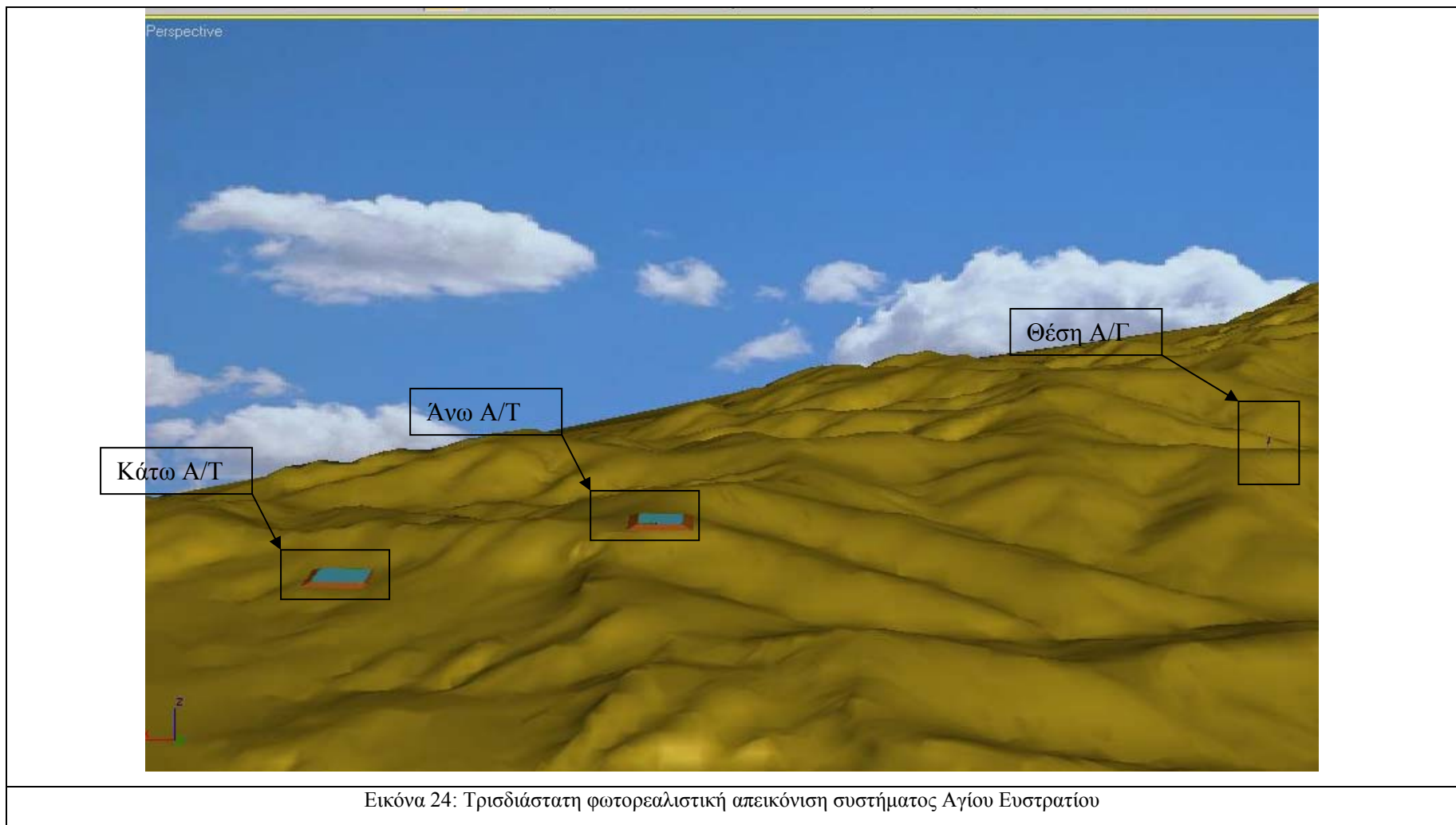
Ο φωτορεαλισμός ή φωτορεαλιστική απεικόνιση γίνεται για να μπορέσουμε να δείξουμε πως θα είναι η θέση εγκατάστασης αφού ολοκληρωθεί το έργο. Η



φωτορεαλιστική απεικόνιση θα έπρεπε να συνοδεύεται και από την φωτογραφική αποτύπωση της εν λόγω περιοχής, η οποία περιλαμβάνει φωτογραφίες του σημείου χωροθέτησης της εγκατάστασης για να μπορέσουμε με την βοήθεια της φωτορεαλιστικής απεικόνισης να συγκρίνουμε και αν είναι δυνατόν να περιορίσουμε τις επιδράσεις που θα έχει η εγκατάσταση στην περιοχή. Κατά την διάρκεια διεξαγωγής της παρούσας εργασίας δεν υπήρξε η δυνατότητα να βρεθούμε στον τόπο εγκατάστασης και να πραγματοποιήσουμε φωτογραφική αποτύπωση της περιοχής, για αυτό το λόγο θα γίνει μόνο φωτορεαλιστική απεικόνιση. Τα αποτελέσματα της φωτορεαλιστικής απεικόνισης εμφανίζονται στις παρακάτω εικόνες.







4 Οικονομική αξιολόγηση επένδυσης

4.1 Οικονομική αξιολόγηση συστήματος Λήμνου

Το αρχικό κόστος της επένδυσης προσεγγίζεται με βάση τις παραδοχές του πίνακα 16.

| | | |
|---|-----------------------------|------------------------|
| Κόστος αιολικού πάρκου (€/kW) | | 1.000,00 |
| Κόστος αντλίας (€/kW) | | 500,00 |
| Κόστος αντλιών (€/kW) | | 600,00 |
| Κόστος δεξαμενής (€/m ³) | | 5,00 |
| Κόστος σωληνώσεων | Αγορά υλικού (€/kgr) | 0,80 |
| | Εκσκαφή (€/m ³) | 5,00 |
| | Εγκατάσταση | 15% του κόστους υλικού |
| Αγορά γης (€) | | 100.000,00 |
| Κόστος κατασκευής οικίσκων (€) | | 500.000,00 |
| Κόστος μονάδας ελέγχου (€) | | 500.000,00 |
| Δευτερευών ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός (€) | | 500.000,00 |
| Κόστος έργων υποδομής (€) | | 500.000,00 |
| Κόστος νέων δρόμων (€/km) | | 50.000,00 |
| Κόστος δικτύου σύνδεσης (€/km) | | 50.000,00 |
| Αμοιβές συμβούλων και μελετών (€) | | 500.000,00 |
| Διάφορα (€) | | 500.000,00 |
| Πίνακας 16: Προσέγγιση αρχικού κόστους προτεινόμενου έργου. | | |

Στο συγκεκριμένο έργο υποτέθηκε ότι θα χρειαστεί η διάνοιξη 10 km νέων δρόμων, ενώ το μήκος του νέου ηλεκτρικού δικτύου σύνδεσης του νέου σταθμού παραγωγής θα είναι 10 km.

Με βάση τις παραδοχές του πίνακα 16, υπολογίζεται τελικά το αρχικό κόστος της επένδυσης, το οποίο αναλύεται στον πίνακα 17.

| | |
|----------------------------|------------|
| Κόστος αιολικού πάρκου (€) | 15.300.000 |
| Κόστος υδροστροβίλου (€) | 7.500.000 |
| Κόστος αντλίας (€) | 9.000.000 |
| Κόστος δεξαμενών (€) | 5.000.000 |
| Κόστος σωληνώσεων | 3.657.377 |
| Αγορά γης (€) | 300.000 |



| | |
|--|----------------------|
| Κόστος κατασκευής οικίσκων (€) | 800.000 |
| Κόστος μονάδας ελέγχου (€) | 100.000 |
| Δευτερευών ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός (€) | 500.000 |
| Κόστος έργων υποδομής (€) | 500.000 |
| Κόστος νέων δρόμων (€) | 500.000 |
| Κόστος δικτύου σύνδεσης (€) | 500.000 |
| Αμοιβές συμβούλων και μελετών (€) | 500.000 |
| Διάφορα (€) | 500.000 |
| Σύνολο (€) | 44.657.377,00 |
| Πίνακας 17: Ανάλυση αρχικού κόστους προτεινόμενου έργου. | |

Το αρχικό κόστος επένδυσης μαζί με το χρηματοδοτικό σχήμα του έργου παρουσιάζεται στον πίνακα 18.

| | (%) | (€) |
|--|--------|------------|
| Αρχικό κόστος | 100,00 | 44.657.376 |
| Ίδια κεφάλαια | 35,00 | 15.630.082 |
| Επιχορήγηση | 30,00 | 13.397.213 |
| Δάνειο | 35,00 | 15.630.082 |
| Πίνακας 18: Αρχικό κόστος και χρηματοδοτικό σχήμα έργου. | | |

Το δάνειο υποτίθεται ότι λαμβάνεται με περίοδο αποπληρωμής 10 έτη και επιτόκιο 5,5%.

