



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ
ΕΓΓΥΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 5
ΜW ΣΤΟ Σ.Η.Ε. ΚΡΗΤΗΣ**

Όνοματεπώνυμο Σπουδαστή: ΚΑΚΑΡΑΝΤΖΑΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

Αριθμός Μητρώου: ΜΤΜ 29

Επιβλέπων Καθηγητής: ΚΑΡΑΠΙΔΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

**Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ, 2016**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται σύγκριση δύο μεθόδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Στην πρώτη μέθοδο εξετάζουμε την περίπτωση που έχουμε αιολικά και αντλησιοταμίευση και στη δεύτερη μέθοδο φωτοβολταϊκό πάρκο και μπαταρίες.

Αρχικά στο Κεφάλαιο 1 γίνεται λόγος για τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΕ). Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), στην πολιτική τιμολόγησης τους καθώς και στην Ευρωπαϊκή και Εθνική νομοθεσία αλλά και στους στόχους που έχουν τεθεί. Έπειτα στο κεφάλαιο αναφέρουμε τους λόγους που επιβάλλουν την ανάπτυξη μεθόδων αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας, τις εφαρμογές των αποθηκευτικών διατάξεων σε ένα ΣΗΕ, αλλά και μία συνοπτική περιγραφή των μεθόδων αποθήκευσης.

Στο Κεφάλαιο 2 αρχικά αναφέρουμε τη είναι ένας υβριδικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής, και κάποιες βασικές έννοιες που αφορούν τους υβριδικούς σταθμούς. Στη συνέχεια αναφέρουμε την Εθνική Νομοθεσία για τους υβριδικούς σταθμούς, καθώς και τη διαχειριστική πολιτική των υβριδικών σταθμών. Τέλος στο κεφάλαιο αυτό αναφέρουμε κάποιους υβριδικούς σταθμούς στην Ελλάδα, καθώς και τα πλεονεκτήματα που έχουν τα υβριδικά συστήματα γενικότερα.

Στο Κεφάλαιο 3 κάνουμε αναφορά στην αντλησιοταμίευση, και στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής. Στη συνέχεια περιγράφουμε έναν υβριδικό σταθμό, τον ηλεκτρομηχανολογικό του εξοπλισμό, την εκκίνηση του, την κατάταξη του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού ανάλογα με τη σωλήνωση, τον βαθμό απόδοσής του κύκλου άντλησης – παραγωγής. Μετά γίνεται λόγος στο αιολικό πάρκο, στα γενικά στοιχεία του έργου και στις τεχνικές προδιαγραφές της ανεμογεννήτριας την οποία επιλέξαμε. Τέλος στο κεφάλαιο αυτό συμπεριλαμβάνεται και η διαστασιολόγηση του υβριδικού σταθμού με αντλησιοταμίευση και τα αποτελέσματα αυτής.

Στο Κεφάλαιο 4 εξετάζουμε το υβριδικό σύστημα με φωτοβολταϊκά και μπαταρίες. Αρχικά αναφέρουμε τα χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πλαισίων, τον βαθμό απόδοσής τους, και τον συντελεστή πλήρωσης. Στη συνέχεια γίνεται εκτενής λόγος στην απόδοση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης καθώς και στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Μετά αναφέρουμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά του φωτοβολταϊκού πάρκου που σχεδιάσαμε. Δηλαδή τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που επιλέξαμε, τη βελτίωση ενεργειακής απόδοσης, τους inverter, τη χωροθέτηση του συστήματος, το σύστημα στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων, τις καλωδιώσεις καθώς και τις μπαταρίες. Τέλος στο κεφάλαιο αυτό συμπεριλαμβάνεται και η διαστασιολόγηση του υβριδικού σταθμού με φωτοβολταϊκά και μπαταρίες και τα αποτελέσματα αυτής.

Στο τέλος της εργασίας γίνεται μια σύγκριση των δυο μεθόδων που αναλύθηκαν παραπάνω και βγαίνει ένα συμπέρασμα για το ποια μέθοδος είναι γενικότερα η καλύτερη λύση.

SUMMARY

This thesis compares two electric power storage methods. In the first method we consider the case where we have wind park and pumped storage and in the second method, the photovoltaic park and batteries.

In the first Chapter, we present the electricity systems. Then we refer to renewable energy sources (RES), their pricing policy, the European and national legislation and their objectives as well. Then we proceed to the reasons that impose the development of electric power storage methods, applications of storage devices in an electricity system, and a brief description of the storage methods.

The second Chapter 2 describes a hybrid power plant, and some basic concepts related to the hybrid plants. Then the National Legislation for hybrid stations follows as well as the management policy of hybrid plants. Finally, in this chapter we mention some hybrid plants in Greece, and the advantages of having hybrid systems in general.

The third Chapter analyzes the pumped storage, and the advantages and disadvantages of this method. Then we describe a hybrid station, the electromechanical equipment, its startup, ranking the reversible hydroelectric depending on the tubing and the degree of efficiency of the pumping cycle - production. Then they are presented the wind park, the general data of the project and technical specifications of the wind turbine which we chose. Finally, this chapter includes the design of the hybrid station with pumped storage and its results.

In the fourth Chapter, we examine the hybrid system with solar panels and batteries. Firstly, we mention the characteristics of photovoltaic modules, their degree of efficiency, and the filling factor. Then, an extensive ground is given in performance of the PV system and the advantages and disadvantages of photovoltaic systems. We continue to the technical characteristics of the photovoltaic park, we planned; the solar panels, the improvement of energy efficiency, the inverter, the positioning system, the PV modules support system, the wiring and the batteries. Finally this chapter includes the dimensioning of the hybrid power plant with solar panels and batteries, and its results.

At the end of the thesis, there is a comparison of the two methods outlined above and conclusion about the method considered the best solution.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Καραπιδάκη Εμμανουήλ για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε στην ανάθεση αυτής της τόσο ενδιαφέρουσας διπλωματικής εργασίας αλλά και για όλη τη βοήθεια και την καθοδήγηση που μου πρόσφερε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω πάνω από όλα την οικογένεια μου, για την ηθική και οικονομική στήριξη που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου και που με στηρίζουν σε κάθε μου βήμα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΙΨΗ	2
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
1.1.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	8
1.2. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	9
1.2.1 ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗΣ «feed-in tariff».....	12
1.2.2 ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΚΟΙΝΟΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΙΣ Α.Π.Ε. – ΣΤΟΧΟΙ	13
1.2.3. ΕΘΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	15
1.3.ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ..	16
1.3.1.ΜΕΡΙΚΟΙ ΛΟΓΟΙ ΠΟΥ ΕΠΙΒΑΛΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ.....	16
1.3.2.ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΣΗΕ.....	18
1.3.3.ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
2.1.ΥΒΡΙΔΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	22
2.2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ.....	22
2.3. ΕΘΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ.....	26
2.4. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ.....	33
2.5. ΥΒΡΙΔΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	35
2.6. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗ	
3.1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗ.....	38
3.1.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΟΥ.....	38
3.1.3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ.....	39
3.1.4. ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	42
3.1.5.ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΣΤΟΥΣ ΑΝΑΣΤΡΕΨΙΜΟΥΣ ΥΗΣ.....	44
3.1.6. ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΑΝΑΣΤΡΕΨΙΜΩΝ ΥΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΣΩΛΗΝΩΣΗ.....	46
3.1.7. ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΑΝΤΛΗΣΗΣ – ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	48
3.2. ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ.....	50
3.2.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ.....	50
3.2.2. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ Α/Γ VESTAS V90-2.0MW.....	51
3.2.3 ΔΡΟΜΕΑΣ – ΠΤΕΡΥΓΙΑ.....	52
3.2.4. ΈΛΕΓΧΟΣ ΙΣΧΥΟΣ - ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ – ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ.....	53
3.2.5. ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΔΗΣΗΣ - ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ.....	53
3.2.6. ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΩΣΗΣ.....	54
3.2.7. ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ – ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣΜΟΣ.....	55
3.2.8. ΠΥΡΓΟΣ – ΚΛΩΒΟΣ.....	55
3.2.9. ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΤΥΠΟΥ.....	56
3.3. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΜΕ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗ.....	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 :ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΚΑΙ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ.....	69
4.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ.....	69
4.1.1. ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΟΥ.....	69
4.1.2.ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΛΗΡΩΣΗΣ (Fill Factor, FF).....	69
4.2. ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΔΟΣΗΣ Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	70
4.2.1. ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	70
4.2.2. ΠΩΣ ΥΠΟΛΟΓΙΖΕΤΑΙ ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	71
4.2.3. ΠΟΙΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	71
4.3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	73

4.4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΛΑΒΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ.....	74
4.5. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ.....	75
4.5.1. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ.....	75
4.5.2. ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	78
4.6. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ INVERTER.....	79
4.7. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	82
4.8. ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΦΒ ΠΛΑΙΣΙΩΝ.....	84
4.9. ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΙΣ.....	85
4.10. ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ.....	87
4.11. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΚΑΙ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ.....	89
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΧΟΛΙΑ.....	100
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	101

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες, και ειδικά τα τελευταία πέντε περίπου χρόνια, εμφανίζονται ως μείζονα θέματα, η κάλυψη της συνεχώς αυξανόμενης ενεργειακής ζήτησης, και οι επιπτώσεις της ενεργειακής δραστηριότητας στο περιβάλλον.

Τον προηγούμενο αιώνα, η παραγωγή ενέργειας βασίστηκε στην καύση ορυκτών καυσίμων λόγω του αρκετά χαμηλού κόστους τους. Όμως, η ανεξέλεγκτη άντληση τους, έχει οδηγήσει σήμερα, σε μια επικείμενη εξάντληση των αποθεμάτων. Ίσως το πιο σημαντικό μειονέκτημα των συμβατικών πηγών ενέργειας είναι οι επιπτώσεις που έχει στο περιβάλλον η εκμετάλλευση και η χρήση τους. Πλέον, η αυξανόμενη μόλυνση του περιβάλλοντος επηρεάζει τη ζωή κάθε ανθρώπου. Γεγονότα σε παγκόσμιο επίπεδο όπως, η αύξηση της θερμοκρασίας, η μείωση των βροχοπτώσεων, η μείωση των υδάτινων αποθεμάτων, τα μη αναμενόμενα καιρικά φαινόμενα, αποτελούν τα ορατά αποτελέσματα της ενεργειακής δραστηριότητας και φιλοσοφίας του προηγούμενων χρόνων. Είναι κατανοητό, λοιπόν, ότι πρέπει να ενισχυθούν άλλες, αναξιοποίητες μέχρι σήμερα, λύσεις για την παραγωγή ενέργειας, αφού μια μείωση της ζήτησης κρίνεται απίθανη λόγω του νέου τρόπου ζωής των ανθρώπων. Επιπλέον, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στον αντίκτυπο που έχει η εκμετάλλευση κάθε πηγής ενέργειας στο περιβάλλον. Ακόμα, η βελτίωση των υπάρχουσών εγκαταστάσεων και η δημιουργία περιβαλλοντικής πολιτικής κρίνεται αναγκαία.

Το 2005 τέθηκε σε ισχύ το Πρωτόκολλο του Κιότο, επτά χρόνια μετά την αρχική συμφωνία, με στόχο την καταπολέμηση της υπερθέρμανσης του πλανήτη μέσω της μείωσης των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου. Το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο έχει πλέον την υποστήριξη 141 χωρών και είναι νόμιμα δεσμευτικό, προβλέπει ότι μέχρι το 2012 η παγκόσμια εκπομπή των αερίων του θερμοκηπίου, με κυριότερο το CO₂, θα έχει μειωθεί κατά 5.2% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Η Ευρωπαϊκή Ένωση στο σύνολό της υποχρεώνεται από το Πρωτόκολλο του Κιότο να μειώσει τις εκπομπές κατά 8% συνολικά. Στα πλαίσια του πρωτοκόλλου και με βάση τις εσωτερικές συμφωνίες σε επίπεδο ΕΕ, η Ελλάδα έχει δεσμευθεί σε επίπεδο εσωτερικής συμφωνίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ότι οι συγκεκριμένες εκπομπές που ευθύνονται για τις κλιματικές αλλαγές, εντός της ελληνικής επικράτειας, δεν θα αυξηθούν περισσότερο από 25% ως το 2010, σε σχέση με τις εκπομπές του έτους βάσης που είναι το 1990.

Η απαίτηση για όσο το δυνατόν μεγαλύτερη, απεξάρτηση από τις συμβατικές πηγές ενέργειας, αλλά και η προσπάθεια για μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος, οδηγούν στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε) που δίνουν σε μεγάλο βαθμό λύση στα παραπάνω θέματα. Πηγές ενέργειας όπως η αιολική, η ηλιακή και η υδάτινη χαρακτηρίζονται ως ανανεώσιμες αφού ανανεώνονται συνεχώς και είναι άμεσα εκμεταλλεύσιμες από τον άνθρωπο.

Οι Α.Π.Ε έχοντας ξεπεράσει τα μειονεκτήματα του παρελθόντος, κρίνονται πλέον ανταγωνιστικές για την παραγωγή ενέργειας. Η μαζικότερη παραγωγή, και εκτεταμένη έρευνα στο χώρο, έχουν οδηγήσει σε μείωση του κόστους παραγωγής και αύξηση της απόδοσης των συστημάτων. Η τάση για εφαρμογή πειραματικών μελετών τεχνολογιών Α.Π.Ε. , θα συμβάλλουν στην απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, θα συνεισφέρουν στην ενεργειακή αυτάρκεια και ανάπτυξη απομονωμένων μέχρι σήμερα περιοχών. Τέλος, θα δημιουργηθούν νέες θέσεις εργασίας και το σημαντικότερο θα αντικατασταθούν οι ρυπογόνοι τρόποι παραγωγής ενέργειας, με φιλικά προς το περιβάλλον συστήματα.^[1]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από την μετατροπή κάποιας άλλης μορφής ενέργειας πρώτα σε μηχανική μέσω των κινητήριων μηχανών (π.χ. στροβίλων) και στην συνέχεια σε ηλεκτρική μέσω των γεννητριών. Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΕ) είναι το σύνολο των εγκαταστάσεων και των μέσων που χρησιμοποιούνται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε εξυπηρετούμενες περιοχές κατανάλωσης. Τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας από απόψεως εκτάσεως μπορούν να διακριθούν σε “Εθνικά Συστήματα”, “Περιφερειακά Συστήματα” και “Ιδιωτικά Συστήματα” εφ’ όσον αντίστοιχα καλύπτουν το σύνολο μιας χώρας, το σύνολο μιας γεωγραφικής περιοχής ή τις ανάγκες μεμονωμένου ιδιωτικού συγκροτήματος. Βασικές προϋποθέσεις καλής λειτουργίας ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας είναι να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια οπουδήποτε υπάρχει ζήτηση με το ελάχιστο δυνατό κόστος και τις ελάχιστες οικολογικές επιπτώσεις, εξασφαλίζοντας σταθερή συχνότητα, σταθερή τάση και υψηλή αξιοπιστία τροφοδότησης.

Παρά τις διαφορές στο μέγεθος, κυρίως, των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, υπάρχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, η πλειοψηφία των ΣΗΕ είναι τριφασικά εναλλασσόμενου ρεύματος και συχνότητας 50 ή 60 Hz (για τα ελληνικά και γενικότερα τα ευρωπαϊκά είναι 50 Hz), σε εξαιρετικές, όμως περιπτώσεις είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί και συνεχές ρεύμα στη μεταφορά. Η τάση των ζυγών του συστήματος παραμένει σταθερή στην κανονική λειτουργία. Οι γραμμές μεταφοράς και οι γραμμές διανομής μέσης τάσης έχουν τρεις αγωγούς φάσεων, ενώ οι γραμμές διανομής χαμηλής τάσης έχουν επιπλέον ένα ουδέτερο αγωγό.

Σε ένα ΣΗΕ υπάρχουν τρεις (3) ξεχωριστές λειτουργίες που αποσκοπούν στην τροφοδότηση των καταναλωτών: την παραγωγή, την μεταφορά και την διανομή ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται στους σταθμούς παραγωγής, όπου παράγεται το ηλεκτρικό ρεύμα και μεταφέρεται με υψηλή τάση μέσω των υποσταθμών ανυψώσεως της τάσεως. Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας συνίσταται κυρίως στην μετατροπή της θερμικής ενέργειας των ορυκτών καυσίμων (άνθρακα, πετρελαίου, φυσικού αερίου), της μηχανικής ενέργειας των υδάτινων πόρων και υδατοπτώσεων και της πυρηνικής ενέργειας από την πυρηνική σχάση (ουράνιο, θόριο, πλουτόνιο) σε ηλεκτρική ενέργεια. Τα τελευταία χρόνια γίνεται επίσης όλο πιο έντονη η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από σταθμούς ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως ο άνεμος (αιολική), η ηλιακή ενέργεια, η γεωθερμία και η βιομάζα. Από τους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς, οι ατμοηλεκτρικοί και οι πυρηνικοί χρησιμοποιούν τον ατμό ως μέσον για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας μέσω αμμοστροβίλων (εξωτερική καύση). Αντίθετα, οι πετρελαϊκοί σταθμοί παραγωγής χρησιμοποιούν μηχανές εσωτερικής καύσης, οι οποίες είναι είτε αεριοστροβίλοι είτε εμβολοφόρες Ντιζελογεννήτριες (Ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη – ΗΖ).

Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται σε μεγάλες ποσότητες από τα εργοστάσια παραγωγής προς τις περιοχές κατανάλωσης μέσω των γραμμών υψηλής και υπερυψηλής τάσης, οι οποίες μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια στους αντίστοιχους υποσταθμούς υποβιβασμού της τάσεως σε μέση τάση προς τροφοδότηση των δικτύων διανομής. Τα δίκτυα διανομής τροφοδοτούν με ηλεκτρική ενέργεια τους καταναλωτές με γραμμές μέσης και χαμηλής τάσης 380/220V. Σημειώνεται ότι η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιείται σε υψηλές τάσεις, διότι συνεπάγεται σημαντικά μικρότερες ηλεκτρικές απώλειες και επομένως πιο οικονομική λειτουργία.

Αναλόγως τώρα με το αν υπάρχει δυνατότητα διασύνδεσής του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγαλύτερο δίκτυο, το σύστημα αυτό μπορεί να είναι είτε διασυνδεδεμένο είτε αυτόνομο. Ένα σύστημα παραγωγής και μεταφοράς μπορεί να λειτουργεί λοιπόν μεμονωμένο ή διασυνδεδεμένο με ένα ή περισσότερα άλλα γειτονικά

συστήματα. Ο λόγος που επιδιώκεται όπου είναι εφικτό από τεχνοοικονομικής απόψεως να υπάρχει διασύνδεση είναι γιατί αυτό εξασφαλίζει σταθερότητα στην τάση και τη συχνότητα του δικτύου.

Σε περιπτώσεις που δεν είναι εφικτή η διασύνδεση, το δίκτυο καλείται να λειτουργεί αυτόνομα. Τέτοια συστήματα συναντώνται ευρέως σε ελληνικά νησιά, όπου δεν υπάρχει η δυνατότητα διασύνδεσης στο Εθνικό δίκτυο. Τα αυτόνομα συστήματα είναι πιο επιρρεπή σε απότομες μεταβολές του φορτίου και οι επιμέρους διατάξεις τους πρέπει να ανταποκρίνονται αποτελεσματικά σε αυτές. Επίσης, δεν υπάρχει η δυνατότητα κατανομής του φορτίου που συναντάται στο διασυνδεδεμένο σύστημα, και έτσι, κάθε σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση αυτόνομα να αντιμετωπίζει τις όποιες δυσκολίες κάλυψης αναγκών. [2,3,4,22]

1.2. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, γαιάνθρακες, φυσικό αέριο) δεν είναι ανανεώσιμα, αλλά αναλώσιμα. Παράλληλα, η καύση των ορυκτών καυσίμων έχει αποτέλεσμα την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα και συνακόλουθα τη μεταβολή της σύνθεσης της ατμόσφαιρας και του κλίματος. Από την άλλη πλευρά με το εντεινόμενο καταναλωτικό μοντέλο που οι ανεπτυγμένες χώρες ακολουθούν, χρόνο με το χρόνο η κατανάλωση ενέργειας αυξάνει εκθετικά .

Μέχρι σήμερα η παραγωγή και κατανάλωση πετρελαίου αυξάνει οπότε αναπότρεπτα σε μερικά χρόνια θα φτάσουμε στην κατάσταση που έχει ονομαστεί «πετρελαϊκή αιχμή», μετά την οποία η παραγωγή θα φθίνει με το χρόνο. Ορισμένοι την τοποθετούν στο τέλος της τρέχουσας δεκαετίας αλλά και με την πιο αισιόδοξη εκδοχή δεν μπορεί να τοποθετηθεί πέρα από τα μέσα του αιώνα. Ας σημειωθεί ότι η ιδέα της πετρελαϊκής αιχμής έχει εισαχθεί στα μέσα του εικοστού αιώνα από τον Hubbert (1956), ο οποίος πρόβλεψε με ακρίβεια την αιχμή που συνέβη στις ΗΠΑ το 1970, ενώ διατύπωσε την πρόβλεψη ότι η αιχμή σε παγκόσμιο επίπεδο θα σημειωνόταν μετά από 50 χρόνια (το 2006). Σύμφωνα με την υπόθεση συμμετρίας του Hubbert, η αιχμή σημειώνεται όταν έχει καταναλωθεί το μισό των αποθεμάτων πετρελαίου. Η εκμετάλλευση του δεύτερου μισού θα είναι πιο ακριβή (αφού ήδη εξαντλούνται τα πλέον πρόσφορα οικονομικώς αποθέματα) και θα κυριαρχείται από έλλειμμα προσφοράς.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Αμερικανού Υπουργείου Ενέργειας (Department of Energy), ο μέσος ρυθμός με τον οποίο παράγεται και καταναλώνεται ενέργεια σε παγκόσμιο επίπεδο προβλέπεται να φτάσει τα 25-30 TW το 2050 και τα 40-50 TW το 2100. Παίρνοντας υπόψη τη διαθεσιμότητα καυσίμων στο μέλλον, έχει εκτιμηθεί ότι θα υπάρχει ενεργειακό έλλειμμα 14 TW το 2050 (μεγαλύτερο του σημερινού συνολικού ρυθμού παραγωγής) και 33 TW το 2100. Βεβαίως τα ελλείμματα αυτά είναι εικονικά και στην πραγματικότητα η κατανάλωση ενέργειας δεν μπορεί παρά να προσαρμοστεί στη διαθεσιμότητα/παραγωγή. Ωστόσο, οι αριθμοί αυτοί είναι χαρακτηριστικοί του μεγέθους του προβλήματος και σηματοδοτούν την ανάγκη αλλαγής του σημερινού μοντέλου ζωής αλλά και ειδικότερα του ενεργειακού τοπίου.