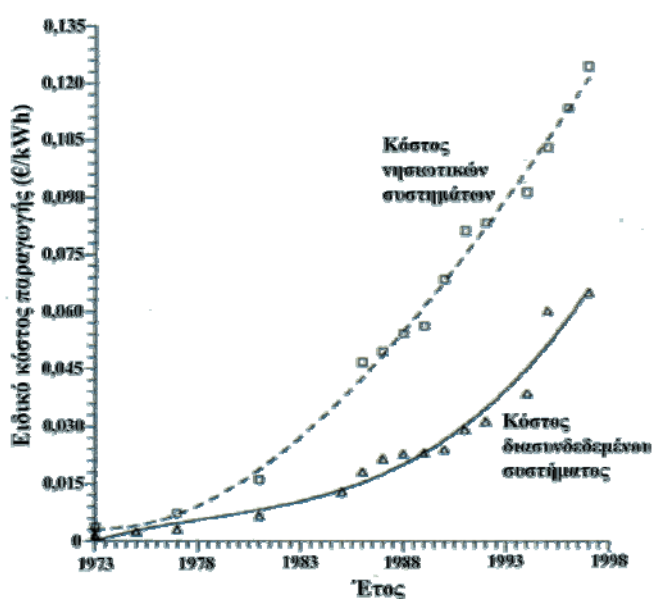
Τα ετήσια έσοδα της επένδυσης θα προκύπτουν από την πώληση της παραγόμενης ενέργειας. Για τους υπολογισμούς της εργασίας, θεωρήθηκε ως τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ίση με 0,15 €/kWh. Η τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας θα προκύψει συναρτήσει του υφιστάμενου ειδικού κόστους παραγωγής στο σύστημα Λήμνου. Η ανωτέρω τιμή λήφθηκε λαμβάνοντας υπόψη δύο παραμέτρους:

Το ειδικό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη το 2006, το οποίο διαμορφώθηκε στα 0,098 €/kWh. Ανάλογα της διαφοράς του μεγέθους των συστημάτων Κρήτης και Λήμνου, το αντίστοιχο ειδικό κόστος παραγωγής στο εξεταζόμενο σύστημα θα είναι σημαντικά μεγαλύτερο.

Το διάγραμμα εξέλιξης του ειδικού κόστους παραγωγής στα μη διασυνδεδεμένα νησιωτικά συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, το



οποίο παρουσιάζεται στο σχήμα 15. Ακολουθώντας τη σχεδόν γραμμική αύξηση του ειδικού κόστους παραγωγής στα νησιωτικά συστήματα που παρουσιάζεται στο σχήμα 15, ειδικά μετά το 1990, υπολογίζεται ότι το ειδικό κόστος στο σύστημα Λήμνου το 2006 θα πρέπει να διαμορφωθεί γύρω στα 0,25 €/kWh. Στην προηγούμενη πρόβλεψη όμως δεν έχουν ληφθεί υπόψη οι πολύ σημαντικές αυξήσεις στις τιμές των υγρών ορυκτών καυσίμων, στα οποία στηρίζεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο υπό μελέτη σύστημα, οι οποίες έχουν καταγραφεί από το 2000 και έπειτα. Λαμβάνοντας όλα τα ανωτέρω υπόψη, είναι εύλογη η υπόθεση ότι η τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας θα διαμορφωθεί κοντά στα 0,30 €/kWh. Επομένως η τιμή των 0,15 €/kWh που υιοθετήθηκε είναι το 50% του αναμενόμενου κόστους παραγωγής στη νήσο Λήμνο το 2006 από τον αυτόνομο σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 15: Εξέλιξη κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο διασυνδεδεμένο σύστημα και στα απομονωμένα ενεργειακά συστήματα στην Ελλάδα.



Τα ετήσια κόστη λειτουργίας του έργου υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη τις παραδοχές του πίνακα 19.

| | |
|------------------------------|---|
| Δημοτικά τέλη | 3% επί των ακαθάριστων εσόδων του έργου |
| Συντήρηση αιολικού πάρκου | 20.000 €/MW αιολικού πάρκου |
| Συντήρηση αντλησιοταμιευτήρα | 300.000 € |
| Αποπληρωμή δανείου | 2.073.608 € |
| Ασφάλιση εξοπλισμού | 4‰ του αρχικού κόστους έργου |
| Μισθοδοσία | 200.000 € |
| Διάφορα κόστη | 200.000 € |
| Αποσβέσεις | μέθοδος μειωμένου υπολοίπου με συντελεστή 0,25 |
| Επιτόκιο αναγωγής | 5% |
| Συντελεστής φορολογίας | 35% |

Πίνακας 19: Ετήσια κόστη λειτουργίας προτεινόμενου έργου.



Με βάση τις ανωτέρω παραδοχές υπολογίζονται τελικά οι ετήσιες χρηματοροές του έργου, οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 20.

| Έτος | Έσοδα | Δημοτικά τέλη | Συντήρηση | Δόση δανείου | Ασφάλιση | Μισθοδοσία | Διάφορα | Αποσβέσεις | Φόροι | Συνολικό κόστος | Κέρδη |
|------|-----------|---------------|-----------|--------------|----------|------------|---------|------------|-----------|-----------------|-----------|
| 1 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 2.073.608 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 3.907.521 | 0 | 3.428.958 | 2.261.731 |
| 2 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 2.073.608 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 2.930.640 | 0 | 3.428.958 | 2.261.731 |
| 3 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 2.073.608 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 2.197.980 | 22.313 | 3.451.271 | 2.239.418 |
| 4 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 2.073.608 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 1.648.485 | 214.636 | 3.643.594 | 2.047.095 |
| 5 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 2.073.608 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 1.236.364 | 358.878 | 3.787.837 | 1.902.853 |
| 6 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 2.073.608 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 927.273 | 467.060 | 3.896.019 | 1.794.671 |
| 7 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 2.073.608 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 695.455 | 548.197 | 3.977.155 | 1.713.534 |
| 8 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 2.073.608 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 521.591 | 609.049 | 4.038.007 | 1.652.682 |
| 9 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 2.073.608 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 391.193 | 654.688 | 4.083.647 | 1.607.043 |
| 10 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 2.073.608 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 1.173.580 | 380.853 | 3.809.811 | 1.880.878 |
| 11 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 0 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 0 | 1.517.369 | 2.872.719 | 2.817.971 |
| 12 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 0 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 0 | 1.517.369 | 2.872.719 | 2.817.971 |
| 13 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 0 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 0 | 1.517.369 | 2.872.719 | 2.817.971 |
| 14 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 0 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 0 | 1.517.369 | 2.872.719 | 2.817.971 |
| 15 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 0 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 0 | 1.517.369 | 2.872.719 | 2.817.971 |
| 16 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 0 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 0 | 1.517.369 | 2.872.719 | 2.817.971 |
| 17 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 0 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 0 | 1.517.369 | 2.872.719 | 2.817.971 |
| 18 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 0 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 0 | 1.517.369 | 2.872.719 | 2.817.971 |
| 19 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 0 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 0 | 1.517.369 | 2.872.719 | 2.817.971 |
| 20 | 5.690.690 | 170.721 | 606.000 | 0 | 178.630 | 200.000 | 200.000 | 0 | 1.517.369 | 2.872.719 | 2.817.971 |

Πίνακας 20: Ετήσιες χρηματοροές έργου.