Δύο είναι άξονες δράσεων και αλλαγών που μπορούν να οδηγήσουν σε βιώσιμη διαχείριση ενέργειας στο μέλλον :

- η υποκατάσταση μορφών ενέργειας βασισμένων στα ορυκτά καύσιμα με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και
- η εξοικονόμηση ενέργειας.

Οι βασικότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι οι ακόλουθες :

- Η αιολική ενέργεια, η οποία αξιοποιείται μέσω των ανεμογεννητριών μετατρέποντας την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική.
- Η ηλιακή ενέργεια, η οποία αξιοποιείται μέσω των φωτοβολταϊκών, μετατρέποντας την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική και πιο σπάνια μέσω των ηλιακών συλλεκτών με τη συγκέντρωση υψηλών θερμοκρασιών και εν τέλει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Τα μικρά υδροηλεκτρικά, τα οποία εκμεταλλεύονται τα υδάτινα ρεύματα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, για τα οποία δεν απαιτούνται μεγάλα έργα αποθήκευσης.
- Η γεωθερμική ενέργεια η οποία αναφέρεται στην θερμότητα του εδάφους της γης και αξιοποιείται με κατάλληλες διατάξεις, όταν υπάρχουν συγκεκριμένες γεωλογικές συνθήκες
- Τα βιοκαύσιμα, από τα οποία κυρίως μπορούν με ειδική κατεργασία να εξαχθούν καύσιμα.
- Η ενέργεια των θαλασσίων κυμάτων, της οποίας η αξιοποίηση βρίσκεται, ακόμη, σε φάση έρευνας ώστε να μετατρέπεται η κινητική τους ενέργεια σε ηλεκτρική.

Τα τελευταία χρόνια γίνεται όλο και περισσότερο κοινή συνείδηση η ανάγκη αποδοτικότερης χρησιμοποίησης των πηγών ενέργειας γενικά, ειδικότερα δε η κατά τον δυνατόν μεγαλύτερη αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Αυτό επιβάλλεται όχι μόνον από το πεπερασμένο των συμβατικών πηγών ενέργειας αλλά και από την ανάγκη περιορισμού των δυσμενών επιπτώσεων από την χρήση τους στο περιβάλλον.

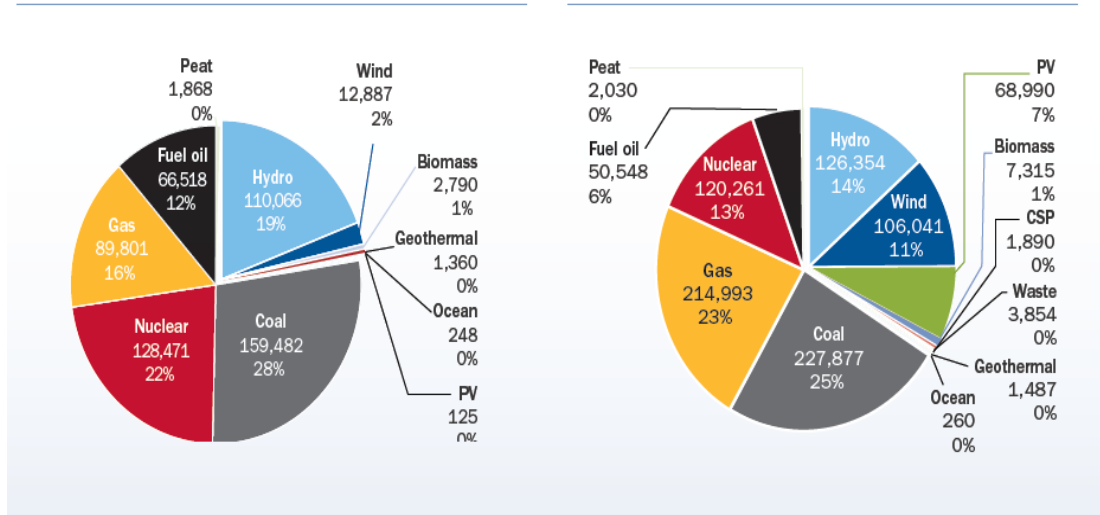
Κατά τα τελευταία 30 χρόνια οι τεχνολογικά ανεπτυγμένες χώρες καταβάλλουν προσπάθειες προσαρμογής προς τα νέα αυτά δεδομένα, με την λήψη κατάλληλων νομοθετικών μέτρων και ενημέρωση των πολιτών καθώς και την ανάπτυξη της τεχνολογίας των ΑΠΕ κατά τρόπον ώστε το κόστος τους να είναι συγκρίσιμο με αυτό των συμβατικών πηγών ενέργειας .

Την περίοδο 2000-2012, η εγκατεστημένη ισχύς από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρουσίασε μεγάλη αύξηση, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Πιο συγκεκριμένα, η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη αυξήθηκε από 22.5% σε 33.9% (συμπεριλαμβανομένου και των μεγάλων υδροηλεκτρικών).

[5,6,7,22]

EU POWER MIX 2000

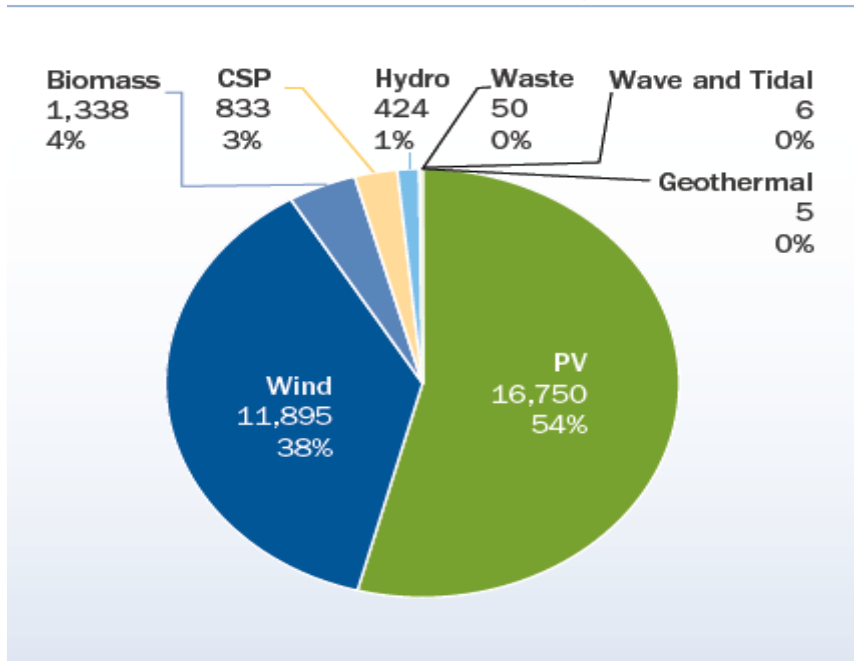
EU POWER MIX 2012



Σχήμα 1.: Εγκατεστημένη ισχύς στην Ευρώπη για τα έτη 2000,2012 [7].

Συγκεκριμένα για το έτος 2012, 31 GW ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (κυρίως αιολικά και φωτοβολταϊκά) εγκαταστάθηκαν στην Ευρώπη με βάση το Σχήμα 2.

2012 SHARE OF NEW RENEWABLE POWER CAPACITY INSTALLATIONS IN MW. TOTAL 30,968 MW



Σχήμα 2: Εγκατεστημένη ισχύς στην Ευρώπη από ΑΠΕ για το έτος 2012 [7].

1.2.1 ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗΣ «feed-in tariff»

Η εφαρμογή των «ειδικών τιμολογίων τροφοδοσίας του δικτύου με την παραγόμενη ανανεώσιμη ενέργεια» ή αλλιώς των διεθνώς γνωστών feed-in-tariffs ή Renewable Energy Payments (REP), αποσκοπεί στην προμοδότηση των επενδύσεων σε έργα ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε.. Πρόκειται για μια πολιτική, η οποία συνίσταται στην δημιουργία μακροπρόθεσμων συμβολαίων παραγωγής και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε., ικανών να διασφαλίζουν την οικονομική αποτελεσματικότητα τέτοιων επενδύσεων.

Τα ειδικά τιμολόγια που προβλέπονται για την πώληση της παραγόμενης ενέργειας, τυπικά, βασίζονται στις ανάγκες της κάθε χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας, στο μέγεθος των διαφόρων έργων καθώς και στην περιοχή εγκατάστασής τους, και στη διασφάλιση της ποιότητας του χρησιμοποιούμενου ενεργειακού πόρου (Cory et al., 2009). Πρωταρχικός στόχος της εφαρμογής της εν λόγω πολιτικής, είναι η άμεση ανάκτηση του αρχικού κόστους υλοποίησης, από τον επενδυτή. Γι αυτό και οι τιμές πώλησης της καλούμενης «πράσινης ενέργειας» στο Διαχειριστή του Δικτύου και κατ' επέκταση στους τελικούς πελάτες, είναι υψηλές σε σχέση με το κόστος λειτουργίας των σταθμών Α.Π.Ε.. Αυτές όμως, με το πέρασμα του χρόνου μειώνονται, αντανακλώνοντας περισσότερο το πραγματικό κόστος ηλεκτροπαραγωγής. Οι αντικαταβολές στους σταθμούς διαρκούν συνήθως από 15 έως 20 χρόνια (Environmental and Energy study Institute, 2012). Λόγω των παραπάνω ιδιοτήτων τους, οι συγκεκριμένες τιμολογήσεις είχαν και έχουν μεγάλη «απήχηση» σε πολλά κράτη, και ειδικά στα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τα οποία καλούνται να επιτύχουν σημαντικούς δεσμευτικούς στόχους ως το 2020, στον τομέα της κάλυψης των ενεργειακών αναγκών από Α.Π.Ε.. Συγκεκριμένα στην Ελλάδα, η εφαρμογή μέτρων feed-in-tariffs, αποσκοπεί στην προώθηση των ιδιωτικών επενδύσεων σε έργα Α.Π.Ε., ώστε να μπορέσει η χώρα να επιτύχει το στόχο της 18% συμμετοχής των Α.Π.Ε., στη συνολική παραγόμενη ενέργεια, ως το έτος 2020.

Η συγκεκριμένη πολιτική, έχει προσαρμοστεί και στην παραγωγή ενέργειας από τυπικά νοικοκυριά. Λόγω της ανάπτυξης της τεχνολογίας σύνδεσης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μικρή κλίμακα, είναι δυνατό να γίνουν αποδοτικές - αποδεδειγμένα πλέον - επενδύσεις από ιδιώτες, για κάλυψη των ιδίων ενεργειακών τους αναγκών, αλλά και για απόκτηση εσόδων, με την έγχυση ενέργειας στο δίκτυο. Σύνηθες παράδειγμα στην Ελλάδα, αποτελεί η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών από ιδιώτες.

Σχετικά με τη συγκεκριμένη τεχνολογία των φωτοβολταϊκών, έχουν εκδοθεί νέες ρυθμίσεις (οι παλιές προβλέπονταν στο ν.3851/2010 – πίνακας 1), που «αναπροσαρμόζονται μεσοπρόθεσμα και συνδέονται απευθείας με τη Μέση Οριακή Τιμή του Συστήματος (μΟΤΣ) μακροπρόθεσμα» (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, «Α.Δ.Μ.Η.Ε.»,2012). Η τιμολόγηση της ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς προβλέπεται στον πίνακα 1., ο οποίος εμπεριέχεται στο νόμο 3851/2010. Σημειώνεται ότι οι τιμές του πίνακα μπορεί να μεταβάλλονται κατόπιν απόφασης του Υπουργού Ανάπτυξης που εκδίδεται μετά από γνώμη της ΡΑΕ. Επίσης οι τιμές αναπροσαρμόζονται κάθε έτος, κατά ποσοστό 25% του δείκτη τιμών καταναλωτή του προηγούμενου έτους, όπως αυτός καθορίζεται από την Τράπεζα της Ελλάδος (επίδραση πληθωρισμού).

Με άλλα λόγια, ένας παραγωγός πουλάει ενέργεια σε υψηλότερη τιμή (€/kWh) απ' ότι «αγοράζει». Ταυτόχρονα, επιδοτείται επιπλέον, για το γεγονός ότι διαθέτει υποδομή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.^[25]

Πίνακας 1: Τιμολόγηση φωτοβολταϊκών σταθμών

Έτος / Μήνας	Τιμή Ενέργειας (€/MWh)		
	Διασυνδεδεμένο Σύστημα		Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
	A	B	Γ
	>100kW	≤100kW	>100kW
2009 Φεβρουάριος	400,00	450,00	450,00
2009 Αύγουστος	400,00	450,00	450,00
2010 Φεβρουάριος	400,00	450,00	450,00
2010 Αύγουστος	392,04	441,05	441,05
2011 Φεβρουάριος	372,83	419,43	419,43
2012 Φεβρουάριος	333,81	375,54	375,74
2012 Αύγουστος	314,27	353,55	353,55
2013 Φεβρουάριος	298,87	336,23	336,23
2013 Αύγουστος	281,38	316,55	316,55
2014 Φεβρουάριος	268,94	302,56	302,56
2014 Αύγουστος	260,97	293,59	293,59
Για κάθε έτος ν από το 2015 και μετά	1,3χμΟΤΣ _{v-1}	1,4χμΟΤΣ _{v-1}	1,4χμΟΤΣ _{v-1}

1.2.2 ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΚΟΙΝΟΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΙΣ Α.Π.Ε. – ΣΤΟΧΟΙ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση με την Πράσινη Βίβλο (96/576) θέτει σε πρώτο πλάνο τους προβληματισμούς της για τις Α.Π.Ε.. Κύριο στόχο αποτελεί η ώθηση των πολιτικών των κρατών-μελών, προς την απεξάρτησή τους από τις συμβατικές και ρυπογόνες πηγές ενέργειας και ταυτόχρονα να προάγει τη συστηματικότερη χρήση των φιλικών προς το περιβάλλον Α.Π.Ε.. Η Πράσινη Βίβλος, προτάσσει την ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος, με τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Παράλληλα, στοχεύει και στην μειωμένη εξάρτηση της Ε.Ε. από τους εξωτερικούς παραγωγούς ενέργειας από καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο κλπ.). Συγκεκριμένα προωθούνται οι εξής στόχοι (Οικολογικές και περιβαλλοντικές ομάδες Κρήτης, 2012):

- «ο διπλασιασμός του ποσοστού χρήσεως των Α.Π.Ε. στο ενεργειακό πλαίσιο της Ε.Ε. μέχρι το 2010 γύρω στο 12%»
- «Η ενθάρρυνση της συνεργασίας μεταξύ των κρατών – μελών σχετικά με τις Α.Π.Ε.»
- «Η ενδυνάμωση των πολιτικών της Κοινότητας, σχετικά με την πρόοδο και την εξέλιξη των Α.Π.Ε., που ενδιαφέρει και ως οικονομικό μέγεθος»
- «Η παρακολούθηση της προόδου που συντελείται ως προς την επίτευξη των στόχων που θέτει η Πράσινη Βίβλος, σχετικά με τη συστηματικότερη χρήση των Α.Π.Ε.».

Στη συνέχεια (1997), εκδίδεται η Λευκή Βίβλος για κοινοτική στρατηγική και σχέδιο δράσης (White paper for a Community Strategy and Action Plan, 97/599). Πρόκειται για μια «λογική» και «ώριμη» ακολουθία της προγενέστερης Πράσινης Βίβλου (96/576), η οποία εστιάζει στην προώθηση των έργων ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. και θα εξεταστεί σε επόμενη ενότητα. Το σχέδιο δράσης της Λευκής Βίβλου προέβλεπε μια κοινοτική

στρατηγική, προσανατολισμένη στην παραγωγή ενέργειας από Α.Π.Ε., η οποία θα στόχευε στην αύξηση της ανταγωνιστικότητας της Ε.Ε., την ασφάλεια παροχής ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, το προτεινόμενο πρόγραμμα της Βίβλου αναφερόταν στην επίτευξη του στόχου της 12% διείσδυσης των Α.Π.Ε. στην ηλεκτροπαραγωγή της Ένωσης, μέχρι το 2010. Το εν λόγω σχέδιο δράσης, περιλάμβανε κάποια μέτρα εσωτερικής αγοράς, όπως (Οικολογικές και περιβαλλοντικές ομάδες Κρήτης, 2012):

- τη «δίκαιη πρόσβαση των Α.Π.Ε. στην αγορά ηλεκτρισμού, που είναι η κυριότερη ενεργειακή αγορά και που έως τώρα κατακλύζεται από πηγές ενέργειας που δεν είναι φιλικές προς το περιβάλλον»
- την «καθιέρωση μέτρων φορολογικής και οικονομικής φύσεως, δηλ. φορολογικά και χρηματοδοτικά κίνητρα και ελαφρύνσεις που θα δοθούν προς τις εταιρείες, αλλά και τους ιδιώτες, προκειμένου να χρησιμοποιούν «πράσινη» ενέργεια για τις ανάγκες τους»
- τη «χρήση βιοενέργειας για τις μεταφορές, τη θέρμανση και τον ηλεκτρισμό, όπως τα φυτικά έλαια κλπ., παρά το υψηλότατο κόστος παραγωγής τους, που θα πρέπει να επιδοτηθεί προκειμένου να μειώσει αυτό το συγκριτικό έλλειμμα που έχει», και
- τη «βελτίωση των κανονισμών δομήσεως όλων των οικημάτων, καθώς σημαντικό μέρος της καταναλισκόμενης ενέργειας γίνεται απ' τα νοικοκυριά κατά την κατασκευή τους, αλλά και κατά τη συντήρησή τους».

Οι κυριότερες οδηγίες που κύριο αντικείμενό τους είναι η πολιτική προώθησης της εκμετάλλευσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, είναι η οδηγία 2001/77/ΕΚ και η 2003/30. Σκοπός της πρώτης, ήταν «η προαγωγή της αύξησης της συμβολής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και η δημιουργία βάσης για ένα μελλοντικό κοινοτικό πλαίσιο στον εν λόγω τομέα». Η δεύτερη αφορούσε στη χρήση ανανεώσιμων καυσίμων στις μεταφορές. Συγκεκριμένα, σκόπευε στην προαγωγή της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων, προς αντικατάσταση του πετρελαίου ντίζελ ή της βενζίνης στις μεταφορές σε κάθε κράτος-μέλος. Η προτεινόμενη αυτή πολιτική, θα συνέβαλλε στην επίτευξη της τήρησης των δεσμεύσεων σχετικά με τις κλιματικές μεταβολές, τη φιλική προς το περιβάλλον ασφάλεια του εφοδιασμού και την προώθηση των Α.Π.Ε..

Οι δύο αυτές οδηγίες θα καταργούνταν από την 1η Ιανουαρίου 2012, όπως προέβλεπε η οδηγία 2009/28/ΕΚ, «σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών 2001/77/ΕΚ και 2003/30/ΕΚ». Στην οδηγία αυτή, προσδιορίζονται οι εθνικοί συνολικοί στόχοι, ώστε μέχρι το 2020, το 20% της ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας της Κοινότητας, να προέρχεται από Α.Π.Ε.. Επίσης, προτεινόταν γενικές κατευθύνσεις προς τα κράτη-μέλη, για τη διασφάλιση των εθνικών τους στόχων. Οι στόχοι αυτοί, είναι τα μερίδια της παραγόμενης από Α.Π.Ε. ενέργειας έως το 2020, για κάθε κράτος-μέλος, δεδομένων των στοιχείων της αντίστοιχης κατάστασης το 2005 (Παράρτημα Ι της Οδηγίας). Για την Ελλάδα ενδεικτικά, προβλέπεται μερίδιο 18%, ενώ το μερίδιο αυτό το 2005 ήταν 6,9%.^[25]

1.2.3. ΕΘΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Κατά καιρούς στην Ελλάδα, εντάσσονταν στο νομοθετικό πλαίσιο, πολιτικές αξιοποίησης διάφορων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, που ήταν διαθέσιμες προς εκμετάλλευση. Με τη σύνταξη σχετικών νόμων ή και γενικότερου περιεχομένου νόμων με αναφορές στις Α.Π.Ε., ρυθμιζόνταν κάθε φορά θέματα που αφορούσαν την αξιοποίηση της αντίστοιχης πηγής, την ηλεκτροπαραγωγή, ακόμα και την πώληση αυτής. Ενδεικτικά αναφέρεται ο νόμος 1475/84 για την αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, ο νόμος 1739/1987 για τη διαχείριση των υδατικών και άλλες διατάξεις και ο νόμος 3734, για την προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, τη ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις.

Με το νόμο 2244/94, σχετικά με τη «ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις», καθιερώθηκε το θεσμικό πλαίσιο, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε.. Ήταν ένας νόμος που επιδίωκε την παροχή ισχυρών οικονομικών κινήτρων για την ανάπτυξη των έργων ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. στην Ελλάδα, με την προσέλκυση ιδιωτικών κεφαλαίων. Ως κύρια σημεία του εντοπίζονται τα παρακάτω (ΡΑΕ,2012):

- Επιβάλλεται στη ΔΕΗ η υποχρέωση να αγοράζει την ενέργεια που παράγεται από ανεξάρτητους παραγωγούς.
- Προσφέρονται ιδιαίτερα ελκυστικές και σχετικά σταθερές τιμές στους Ανεξάρτητους Παραγωγούς από Α.Π.Ε., που συνδέονται με τα τιμολόγια των καταναλωτών.
- Παρέχεται σταθερό επιχειρησιακό περιβάλλον με τη σύναψη μακροχρόνιων (10ετών) συμβολαίων αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Σημαντικός σταθμός επίσης στην προσπάθεια προώθησης της παραγόμενης ενέργειας από Α.Π.Ε., στο πλαίσιο της εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, ήταν ο νόμος 3468/06. Ταυτόχρονα, με τον ίδιο νόμο, ενσωματωνόταν στο Ελληνικό Δίκαιο, η οδηγία 2001/77/ΕΚ, που περιγράφηκε παραπάνω. Στα άρθρα 3-6 (Κεφάλαιο Β΄) του νόμου, προβλέπεται η διαδικασία χορήγησης αδειών παραγωγής με χρήση Α.Π.Ε., με αναφορά στα κριτήρια αδειοδότησης, στις βασικές πτυχές που διέπουν τη διαδικασία αδειοδότησης, καθώς και στο ρόλο της ΡΑΕ επί της διαδικασίας αυτής. Στο Κεφάλαιο Γ΄, εξετάζεται η αδειοδότηση για εγκατάσταση και λειτουργία των εν λόγω σταθμών (ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε.), ενώ επιπλέον ρυθμίζεται και η ένταξη και σύνδεσή τους στο σύστημα (Διασυνδεδεμένο δίκτυο και Μη Διασυνδεδεμένα νησιά). Στο Κεφάλαιο Δ΄ ορίζεται αναλυτικά η τιμολογιακή πολιτική, ενώ το Κεφάλαιο Ε΄ αναφέρεται στη διαδικασία έκδοσης Εγγυήσεων Προέλευσης (επεξήγηση στην ενότητα 2.1). Στον ίδιο νόμο επίσης, προβλέπεται η σύσταση Επιτροπής Προώθησης Επενδυτικών Σχεδίων Μεγάλης Κλίμακας στους τομείς Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. (Συμπαραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας Υψηλής Απόδοσης), η οποία θα επιδιώκει την «ταχεία προώθηση επενδύσεων» στους τομείς αυτούς.

Την 25 Μαΐου 2010, ψηφίστηκε στην Ελληνική Βουλή ο νόμος 3851/2010, για την «επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής». Στο Άρθρο 1 του νόμου, ορίζεται ο «εθνικός στόχος Α.Π.Ε.», με βάση την οδηγία 2009/28/ΕΚ, σχετικά με το μερίδιο της ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας, στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη και στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές. Ο συγκεκριμένος νόμος, προβλέπει τροποποίηση ορισμένων διατάξεων του προγενέστερου

ν.3468/2006 και αποσκοπεί στην απλούστευση των διαδικασιών εγκατάστασης μονάδων Α.Π.Ε., προκειμένου να μειωθεί ο απαιτούμενος χρόνος μέχρι την τελική ένταξη και προσφορά τους στο δίκτυο. Σημαντική τροποποίηση με πρακτική σημασία, αποτελεί η διαφοροποίηση της τιμολόγησης της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α., στην κατεύθυνση της «ορθολογικοποίησης» (διαφοροποίηση του πίνακα τιμολογήσεων του ν.3468/2006). Τέλος, δίνονται κατευθύνσεις προς τη διεύθυνση των Α.Π.Ε. στα κτήρια, ενώ επιχειρούνται τροποποιήσεις διατάξεων παλαιότερων νόμων (ν.1650/86, ν.2742/99), «για την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής».^[25]

1.3.ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.3.1.ΜΕΡΙΚΟΙ ΛΟΓΟΙ ΠΟΥ ΕΠΙΒΑΛΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Ένα μεγάλης σημασίας πρόβλημα που παρουσιάζει η ηλεκτρική ενέργεια, είναι ότι η αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων της καθίσταται δύσκολη και αντιοικονομική. Η ενέργεια που παράγεται κάθε στιγμή στους ηλεκτρικούς σταθμούς είναι όση και η εκάστοτε ζήτηση φορτίου, ενώ η επιπλέον παραγωγή της είναι ανώφελη εφόσον δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ή να αποθηκευτεί. Και επειδή η ηλεκτρική ενέργεια γενικά σε ένα ΣΗΕ δεν μπορεί να αποθηκευτεί ηλεκτρικά, γεννάται η ανάγκη ανάπτυξης συστημάτων μετατροπής της σε μορφές που μπορούν να αποθηκευτούν ευκολότερα. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της ηλεκτρικής ενέργειας, είναι ότι μπορεί να μετατραπεί αποδοτικά σε κάποια άλλη μορφή, η οποία μπορεί με τη σειρά της να αποθηκευτεί πιο εύκολα. Έτσι, η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί βασικά να αποθηκευτεί ηλεκτρομαγνητικά, ηλεκτροχημικά και υπό μορφή κινητικής ή δυναμικής ενέργειας.

Η αποθήκευση ηλεκτρισμού μπορεί να επιφέρει σημαντικά οφέλη και στην ασφαλή και οικονομική λειτουργία ενός διασυνδεδεμένου δικτύου και κατ' επέκταση ενός ΣΗΕ.

Μερικοί λόγοι που επιβάλλουν την ανάπτυξη μεθόδων αποθήκευσης είναι:

α) Οικονομική λειτουργία των ΣΗΕ. Η απότομη διακύμανση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (αιχμές φορτίου) κατά τη διάρκεια μίας ημέρας μπορούν τώρα να καλυφθούν από την αποθηκευμένη ενέργεια ενός σταθμού παραγωγής και όχι να ενεργοποιηθεί ένας σταθμός αιχμής, του οποίου η λειτουργία κοστίζει πολύ.

β) Ότι η παραγωγή των μονάδων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας δε συμπίπτει χρονικά πάντα με τη ζήτηση από την πλευρά των καταναλωτών (άρα η ενέργεια που παράγουν πρέπει να αποθηκευτεί και να χρησιμοποιηθεί όταν υπάρξει μεγάλη ζήτηση).

γ) Αποθήκευση ενέργειας, για αποφυγή παραβίασης τεχνικών ελαχίστων στις θερμικές μονάδες παραγωγής.

δ) Για εκμετάλλευση της διαφοράς κόστους παραγωγής από τις συμβατικές μονάδες είτε χωρίς αλλαγή του προγράμματος ένταξης μονάδων, είτε μεταβάλλοντας κάπως το πρόγραμμα ένταξης.

ε) Η επιπλέον πρόοδος της έρευνας στις αποθηκευτικές διατάξεις και η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών ισχύος.

Συνεπώς, τα συστήματα αποθήκευσης αναμένεται να διεισδύσουν ολοένα και περισσότερο στα δίκτυα διανομής καθώς θα μπορέσουν να συμβάλλουν στην απαραίτητη σύγκλιση παραγωγής και κατανάλωσης καθώς και στην επίτευξη αξιοπιστίας. Επιπλέον, σε αυτή την περίπτωση μπορεί να γίνει καλύτερη διαχείριση της παραγόμενης ενέργειας αφού τώρα πια περιορίζεται η πιθανότητα μη επαρκούς ενέργειας τη στιγμή που θα ζητηθεί, επιτρέποντας τη δημιουργία περισσότερο μακροπρόθεσμων σχεδίων διαχείρισης και αναβάλλοντας κάποιες επενδύσεις επέκτασης δικτύων ή συμφωνίες ανταλλαγής ισχύος. Για τους παραπάνω λόγους έχουν ενταθεί οι ερευνητικές προσπάθειες στον τομέα της ανάπτυξης, και της διάδοσης της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ερευνητικές προσπάθειες συνοψίζονται στους εξής τομείς και επιμέρους σημεία, όπως παρουσιάζονται για τις αποθηκευτικές διατάξεις:

α) Κατασκευαστικά:

- Χρήση νέων υλικών για την κατασκευή αποθηκευτικών διατάξεων
- Μείωση του κόστους εγκατάστασης και κατασκευής αυτών των διατάξεων
- Μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την χρήση τέτοιων διατάξεων αναφορικά με την ανακύκλωσή τους μετά το πέρας της διάρκειας ζωής τους
- Μείωση των ενεργειακών απωλειών κατά τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε κάποια άλλη μορφή και συνεπώς βελτίωση της απόδοσης της διαδικασίας αποθήκευσης και επανέγχυσης της ενέργειας στο δίκτυο
- Μείωση του μεγέθους και του βάρους αυτών των διατάξεων ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούνται σε ολοένα και περισσότερες εφαρμογές
- Τη δημιουργία των μοντέλων πρόβλεψης διάρκειας ζωής και την κατανόηση μηχανισμών γήρανσης τους
- Την αύξηση του χρόνου ζωής τους

β) Λειτουργία και ένταξη στο δίκτυο:

- Τη μοντελοποίηση της λειτουργίας αυτών των διατάξεων
- Τη διαδικασία διαχείρισης αυτών των διατάξεων ώστε να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη για το δίκτυο
- Τη συνεργασία τέτοιων διατάξεων με τις μονάδες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σχηματίζοντας έτσι Υβριδικά Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας, ιδιαίτερα σε απομακρυσμένες περιοχές του δικτύου

γ) Ρυθμιστικό και νομικό πλαίσιο:

- Την αποτίμηση της αξίας που μπορεί να προσφέρει σε ένα δίκτυο η χρήση και περαιτέρω διάδοση των αποθηκευτικών διατάξεων
- Τις αλλαγές στο ρυθμιστικό πλαίσιο που απαιτούνται, ώστε να προσφέρονται ικανοποιητικά έσοδα για την αποπληρωμή των επενδύσεων σε αποθηκευτικές διατάξεις και να ορίζονται οι όροι λειτουργίας τέτοιων διατάξεων. [24]

1.3.2.ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΣΗΕ

Οι βασικές εφαρμογές που μπορούν να έχουν οι αποθηκευτικές διατάξεις σε ένα ΣΗΕ συνοψίζονται παρακάτω:

1. Load Leveling: είναι η αποθήκευση φθηνής πλεονάζουσας ενέργειας που παράγεται από τις μονάδες βάσης κατά τις περιόδους εκτός αιχμής και η χρησιμοποίησή της σε περιόδους αιχμής φορτίου, αντί της χρήσης των ακριβών μονάδων. Η εφαρμογή αυτή αφορά το στάδιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
2. Transmission Voltage Regulation: είναι η διατήρηση της τιμής της τάσης μεταφοράς μέσα σε συγκεκριμένα προκαθορισμένα όρια διακύμανσης, τόσο κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας όσο και στα σημεία του φορτίου. Αφορά το στάδιο μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.
3. Power Quality Improvement: Διακρίνεται σε μικρής διάρκειας βελτίωση ποιότητας ισχύος η οποία σχετίζεται με την εξομάλυνση βυθίσεων τάσεως, αιχμών τάσεως και διακοπών ρεύματος για χρονικό διάστημα από μερικά sec μέχρι μερικά min, για απαιτήσεις ισχύος < 1MW και χρόνο μερικών λεπτών και σε μεγάλης διάρκειας βελτίωση ποιότητας η οποία σχετίζεται με ότι και η προηγούμενη, αλλά για απαιτήσεις ισχύος >1MW για χρονική διάρκεια 1-2 ώρες.
4. Spinning Reserve: ονομάζεται και στρεφόμενη εφεδρεία. Είναι η διατήρηση μέρους της παραγωγής ισχύος από τις μονάδες και η παροχή της σε έκτακτες χρονικές στιγμές (π.χ. λόγω βλάβης μιας γεννήτριας της μονάδας), προκειμένου να συνεχιστεί η αδιάλειπτη παροχής ισχύος
5. Black-start: είναι η ικανότητα ενός εργοστασίου να τεθεί σε λειτουργία μετά από την πλήρη αποκοπή του από το δίκτυο λόγω κάποιου σφάλματος. Αυτό συμβαίνει, διότι μερικές μονάδες παραγωγής (όπως για παράδειγμα οι πυρηνικές μονάδες) απαιτούν μια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας για να επανεκκινηθούν μετά από ένα σφάλμα. Η απαιτούμενη αυτή ενέργεια για την επανεκκίνησή της, μπορεί να δίνεται από την αποθηκευμένη.
6. Transmission & Distribution System Stability: Αφορά την διατήρηση της ευστάθειας του συστήματος μεταφοράς και διανομής και την αποτροπή της κατάρρευσής του, διατηρώντας όλα τα στοιχεία της γραμμής συγχρονισμένα μεταξύ τους
7. Frequency Control: είναι η διατήρηση της συχνότητας στην ονομαστική της τιμή
8. Χρήση αποθηκευμένης ενέργειας για κάλυψη της ζήτησης, λόγω έλλειψης ικανότητας παραγωγής των διαθέσιμων μονάδων
9. Απόσβεση ταλαντώσεων στις σύγχρονες γεννήτριες μετά από σφάλμα
10. Περιορισμός απωλειών δικτύου λόγω της παροχής ισχύος σε πολύ τοπικό επίπεδο
11. Αποφυγή ή μετάθεση επενδύσεων ενίσχυσης δικτύου, διανομής ειδικά αν υπάρχει συνδυασμός της διάταξης αποθήκευσης με κάποιας μορφής παραγωγής από μονάδες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Οι χρονικοί ορίζοντες για τη χρήση της αποθήκευσης για μία από τις παραπάνω δυνατές εφαρμογές τους χωρίζουν τις διατάξεις αποθήκευσης σε:

α) Διατάξεις Βραχυπρόθεσμης αποθήκευσης:

Πρόκειται για τις διατάξεις αποθήκευσης που μπορούν να προσφέρουν ή να απορροφήσουν ενέργεια για πολύ μικρό χρονικό διάστημα (λίγα δευτερόλεπτα έως μερικά λεπτά). Τυπικές εφαρμογές αυτού του είδους είναι η αδιάλειπτη παροχή ισχύος και η ευστάθεια λειτουργίας ενός ΣΗΕ

β) Διατάξεις Μεσοπρόθεσμης αποθήκευσης:

Αφορά διατάξεις που χρησιμοποιούνται για χρονικούς ορίζοντες από μερικά λεπτά ως μερικές ώρες. Τέτοιου είδους εφαρμογές είναι η διαχείριση ενέργειας από μονάδες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, η ενίσχυση της παροχής στρεφόμενης εφεδρείας και η διαχείριση παρεχόμενης ισχύος στους καταναλωτές.

γ) Διατάξεις Μακροπρόθεσμης αποθήκευσης:

Αφορά διατάξεις αποθήκευσης από αρκετές ώρες μέχρι βδομάδα και μήνες. Χρησιμοποιείται κυρίως για την εξομάλυνση της ζήτησης μεταξύ ωρών αιχμής και μη αιχμής ή την ικανοποίηση ζήτησης αιχμής έχοντας αποθηκεύσει ενέργεια σε περιόδους χαμηλής ζήτησης. [24]

1.3.3. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Συστήματα αποθήκευσης με μπαταρίες

Για το ένα τρίτο του πληθυσμού της γης που ακόμη δεν είναι συνδεδεμένο με ένα δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, η μπαταρία παραμένει ο βασικός φορέας ενεργειακής αποθήκευσης. Οι μπαταρίες είναι μια από τις πιο οικονομικές, διαθέσιμες, αποδοτικές και ώριμες τεχνολογίες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, μιας και είναι η γρηαιότερη όλων τους. Βασίζονται στην αποθήκευση της ενέργειας με ηλεκτροχημικό τρόπο. Ένα σύστημα με μπαταρίες αποτελείται από ένα σετ χαμηλής τάσης-ισχύος κυττάρων (μπαταρίες) τα οποία συνδέονται σε σειρά ή παράλληλα για να πετύχουν τα επιθυμητά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά. Οι μπαταρίες "φορτίζονται" όταν υφίστανται μια εξωτερική χημική αντίδραση υπό την επίδραση μιας διαφοράς δυναμικού στους ακροδέκτες τους. Αυτές αποδίδουν πίσω την αποθηκευμένη ενέργεια, ή αλλιώς εκφορτίζονται, όταν αντιστραφεί η χημική αυτή αντίδραση. Επειδή οι μπαταρίες διατηρούν μια dc διαφορά δυναμικού στα άκρα τους, είναι αναγκαία η μετατροπή της σε ac, προκειμένου να επιτευχθεί η επικοινωνία με το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Σε επόμενο κεφάλαιο θα δούμε αναλυτικά τα είδη των μπαταριών που χρησιμοποιούνται σήμερα, την αρχή λειτουργίας τους και εφαρμογές τους σε πραγματικά συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας.

Συστήματα αποθήκευσης με υπέρ-πυκνωτές και υπέρ-αγώγιμα πηνία

Οι μονάδες υπέρ-πυκνωτών έχουν χωρητικότητα ισχύος και ενέργειας χιλιάδες φορές μεγαλύτερη από αυτή των συμβατικών πυκνωτών και είναι ικανοί να παρέχουν ισχύ της τάξης των 100kW, ενώ η ενέργειά τους είναι δυνατό να διοχετευτεί από κλάσματα του δευτερολέπτου έως και ένα λεπτό. Οι διατάξεις υπεραγώγιμων πηνίων, στηρίζουν τη λειτουργία τους στη χρήση της τεχνολογίας των υπεραγώγιμων υλικών γι' αυτό και απαιτούν σημαντικές ποσότητες ψύξης. Αυτές οι διατάξεις μπορούν να διαθέσουν έως και 2MW μέσα σε λίγους κύκλους του εναλλασσόμενου ρεύματος. Και οι δύο τύπου διατάξεις, και ειδικά αυτές των υπεραγώγιμων πηνίων, αποτελούν μια αποτελεσματική λύση σε παροχή ποιότητας ισχύος στα δίκτυα διανομής. Μάλιστα, υπάρχουν εταιρίες στις Η.Π.Α. οι οποίες διαθέτουν τέτοιου είδους μεταφερόμενες μονάδες σε containers για την εφαρμογή τους σε διάφορες περιοχές του δικτύου.

Στρεφόμενες μάζες – Σφόνδυλοι

Οι στρεφόμενες μάζες ή σφόνδυλοι (flywheels), αναμένεται να έχουν εφαρμογές παροχής ισχύος και ενέργειας για μικρά χρονικά διαστήματα και κυρίως για την παροχή εφεδρείας και όχι τόσο για την παροχή ενέργειας. Η ενέργεια που αποθηκεύεται με την περιστροφή μίας στρεφόμενης μάζας σε υψηλή ταχύτητα, μπορεί να μετατραπεί ξανά σε ηλεκτρική ενέργεια με τη σύνδεση της μάζας σε μια γεννήτρια. Η κινητική ενέργεια μιας μάζας που περιστρέφεται είναι ανάλογη της ροπής αδράνειας και του τετραγώνου της γωνιακής ταχύτητάς του:

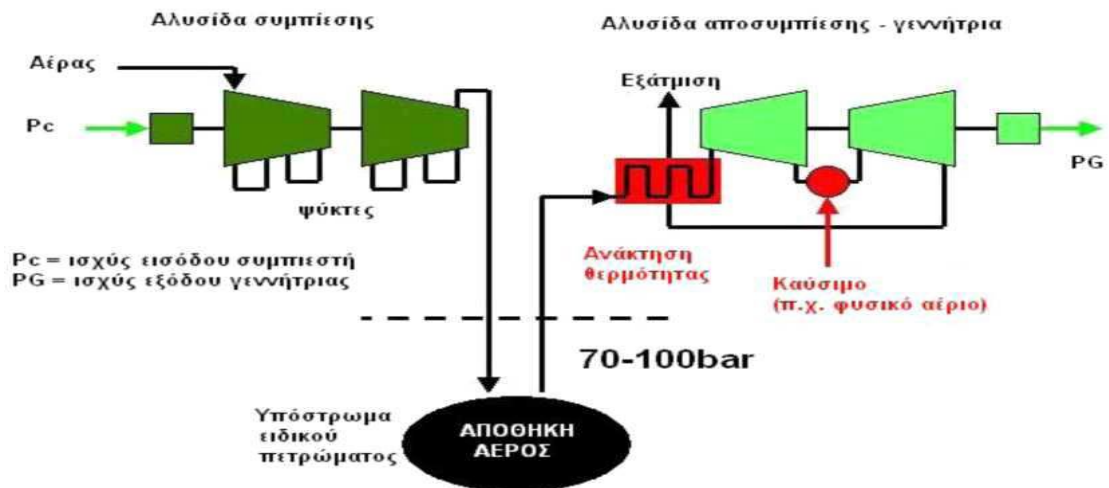
$$E_k = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2$$

όπου: E_k = κινητική ενέργεια, I = ροπή αδράνειας μάζας στροφέα και ω = γωνιακή ταχύτητα του στροφέα.