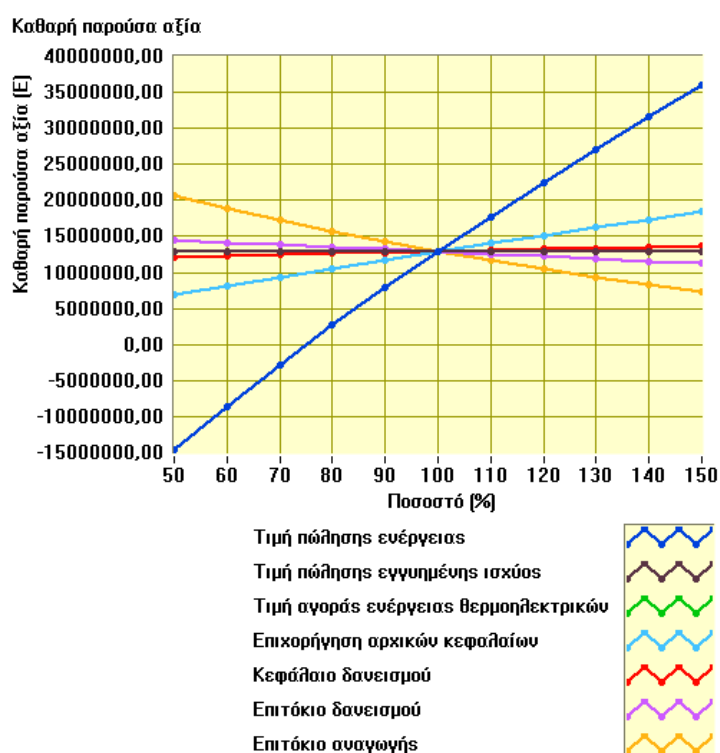


Οι οικονομικοί δείκτες του έργου παρουσιάζονται στον πίνακα 21. Οι οικονομικοί δείκτες αναφέρονται στα ίδια κεφάλαια του χρηματοδοτικού σχήματος.

| | |
|---------------------------------|------------|
| Καθαρή παρούσα αξία (€) | 12.909.700 |
| Εσωτερικός βαθμός απόδοσης (%) | 12,79 |
| Έντοκη περίοδος αποπληρωμής | 10,27 |
| Περίοδος αποπληρωμής | 7,85 |
| Ειδικό κόστος παραγωγής (€/KWh) | 0,0873 |

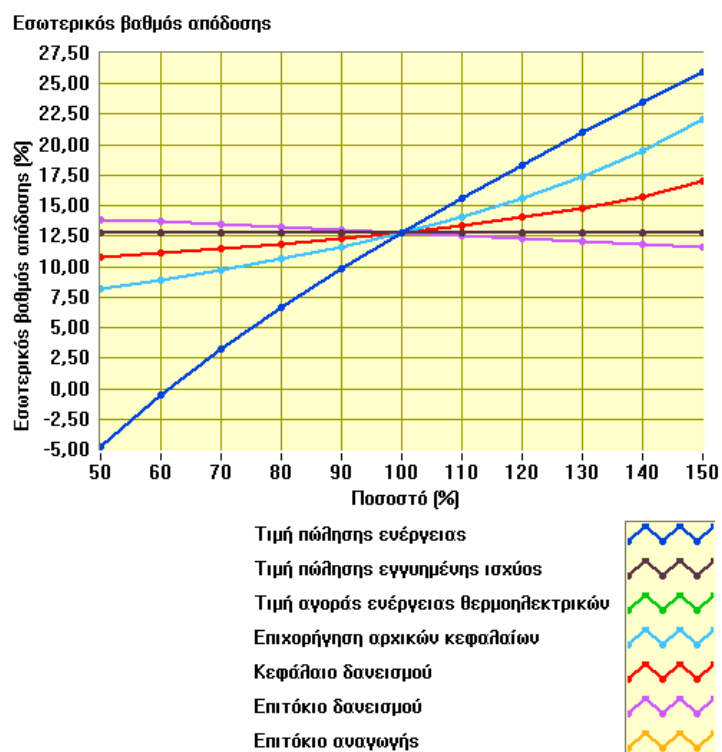
Πίνακας 21: Οικονομικοί δείκτες προτεινόμενου έργου.

Στα σχήματα 16 – 19 παρουσιάζονται διαγράμματα ανάλυσης ευαισθησίας. Τα διαγράμματα ανάλυσης ευαισθησίας αναφέρονται επίσης στα ίδια κεφάλαια του χρηματοδοτικού σχήματος.

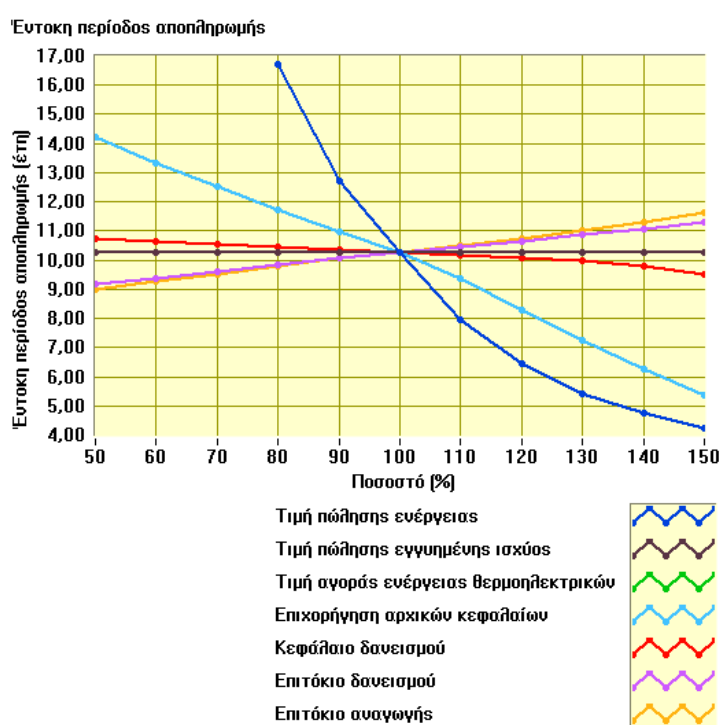


Σχήμα 16: Διάγραμμα ανάλυσης ευαισθησίας καθαρής παρούσας αξίας.



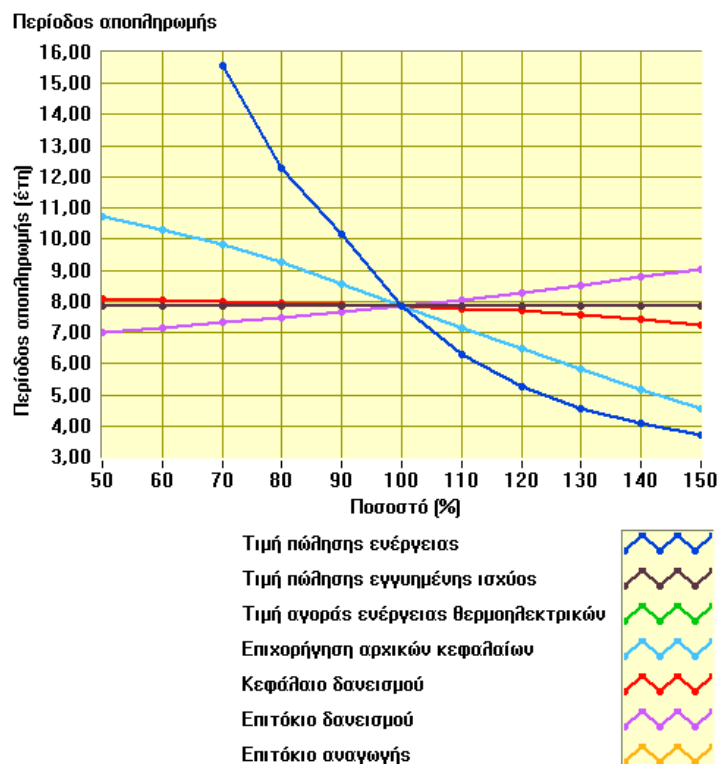


Σχήμα 17: Διάγραμμα ανάλυσης ευαισθησίας εσωτερικού βαθμού απόδοσης.



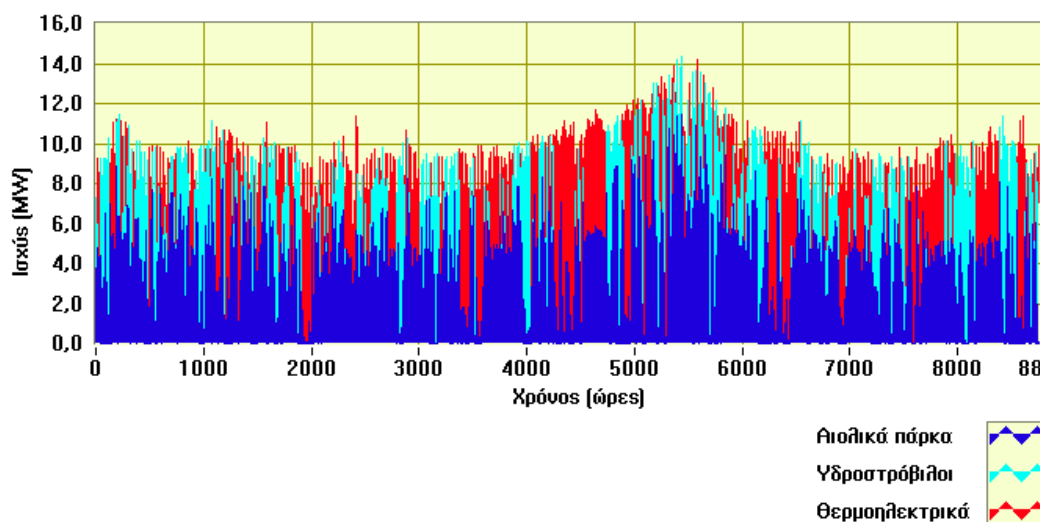
Σχήμα 18: Διάγραμμα ανάλυσης ευαισθησίας έντοκης περιόδου αποπληρωμής.





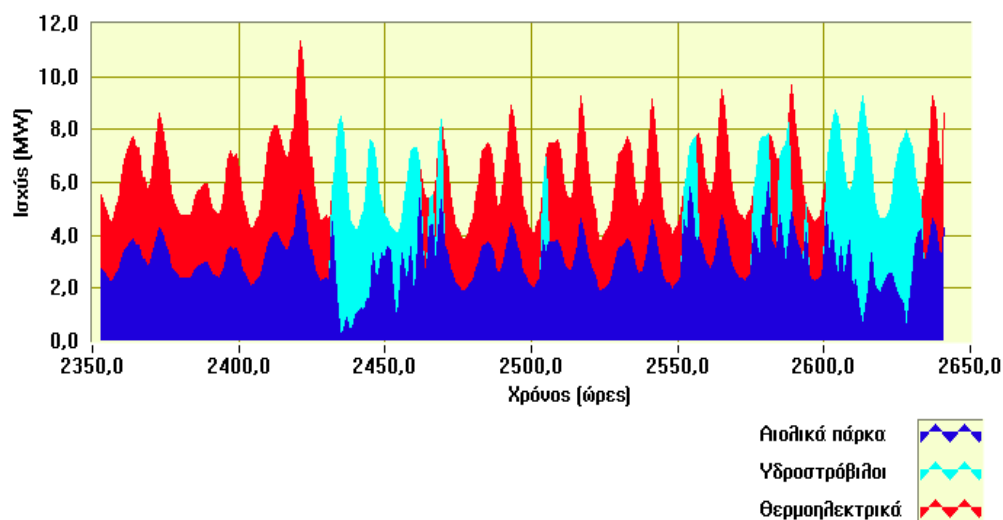
Σχήμα 19: Διάγραμμα ανάλυσης ευαισθησίας περιόδου αποπληρωμής.

Τέλος παρατίθενται τα παρακάτω διαγράμματα σύνθεσης παραγωγής. Στο σχήμα 20 παρουσιάζεται ετήσια σύνθεση παραγωγής ενώ στο σχήμα 21 παρουσιάζεται σύνθεση παραγωγής από 10-3-2006 έως 21-3-2006.



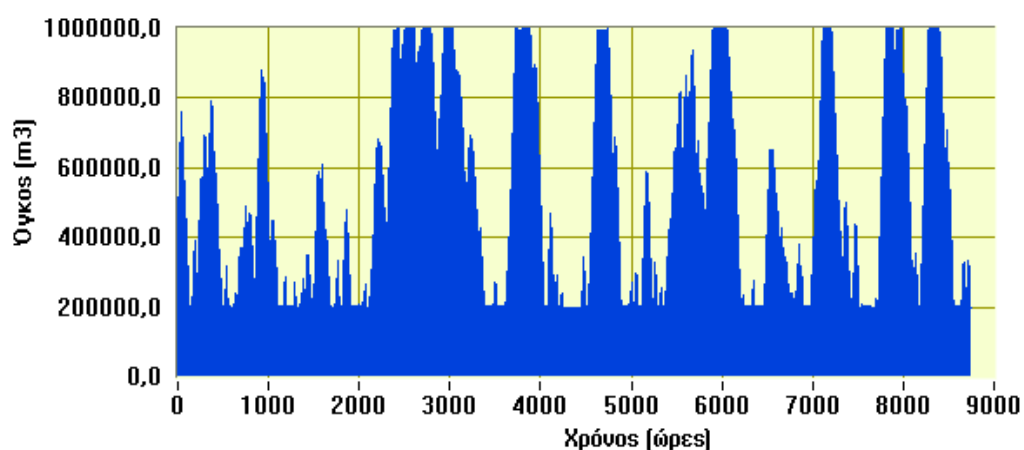
Σχήμα 20: Ετήσια σύνθεση παραγωγής.





Σχήμα 21: Σύνθεση παραγωγή από 10-3-2005 έως 21-3-2005.

Στο σχήμα 22 παρουσιάζεται η διακύμανση του αποθηκευμένου όγκου νερού στη δεξαμενή του αντλιοσταμειυτήρα.



Σχήμα 22: Διακύμανση αποθηκευμένου όγκου νερού στη δεξαμενή του αντλιοσταμειυτήρα.

4.2 Οικονομική αξιολόγηση συστήματος Αγίου Ευστρατίου

Το αρχικό κόστος της επένδυσης προσεγγίζεται με βάση τις παραδοχές του πίνακα 22.

| | |
|-------------------------------|----------|
| Κόστος αιολικού πάρκου (€/kW) | 1.000,00 |
| Κόστος υδροστρόβιλου (€/kW) | 500,00 |
| Κόστος αντλιών (€/kW) | 600,00 |



| | | |
|---|-----------------------------|------------------------|
| Κόστος δεξαμενής (€/m ³) | 5,00 | |
| Κόστος σωληνώσεων | Αγορά υλικού (€/kgr) | 0,80 |
| | Εκσκαφή (€/m ³) | 5,00 |
| | Εγκατάσταση | 15% του κόστους υλικού |
| Αγορά γης (€) | 50.000,00 | |
| Κόστος κατασκευής οικίσκων (€) | 500.000,00 | |
| Κόστος μονάδας ελέγχου (€) | 500.000,00 | |
| Δευτερέων ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός (€) | 500.000,00 | |
| Κόστος έργων υποδομής (€) | 500.000,00 | |
| Κόστος νέων δρόμων (€/km) | 100.000,00 | |
| Κόστος δικτύου σύνδεσης (€/km) | 100.000,00 | |
| Αμοιβές συμβούλων και μελετών (€) | 500.000,00 | |
| Διάφορα (€) | 500.000,00 | |
| Πίνακας 22: Προσέγγιση αρχικού κόστους προτεινόμενου έργου. | | |

Στο συγκεκριμένο έργο υποτέθηκε ότι θα χρειαστεί η διάνοιξη 5 km νέων δρόμων, ενώ το μήκος του νέου ηλεκτρικού δικτύου σύνδεσης του νέου σταθμού παραγωγής θα είναι 5 km.