Τα τελευταία χρόνια, στο σχεδιασμό των στρεφόμενων μαζών η έμφαση έχει μετατοπιστεί από το σχεδιασμό της γεωμετρίας της μάζας στην προσπάθεια να επιτευχθούν υψηλές περιστροφικές ταχύτητες. Ταχύτητες μέχρι 40.000 rpm έχουν ήδη επιτευχθεί, ενώ μέχρι 60.000 rpm προβλέπονται για τις μελλοντικές γενιές. Ο χρόνος εκφόρτισης αυτών των διατάξεων κυμαίνεται μεταξύ λίγων sec και μέχρι 15-30 min, βοηθώντας, περισσότερο από τις μπαταρίες, σε εφαρμογές ισχύος παρά ενέργειας. Αντίθετα από τις μπαταρίες, τα συστήματα στρεφόμενων μαζών δεν είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία και η απόδοσή τους μπορεί να φτάσει ως και 80-90% χωρίς ιδιαίτερη πτώση της με το χρόνο ζωής τους, ο οποίος φτάνει τα 15-20 χρόνια (για χρήση σε υψηλές ταχύτητες). Πλεονεκτούν στο ότι απαιτούν μικρό κόστος συντήρησης και εγκατάστασης.

Συστήματα αποθήκευσης με συμπιεσμένο αέρα (CAES)

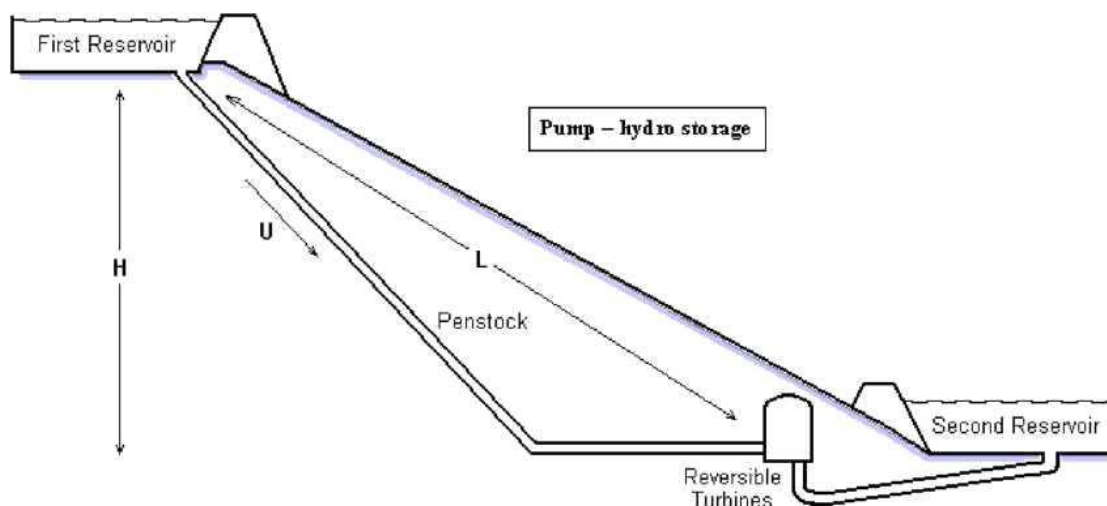
Η βασική ιδέα της μεθόδου είναι ότι αέρας μπορεί να συμπιεστεί στα 800 ως 1600psi σε ειδικές γεωλογικές δομές και αφού αποσυμπιεστεί, μπορεί να παράγει ηλεκτρισμό κινώντας έναν αεριοστρόβιλο. Συμπύεση του αέρα μπορεί να γίνει π.χ. κατά τη διάρκεια κοιλάδων φορτίου και αποσυμπιέσει κατά τη διάρκεια των αιχμών του φορτίου. Λόγω της ειδικής γεωλογικής δομής που απαιτείται υπόστρωμα ορυκτού άλατος, μόνο δύο τέτοιες εγκαταστάσεις υπάρχουν παγκοσμίως, η μία στο McIntosh, Alabama της Η.Π.Α (110MW) και η άλλη στη Γερμανία στο Huntorf (290MW). Η αρχή λειτουργίας του συστήματος παρουσιάζεται σε γενικές γραμμές στο παρακάτω σχήμα. Πρόσφατη είναι και η προσπάθεια μείωσης της απαιτούμενης ισχύος και της πιο ευέλικτης εφαρμογής τέτοιων διατάξεων με τη μορφή Transportable-CAES ή micro-CAES για την εκμετάλλευση αιολικής παραγωγής, ενώ νέες εγκαταστάσεις αυτής της μορφής εγκαθίστανται στις Η.Π.Α.



Εικ.1. απεικόνιση διάταξης συμπιεσμένου αέρα. [24]

Αντλησιοταμίευση

Η πιο διαδεδομένη ιδέα για τη μαζική αποθήκευση ενέργειας είναι η χρήση μονάδων αντλησιοταμίευσης. Η γενική ιδέα της αντλησιοταμίευσης είναι η εξής: σε μία δεξαμενή βρίσκεται αποθηκευμένη μία ποσότητα νερού. Όταν ζητηθεί ισχύς το νερό μπορεί να πέσει σε μία χαμηλότερα τοποθετημένη (δεύτερη) δεξαμενή με τη βοήθεια υδροστρόβιλου, ενώ όταν δεν υπάρχει πια ζήτηση ισχύος μπορεί με αντλίες να οδηγηθεί ξανά πίσω στην πρώτη (ψηλότερη) δεξαμενή. Ένα σύστημα αντλησιοταμίευσης αποτελείται από τα εξής μέρη: μία ανώτερη δεξαμενή (First Reservoir), αγωγοί νερού (Penstock), αντλία, υδροστρόβιλος, στρόβιλοι αντιστρέψιμης φοράς (Reversible Turbines) και μία κατώτερη, δεύτερη δεξαμενή (Second Reservoir) η οποία μπορεί να είναι ακόμη και η θάλασσα. Αναπαράσταση του συστήματος αντλησιοταμίευσης παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικ.2. Σύστημα αντλησιοταμίευσης [24]

Παρόλο όμως που η αντλησιοταμίευση μπορεί να δώσει υψηλή χωρητικότητα ενέργειας σε χαμηλό κόστος δεν χρησιμοποιείται όσο θα ήταν αναμενόμενο. Ο λόγος είναι

αφενός μεν η εξειδικευμένη περιοχή που χρειάζεται για να κατασκευαστεί η εγκατάσταση και αφετέρου δε ο χρόνος που χρειάζεται για να πραγματοποιηθεί η διαδικασία και να απελευθερωθεί η αποθηκευμένη ενέργεια, αφού αν η αντλία δεν λειτουργεί ήδη χρειάζεται χρόνος εκκίνησης. Για αυτό, ως επί το πλείστον χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις ενέργειας μεγάλης κλίμακας. Παγκοσμίως είναι διαθέσιμα πάνω από 90GW ισχύος από αντλησιοταμίευση. [24]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1.ΥΒΡΙΔΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Ο όρος «Υβριδικός Σταθμός ηλεκτροπαραγωγής» (ΥΒΣ), περιληπτικά, θα μπορούσε να ειπωθεί, ότι περιγράφει μια εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με τη χρήση δύο ή περισσότερων διαφορετικών πηγών ενέργειας. Ο ακριβής ορισμός ενός τέτοιου σταθμού, οι διάφορες εμπλεκόμενες έννοιες και τεχνικοί όροι που αφορούν στη λειτουργία του, όπως επίσης και το εθνικό θεσμικό πλαίσιο εντός του οποίου προβλέπεται να λειτουργεί, αποτελούν αντικείμενα αναφοράς του παρόντος κεφαλαίου. Στην πρώτη ενότητα, αναλύεται η χρησιμοποιούμενη ορολογία. Εν συνεχεία, παρουσιάζεται το νομοθετικό πλαίσιο που διέπει την υλοποίηση και λειτουργία των υβριδικών σταθμών.

Τέλος, θα γίνει αναφορά σε κάποιες βασικές αρχές πολιτικής διαχείρισής τους, όπως αυτές έχουν διαμορφωθεί κατόπιν σχετικών μελετών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματική εργασίας, δεν θεωρείται σκόπιμη η αναλυτική παράθεση όλων των προτεινόμενων τεχνικών κανόνων. Κάποιοι όροι και έννοιες όμως, θα χρειαστεί να επεξηγηθούν, λόγω της ανάγκης επίκλησης σε αυτούς, όταν μεταγενέστερα θα επιχειρηθεί αξιολόγηση. Για τον ίδιο λόγο επίσης, επιλέγεται από τον εκπονούντα, και η συνοπτική διατύπωση της διαχειριστικής πολιτικής ενός ΥΒΣ. [25]

2.2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Θεωρείται σε αυτήν την ενότητα σκόπιμο, η παράθεση τμήματος του Άρθρου 67, «Ορισμοί» του Κώδικα Διαχείρισης Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών: Πρόταση της ΔΕΗ Α.Ε. ως Διαχειριστή Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών. Σημειώνεται ότι το συγκεκριμένο τεύχος, αποτελεί σημαντικό πυλώνα, για το «στήσιμο» της σχετικής ελληνικής νομοθεσίας για τα ΜΔΝ. Ενδέχεται ορισμένοι από τους ακόλουθους όρους, να εμπεριέχουν έννοιες που ισχύουν κυρίως ή μόνο σε ΥΒΣ στα ΜΔΝ (λόγω της αυξημένης κινητικότητας στην αδειοδότηση τέτοιων στην Ελλάδα). Σε τούτες τις περιπτώσεις, θα αναφέρεται και η αντίστοιχη παραπομπή στη νομοθεσία, σχετικά με τις διατάξεις που αφορούν σε περιπτώσεις διασύνδεσης των ΥΒΣ στο Διασυνδεδεμένο Δίκτυο.

Ο Κώδικας Διαχείρισης ΜΔΝ αναφέρει τα εξής σχετικά με τον ορισμό του Υβριδικού Σταθμού (ΥΒΣ):

1. Ως Υβριδικός Σταθμός ορίζεται, σύμφωνα με το Άρθρο 2, παρ. 25 του Ν.3468/2006, κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που:

α) Χρησιμοποιεί μία τουλάχιστον μορφή ΑΠΕ, όπως ορίζονται στο Άρθρο 2, παρ. 2 του Ν. 3468/2006.

β) Περιλαμβάνει συστήματα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, ώστε να έχουν δυνατότητα ελεγχόμενης παραγωγής κατά τη διάρκεια της Ημέρας Κατανομής. Τα συστήματα αυτά μπορεί να απορροφούν σε ορισμένα διαστήματα της Ημέρας Κατανομής και σημαντική ισχύ από το Δίκτυο. Η συνολική ενέργεια που απορροφά από το Δίκτυο ο Υβριδικός Σταθμός, σε ετήσια βάση, δεν πρέπει να υπερβαίνει το 30% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται για την πλήρωση του συστήματος αποθήκευσης του σταθμού αυτού. Ως ενέργεια που απορροφά ο Υβριδικός Σταθμός από το Δίκτυο ορίζεται η διαφορά μεταξύ της απορροφούμενης ενέργειας του σταθμού από το Δίκτυο και της ενέργειας που αποδίδεται απευθείας στο Δίκτυο από τις μονάδες Α.Π.Ε. του Υβριδικού Σταθμού. Η διαφορά αυτή υπολογίζεται σε ωριαία βάση.

Για τον υπολογισμό της ενέργειας που απορρόφησε ο Υβριδικός Σταθμός από το Δίκτυο για την πλήρωση των συστημάτων αποθήκευσης λαμβάνονται υπόψη μόνο οι ώρες κατά τις οποίες η υπολογιζόμενη σε ωριαία βάση διαφορά ηλεκτρικής ενέργειας είναι θετική.

Επίσης, για τον υπολογισμό της ενέργειας που χρησιμοποιείται για την πλήρωση των συστημάτων αποθήκευσης του σταθμού δε λαμβάνονται υπόψη οι ώρες λειτουργίας του αυτόνομου ηλεκτρικού συστήματος, κατά τις οποίες ο Υβριδικός Σταθμός απορρόφησε ενέργεια κατόπιν σχετικής Εντολής Κατανομής του Διαχειριστή ΜΔΝ για τη διασφάλιση της επάρκειας δυναμικού παραγωγής ή της περαιτέρω αξιοποίησης των μονάδων ΑΠΕ. (Η παράγραφος αυτή είναι από την Υπουργική Απόφαση υπ. αριθμ. Δ6/Φ1/οικ.5707/03-04-2007, Άρθρο 34.3, τελευταία παράγραφος.).

γ) Η μέγιστη ισχύς παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ του Υβριδικού Σταθμού δεν υπερβαίνει την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων αποθήκευσης του σταθμού αυτού, προσαυξημένη κατά ποσοστό μέχρι 20%. Για την πλήρωση του παραπάνω όρου λαμβάνονται υπόψη μόνο οι μονάδες ΑΠΕ που συνδέονται στο Δίκτυο του ΜΔΝ. Οι μονάδες ΑΠΕ του Υβριδικού Σταθμού που δε συνδέονται στο Δίκτυο ούτε λειτουργούν παράλληλα με αυτό και τροφοδοτούν απ' ευθείας τις αποθηκευτικές μονάδες του Υβριδικού Σταθμού δεν εμπίπτουν στον παραπάνω περιορισμό.

Ένας Υβριδικός Σταθμός λοιπόν στην Ελλάδα, νοείται ένα έργο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο εμπλέκει τουλάχιστον μία μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Επίσης πρέπει να περιλαμβάνει και ένα σύστημα αποθήκευσης. Όταν αυτό το σύστημα είναι η αντλησιοταμίευση, τότε η «καθαρή» ενέργεια είναι η υδροηλεκτρική και εκμεταλλεύεται με τη δράση υδροστροβίλων και αντλιών ανακύκλωσης του νερού. Μπορεί ένας αντλησιοταμιευτικός σταθμός όμως, να χρησιμοποιεί και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως την αιολική και την ηλιακή.

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, στον Ελλαδικό χώρο, και ειδικά σε νησιά με υδατική αφθονία, ενθαρρύνεται η υλοποίηση Υβριδικών Αντλησιοταμιευτικών Σταθμών, σε συνδυασμό με αιολικά πάρκα. Κύριος στόχος, είναι επίτευξη αύξησης της διείσδυσης της αιολικής ενέργειας, στα ηλεκτρικά δίκτυα των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών. Η λειτουργία ενός τέτοιου σταθμού, θα γίνει πιο κατανοητή στο επόμενο κεφάλαιο, όπου θα περιγραφεί αναλυτικά ένα Υβριδικό Ενεργειακό Έργο.

Παρακάτω, επεξηγούνται οι έννοιες της «εγγυημένης ισχύος και ενέργειας», ενός Υβριδικού Σταθμού, οι οποίες αποτελούν χαρακτηριστικά μεγέθη, πρωταρχικής βαρύτητας για τη διαδικασία χορήγησης Άδειας Παραγωγής. Τα απαραίτητα στοιχεία για την έκδοση άδειας παραγωγής ΥΒΣ στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα, αναφέρονται στο άρθρο 26 του Κανονισμού αδειών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας μη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και μέσω Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (Απόφαση του Υφυπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, υπ' αριθμ.

ΥΑΠΕ/Φ1/14810/04.10.2011). Τα αντίστοιχα στοιχεία για ΥΒΣ σε ΜΔΝ αναφέρονται στο άρθρο 32 του Κανονισμού Αδειών.

Ο συγκεκριμένος Κανονισμός, όπως θα αναλυθεί και στην επόμενη ενότητα, είναι μεταγενέστερος του ομότιτλου Κανονισμού-Υπουργικής Απόφασης υπ' αριθμ. Δ6/Φ1/οικ.5707/13.03.2007, και τροποποιεί ή εξετάζει λεπτομερέστερα κάποιες πτυχές, σχετικά με την αδειοδότηση των προαναφερθέντων έργων ηλεκτροπαραγωγής. Ο Κώδικας Διαχείρισης ΜΔΝ, όπως φαίνεται και από τους ορισμούς που παρατίθενται, έχει ως βάση αναφοράς το νόμο 3468/2006 και τον Κανονισμό Αδειών του 2007. Ο νόμος αυτός, μαζί με τους δύο Κανονισμούς Αδειών, διαμορφώνουν ουσιαστικά το θεσμικό πλαίσιο για τους ΥΒΣ στο σύνολό του, και θα μελετηθούν διεξοδικότερα στην επόμενη ενότητα. Ακολουθεί η σημασιολογία των χαρακτηριστικών μεγεθών για ΥΒΣ σε ΜΔΝ.

2. Ως Εγγυημένη Ισχύς Υβριδικού Σταθμού (σε MW για συγκεκριμένη χρονική περίοδο εντός μιας Ημέρας Κατανομής) ορίζεται η διαθέσιμη ισχύς των μονάδων ελεγχόμενης παραγωγής Υβριδικών Σταθμών την οποία εγγυάται ότι μπορεί να παρέχει ημερησίως ο Υβριδικός Σταθμός για προκαθορισμένες χρονικές περιόδους εντός μιας Ημέρας Κατανομής, όπως αναγράφεται στην οικεία άδεια παραγωγής. Η Εγγυημένη Ισχύς ενός Υβριδικού Σταθμού είναι διαθέσιμη στον Διαχειριστή ΜΔΝ για την κάλυψη των αναγκών του συστήματος του ΜΔΝ.

Η Εγγυημένη Ισχύς ενός Υβριδικού Σταθμού αποδίδεται αποκλειστικά από τις μονάδες ελεγχόμενης παραγωγής του Υβριδικού Σταθμού, σύμφωνα με τους όρους της οικείας άδειας παραγωγής. Η συμμετοχή των μονάδων ΑΠΕ του Υβριδικού Σταθμού στην παροχή Εγγυημένης Ισχύος και Ενέργειας εξαρτάται από τις συμβατικές υποχρεώσεις του Διαχειριστή ΜΔΝ για διείσδυση της παραγωγής ΑΠΕ από τους άλλους παραγωγούς, και οπωσδήποτε υπό την προϋπόθεση ευστάθειας του συστήματος του ΜΔΝ. Προτεραιότητα έχουν οι παραγωγοί με καθεστώς ΣΑΩΛ και οι λοιποί παραγωγοί με καθεστώς Κατανομής. Συνεπώς η συμμετοχή αυτή δεν είναι καθόλου δεδομένη και δεν πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε μελέτες, εκτιμήσεις, κλπ.

3. Ως Εγγυημένη Ενέργεια Υβριδικού Σταθμού (σε MWh για προκαθορισμένες ώρες εντός μιας Ημέρας Κατανομής) ορίζεται η ισοδύναμη ενέργεια πλήρους φόρτισης των μονάδων ελεγχόμενης παραγωγής Υβριδικού Σταθμού στην Εγγυημένη Ισχύ για προκαθορισμένο αριθμό ωρών (που αναγράφεται στους όρους της οικείας άδειας παραγωγής) εντός μιας Ημέρας Κατανομής. Η Εγγυημένη Ενέργεια ενός Υβριδικού Σταθμού κατανέμεται σύμφωνα με τον προγραμματισμό του Διαχειριστή ΜΔΝ για την κάλυψη των αναγκών του συστήματος του ΜΔΝ.

Η Εγγυημένη Ενέργεια συνιστά τη μέγιστη ποσότητα ενέργειας που υποχρεούται ο Διαχειριστής ΜΔΝ να απορροφήσει από τον Υβριδικό Σταθμό. Εφόσον ο Υβριδικός Σταθμός διαθέτει περισσότερη ενέργεια, ο Διαχειριστής ΜΔΝ δύναται να την απορροφήσει μόνο εφόσον εξασφαλίζεται η οικονομικότητα του συστήματος, ύστερα από προσφορά του Παραγωγού για την πλεονάζουσα ενέργεια

Σε ειδικές συνθήκες λειτουργίας του συστήματος, ο Διαχειριστής δύναται να μην απορροφήσει όλη την Εγγυημένη Ενέργεια ενός Υβριδικού Σταθμού. Στις περιπτώσεις αυτές, πρέπει να ακολουθεί έγγραφη αιτιολόγηση προς τον Υβριδικό Σταθμό των ειδικών συνθηκών λειτουργίας που επέβαλαν τον περιορισμό της απορρόφησης.

6. Ως Πρόβλεψη Παροχής Εγγυημένης Ισχύος – Ενέργειας Υβριδικού Σταθμού ορίζεται η απαίτηση από το Διαχειριστή ΜΔΝ απόδοσης του συνόλου ή μέρους της Εγγυημένης Ισχύος και Ενέργειας, ανά Περίοδο Κατανομής, σύμφωνα με την οικεία άδεια παραγωγής του Υβριδικού Σταθμού. Η απαίτηση αυτή υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες

του συστήματος, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Διαχειριστή ΜΔΝ, και γνωστοποιείται σε κάθε παραγωγό Υβριδικού Σταθμού δύο ημέρες πριν την Ημέρα Κατανομής. Η απαίτηση ενέργειας (κατά τη διάρκεια όλης της Ημέρα Κατανομής) δεν μπορεί να υπερβαίνει την Εγγυημένη Ενέργεια Υβριδικού Σταθμού, που αναγράφεται στην οικεία άδεια παραγωγής.

Από τα παραπάνω, συμπεραίνεται, πως η Εγγυημένη Ισχύς, είναι το μέγεθος, που καθορίζει πρωτίστως τα σαφή όρια των δικαιωμάτων του Διαχειριστή του ΜΔΝ. Ο Διαχειριστής του ΥΒΣ υποχρεούται να δύναται να παρέχει σε κάθε στιγμή την εγγυημένη ισχύ, για την οποία αποζημιώνεται σε ετήσια βάση. Εξάλλου, το συμφέρον του συνίσταται, στην πώληση όσο το δυνατόν μεγαλύτερου ποσού ενέργειας. Σε περίπτωση που του ζητηθεί μόνο ένα μέρος της εγγυημένης ισχύος, θα πρέπει να δεχθεί την ανάλογη αιτιολογία από τον Διαχειριστή του ΜΔΝ. Σημειώνεται, ότι η Εγγυημένη Ισχύς που αναγράφεται στην Άδεια Παραγωγής, δεν συμπίπτει κατ' ανάγκη με την εγκατεστημένη ισχύ των ελεγχόμενων μονάδων του ΥΒΣ.

Εν συνεχεία, αναλύονται και άλλοι βασικοί όροι, που χρησιμοποιούνται θεμελιωδώς για τη θέσπιση των κανόνων λειτουργίας των Υβριδικών Σταθμών στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά. Υπενθυμίζεται ότι οι ορισμοί συντάχθηκαν στο πλαίσιο περιγραφής της πολιτικής διαχείρισης των ΜΔΝ, κεντρικό ρόλο στην οποία αναμένεται να κατέχουν και υβριδικά ενεργειακά έργα, για την αποδοτικότερη κάλυψη των αναγκών.

7. Ως Δήλωση Διαθεσιμότητας Υβριδικού Σταθμού ορίζεται η δήλωση του παραγωγού Υβριδικού Σταθμού προς τον Διαχειριστή ΜΔΝ για την ενέργεια που εκτιμάται ότι μπορεί να διαθέσει σε μία Ημέρα Κατανομής ο Υβριδικός Σταθμός. Η Δήλωση αυτή υποβάλλεται μια ημέρα πριν από την Ημέρα Κατανομής

8. Ως Δήλωση Απορρόφησης Ενέργειας από το Δίκτυο ορίζεται η δήλωση του παραγωγού Υβριδικού Σταθμού προς τον Διαχειριστή ΜΔΝ σχετικά με την επιθυμητή ενέργεια, που ζητά να απορροφήσει από το Δίκτυο ο Υβριδικός Σταθμός σε μια Ημέρα Κατανομής για την πλήρωση του συστήματος αποθήκευσής του, προκειμένου να ανταποκριθεί στην παροχή Εγγυημένης Ισχύος – Ενέργειας. Η Δήλωση αυτή υποβάλλεται μια ημέρα πριν από την Ημέρα Κατανομής. Ως Τίμημα Διαθεσιμότητας Ισχύος Υβριδικού Σταθμού ορίζεται το τίμημα για την παροχή διαθεσιμότητας ισχύος από τον Υβριδικό Σταθμό (σε €/ΜW ανά έτος). Το Τίμημα αυτό αναγράφεται στα στοιχεία της άδειας παραγωγής του Υβριδικού Σταθμού.

9. Ως Όριο Μέγιστης Δυνατής Ημερήσιας Απορρόφησης Ενέργειας από το Δίκτυο από Υβριδικούς Σταθμούς ορίζεται η μέγιστη συνολική ενέργεια ανά Ώρα Κατανομής, που μπορεί να απορροφηθεί από το Δίκτυο σε μια Ημέρα Κατανομής, με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συμβατικών μονάδων βάσης του συστήματος και της καμπύλης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά την ίδια Ημέρα Κατανομής. Το Ημερήσιο Περιθώριο Απορρόφησης από το Δίκτυο αφορά στο σύνολο των ΥΒΣ κάθε συστήματος. Η συνολικά αιτούμενη ενέργεια από τους παραγωγούς δεν μπορεί να υπερβαίνει το όριο αυτό, άλλως η διαθέσιμη ενέργεια κατανέμεται αναλογικά στους ΥΒΣ, με βάση τη ζήτηση εγγυημένης ισχύος από το Διαχειριστή.

10. Ως Τίμημα Διαθεσιμότητας Ισχύος Υβριδικού Σταθμού ορίζεται το τίμημα για την παροχή διαθεσιμότητας ισχύος από τον Υβριδικό Σταθμό (σε €/ΜW ανά έτος). Το Τίμημα αυτό αναγράφεται στα στοιχεία της άδειας παραγωγής του Υβριδικού Σταθμού.

11. Ως Τίμημα Παραγωγής Ενέργειας Μονάδων Ελεγχόμενης Παραγωγής Υβριδικού Σταθμού ορίζεται το τίμημα της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τις μονάδες ελεγχόμενης παραγωγής του Υβριδικού Σταθμού (σε €/ΜWh) σύμφωνα με το Άρθρο 13,

παρ. 3β του Ν. 3468/2006. Το Τίμημα αυτό αναγράφεται στα στοιχεία της άδειας παραγωγής του Υβριδικού Σταθμού

12. Ως Τίμημα Παραγωγής Ενέργειας Μονάδων ΑΠΕ Υβριδικού Σταθμού ορίζεται το τίμημα της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τις μονάδες ΑΠΕ του Υβριδικού Σταθμού απ' ευθείας στο Δίκτυο, μετά από τυχόν συμψηφισμό με την απορροφούμενη από το Δίκτυο Ενέργεια (σε €/MWh). Η τιμή αυτού ανά τύπο μονάδας ΑΠΕ αναφέρεται στο Άρθρο 13, παρ. 1(β) του Ν. 3468/2006.

13. Ως Τίμημα Απορρόφησης Ενέργειας από το Δίκτυο ορίζεται το τίμημα της απορροφούμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το Δίκτυο για την πλήρωση των συστημάτων αποθήκευσης Υβριδικού Σταθμού (σε €/MWh). Το Τίμημα αυτό αναγράφεται στα στοιχεία της άδειας παραγωγής του Υβριδικού Σταθμού. Οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό του Τιμήματος αυτού αναλύονται διεξοδικά στο Άρθρο 13, παρ. 3(γ) του Ν. 3468/2006 και στο Άρθρο 33, παρ. 4 της Υπουργικής Απόφαση Δ6/Φ1/οικ.5707/3.04.2007.

Υπενθυμίζεται ότι έχει ήδη εκδοθεί η Υπουργική Απόφαση ΥΑΠΕ/Φ1/14810/25/10/2011 (Κανονισμός Αδειών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και μέσω Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.), η οποία ρυθμίζει αναλυτικά τη μέθοδο τιμολόγησης των μεγεθών που περιγράφονται στις παραγράφους 10, 11 και 13.

Οι τιμολογήσεις των ενεργειακών μεγεθών από ΥΒΣ στο Διασυνδεδεμένο Δίκτυο, όπως επίσης και οι βασικές πτυχές της υποβολής Αιτήσεων για Άδεια Παραγωγής, εξετάζονται στο Κεφάλαιο ΣΤ' του Κανονισμού Αδειών (Απόφαση του Υφυπουργού Υ.Π.Ε.Κ.Α., υπ' αριθμ. ΥΑΠΕ/Φ1/14810/04.10.2011). Στην επόμενη ενότητα, θα αναπτυχθούν οι κυριότεροι θεσμικοί «σταθμοί», που διέπουν από το 2006 ως τώρα, το καθεστώς τιμολόγησης. [25]

2.3. ΕΘΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ

Στο νόμο 3468/06, προβλέπεται για πρώτη φορά, ο τρόπος με τον οποίο θα τιμολογείται η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από Υβριδικούς Σταθμούς. Συγκεκριμένα, στο Άρθρο 13 του νόμου, 3η παράγραφος, ορίζεται και προτείνεται μεθοδολογία για την τιμολόγηση της «διαθεσιμότητας ισχύος». Στην ίδια παράγραφο επίσης, προβλέπεται και τρόπος καθορισμού της τιμής της παραγόμενης ενέργειας από τις «ελεγχόμενες μονάδες», καθώς και της ενέργειας που απορροφά ο σταθμός από το Δίκτυο, για την πλήρωση του αποθηκευτικού του συστήματος, δεδομένου ότι γίνεται λόγος για υβριδικά έργα αποθήκευσης ενέργειας. Ακόμη, ρυθμίζεται η τιμολόγηση της ενέργειας που εγχέεται απευθείας στο Δίκτυο ενός Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού και η τιμολόγηση της ενέργειας από τις Α.Π.Ε. που χρησιμοποιεί ο σταθμός. Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμη, η παράθεση τμημάτων του Άρθρου 13, σχετικά με την «τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. και από Υβριδικούς Σταθμούς.

2. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από Παραγωγό ή Αυτοπαραγωγό μέσω σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. ή μέσω Υβριδικού Σταθμού και απορροφάται από το Σύστημα ή το Δίκτυο, σύμφωνα με τις διατάξεις των άρθρων 9, 10 και 12, τιμολογείται, σε μηνιαία βάση, κατά τα ακόλουθα:

α) Η τιμολόγηση γίνεται με βάση την τιμή, σε ευρώ ανά μεγαβατώρα (MWh), της ηλεκτρικής ενέργειας που απορροφάται από το Σύστημα ή το Δίκτυο, συμπεριλαμβανομένου και του Δικτύου Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών

Το εδάφιο β) της παραγράφου αυτής, περιλαμβάνει τον πίνακα, σύμφωνα με τον οποίο τιμολογείται η κατά περίπτωση παραγόμενη ενέργεια στον Ελλαδικό χώρο. Όπως έχει αναφερθεί και στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο πίνακας τιμολόγησης, έχει διαφοροποιηθεί με βάση το νόμο 3851/2010, ο οποίος επιπρόσθετα στο άρθρο 5, προβλέπει και την τιμολόγηση της ηλεκτροπαραγωγής από φωτοβολταϊκούς σταθμούς (κεφάλαιο 2, πίνακας 2.1). Σημειώνεται ακόμα, ότι οι τιμές τόσο του συγκεκριμένου πίνακα, όσο και οι νέες ισχύουσες τιμές του ν.3851/2010, εφαρμόζονται μόνο για σταθμούς Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. των οποίων η εγκατεστημένη ισχύς (όπως αυτή ορίστηκε στην ενότητα 2.1.) δεν ξεπερνά τα 35MW. Μπορούν να εφαρμοστούν επίσης και στο πλεόνασμα της ενέργειας που οι εν λόγω σταθμοί προσδίδουν στο δίκτυο και μπορεί να ανέλθει στο 20% της ετήσιας παραγόμενης ενέργειάς τους.

Παρατίθεται ο πίνακας τιμολόγησης του νόμου 3468/2006 (πίνακας 2), ως ενδεικτικός των κατηγοριών προέλευσης της παραγόμενης ενέργειας. Δεν ωφελεί η ανάλυση των τιμών και η επεξήγηση της συγκεκριμένης επιλογής τους, καθώς αυτές όχι μόνο έχουν καταργηθεί, αλλά και οι νέες του ν.3851/2010, αναμένεται να αναδιαμορφωθούν στο μέλλον, κατόπιν γνωμοδότησης της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας.

Πίνακας 2: Τιμολόγηση παραγόμενης ενέργειας διαφόρων προελεύσεων

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από:	Τιμή Ενέργειας (€/MWh)	
	Διασυνδεδεμένο Σύστημα	Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
(α) Αιολική ενέργεια	73	84,6
(β) Αιολική ενέργεια από αιολικά πάρκα στη θάλασσα	90	
(γ) Υδραυλική ενέργεια που αξιοποιείται με μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς με Εγκατεστημένη Ισχύ έως δεκαπέντε (15) MWe	73	84,6
(δ) Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από φωτοβολταϊκές μονάδες, με Εγκατεστημένη Ισχύ μικρότερη ή ίση των εκατό (100) kW _{peak} , οι οποίες εγκαθίστανται σε ακίνητη ιδιοκτησίας ή νόμιμης κατοχής ή όμορα ακίνητα του ίδιου ιδιοκτήτη ή νομίμου κατόχου	450	500
(ε) Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από φωτοβολταϊκές μονάδες, με Εγκατεστημένη Ισχύ μεγαλύτερη των εκατό (100) kW _{peak}	400	450
(στ) Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από μονάδες άλλης τεχνολογίας, πλην αυτής των φωτοβολταϊκών, με Εγκατεστημένη Ισχύ έως πέντε (5) MWe	250	270
(ζ) Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από μονάδες άλλης τεχνολογίας, πλην αυτής των φωτοβολταϊκών, με Εγκατεστημένη Ισχύ μεγαλύτερη των πέντε (5) MWe	230	250
(η) Γεωθερμική ενέργεια, βιομάζα, αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και βιοαέρια	73	84,6
(θ) Λοιπές Α.Π.Ε.	73	84,6
(ι) Σ.Η.Θ.Υ.Α.	73	84,6

Πηγή: ν.3468/06

Ο υπό εξέταση νόμος 3468/2006, αναφέρεται ιδιαίτερα αναλυτικά στην κοστολόγηση της ενέργειας διαφόρων προελεύσεων από Υβριδικούς Σταθμούς, οι οποίοι συνδέονται με το δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών. Για την τιμολόγηση της λεγόμενης «διαθεσιμότητας ισχύος» του ΥΒΣ του νησιού, αναφέρονται τα εξής:

α) Η διαθεσιμότητα ισχύος των μονάδων ελεγχόμενης παραγωγής του Υβριδικού Σταθμού που συνδέεται στο Δίκτυο Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού τιμολογείται, σε μηνιαία βάση, σε ευρώ ανά μεγαβάτ εγγυημένης ισχύος (~/MW). Η εγγυημένη ισχύς, οι χρονικές περίοδοι κατά τις οποίες παρέχεται αυτή, καθώς και η τιμή με βάση την οποία τιμολογείται η διαθεσιμότητα ισχύος, καθορίζονται στην άδεια παραγωγής του Υβριδικού Σταθμού. Για την τιμολόγηση διαθεσιμότητας ισχύος λαμβάνεται υπόψη το εκτιμώμενο κόστος κατασκευής και το σταθερό κόστος λειτουργίας νεοεισερχόμενου συμβατικού σταθμού παραγωγής στο Αυτόνομο Ηλεκτρικό Σύστημα του Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού. Το τίμημα που λαμβάνει ο Παραγωγός για τη διαθεσιμότητα των μονάδων ελεγχόμενης παραγωγής Υβριδικού Σταθμού δεν μπορεί να υπολείπεται του τιμήματος που καταβάλλεται για τη διαθεσιμότητα των μονάδων του νεοεισερχόμενου συμβατικού σταθμού παραγωγής, με αντίστοιχη ισχύ. Ως νεοεισερχόμενος συμβατικός σταθμός παραγωγής στο Αυτόνομο Ηλεκτρικό Σύστημα Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού, λαμβάνεται υπόψη ο σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση συμβατικών καυσίμων, που λογίζεται ότι κατασκευάζεται κατά το χρόνο εξέτασης της αίτησης για τη χορήγηση άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Υβριδικό Σταθμό, με σκοπό την απρόσκοπτη ηλεκτροδότηση του Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού, κατά τα προβλεπόμενα στον Κώδικα Διαχείρισης Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών.

Ο νόμος, επίσης, προβλέπει και την τιμολόγηση της παραγόμενης ενέργειας σε μονάδες €/MWh (Ευρώ ανά μεγαβατ-ώρα). Η ενέργεια αυτή προέρχεται είτε από τις μονάδες Α.Π.Ε. του Υβριδικού Σταθμού, είτε από τις ελεγχόμενες μονάδες. Οι τελευταίες, είναι συνήθως μικρά υδροηλεκτρικά έργα, τα οποία τίθενται σε λειτουργία ανάλογα με τις ανάγκες του Συστήματος του νησιού. Μπορεί κατ' επιλογή να αποδίδουν στο μέγιστο της ισχύος τους ή σε κάποιο ποσοστό αυτής. Αντίθετα, όταν γίνεται λόγος για ελεγχόμενες συμβατικές μονάδες του Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού, τότε εννοείται οποιαδήποτε συμβατική θερμική μονάδα παραγωγής, με καύσιμο διαφόρου τύπου (συνήθως πετρέλαιο diesel, mazut).

Οι υδροστρόβιλοι ενός ΥΒΣ παράγουν ενέργεια από τα αποθηκευμένα υδατικά αποθέματα του ταμιευτήρα του σταθμού, ή από την «απευθείας» εκμετάλλευση της ροής υδατορρευμάτων, με υλοποίηση απλών έργων εκτροπής. Στα ελληνικά νησιά, όπως θα εξηγηθεί και παρακάτω (ενότητα 3.4), παρατηρείται έντονο ενδιαφέρον, για την ανάπτυξη Υβριδικών Αντλησιοταμιευτικών Σταθμών. Άρα, η υφιστάμενη νομοθεσία για τους Υβριδικούς Σταθμούς, όπως διαμορφώθηκε θεμελιωδώς από το ν.3468/2006, στρέφεται περισσότερο προς τη θέσπιση αναλυτικών κανόνων διαχείρισης και λειτουργίας αυτού του είδους Υβριδικού Σταθμού. Με άλλο λόγια, ο νομοθέτης «φωτογραφίζει» ένα αντλησιοταμιευτικό σταθμό με μονάδες Α.Π.Ε., για την κάλυψη μέρους των ενεργειακών αναγκών, ενός Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού της ελληνικής επικράτειας.

Παρακάτω, παρατίθεται το εδάφιο του ν.3468/2006, που περιέχει οδηγίες για την εκτίμηση της τιμολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας από τις ελεγχόμενες μονάδες ενός ΥΒΣ

β) Η τιμή, με βάση την οποία τιμολογείται η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τις μονάδες ελεγχόμενης παραγωγής Υβριδικού Σταθμού που αξιοποιούν την αποθηκευμένη ενέργεια στο σύστημα αποθήκευσής του και εγχέεται στο Δίκτυο του Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού, καθορίζεται στην άδεια παραγωγής του Υβριδικού Σταθμού. Ο καθορισμός αυτός γίνεται με βάση το μέσο οριακό μεταβλητό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που εκτιμάται ότι έχουν, κατά το χρόνο έκδοσης της άδειας παραγωγής, οι συμβατικές μονάδες του Αυτόνομου Ηλεκτρικού Συστήματος για την κάλυψη της ηλεκτρικής ενέργειας που ζητείται από το Μη Διασυνδεδεμένο Νησί και η οποία καλύπτεται, εν προκειμένω, από τις ανωτέρω μονάδες ελεγχόμενης παραγωγής του Υβριδικού Σταθμού. Η τιμή που ορίζεται στο πρώτο εδάφιο δεν μπορεί να είναι κατώτερη από την τιμή με την οποία τιμολογείται η ηλεκτρική ενέργεια που απορροφά ο Υβριδικός Σταθμός από το Δίκτυο για την πλήρωση του συστήματος αποθήκευσής του, προσαυξημένη με ποσοστό 25%.

γ) Η τιμή, με βάση την οποία τιμολογείται το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας που απορροφά ο Υβριδικός Σταθμός από το Δίκτυο του Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού για την πλήρωση του συστήματος αποθήκευσής του, καθορίζεται στην άδεια παραγωγής του Υβριδικού Σταθμού. Ο καθορισμός της τιμής αυτής γίνεται με βάση το μέσο μεταβλητό κόστος παραγωγής των μονάδων βάσης του Αυτόνομου Ηλεκτρικού Συστήματος του Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού κατά το χρόνο έκδοσης της άδειας παραγωγής.

δ) Το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας που οι μονάδες Α.Π.Ε. Υβριδικού Σταθμού εγχέουν απευθείας στο Δίκτυο του Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού, τιμολογείται κατά τα οριζόμενα στην παράγραφο 1, ανάλογα με το είδος του σταθμού Α.Π.Ε..

ε) Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τις μονάδες Α.Π.Ε. του Υβριδικού Σταθμού και εγχέεται απευθείας στο Δίκτυο Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού, μπορεί να συμψηφίζεται με την ενέργεια που απορροφά από το Δίκτυο αυτό ο Υβριδικός Σταθμός για την πλήρωση των συστημάτων αποθήκευσής του. Το δικαίωμα συμψηφισμού αναγνωρίζεται μετά από σχετική αίτηση του παραγωγού και αναγράφεται στην οικεία άδεια παραγωγής κατά την έκδοση ή την τροποποίηση της άδειας αυτής. Στην περίπτωση αυτή, η τιμολόγηση των περιπτώσεων γ' και δ', αφορά την ηλεκτρική ενέργεια που υπολογίζεται ότι απορροφάται ή εγχέεται στο Δίκτυο, μετά τον ανωτέρω συμψηφισμό, όπως ρητά αναγράφεται στην οικεία άδεια παραγωγής.

4. Σε περίπτωση διασύνδεσης του Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού με το Σύστημα, εξακολουθούν να ισχύουν οι συμβάσεις πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που έχουν συναφθεί μεταξύ του Διαχειριστή Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών και του Παραγωγού, χωρίς δυνατότητα παράτασής τους.

5. Με την απόφαση που εκδίδεται κατά την παράγραφο 3 του άρθρου 5, καθορίζονται, η διαδικασία, τα ειδικότερα θέματα και κάθε αναγκαία λεπτομέρεια για τις τιμολογήσεις που γίνονται κατά την παράγραφο 3 του παρόντος άρθρου

6. Οι τιμές που περιλαμβάνονται στον πίνακα της παραγράφου 1 αναπροσαρμόζονται, κάθε έτος, με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης, η οποία εκδίδεται μετά από γνώμη της Ρ.Α.Ε.. Ως βάση για την αναπροσαρμογή αυτή λαμβάνεται η μεσοσταθμική μεταβολή των εγκεκριμένων τιμολογίων της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού Α.Ε. (Δ.Ε.Η. Α.Ε.). Ως μεσοσταθμική μεταβολή των τιμολογίων της Δ.Ε.Η. Α.Ε., νοείται ο μέσος όρος των επί μέρους εγκεκριμένων μεταβολών, ανά κατηγορία τιμολογίου, όπως ο όρος αυτός σταθμίζεται, ανάλογα με την αντίστοιχη, κατά το είδος της, ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται το προηγούμενο έτος.