Με βάση τις παραδοχές του πίνακα 22, υπολογίζεται τελικά το αρχικό κόστος της επένδυσης, το οποίο αναλύεται στον πίνακα 23.

| | |
|--|---------------------|
| Κόστος αιολικού πάρκου (€) | 850.000 |
| Κόστος υδροστροβίλου (€) | 250.000 |
| Κόστος αντλίας (€) | 600.000 |
| Κόστος δεξαμενών (€) | 1.000.000 |
| Κόστος σωληνώσεων | 414.145 |
| Αγορά γης (€) | 150.000 |
| Κόστος κατασκευής οικίσκων (€) | 400.000 |
| Κόστος μονάδας ελέγχου (€) | 50.000 |
| Δευτερέων ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός (€) | 500.000 |
| Κόστος έργων υποδομής (€) | 500.000 |
| Κόστος νέων δρόμων (€) | 500.000 |
| Κόστος δικτύου σύνδεσης (€) | 500.000 |
| Αμοιβές συμβούλων και μελετών (€) | 500.000 |
| Διάφορα (€) | 500.000 |
| Σύνολο (€) | 6.714.145,16 |
| Πίνακας 23: Ανάλυση αρχικού κόστους προτεινόμενου έργου. | |



Το αρχικό κόστος επένδυσης μαζί με το χρηματοδοτικό σχήμα του έργου παρουσιάζεται στον πίνακα 24.

| | (%) | (€) |
|---------------|--------|-----------|
| Αρχικό κόστος | 100,00 | 6.714.145 |
| Ίδια κεφάλαια | 30,00 | 2.014.243 |
| Επιχορήγηση | 50,00 | 3.357.072 |
| Δάνειο | 20,00 | 1.342.829 |

Πίνακας 24: Αρχικό κόστος και χρηματοδοτικό σχήμα έργου.

Το δάνειο υποτίθεται ότι λαμβάνεται με περίοδο αποπληρωμής 10 έτη και επιτόκιο 5,5%.

Τα ετήσια έσοδα της επένδυσης θα προκύπτουν από την πώληση της παραγόμενης ενέργειας. Εξαιτίας της πολύ μικρής κλίμακας του έργου, μετά από υπολογιστικές δοκιμές, εκτιμάται ότι προκειμένου να προκύψει αποπληρωμή του έργου σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα, είναι απαραίτητη η διαμόρφωση της τιμής πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας στο 1 €/kWh. Προφανώς κάτι τέτοιο δεν μπορεί να εφαρμοστεί στον περιορισμένο αριθμό των κατοίκων του Αγίου Ευστρατίου. Σε κάθε περίπτωση όμως, το ετήσιο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον προτεινόμενο σταθμό που υπολογίζεται στη συνέχεια είναι πολύ μικρότερο από αυτό του υφιστάμενου αυτόνομου σταθμού παραγωγής, οπότε, λαμβάνοντας ως δεδομένη τη ζημία του οποιουδήποτε επενδυτή, το ζητούμενο είναι ο δυνατός μεγαλύτερος περιορισμός της.

Στους υπολογισμούς που θα ακολουθήσουν θα ληφθεί η ανωτέρω αναφερόμενη τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας από τον προτεινόμενο σταθμό.

Τα ετήσια κόστη λειτουργίας του έργου υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη τις παραδοχές του πίνακα 25.

| | |
|-----------------------------|---|
| Δημοτικά τέλη | 3% επί των ακαθάριστων εσόδων του έργου |
| Συντήρηση αιολικού πάρκου | 20.000 €/MW αιολικού πάρκου |
| Συντήρηση αντλιοσταμειυτήρα | 300.000 € |
| Αποπληρωμή δανείου | 2.073.608 € |
| Ασφάλιση εξοπλισμού | 4‰ του αρχικού κόστους έργου |



| | |
|------------------------|---|
| Μισθοδοσία | 100.000 € |
| Διάφορα κόστη | 100.000 € |
| Αποσβέσεις | μέθοδος μειωμένου υπολοίπου με συντελεστή 0,25 |
| Επιτόκιο αναγωγής | 5% |
| Συντελεστής φορολογίας | 35% |

Πίνακας 25: Ετήσια κόστη λειτουργίας προτεινόμενου έργου.



Με βάση τις ανωτέρω παραδοχές υπολογίζονται τελικά οι ετήσιες χρηματοροές του έργου, οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 26.

| Έτος | Έσοδα | Δημοτικά τέλη | Συντήρηση | Δόση δανείου | Ασφάλιση | Μισθοδοσία | Διάφορα | Αποσβέσεις | Φόροι | Συνολικό κόστος | Κέρδη |
|------|-----------|---------------|-----------|--------------|----------|------------|---------|------------|---------|-----------------|---------|
| 1 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 178.150 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 503.561 | 0 | 754.397 | 325.292 |
| 2 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 178.150 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 377.671 | 0 | 754.397 | 325.292 |
| 3 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 178.150 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 283.253 | 14.714 | 769.111 | 310.578 |
| 4 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 178.150 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 212.440 | 39.498 | 793.896 | 285.794 |
| 5 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 178.150 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 159.330 | 58.087 | 812.484 | 267.205 |
| 6 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 178.150 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 119.497 | 72.028 | 826.425 | 253.264 |
| 7 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 178.150 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 89.623 | 82.484 | 836.882 | 242.808 |
| 8 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 178.150 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 67.217 | 90.326 | 844.724 | 234.966 |
| 9 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 178.150 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 50.413 | 96.208 | 850.605 | 229.084 |
| 10 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 178.150 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 151.239 | 60.919 | 815.316 | 264.373 |
| 11 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 0 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 0 | 176.205 | 752.452 | 327.237 |
| 12 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 0 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 0 | 176.205 | 752.452 | 327.237 |
| 13 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 0 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 0 | 176.205 | 752.452 | 327.237 |
| 14 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 0 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 0 | 176.205 | 752.452 | 327.237 |
| 15 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 0 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 0 | 176.205 | 752.452 | 327.237 |
| 16 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 0 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 0 | 176.205 | 752.452 | 327.237 |
| 17 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 0 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 0 | 176.205 | 752.452 | 327.237 |
| 18 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 0 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 0 | 176.205 | 752.452 | 327.237 |
| 19 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 0 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 0 | 176.205 | 752.452 | 327.237 |
| 20 | 1.079.689 | 32.391 | 317.000 | 0 | 26.857 | 100.000 | 100.000 | 0 | 176.205 | 752.452 | 327.237 |

Πίνακας 26: Ετήσιες χρηματοροές έργου.

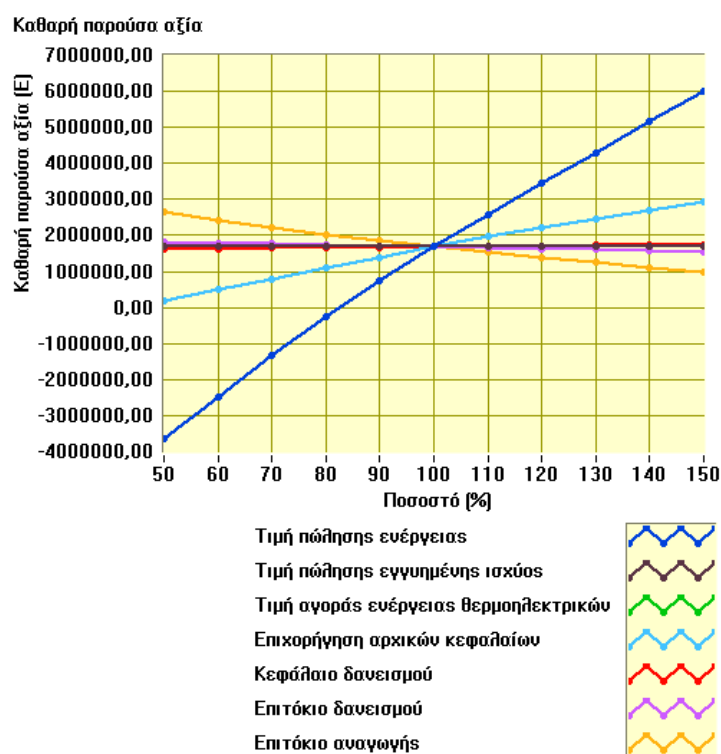


Οι οικονομικοί δείκτες του έργου παρουσιάζονται στον πίνακα 27. Οι οικονομικοί δείκτες αναφέρονται στα ίδια κεφάλαια του χρηματοδοτικού σχήματος.

| | |
|---------------------------------|-----------|
| Καθαρή παρούσα αξία (€) | 1.685.196 |
| Εσωτερικός βαθμός απόδοσης (%) | 13,45 |
| Έντοκη περίοδος αποπληρωμής | 9,17 |
| Περίοδος αποπληρωμής (έτη) | 7,02 |
| Ειδικό κόστος παραγωγής (€/KWh) | 0,7216 |