Αν δεν απαιτείται έγκριση των τιμολογίων της Δ.Ε.Η. Α.Ε., σύμφωνα με τη σχετική κείμενη νομοθεσία, οι τιμές του πίνακα της παραγράφου 1 αναπροσαρμόζονται με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης σε ποσοστό 80% του δείκτη των τιμών καταναλωτή, όπως αυτός καθορίζεται από την Τράπεζα της Ελλάδος. Η αναπροσαρμογή αυτή γίνεται με ενιαίο τρόπο και ισχύει για όλες τις τιμές του πίνακα.

7. Με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης, μετά από γνώμη της Ρ.Α.Ε., μπορεί να αναπροσαρμόζεται, σε ετήσια βάση, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται ή απορροφάται από Υβριδικό Σταθμό Α.Π.Ε. και η τιμή της διαθεσιμότητας ισχύος του σταθμού αυτού, σύμφωνα με τα στοιχεία καθορισμού των τιμών αυτών, κατά τα οριζόμενα στις περιπτώσεις α', β' και γ' της παραγράφου 3.

Την 3η Απριλίου 2007, εκδίδεται η Υπουργική Απόφαση υπ' αριθμ. Δ6/Φ1/οικ. 5707/03.04.2007, σχετικά με τον «Κανονισμό Αδειών Παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και μέσω Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης». Όπως δηλώνει και ο τίτλος, πρόκειται για τον κανονισμό που διέπει τη διαδικασία υποβολής αιτήσεων ηλεκτροπαραγωγής και χορήγησης αδειών σε κάθε τους πτυχή. Στο Κεφάλαιο Ζ' εξετάζεται μεμονωμένα η αδειοδότηση και τιμολόγηση Υβριδικών Σταθμών στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά. Συγκεκριμένα, η μέθοδος τιμολόγησης που προβλέπεται από τον κανονισμό, διαφέρει σε κάποια σημεία από την αντίστοιχη που προτείνει ο ν.3468/06. Η διαφορά εντοπίζεται κυρίως στην τιμολόγηση της ενέργειας των ελεγχόμενων μονάδων του σταθμού και της ενέργειας που απορροφάται από αυτόν, για την πλήρωση του αποθηκευτικού του συστήματος. Παρατίθεται το Άρθρο 33 του Κανονισμού για διευκόλυνση της κατανόησης. Σημειώνεται ότι όπου συναντάται ο όρος «Νόμος», εννοείται ο ν.3468/06.

1. Με την αίτηση για χορήγηση Άδειας για Υβριδικό Σταθμό υποβάλλονται και προτάσεις τιμολόγησης, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο άρθρο 13 παρ. 3 του νόμου. Ο ενδιαφερόμενος καταρτίζει τις προτάσεις αυτές λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία που έχει γνωστοποιήσει ο Διαχειριστής Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών σύμφωνα με το άρθρο 31 της παρούσας και τα αποτελέσματα της τεchnοοικονομικής μελέτης που υποβάλλεται σύμφωνα με το Παράρτημα 3.
2. Οι τιμές με βάση τις οποίες τιμολογούνται, η ηλεκτρική ενέργεια η οποία εγχέεται στο δίκτυο του νησιού από τις μονάδες ελεγχόμενης παραγωγής, η ενέργεια που απορροφάται από το δίκτυο του νησιού για την πλήρωση των συστημάτων αποθήκευσης, καθώς και η διαθεσιμότητα ισχύος των Υβριδικών Σταθμών, είναι ενιαίες για όλους τους Υβριδικούς Σταθμούς που λειτουργούν στο αυτόνομο ηλεκτρικό σύστημα Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού, υπό την προϋπόθεση ότι οι

σταθμοί αυτοί χρησιμοποιούν την ίδια τεχνολογία και λειτουργούν με τους ίδιους όρους και περιορισμούς.

3. Κατά την κατάρτιση της πρότασης για την τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας που εγγείει ο Υβριδικός Σταθμός στο δίκτυο του Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού που παράγεται από τις μονάδες ελεγχόμενης παραγωγής του (€/MWh), ο ενδιαφερόμενος λαμβάνει υπόψη τα στοιχεία που γνωστοποιούνται από τον Διαχειριστή Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών και υπολογίζει το μέσο οριακό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (μέσο ετήσιο μεταβλητό κόστος) των συμβατικών μονάδων αιχμής κατά το προηγούμενο έτος. Ως συμβατικές μονάδες αιχμής αυτόνομου ηλεκτρικού συστήματος νοούνται οι συμβατικές μονάδες παραγωγής, οι οποίες λειτουργούν για χρονικό διάστημα μικρότερο του 30% του έτους αναφοράς. Στο χρονικό αυτό διάστημα δεν περιλαμβάνονται οι περίοδοι συντήρησης ή βλάβης των μονάδων. Το κόστος αυτό υπολογίζεται για το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας που παρέδωσαν στο δίκτυο οι μονάδες αιχμής κατά το προηγούμενο έτος, λαμβανομένων υπόψη των εξής μεταβλητών στοιχείων κόστους:

α) Καυσίμου,

β) Λειτουργίας και συντήρησης και

γ) Αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών ρύπων που αντιστοιχούν στην ηλεκτρική ενέργεια που υποκαθίσταται από τις μονάδες του Υβριδικού Σταθμού κατά τις ώρες παροχής εγγυημένης ισχύος. Ως τιμή αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών ρύπων, λαμβάνεται μια εκτιμώμενη τιμή με βάση τις μέσες τιμές αγοράς στις διεθνείς αγορές δικαιωμάτων εκπομπών ρύπων, κατά το τελευταίο τρίμηνο πριν από την υποβολή της αίτησης.

Στον Κανονισμό Αδειών του 2007 λοιπόν, ορίζεται λεπτομερέστερα η μεθοδολογία υπολογισμού την τιμής της ενέργειας των ελεγχόμενων μονάδων του ΥΒΣ, σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες του νόμου 3468/2006. Υπονοείται, ότι ο «ενδιαφερόμενος» θα διαχειρίζεται τον Υβριδικό Σταθμό, γνωρίζοντας ότι θα καλείται να καλύπτει τις ανάγκες αιχμής του συστήματος του ΜΔΝ, αφού η τιμολόγηση των μεγαλύτερων ποσοτήτων ενέργειας που θα παράγει, βασίζεται στο μέσο ετήσιο μεταβλητό κόστος των μονάδων αιχμής. Ως συνιστώσες του κόστους αυτού, αναφέρονται οι δαπάνες για το καύσιμο των μονάδων, τη λειτουργία και τη συντήρησή τους και τα έξοδα αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών ρύπων. Ακολουθούν οι διατάξεις, για την τιμολόγηση της ενέργειας που απορροφά ένας ΥΒΣ, για τη λειτουργία των μονάδων πλήρωσης του συστήματος αποθήκευσης που χρησιμοποιεί.

4. Κατά την κατάρτιση της πρότασης για την τιμολόγηση της ενέργειας που απορροφά ο Υβριδικός Σταθμός από το δίκτυο του Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού για την πλήρωση του συστήματος αποθήκευσής του (€/MWh), ο ενδιαφερόμενος λαμβάνει υπόψη το μέσο μεταβλητό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των συμβατικών μονάδων βάσης κατά το προηγούμενο έτος. Ως συμβατικές μονάδες βάσης αυτόνομου ηλεκτρικού συστήματος νοούνται οι μονάδες παραγωγής, οι οποίες λειτουργούν για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο του 70% του έτους αναφοράς. Στο χρονικό αυτό διάστημα δεν περιλαμβάνονται οι περίοδοι

συντήρησης ή βλάβης των μονάδων. Το μέσο μεταβλητό κόστος παραγωγής υπολογίζεται σε ετήσια βάση, λαμβανομένων υπόψη των εξής μεταβλητών στοιχείων κόστους:

α) Καυσίμου,

β) Λειτουργίας και συντήρησης και

γ) Αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών ρύπων που αντιστοιχούν στην ηλεκτρική ενέργεια που απορροφάται από το δίκτυο για την πλήρωση του συστήματος αποθήκευσης του Υβριδικού Σταθμού. Ως τιμή αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών ρύπων λαμβάνεται μια εκτιμώμενη τιμή με βάση τις μέσες τιμές αγοράς στις διεθνείς αγορές δικαιωμάτων εκπομπών ρύπων, κατά το τελευταίο τρίμηνο πριν από την υποβολή της αίτησης.

Συμπεραίνεται λοιπόν, ότι για τη λειτουργία των μονάδων αποθήκευσης ενέργειας του ΥΒΣ, απαιτείται η κατανάλωση ενέργειας, από συμβατικές μονάδες βάσης, σε ένα Μη Διασυνδεδεμένο Νησί. Με άλλα λόγια, επειδή η διαδικασία πλήρωσης προβλέπεται σε περιόδους χαμηλής ζήτησης και συγκεκριμένα στις νυχτερινές ώρες, οι λειτουργούσες συμβατικές ελεγχόμενες μονάδες είναι ουσιαστικά μονάδες βάσης. Εν συνεχεία, παρατίθεται το εδάφιο του Κανονισμού Αδειών του 2007, που ορίζει τον τρόπο τιμολόγησης της διαθεσιμότητας ισχύος που περιγράφηκε στην ενότητα 3.1 του παρόντος κεφαλαίου

5. Κατά την κατάρτιση της πρότασης για την τιμολόγηση της διαθεσιμότητας ισχύος Υβριδικού Σταθμού, ο ενδιαφερόμενος λαμβάνει υπόψη τα αναφερόμενα στο άρθρο 13 παρ. 3 περ. α' του νόμου για το τίμημα της διαθεσιμότητας ισχύος των εγκαταστάσεων παραγωγής. Η τιμή, με βάση την οποία τιμολογείται, σε μηνιαία βάση, η διαθεσιμότητα ισχύος των μονάδων ελεγχόμενης παραγωγής Υβριδικού Σταθμού που συνδέεται στο δίκτυο Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού, υπολογίζεται ως το 1/12 του αθροίσματος των εξής παραγόντων:

α) Της ετήσιας επιβάρυνσης που αντιστοιχεί στην απόσβεση του εκτιμώμενου κεφαλαιουχικού κόστους κατασκευής, λαμβάνοντας υπόψη την εύλογη απόδοση των επενδεδυμένων κεφαλαίων, νεοεισερχόμενου συμβατικού σταθμού παραγωγής, όπως αυτός ορίζεται στο άρθρο 13 παρ. 3 περ. α' του νόμου, ισχύος και τεχνολογίας αντίστοιχης με τις ανάγκες του αυτόνομου ηλεκτρικού συστήματος του νησιού, και

β) Του ετήσιου σταθερού κόστους λειτουργίας του σταθμού αυτού.

Το κόστος κατασκευής και το ετήσιο σταθερό κόστος λειτουργίας λαμβάνονται υπόψη από τη Ρ.Α.Ε., μαζί με τα στοιχεία που γνωστοποιούνται από το Διαχειριστή Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών. Για τον υπολογισμό της ετήσιας επιβάρυνσης που αναφέρεται στην περίπτωση α', ως εύλογη απόδοση των επενδεδυμένων κεφαλαίων θεωρείται η απόδοση επενδυτικού σχεδίου ισοδύναμου κινδύνου και ως χρόνος οικονομικής ζωής της επένδυσης λαμβάνεται ο εύλογος χρόνος που ο σταθμός θεωρείται λειτουργικό.

Την 25η Οκτωβρίου 2011, εκδίδεται νέος Κανονισμός με ίδιο τίτλο με την προηγούμενη Υ.Α. (Κανονισμός Αδειών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και μέσω Συμπααραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας

Υψηλής Απόδοσης). Ο Κανονισμός αυτός διέπει εκ νέου τη διαδικασία αδειοδότησης των έργων ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε.. Προβλέπει επίσης και αυτός (όπως και ο πρώτος το 2007), τη διαδικασία υποβολής αιτήσεων ηλεκτροπαραγωγής στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά. Ωστόσο, ο νέος Κανονισμός Αδειών, δεν προβλέπει τροποποιήσεις στη μεθοδολογία τιμολόγησης της ενέργειας, που παράγει και απορροφά ένας Υβριδικός Σταθμός, σε ένα Μη Διασυνδεδεμένο Νησί της ελληνικής επικράτειας. Στο εξής, χάρη συντομίας, μπορεί η αναφορά στις δύο αυτές υπουργικές αποφάσεις, να γίνεται με τη χρήση των όρων «Κανονισμός Αδειών 2007» ή «Κανονισμός Αδειών 2011» ανάλογα με την περίπτωση. [25]

2.4. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

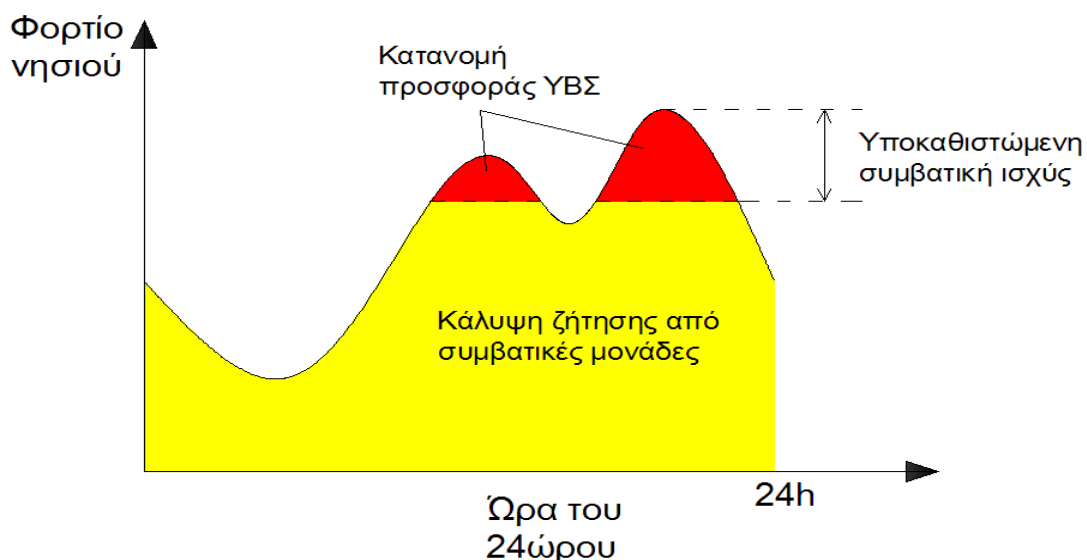
Ο Κώδικας Διαχείρισης Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, συμβάλλει ουσιαστικά στη διαμόρφωση της νομοθεσίας, για την ανάπτυξη των Υβριδικών Σταθμών στην Ελλάδα. Το συγκεκριμένο τεύχος καταρτίζεται από τη ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. (Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε., 100% θυγατρική της ΔΕΗ Α.Ε.) και υποβάλλεται στη ΡΑΕ. Η ΡΑΕ, μετά από Δημόσια Διαβούλευση (και μετά από πιθανές τροποποιήσεις και προσθήκες), εκδίδει με απόφασή της το τελικό κείμενο του Κώδικα αυτού. Η πρόταση της ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. αποτελείται από ένα σύνολο ρυθμίσεων των εμπορικών συναλλαγών, μεταξύ παραγωγών, προμηθευτών και Διαχειριστή και από τεχνικούς κανόνες διαχείρισης, λειτουργίας και ανάπτυξης των ηλεκτρικών συστημάτων των ΜΔΝ (όπως αναφέρεται στην παρουσίαση της ΡΑΕ: Σχέδιο Κώδικα-Εισήγηση Διαχειριστή). Σκοπός του είναι, όπως δηλώνει και ο τίτλος του, η διαχείριση της παραγωγής και της αγοράς των αυτόνομων ηλεκτρικών συστημάτων των ΜΔΝ. Στο Κεφάλαιο ΙΑ' του υποβληθέντος κειμένου στη ΡΑΕ, αναπτύσσεται το σύνολο αρχών, κανόνων και μεθοδολογιών υπολογισμού, της πολιτικής διαχείρισης και λειτουργίας των Υβριδικών Σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Προτείνονται μέθοδοι ένταξης και τιμολόγησης, οι οποίες είναι σύμφωνες με το ισχύον νομικό πλαίσιο, όπως διαμορφώθηκε πρωτίστως από το νόμο 3468/06.

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, όπως περιγράφηκε παραπάνω και με τον Κώδικα Διαχείρισης ΜΔΝ, ως πρόταση της ΔΕΗ Α.Ε., καταρτίζεται ένα πρόγραμμα λειτουργίας και διαχείρισης των ΥΒΣ, αναφερόμενο και ως «πολιτική διαχείρισης». Οι Σ. Παπαθανασίου και Σ. Μπουλαξής (2011) περιγράφουν την πολιτική αυτή ως εξής:

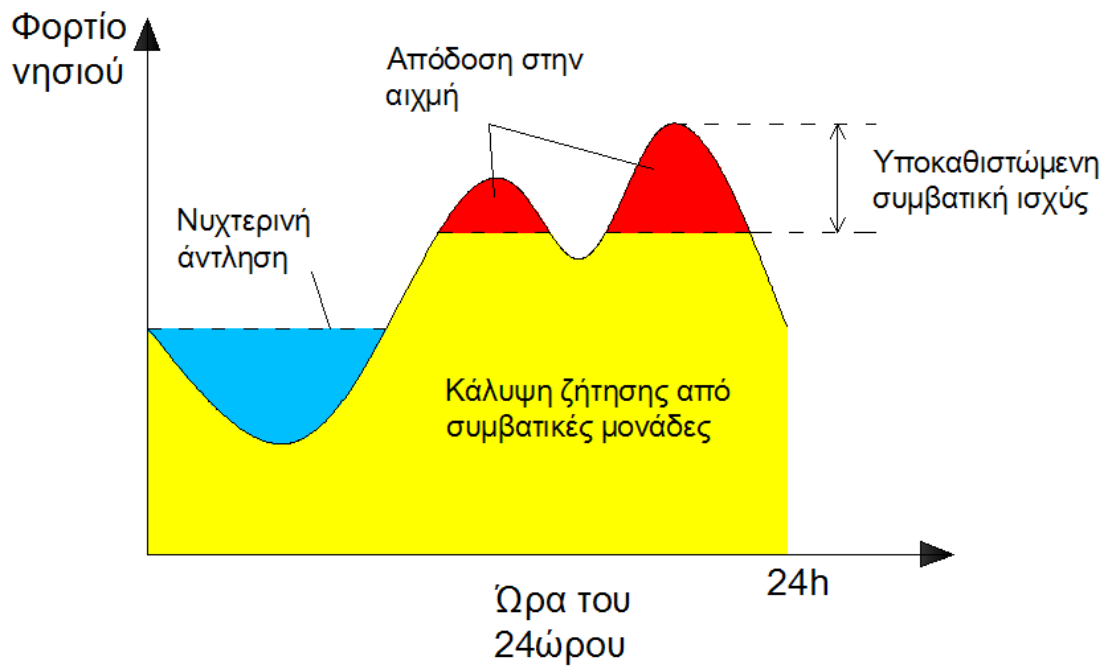
Βήματα πολιτικής διαχείρισης:

- Εφαρμόζεται ημερήσιος ενεργειακός προγραμματισμός για το σύστημα του νησιού, δηλαδή προγραμματισμός της ένταξης και λειτουργίας των ελεγχόμενων μονάδων παραγωγής σε 24ωρη βάση.
- Ο παραγωγός ΥΒΣ υποβάλλει στον Διαχειριστή του ΜΔΝ προσφορά συνολικής έγχυσης ενέργειας σε 24ωρη βάση, βάσει αποθεμάτων στο σύστημα αποθήκευσης του σταθμού ή και πρόβλεψης της αναμενόμενης παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ του.

- Ο διαχειριστής ΜΔΝ προσαρμόζει την προσφορά στην καμπύλη φορτίου, με βασικό στόχο την κάλυψη της αιχμής, και καταρτίζει το ωριαίο πρόγραμμα των ελεγχόμενων μονάδων του ΥΒΣ (σχήμα 3).
- Οι ελεγχόμενες μονάδες του ΥΒΣ (π.χ. υδροστρόβιλοι) υποκαθιστούν συμβατικές θερμικές μονάδες και άρα υποχρεούνται να παρέχουν επικουρικές υπηρεσίες αντίστοιχες με αυτές των υποκαθιστώμενων μονάδων. Αυτό αφορά τη συμμετοχή τους στη ρύθμιση τάσης και συχνότητας, τόσο πρωτεύουσα όσο και δευτερεύουσα, καθώς και την παροχή στρεφόμενης εφεδρείας, ιδίως αρνητικής («κάτω εφεδρείας») για την απορρόφηση αιολικής παραγωγής από σταθμούς εκτός του ΥΒΣ. Πρακτική συνέπεια της απαίτησης αυτής είναι ότι οι μονάδες του ΥΒΣ μπορεί να προγραμματίζονται για κάποια ισχύ, αλλά στη φάση της λειτουργίας να αποδίδουν μικρότερη (κατόπιν εντολής του Διαχειριστή), προκειμένου να απορροφηθεί αιολική παραγωγή, ή εν γένει μη ελεγχόμενη παραγωγή ΑΠΕ, από το σύστημα το νησιού.
- Ο διαχειριστής ΜΔΝ απαιτεί εγγυημένη παροχή από τον ΥΒΣ μόνο σε περιόδους υψηλού φορτίου για κάλυψη πιθανού ελλείμματος συμβατικής παραγωγής και όχι σε ημερήσια βάση, προκειμένου να αποφευχθεί η εκτεταμένη απορρόφηση από το δίκτυο.
- Εφόσον έχει ζητηθεί από τον Διαχειριστή ΜΔΝ εγγυημένη παροχή και η ήδη διαθέσιμη ενέργεια στα συστήματα αποθήκευσης του ΥΒΣ δεν επαρκεί, ο υβριδικός παραγωγός υποβάλλει δήλωση φορτίου για την αναγκαία συμπλήρωση του συστήματος αποθήκευσης. Με τον τρόπο αυτό, η άντληση από δίκτυο είναι αποδεκτή μόνο για διασφάλιση της εγγυημένης παροχής (σχήμα 4).
- Ο Διαχειριστής ΜΔΝ κατανέμει τη δήλωση φορτίου στη νυκτερινή κοιλάδα, καταρτίζοντας το ωριαίο πρόγραμμα άντλησης από το δίκτυο του ΥΒΣ. [25]



Σχήμα 3: Τυπική κατανομή της προσφοράς ενέργειας ΥΒΣ από το Διαχειριστή ΜΔΝ στην αιχμή της ημερήσιας καμπύλης φορτίου
 Πηγή: Παπαθανασίου, Μπουλαξής, 2011



Σχήμα 4: Αποθήκευση ενέργειας από το δίκτυο στην κοιλάδα της καμπύλης φορτίου για διασφάλιση της εγγυημένης παροχής
 Πηγή: Παπαθανασίου, Μπουλαξής, 2011

2.5. ΥΒΡΙΔΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Οι Υβριδικοί Σταθμοί, λόγω των πλεονεκτημάτων τους, ως προς την αποδοτικότερη εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας από το Δίκτυο ενός ΜΔΝ και την εξοικονόμηση καυσίμων, καθώς προβλέπεται υποκατάσταση των συμβατικών μονάδων αιχμής, αποτελούν ελκυστικές επενδύσεις. Τέτοια ενεργειακά έργα, στοχεύουν στη σταδιακή ενεργειακή απεξάρτηση απομονωμένων συστημάτων, με τη μειωμένη εμπορία καυσίμων. Το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο (ν.3468/2006, Κανονισμός Αδειών 2007 και 2011), διέπει αναλυτικά τη διαδικασία αδειοδότησης της εγκατάστασης και λειτουργίας τους.

Μετά την απόφαση για υλοποίηση του Υβριδικού Σταθμού στην Ικαρία, έχουν γίνει αιτήσεις για ανάπτυξη αντλιοσταμειωτικών ΥΒΣ, σε διάφορες άλλες περιοχές Ελληνικών Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών. Ο ΔΕΔΔΗΕ (2012), παρέχει πληροφόρηση, σχετικά με την αδειοδοτική κατάσταση όλων των έργων Α.Π.Ε.. Μεταξύ και αυτών, γίνεται αναφορά και στους Υβριδικούς Σταθμούς στους οποίους έχει χορηγηθεί αίτηση Άδειας Παραγωγής, κατόπιν υποβολής σχετικού αιτήματος, σύμφωνα με τη νομοθεσία. Ο πίνακας 3 συνοψίζει όλα τα βασικά χαρακτηριστικά στοιχεία, των Αδειών Παραγωγής που έχουν χορηγηθεί σε αιτήματα Υβριδικών Σταθμών ως τις 30 Ιουλίου 2012 (κατά τα στοιχεία της ανακοίνωσης ΔΕΔΔΗΕ).

Σύμφωνα λοιπόν με τον πίνακα 3, όλοι σχεδόν οι Υβριδικοί Σταθμοί (εκτός από έναν που χρησιμοποιεί συστοιχίες μπαταριών) αφορούν στην εγκατάσταση αντλιοσταμειωτικών διατάξεων για την αποθήκευση ενέργειας, την οποία θα πρέπει να αποδώσουν, όταν τους ζητηθεί από το Διαχειριστή Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού (ΔΜΔΝ).

Αυτό σημαίνει ότι τα συγκεκριμένα έργα αναμένεται να διαθέτουν εγγυημένη ισχύ, κυρίως από μονάδες υδροηλεκτρικής παραγωγής. Απαραίτητη προϋπόθεση βέβαια, αποτελεί η ύπαρξη σημαντικού μεγέθους υδρογραφικού δικτύου. Είναι ευνόητο, πως ένας ΥΒΣ με χρήση αντλιοσταμειωτικών διατάξεων, απαιτεί σημαντικά υδατικά αποθέματα για τη λειτουργία του. Έτσι, επιλέγονται πρωτίστως περιοχές, εντός των νησιών, στις οποίες

υπάρχουν ήδη ταμειευτήρες. Στην προκειμένη περίπτωση, απαιτείται μόνο η κατασκευή ενός ακόμη ταμειευτήρα, ο οποίος θα συμπληρώνει το κύκλωμα μεταφοράς του νερού.

Καθώς δεν είναι διαθέσιμες οι μελέτες υλοποίησης των ΥΒΣ, που αναφέρονται στον πίνακα 3, δεν είναι γνωστός ο τρόπος ένταξής τους στο υφιστάμενο περιβάλλον. Με άλλα λόγια, η μόνη διαθέσιμη πληροφόρηση για τους σταθμούς αυτούς, μέχρι τώρα, είναι τα στοιχεία του «πίνακα αδειοδότησης» που έχει εκθέσει ο ΔΕΔΔΗΕ στον ιστότοπό του. Υποτίθεται ωστόσο, ότι κάποιος γνώστης των περιοχών που αναγράφονται, μπορεί να εξάγει πρωτογενή συμπεράσματα για τη γενική διαμόρφωση των εγκαταστάσεων και του περιβάλλοντος. Σε κάθε περίπτωση πάντως, η υλοποίηση Υβριδικού Σταθμού με αποθήκευση υδραυλικής ενέργειας, πρέπει να μελετάται στο πλαίσιο του ευρύτερου σχεδιασμού διαχείρισης υδατικών πόρων μιας περιοχής. Ο λόγος είναι, ότι η λειτουργία του αποτελεί μια ξεχωριστή ανταγωνιστική εναλλακτική χρήση των διαθέσιμων υδατικών αποθεμάτων της περιοχής.

Πίνακας 3: Κατάσταση χορήγησης Αδειών Παραγωγής Υβριδικών Σταθμών σε ΜΔΝ

Νησί	Είδος Υβριδικού Σταθμού	Αριθμός Αδειών	Συνολική Εγγυημένη Ισχύς (MW)	Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς Α/Π (MW)
Κρήτη	Υβριδικός με συστοιχίες μπαταριών	1	30	50
Κρήτη	Υβριδικός με αντλησιοταμίευση	13	241,1	312,1
Ρόδος	Υβριδικός με αντλησιοταμίευση	3	36	48,45
Λέσβος	Υβριδικός με αντλησιοταμίευση	1	15	18,4

Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ, 2012

Παρατηρώντας τα στοιχεία, μπορεί να συμπεράνει κανείς, ότι η Κρήτη διαθέτει μια πληθώρα από συμβατές τοποθεσίες, για την εγκατάσταση Υβριδικών Σταθμών, ποικίλης εγκατεστημένης και εγγυημένης ισχύος. Επίσης, μπορεί να ειπωθεί ότι είναι σημαντική η συνολική εγγυημένης ισχύς των ΥΒΣ του νησιού. Αυτή ανέρχεται στα 271,1MW, αρκετή ισχύς, ώστε να καλύψει περίπου το 35-40% της αιχμής φορτίου του νησιού, σύμφωνα με τους S. Paraefthimiou et al. (2008), η αιχμή φορτίου της Κρήτης μπορεί να ανέλθει στα 700MW). Ιδιαίτερα αυξημένη, είναι και η δηλούμενη εγκατεστημένη ισχύς των αιολικών πάρκων, τα οποία φαίνεται να κυριαρχούν ως επιλογή εκμετάλλευσης ανανεώσιμης πηγής ενέργειας από τους ΥΒΣ. Για την ακρίβεια, όλοι οι Σταθμοί, ακόμη και στα άλλα νησιά με αδειοδοτήσεις, διαθέτουν δηλούμενη εγκατεστημένη αιολική ισχύ μεγαλύτερη της αντίστοιχης εγγυημένης. Σύμφωνα με τη νομοθεσία (άρθρο 30, παρ. 1γ του Κανονισμού Αδειών 2011), εφόσον χρησιμοποιείται η ισχύς αυτή για την πλήρωση των αποθηκευτικών συστημάτων, δεν εμπίπτει στους περιορισμούς, σχετικά με τη Μέγιστη Ισχύ Παραγωγής των μονάδων Α.Π.Ε.

Υπενθυμίζεται εξάλλου, ότι βασικό πλεονέκτημα της λειτουργίας ενός αντλησιοταμειευτικού ΥΒΣ, είναι η ανάκτηση της απορριπτόμενης αιολικής ενέργειας. Αυτό σημαίνει δηλαδή, ότι με την προϋπόθεση ορθού σχεδιασμού, επιτυγχάνεται βέλτιστη

αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής. Απλοϊκά, είναι σκόπιμο να ειπωθεί, ότι οι Υβριδικοί Σταθμοί, «βοηθούν» το δίκτυο να απορροφήσει το σύνολο της αιολικής ηλεκτροπαραγωγής, η οποία διαφορετικά θα απορριπτόταν, λόγω τεχνικών περιορισμών αιολικής διείσδυσης .[25]

2.6. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα υβριδικά συστήματα εκμεταλλεύονται τα καλύτερα χαρακτηριστικά της κάθε τεχνολογίας και παρέχουν ενέργεια τέτοιας ποιότητας όπως αυτή του δικτύου με ένα εύρος από 1 kW μέχρι πολλές εκατοντάδες kW. Έτσι μπορούν να αναπτυχθούν σαν αυτόνομα καινούρια και ανεξάρτητα συστήματα μέσα σε μικρά συστήματα διανομής ενέργειας (mini grids) ή να ενταχθούν σε υπάρχουσες θερμικές μονάδες βασιζόμενες στο πετρέλαιο μετά από τις απαραίτητες επεμβάσεις στο υπάρχον σύστημα.

Τα υβριδικά συστήματα βρίσκουν εφαρμογή σε περιοχές όπου η σύνδεσή τους με το ηλεκτρικό δίκτυο αλλά και η μεταφορά του καυσίμου θεωρούνται αντιοικονομικές επιλογές. Παρέχουν επίσης τη δυνατότητα μελλοντικής σύνδεσης με το δίκτυο στις περιοχές που γίνεται η εγκατάστασή τους. Επιπλέον λόγω της υψηλής αποδοτικότητας τους και της αξιοπιστίας τους, τέτοιου τύπου συστήματα μπορούν να φανούν χρήσιμα σαν μια αποτελεσματική λύση παροχής ισχύος σε περιπτώσεις διακοπών ή ακόμη και σε εξειδικευμένους καταναλωτές, όπως οι τηλεπικοινωνιακοί σταθμοί και οι νοσοκομειακές μονάδες.

Όπως αναφέρθηκε, ένα τυπικό υβριδικό σύστημα συνδυάζει δύο ή και περισσότερες τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας. Από ΑΠΕ υπάρχει η χρήση φωτοβολταϊκών, ανεμογεννητριών ή μικρών υδροηλεκτρικών συστημάτων και από τις συμβατικές τεχνολογίες, υπάρχει η χρήση συνήθως ντιζελλογεννητριών, μονάδες που παράγουν ενέργεια από τη χρήση βιομάζας(όπου αυτό είναι εφικτό) και οι κυψέλες καυσίμου (ΚΚ). Συν τις άλλους συμπεριλαμβάνονται και ηλεκτρονικά ισχύος (όπως ανορθωτές, αντιστροφείς, ρυθμιστές τάσης) και μπαταρίες αποθήκευσης ενέργειας

Τα υβριδικά συστήματα που περιέχουν τεχνολογία με καύσιμο λειτουργούν με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση, επειδή προβλέπεται παραγωγή ενέργειας από αυτό μόνο σε περιόδους υψηλής ζήτησης φορτίου ή χαμηλού ανανεώσιμου δυναμικού. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει τη μειωμένη κατανάλωση καυσίμου σε σχέση με μια αυτόνομη μονάδα συμβατικής τεχνολογίας μόνη της.

Σχετικά με τους παράγοντες που καθορίζουν το κόστος ηλεκτροδότησης μιας περιοχής είναι η εγκατάσταση γραμμών μεταφοράς ενέργειας υψηλής και μέσης τάσης, η δημιουργία υποσταθμών, η δημιουργία δικτύου διανομής, το μέγεθος του φορτίου που πρέπει να καλυφθεί, η απόσταση του φορτίου από την υπάρχουσα γραμμή μεταφοράς και το είδος του εδάφους που πρέπει να διασχιστεί. Τα υβριδικά συστήματα συνήθως εφαρμόζονται σε αγροτικές περιοχές αποκομμένες από το δίκτυο. Επειδή οι περιοχές αυτές δεν παρουσιάζουν μεγάλο φορτίο και συνήθως βρίσκονται μακριά από το υπάρχον δίκτυο καθίσταται αντιοικονομική η δημιουργία δικτύου για την ηλεκτροδότηση τέτοιων κοινοτήτων ή ακόμη και κατοικιών

Έτσι η παροχή ενέργειας από υβριδικά συστήματα βασιζόμενα σε ΑΠΕ είναι πιο οικονομική σε αυτές τις περιπτώσεις και φιλική προς το περιβάλλον.

Η αύξηση της αξιοπιστίας αυτών των συστημάτων, οι ασήμαντες απώλειες μεταφοράς και η χρήση αιεφόρων πηγών ενέργειας παίζουν σημαντικό ρόλο για να αποτελέσουν τα υβριδικά συστήματα την καλύτερη αποκεντρωμένη λύση.

Τα διασυνδεδεμένα στο δίκτυο υβριδικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής μπορεί να εγκαθίστανται είτε αποκλειστικά για την παραγωγή ενέργειας είτε ως συστήματα υποστήριξης σε περιπτώσεις διακοπής του ηλεκτρικού δικτύου, είτε μπαίνουν σε

λειτουργία τις ώρες αιχμής όταν η τιμή της kWh είναι υψηλή. Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν μονάδες ΑΠΕ οι οποίες είτε διασυνδέονται κατευθείαν στο δίκτυο, είτε αποθηκεύουν την ενεργεία τους σε μέσα αποθήκευσης ώστε αυτή να χρησιμοποιηθεί όταν είναι απαραίτητο. Συνήθως οι παράγοντες που επηρεάζουν αυτή είναι η τιμή της παραγόμενης kWh από κάθε μορφή ΑΠΕ καθώς και το φορτίο που πρέπει να καλυφθεί όταν αυτό κριθεί απαραίτητο. Τέτοια μικρής κλίμακας συστήματα χρησιμοποιούνται σήμερα ευρύτατα στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η ταχεία αύξηση της ζήτησης σε ισχύ προκαλεί συχνά προβλήματα αστάθειας δικτύου που μπορούν να οδηγήσουν μέχρι την κατάρρευση του. Ακόμη η χρησιμοποίηση συμβατικών πηγών ενέργειας επιβαρύνει το περιβάλλον κοντά σε κατοικημένες περιοχές. [29]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗ

3.1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΛΗΣΙΟΤΑΜΙΕΥΣΗ

Η αποθήκευση με άντληση υδάτων αποτελεί την παλιότερη από τις τεχνολογίες αποθήκευσης για ηλεκτροπαραγωγή μεγάλης κλίμακας, ξεκίνησε να εφαρμόζεται το 1929 και ουσιαστικά μέχρι το 1970 ήταν η μόνη εμπορικά διαθέσιμη επιλογή για εφαρμογές ηλεκτροπαραγωγής. Το 2001 η εγκατεστημένη ισχύς συστημάτων αντλησιοταμίευσης εκτιμήθηκε στα 82.800 MW. Η αντλησιοταμίευση αποτελεί την πιο ελκυστική μέθοδο αποθήκευσης μεγάλης κλίμακας (100MW – 5000 MW) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με αιολικά πάρκα τόσο σε διασυνδεδεμένα όσο και σε αυτόνομα συστήματα. Η πιο γενική συγκρότηση ενός συστήματος αντλησιοταμίευσης (rumped hydro storage system) περιλαμβάνει δύο ταμειυτήρες νερού που έχουν υψομετρική διαφορά της τάξης των εκατοντάδων μέτρων, έναν αριθμό υδροστροβίλων με τις αντίστοιχες ηλεκτρικές γεννήτριες, έναν αριθμό αντλιών με τους αντίστοιχους ηλεκτρικούς κινητήρες, καθώς και ένα σύστημα ελέγχου. Η επικοινωνία μεταξύ του άνω και του κάτω ταμειυτήρα μπορεί να γίνει με έναν ή με δύο αγωγούς πτώσης. [8,9,10,22]

3.1.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΟΥ

Τα συστήματα αντλησιοταμίευσης μπορούν να αναλάβουν φορτίο σε λίγα δευτερόλεπτα και η τυπική συνολική απόδοση του κύκλου άντλησης – παραγωγής κυμαίνεται μεταξύ 65% και 77%, με τους υδροστροβίλους να εμφανίζουν μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από τις αντλίες. Το βασικότερο πλεονέκτημα της αντλησιοταμίευσης είναι ότι παρέχει εγγυημένη ισχύ στο δίκτυο και γρήγορα (δεδομένου ότι οι υδροστροβίλοι έχουν άμεση απόκριση), γεγονός που παρέχει δυνατότητα υποκατάστασης της συμβατικής ισχύος, δυνατότητα που δεν έχουν οι ΑΠΕ λόγω της μεταβλητής φύσης τους. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα αύξησης της αιολικής διείσδυσης και της διείσδυσης ΑΠΕ γενικότερα σε νησιωτικά συστήματα, που διαφορετικά περιορίζεται από τα όρια τεχνικού ελαχίστου και δυναμικής απόκρισης.

Με την αντλησιοταμίευση μπορούν να μειωθούν οι διαφορές που παρουσιάζονται στο σύστημα μεταξύ της βάσης και της αιχμής της ζήτησης. Ειδικά αφού η μονάδα αντλησιοταμίευσης τεθεί σε λειτουργία, θα μπορούσε αυτή να αναλάβει τις αιχμές ζήτησης του ηλεκτρικού φορτίου αντί να τις αναλάβουν οι υψηλού κόστους θερμικές μονάδες και να μειωθεί έτσι η κατανάλωση καυσίμου του συστήματος. Έτσι θα μπορούσε το δίκτυο να λειτουργεί κάτω από βέλτιστες συνθήκες, να βελτιωθεί ο βαθμός χρήσης και η απόδοση λειτουργίας των θερμικών μονάδων και να μειωθεί η κατανάλωση άνθρακα. Το κέρδος θα προκύψει από την εξοικονόμηση άνθρακα και θα φέρει σημαντικό κέρδος.

Ένα άλλο πλεονέκτημα της μονάδας αντλησιοταμίευσης είναι η δυνατότητα χρήσης του αποθηκευμένου στους ταμιευτήρες νερού για σκοπούς ύδρευσης και άρδευσης. Το σύστημα αντλησιοταμίευσης μπορεί να συνδυαστεί με μονάδες αφαλάτωσης που θα χρησιμοποιούν μέρος της αιολικής ενέργειας για την παραγωγή πόσιμου νερού. Έτσι εξασφαλίζεται η διαθεσιμότητα του νερού και για ύδρευση-άρδευση. Επίσης, δεν είναι απαραίτητη η συνεχής ροή νερού και το σπουδαιότερο είναι ότι το νερό δεν καταναλώνεται αλλά ανακυκλώνεται.

Από την άλλη μεριά, τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της αντλησιοταμίευσης είναι οι γεωγραφικοί, γεωλογικοί και περιβαλλοντικοί περιορισμοί που σχετίζονται με τη σχεδίαση των ταμιευτήρων, το υψηλό κόστος επένδυσης και οι μακροί χρόνοι υλοποίησης. Τα αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά συστήματα προκαλούν περιβαλλοντική ζημία που οφείλεται στους ταμιευτήρες και παρουσιάζουν δυσκολία εύρεσης τοπογραφικά κατάλληλων περιοχών, οι οποίες έχουν επαρκή χωρητικότητα νερού και καθιστούν έτσι κερδοφόρα την εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων. Τα συστήματα αντλησιοταμίευσης δεν είναι δυνατόν να κατασκευαστούν παρά μόνο σε περιοχές που το επιτρέπει η φυσική και γεωλογική διαμόρφωση, δηλαδή σε θέσεις που κατά κανόνα βρίσκονται μακριά από την κατανάλωση, αλλά επιβαρύνονται με το κόστος των έργων μεταφοράς και τις σχετικές απώλειες. [8,11,12,13,14,22]

3.1.3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

Ένας λόγος που κίνησε το ενδιαφέρον για την μεγάλης κλίμακας χρήση των αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών συστημάτων από τη δεκαετία του 1970, ήταν η αύξηση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Υπό αυτή την έννοια, έχουν προταθεί διάφορα σχέδια, με στόχο την προσθήκη της χρήσης της αιολικής ενέργειας στους ήδη υπάρχοντες υδροηλεκτρικούς σταθμούς, καθώς επίσης και σχέδια για μικρού μεγέθους υβριδικά συστήματα.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο συνδυασμός δύο διαφορετικών μορφών ΑΠΕ:

- Της αιολικής ενέργειας (ως μονάδας ΑΠΕ του υβριδικού σταθμού) και
- Της υδροηλεκτρικής ενέργειας (ως μονάδας παραγωγής και αποθήκευσης του υβριδικού σταθμού).