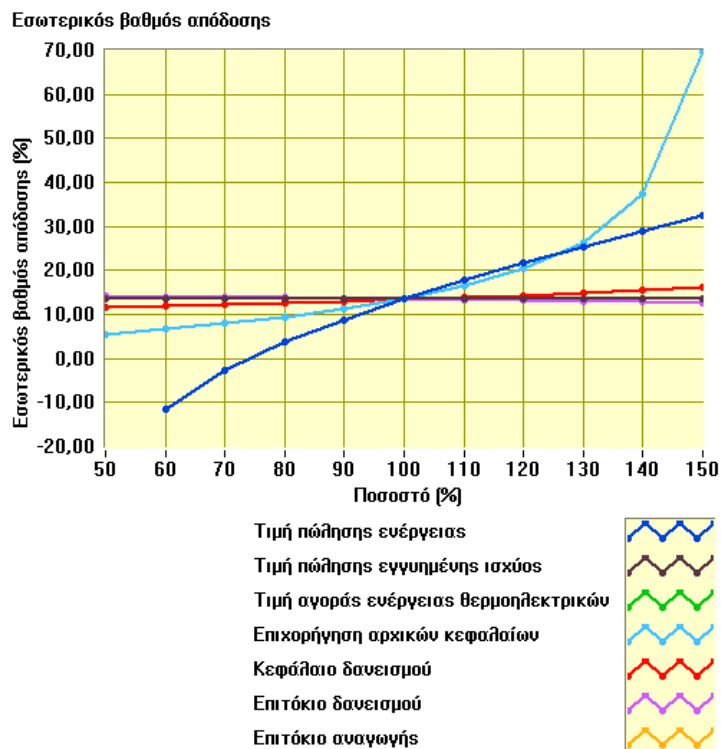
Πίνακας 27: Οικονομικοί δείκτες προτεινόμενου έργου.

Στα σχήματα 22 – 25 παρουσιάζονται διαγράμματα ανάλυσης ευαισθησίας. Τα διαγράμματα ανάλυσης ευαισθησίας αναφέρονται επίσης στα ίδια κεφάλαια του χρηματοδοτικού σχήματος.

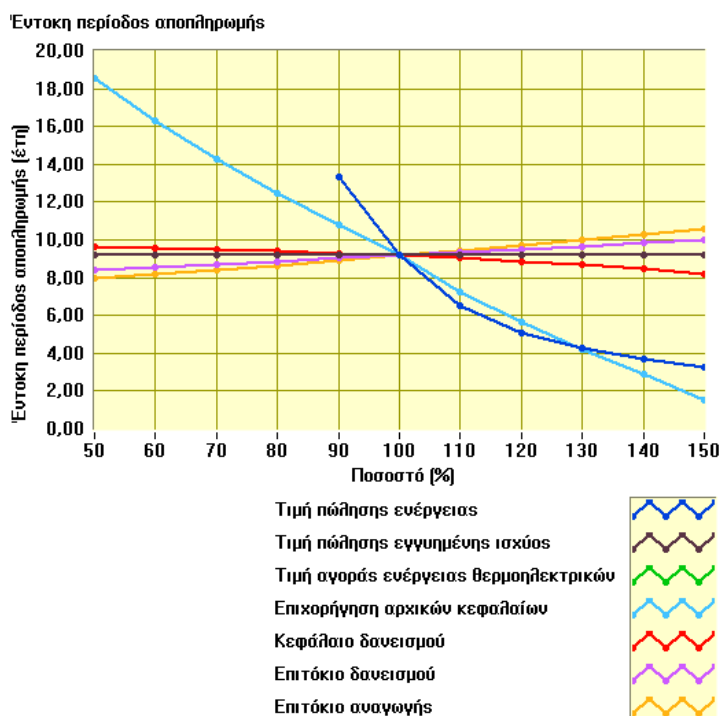


Σχήμα 22: Διάγραμμα ανάλυσης ευαισθησίας καθαρής παρούσας αξίας.



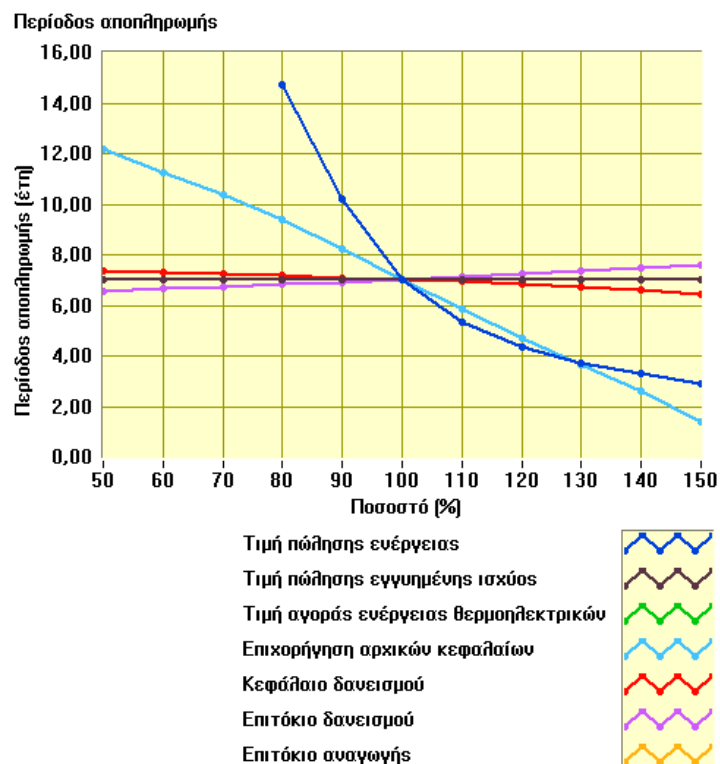


Σχήμα 23: Διάγραμμα ανάλυσης ευαισθησίας εσωτερικού βαθμού απόδοσης.



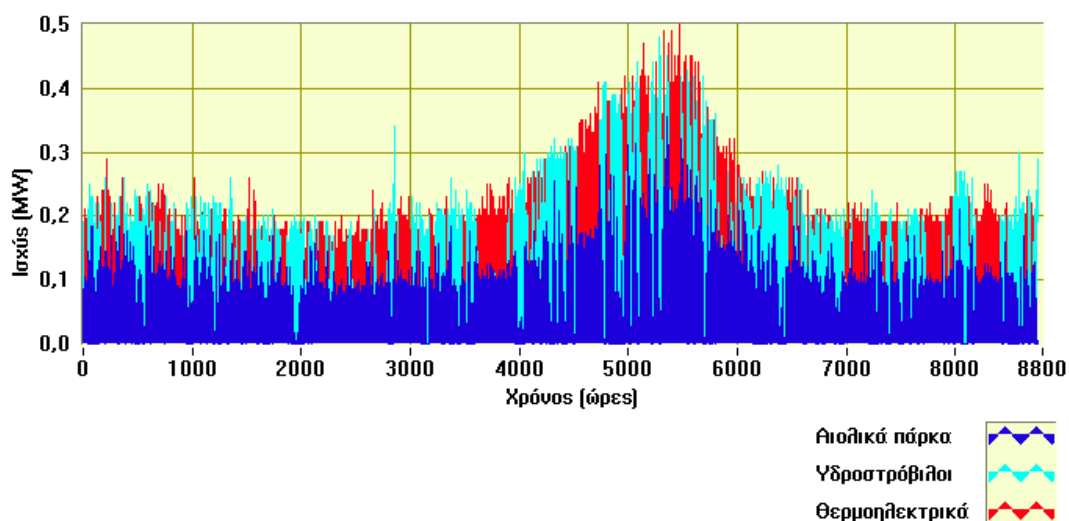
Σχήμα 24: Διάγραμμα ανάλυσης ευαισθησίας έντοκης περιόδου αποπληρωμής.





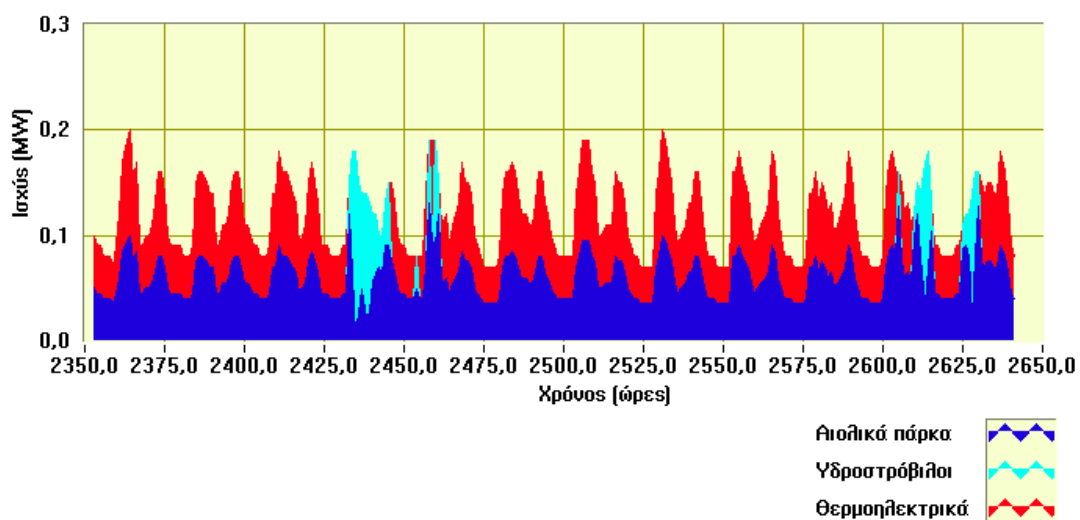
Σχήμα 25: Διάγραμμα ανάλυσης ευαισθησίας περιόδου αποπληρωμής.

Τέλος παρατίθενται τα παρακάτω διαγράμματα σύνθεσης παραγωγής. Στο σχήμα 26 παρουσιάζεται ετήσια σύνθεση παραγωγής ενώ στο σχήμα 27 παρουσιάζεται σύνθεση παραγωγής από 10-3-2006 έως 21-3-2006.



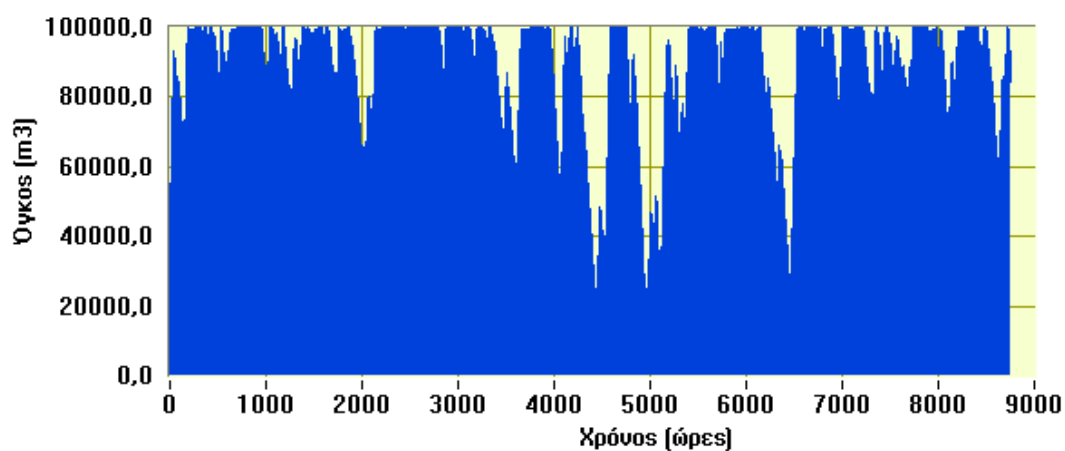
Σχήμα 26: Ετήσια σύνθεση παραγωγής.





Σχήμα 27: Σύνθεση παραγωγή από 10-3-2005 έως 21-3-2005.

Στο σχήμα 28 παρουσιάζεται η διακύμανση του αποθηκευμένου όγκου νερού στη δεξαμενή του αντλιοσταμειυτήρα.



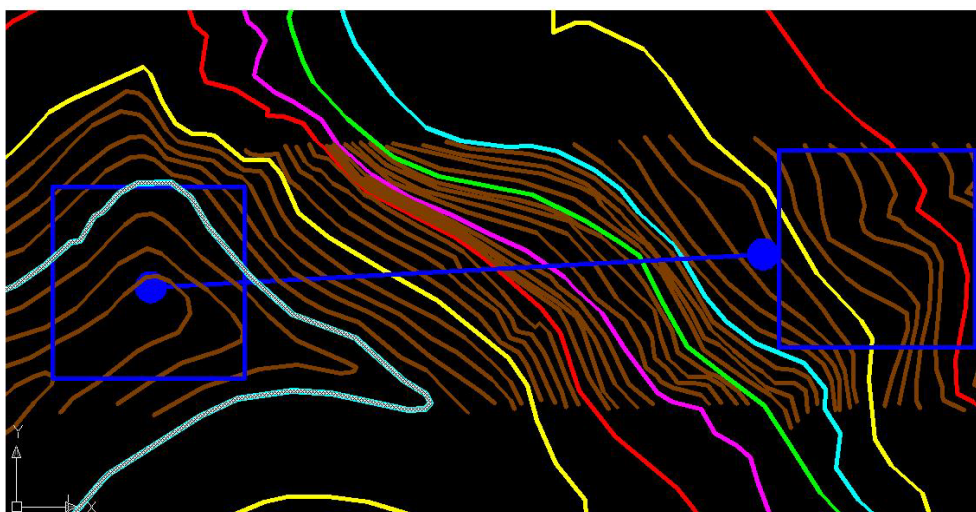
Σχήμα 28: Διακύμανση αποθηκευμένου όγκου νερού στη δεξαμενή του αντλιοσταμειυτήρα.



5 Παράρτημα

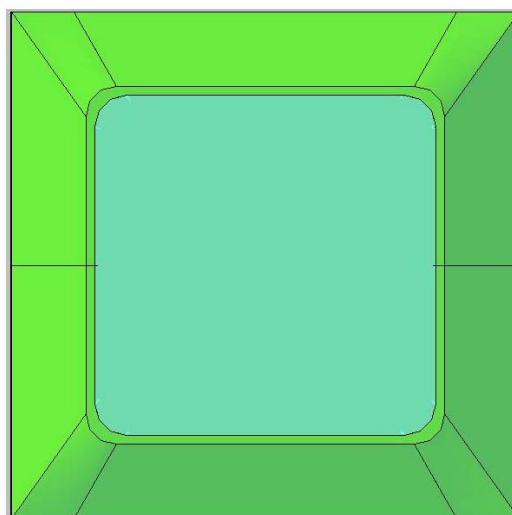
5.1 Σχεδιασμός Δεξαμενών

Παρακάτω ακολουθεί σχηματική παράσταση του σημείου χωροθέτησης των δεξαμενών στον άγιο Ευστράτιο.



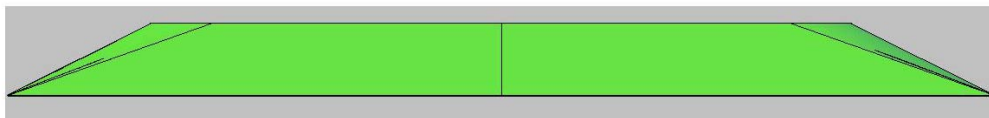
Εικόνα 25: Χωροθέτηση δεξαμενών Αγίου Ευστρατίου

Οι εικόνες που ακολουθούν προέρχονται από τον τρισδιάστατο σχεδιασμό των δεξαμενών του Αγίου Ευστρατίου.

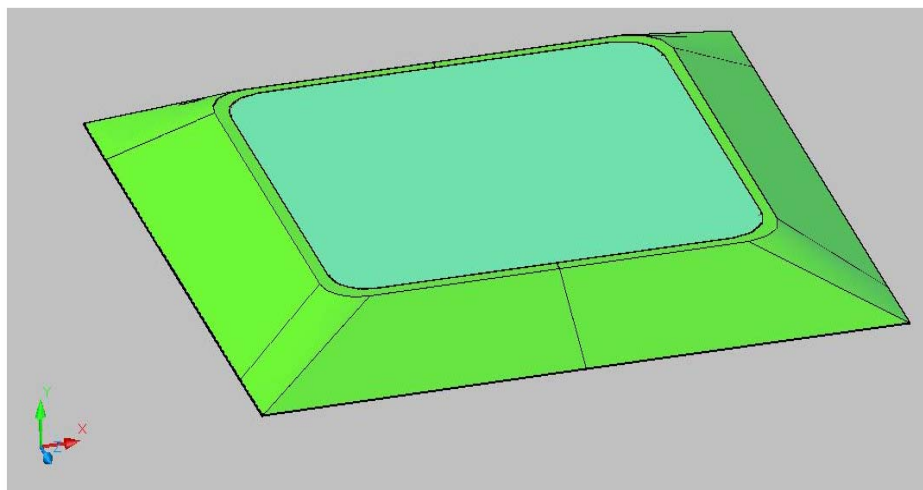


Εικόνα 26: Κάτοψη άνω δεξαμενής Αγίου Ευστρατίου

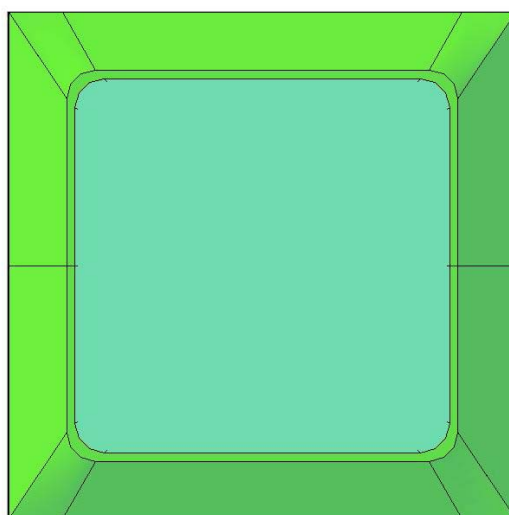




Εικόνα 27: Πλάγια όψη άνω δεξαμενής Αγίου Ευστρατίου

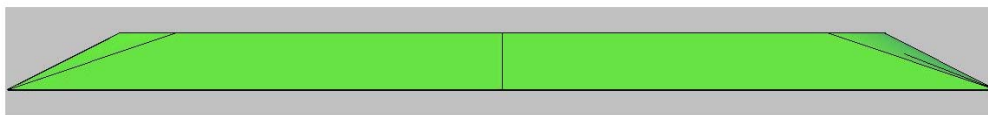


Εικόνα 28: Πανοραμική όψη άνω δεξαμενής Αγίου Ευστρατίου

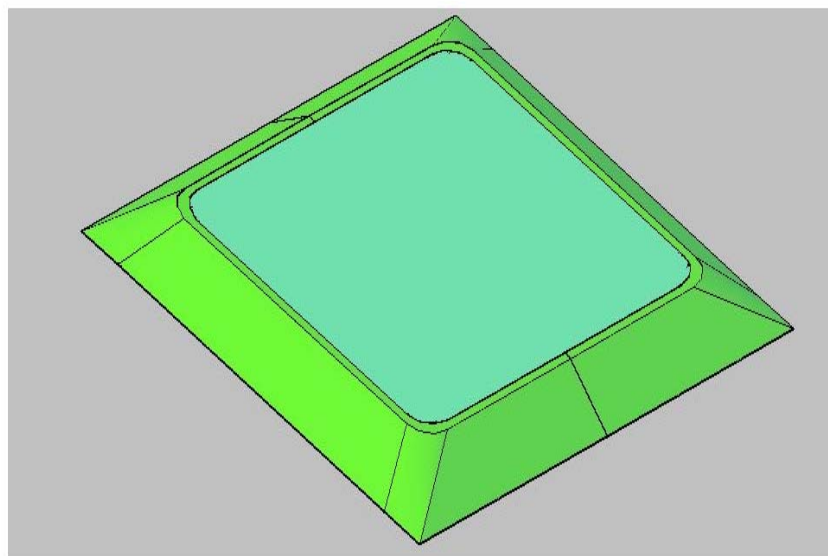


Εικόνα 29: Κάτοψη κάτω δεξαμενής Αγίου Ευστρατίου





Εικόνα 30: Πλάγια όψη άνω δεξαμενής Αγίου Ευστρατίου



Εικόνα 31: Πανοραμική όψη κάτω δεξαμενής Αγίου Ευστρατίου



Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα που πήραμε κατά την διάρκεια της εργασίας επιβεβαιώνουν την μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε αυτόνομα ενεργειακά συστήματα. Για την Λήμνο παρατηρούμε ότι τα αιολικά συμβάλλουν στο 35,94% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τα αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά 24,39% και οι θερμοηλεκτρικές μηχανές σε ποσοστό 39,67%. Το σύνολο της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. είναι 60,33% άρα οι θερμοηλεκτρικές μηχανές χρησιμοποιούνται ως εφεδρικές σε περιόδους νηνεμίας. Το αρχικό κόστος της επένδυσης είναι 44.657.376 € και έχουμε απόσβεση σε 7,02 χρόνια. Για το απομονωμένο σύστημα του Αγίου Ευστρατίου το ποσοστό συμμετοχής των αιολικών είναι 39,43%, του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού είναι 31,74% και παρατηρούμε ότι και σε αυτήν την περίπτωση η συμμετοχή των θερμοηλεκτρικών είναι σε ποσοστό 28,83% και χρησιμοποιούνται σε περιόδους άπνοιας (εφεδρικά), το συνολικό ποσοστό της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. είναι 71,17%. Το αρχικό κόστος του συστήματος του Αγίου Ευστρατίου είναι 6.714.145 € με απόσβεση στα 7,85 χρόνια.

Συμφώνα με τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι και οι δύο επενδύσεις είναι κερδοφόρες και οικονομικά βιώσιμες εάν και εφόσον τηρηθεί το παραπάνω οικονομικό σχεδιάγραμμα για το οποίο έχουμε πραγματοποιήσει τους υπολογισμούς μας. Επίσης από τέτοιου είδους έργα δημιουργούνται νέοι οικονομικοί πόροι και νέες θέσεις εργασίας για την τοπική κοινωνία βελτιώνοντας την οικονομική ανάπτυξη του τόπου.



Βιβλιογραφία

- [1]. **Ιωάννης Κλεάνθη Καλδέλλης**, *ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ*, Εκδόσεις ΑΘ. ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ, Αθήνα 2005
- [2]. **Γ. Μπεργελές**, *ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ*, Εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ, 2005
- [3]. **Ι. Ε. Φραγκιαδάκης**, *Φωτοβολταϊκά Συστήματα*, Εκδόσεις ΖΗΤΗ 2004
- [4]. **Ιωάννης Μ. Μαυρούδης**, *ΑΝΤΛΙΕΣ και Σωληνώσεις*, Εκδόσεις ΑΘ. ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ, Αθήνα 2000
- [5]. **Δημήτριος Αλ. Κατσαπρακάκης**, «Μεγιστοποίηση διείσδυσης αιολικών σε απομονωμένα ενεργειακά συστήματα», Διδακτορική διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα 2007
- [6]. **Χρήστος Π. Δουρίδας**, «ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΑ», Μεταπτυχιακό, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Αθήνα, Οκτώβριος 2006
- [7]. **Δ. Αλ. Κατσαπρακάκης, Δ. Γ. Χρηστάκης**, «Χρήση αντλησιοταμίευσης στο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής της Κρήτης», 3ο Εθνικό Συνέδριο, Η εφαρμογή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Προοπτικές και Προτεραιότητες προς τον στόχο του 2010, Αθήνα, 23-25 Φεβρουαρίου 2005
- [8]. **Δημήτρης Αλ. Κατσαπρακάκης, Γιώργος Χ. Μπέτζιος, Δημήτρης Γ. Χρηστάκης**, «Συνδυασμένη Διαχείριση Υδάτινου Δυναμικού και Αιολικής Ενέργειας στη Λέσβο»
- [9]. **Ιστοσελίδα Εργαστηρίου Αιολικής Ενέργειας & Συνθεσης Ενεργειακών Συστημάτων**, www.wel.teiher.gr
- [10]. **Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.)**, www.cres.gr
- [11]. **Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς**, <http://kpe-kastor.kas.sch.gr>
- [12]. **Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.)**, www.rae.gr
- [13]. **Βικιπαίδεια Ηλεκτρονική Εγκυκλοπαίδεια**, <http://en.wikipedia.org>
Vestas, www.vestas.com
- [14]. **Enercon GmbH**, www.enercon.de