Ο αποδοτικός αυτός συνδυασμός των δύο φυσικών πόρων, ο οποίος κερδίζει συνεχώς έδαφος σε παγκόσμιο αλλά και σε εθνικό επίπεδο, δίνει μια αξιόπιστη απάντηση στο πολύ σημαντικό ζήτημα της αποθήκευσης και ελεγχόμενης διανομής της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα επίπεδα αιολικής διείδυσης στα ελληνικά νησιά παραμένουν ακόμη χαμηλά, παρά το υψηλό αιολικό τους δυναμικό, λόγω των περιορισμών ισχύος που επιβάλλονται στα αιολικά πάρκα εξαιτίας των συμβατικών μονάδων παραγωγής. Ένας αποτελεσματικός τρόπος αύξησης της αιολικής διείδυσης είναι μέσω της τεχνολογίας των υβριδικών συστημάτων, τα οποία αποτελούν συνδυασμό σταθμού παραγωγής από ΑΠΕ και διατάξεων αποθήκευσης της ενέργειας που μέχρι τώρα απορριπτόταν.

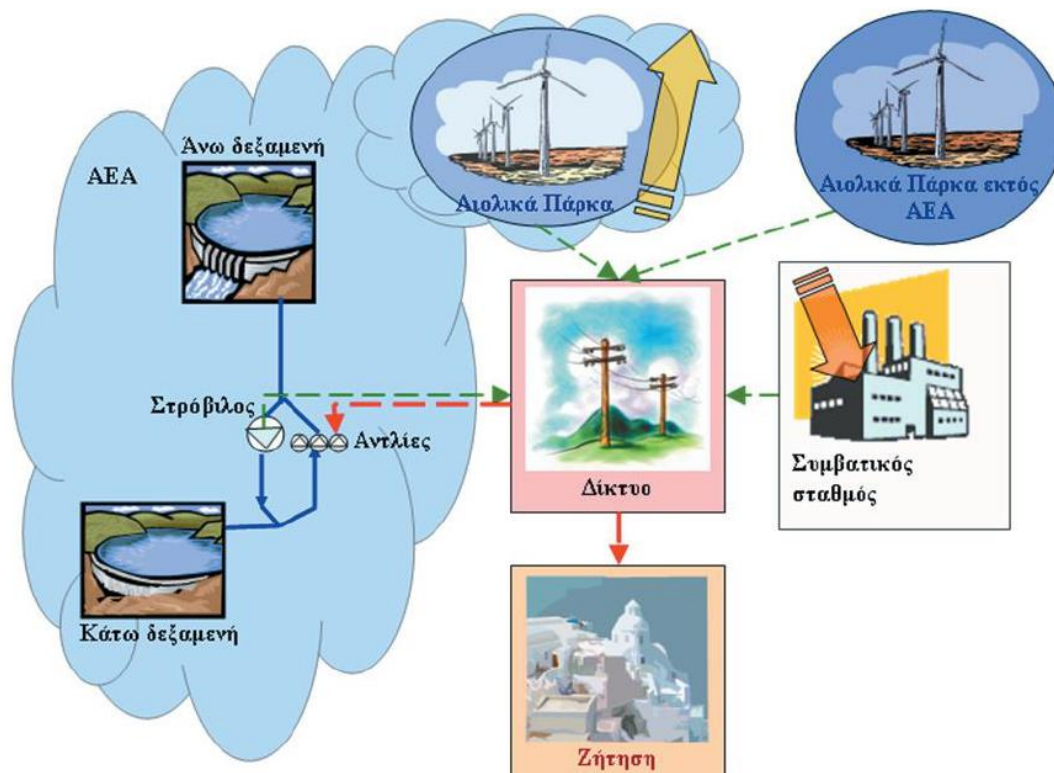
Ένας τυπικός υβριδικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση αιολικής ενέργειας και αντλησιοταμίευσης περιλαμβάνει τα ακόλουθα υποσυστήματα :

- το αιολικό πάρκο, που αποτελεί τη μη ελεγχόμενη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.
- το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, δηλαδή το αντλιοστάσιο, τους αγωγούς αναρρόφησης και κατάθλιψης, και τους ταμιευτήρες με την κατάλληλη υψομετρική διαφορά μεταξύ τους.
- το σύστημα των υδροστροβίλων που θα αποτελεί την ελεγχόμενη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος
- τα συστήματα ελέγχου
- τα συστήματα μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας

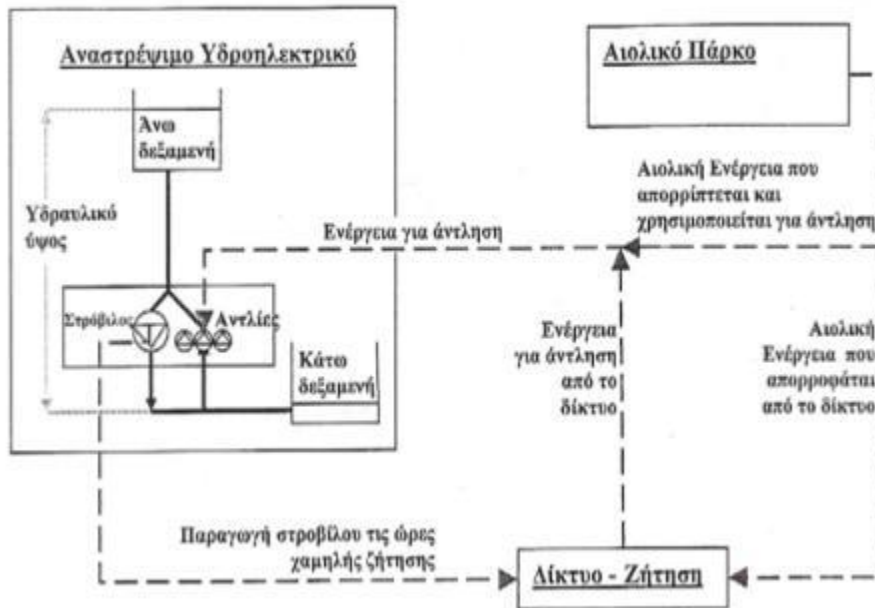
Τα υβριδικά συστήματα μπορούν να εκμεταλλευτούν το πλούσιο αιολικό δυναμικό των νησιών. Επίσης σε αρκετές περιπτώσεις νησιών -όταν το επιτρέπει η τοπογραφία- μπορεί να χρησιμοποιηθούν οι υπάρχουσες λίμνες, που έχουν κατασκευαστεί για αρδευτικούς-υδρευτικούς σκοπούς. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι σε μικρή απόσταση και με ικανή υψομετρική διαφορά να μπορεί να κατασκευαστεί η δεύτερη, συνήθως άνω, δεξαμενή.

Η φιλοσοφία των υβριδικών συστημάτων στηρίζεται στην αξιοποίηση της περίσσειας αιολικής ενέργειας που δεν καταναλώνεται από το δίκτυο, η οποία επιτυγχάνεται μέσω άντλησης νερού από τον κάτω ταμιευτήρα στον άνω.

Στο Σχήμα 5, απεικονίζεται ένα νησιωτικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, στο οποίο εκτός από τον συμβατικό σταθμό παραγωγής (συνήθως Diesel) και των αιολικών πάρκων, εγκαθίσταται επιπλέον, υβριδικός σταθμός παραγωγής ενώ όλη η διαδικασία ενός κύκλου άντλησης – παραγωγής φαίνεται πιο αναλυτικά στο Σχήμα 6. και εξηγείται στην συνέχεια.



Σχήμα 5: Σχηματική αναπαράσταση ένταξης υβριδικού συστήματος αιολικής ενέργειας με αντλιοσταμείωση σε μη διασυνδεδεμένο νησί [14].



Σχήμα6.: Διάγραμμα λειτουργίας υβριδικού συστήματος με αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό και αιολικό πάρκο^[15].

Ένα χαρακτηριστικό των Υβριδικών Συστημάτων είναι ο ρυθμός εναλλαγής της λειτουργίας τους μεταξύ άντλησης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η εναλλαγή αυτή μπορεί να συμβαίνει μια ή περισσότερες φορές την ημέρα, μια φορά την εβδομάδα ή μια φορά το χρόνο. Οι δύο τελευταίες περιπτώσεις εναλλαγής της λειτουργίας απαιτούν την ύπαρξη δεξαμενής αποθήκευσης (άνω ταμιευτήρα) πολύ μεγάλης χωρητικότητας.

Ο σχεδιασμός και η λειτουργία ενός υβριδικού συστήματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο, την τιμολόγηση της παραγόμενης ενέργειας και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του νησιού.

Μια τέτοια εφαρμογή συμβάλει στην αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού και στη μείωση της λειτουργίας των συμβατικών μονάδων. Οι έντονες διακυμάνσεις της αιολικής ενέργειας περιορίζονται με την ύπαρξη του αποθηκευτικού συστήματος και ως εκ τούτου επιτυγχάνεται καλύτερη διαχείριση και διείσδυση της αιολικής ενέργειας στο ενεργειακό σύστημα. Παράλληλα, η αξιοπιστία του ηλεκτρικού συστήματος αυξάνεται με την ένταξη του υδροστροβίλου, που αποτελεί μία ελεγχόμενη μονάδα παραγωγής ενέργειας με δυνατότητα άμεσης απόκρισης.

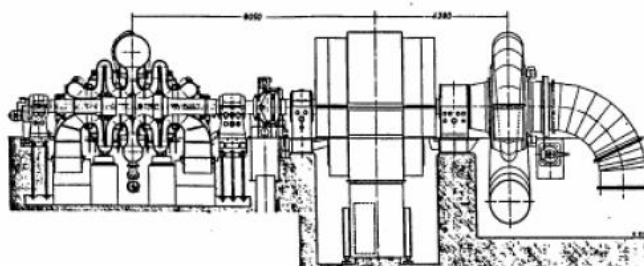
Υπό προϋποθέσεις, τα υβριδικά συστήματα αιολικής ενέργειας με αντλησιοταμίευση μπορεί να συμβάλουν στη μείωση του κόστους της παραγόμενης ενέργειας. Σε κάθε περίπτωση, το κόστος παραγόμενης ενέργειας ενός τέτοιου συστήματος είναι γνωστό κατά την υλοποίηση του και δεν επιφυλάσσει κινδύνους ανατιμήσεων κατά τη διάρκεια της ζωής της επένδυσης, όπως αντιθέτως συμβαίνει με τα ορυκτά καύσιμα. Παράλληλα, υπάρχουν σημαντικά κοινωνικά οφέλη, αφού το έργο συμβάλει στην περιφερειακή ανάπτυξη και στη δημιουργία απασχόλησης.

Συνεπώς, η υιοθέτηση ενός στρατηγικού στόχου για την προώθηση τέτοιων λύσεων, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική απεξάρτηση των νησιών από τα ορυκτά καύσιμα, στην εξοικονόμηση ακριβού καυσίμου και στη μείωση των ρύπων. ^[11,12,15,14,16,22]

3.1.4. ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Όσον αφορά τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό (υδροδυναμικές και ηλεκτρικές μηχανές), τα αναστρέψιμα ΥΗΕ διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με την σύνθεση των μονάδων τους :

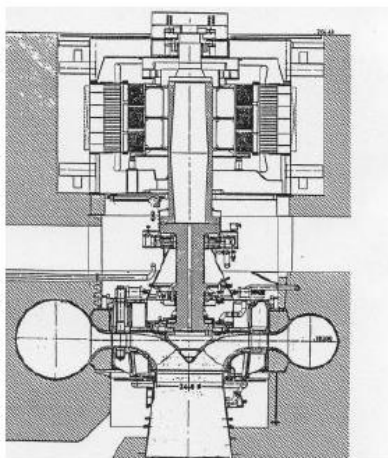
- I. τις σύνθετες (ή τριπλές), αυτές δηλαδή που είναι εξοπλισμένες με υδροστρόβιλο, φυγόκεντρη αντλία και ηλεκτρική μηχανή που λειτουργεί ως κινητήρας ή ως γεννήτρια (Σχήμα 2.13). Και οι τρεις μηχανές έχουν κοινή άτρακτο. Ανάλογα με την υδραυλική πτώση ο υδροστρόβιλος είναι δράσεως (Pelton) ή αντιδράσεως (Francis), ενώ η αντλία είναι πολυβάθμια, μονοβάθμια, μονής ή διπλής αναρρόφησης ανάλογα με την υψομετρική διαφορά και την παροχή. Στις μονάδες αυτού του τύπου η φορά περιστροφής είναι η ίδια και για τις δύο λειτουργίες. Με σκοπό την μείωση των φθορών τοποθετείται συμπλέκτης (συνήθως υδροδυναμικός) στα δύο άκρα της άτρακτου της ηλεκτρικής μηχανής, έτσι ώστε όταν λειτουργεί ο υδροστρόβιλος η αντλία να μην περιστρέφεται, και αντιστρόφως.
- II. αυτές στις οποίες το αντλητικό συγκρότημα είναι ανεξάρτητο από το υδραυλικό συγκρότημα παραγωγής, δηλαδή τον υδροστρόβιλο και τη γεννήτριά του. Στην περίπτωση αυτή κάθε αντλία έχει τον δικό της κινητήρα και κάθε υδροστρόβιλος τη δική του γεννήτρια.
- III. αυτές που είναι εξοπλισμένες με αναστρέψιμη υδροδυναμική μηχανή (στροβιλοαντλία) και ηλεκτρική μηχανή που λειτουργεί ως γεννήτρια ή ως κινητήρας (Σχήμα 2.14). Η αναστρέψιμη υδροδυναμική μηχανή έχει την δυνατότητα λειτουργίας ως αντλίας και ως υδροστροβίλου με την αντιστροφή της φοράς περιστροφής της πτερωτής (του δρομέα) και της φοράς της ροής.



Σχήμα 2.13: Σύνθετη αναστρέψιμη μονάδα ΥΗΕ Giems (Γερμανία), κατ. Voith 1961. Κανονικό σημείο λειτουργίας αντλίας $Q=9.6\text{m}^3/\text{s}$, $H=295\text{mSY}$, $n=600\text{rpm}$, $P=32.8\text{MW}$ [4].

Τα πλεονεκτήματα της πρώτης επιλογής συνίστανται στην γρήγορη μετάβαση από την λειτουργία άντλησης σε λειτουργία παραγωγής και αντίστροφα (λόγω της ίδιας φοράς περιστροφής), στην εύκολη εκκίνηση της αντλίας, στο ότι κάθε μηχανή (υδροστρόβιλος και αντλία) επιλέγεται ώστε να λειτουργεί στο αντίστοιχο κανονικό σημείο λειτουργίας της, χωρίς να είναι ανάγκη να γίνεται συμβιβασμός στα λειτουργικά χαρακτηριστικά (όπως συμβαίνει στην περίπτωση της στροβιλοαντλίας) και στο ότι η χρησιμοποίηση πολυβάθμιας αντλίας μειώνει την βύθιση του σταθμού για την αποφυγή σπηλαίωσης. Μειονεκτήματα της επιλογής αυτής είναι η πολυπλοκότερη διάταξη, η ανάγκη επιπλέον βοηθητικού εξοπλισμού (βάννες) και το σημαντικό κόστος του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (δύο υδροδυναμικές μηχανές συν συμπλέκτης αντί μίας αναστρέψιμης) ενώ επιπλέον κάθε

μονάδα καταλαμβάνει χώρο σημαντικά μεγαλύτερο σε σύγκριση με την λύση της αναστρέψιμης υδροδυναμικής μηχανής (III) [4].



Σχήμα 2.14: Αναστρέψιμη υδροηλεκτρική μονάδα YHE Vianden, κατ. Voith 1969. Περιοχή λειτουργίας ως αντλίας $Q=74.1-63.6\text{m}^3/\text{s}$, $H=271-294\text{m}\Sigma\text{Y}$, $n=333.3\text{rpm}$, $P=215-202.5\text{MW}$, Περιοχή λειτουργίας ως στροβίλου $Q=76.4\text{m}^3/\text{s}$, $H=286\text{m}\Sigma\text{Y}$, $n=333.3\text{rpm}$, $P=195.8\text{MW}$ [4].

Η δεύτερη επιλογή συνιστάται για έργα μικρής ισχύος (ονομαστικής ισχύος μικρότερης των 10 MW) για τα οποία διατίθενται τυποποιημένοι μικροί υδροστρόβιλοι και αντλίες, για την παραγωγή και αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μικρότερο κόστος. Τα πλεονεκτήματα αυτής της επιλογής είναι ο τυποποιημένος εξοπλισμός (χαμηλό κόστος, μικρός χρόνος παράδοσης), η καλή προσαρμογή της λειτουργίας κάθε μηχανής, ο πολύ μικρός χρόνος αντιστροφής της λειτουργίας μεταξύ άντλησης και παραγωγής, η δυνατότητα παράλληλης λειτουργίας παραγωγής ενέργειας στις περιόδους εγγυημένης παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας μέσω άντλησης. Μειονεκτήματα αποτελούν η κλιμακωτή μεταβολή της απορροφούμενης ισχύος (για σταθερή ταχύτητα περιστροφής των αντλιών) και η πολύπλοκη και δαπανηρή (περισσότερες μηχανές) διαμόρφωση σωληνώσεων και ηλεκτρικών πινάκων. Επίσης καταλαμβάνουν πολύ μεγαλύτερο χώρο σε σχέση με τις δύο άλλες τοπολογίες αφού αποτελούνται από 2 χωριστά συγκροτήματα .

Σε ότι αφορά την τρίτη επιλογή (Σχήμα 2.14), το κόστος είναι μικρότερο σε σχέση με τις άλλες δύο επιλογές και καταλαμβάνουν μικρότερο χώρο. Όμως πρέπει να αναφερθεί ότι με την τοπολογία αυτή παρατηρείται δυσκολία στην εκκίνηση της αντλίας, ο εξοπλισμός γίνεται κατά παραγγελία οπότε υπάρχει υψηλότερο κόστος και χρόνος παράδοσης και υπάρχει και σχετικά αργή αντιστροφή της λειτουργίας λόγω της ανάγκης αντιστροφής της φοράς περιστροφής, αφού οι αναστρέψιμες μονάδες θα πρέπει πρώτα να σταματήσουν και στη συνέχεια να αρχίσουν να περιστρέφονται αντίστροφα. Άρα σε περιπτώσεις όπου η προβλεπόμενη συχνότητα εναλλαγής της λειτουργίας στροβίλου – αντλίας είναι υψηλή, το αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό σύστημα (III) μειονεκτεί έναντι του τυπικού συστήματος αντλησιοταμίευσης (I).

Σημειώνεται τέλος ότι όταν η διαθέσιμη υδραυλική πτώση είναι σημαντική και έτσι αντιστοιχεί σε υδροστρόβιλο τύπου Pelton (του οποίου η λειτουργία δεν μπορεί να αντιστραφεί ώστε να λειτουργήσει ως αντλία), είναι απαραίτητη η εγκατάσταση ανεξάρτητης αντλίας που θα εξασφαλίζει τη λειτουργία της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας . [17,18,22]

3.1.5.ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΣΤΟΥΣ ΑΝΑΣΤΡΕΨΙΜΟΥΣ ΥΗΣ

Όσον αφορά τη διάρκεια της διαδικασίας εκκίνησης υδροστροβίλου, αναφέρεται ότι αυτή διαρκεί 3-4 λεπτά για εκκίνηση από στάση, συμπεριλαμβανομένης της διαδικασίας σύνδεσης στο δίκτυο και συγχρονισμού, ενώ για μεταβολή του σημείου λειτουργίας ή από την λειτουργία stand-by σε παραλαβή πλήρους φορτίου απαιτούνται περί τα 6 έως 10 s. Άρα η διαθεσιμότητα ενός τυπικού υδροστροβίλου είναι άμεση. Στην περίπτωση όμως που έχει εγκατασταθεί αναστρέψιμη μηχανή και εξετάζεται η περίπτωση αντιστροφής της λειτουργίας από αντλία σε υδροστρόβιλο, η διάρκεια της διαδικασίας ένταξης του υδροστροβίλου είναι πολύ μεγαλύτερη, γιατί θα πρέπει πρώτα να αντιστραφεί η φορά περιστροφής του δρομέα της μηχανής .

Στους αναστρέψιμους ΥΗΣ, τίθεται το πρόβλημα της εκκίνησης των αντλιών, το οποίο εντείνεται ακόμα περισσότερο λόγω του μεγάλου μεγέθους των μηχανών. Για την μείωση του απαιτούμενου ρεύματος εκκίνησης, έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι εκκίνησης που εμπλέκουν τόσο τις αντλίες όσο και για τους κινητήρες. Όσον αφορά τις πρώτες, η εκκίνηση μπορεί με δύο τρόπους :

- Εκκίνηση με την πτερωτή γεμάτη (πλημμυρισμένη στο νερό) και τη στεφάνη των ρυθμιστικών πτερυγίων κλειστή (μηδενική παροχή).
- Εκκίνηση με την πτερωτή κενή (σε περιβάλλον αέρα), τα ρυθμιστικά πτερύγια κλειστά και ανοικτή την βάνα κατάθλιψης.

Για να γίνει περισσότερο σαφές το πρόβλημα αναφέρονται στη συνέχεια τα ακόλουθα στοιχεία :

1. Η ισχύς η οποία απορροφά η αντλία στην κανονική ταχύτητα περιστροφής της και με κλειστά τα ρυθμιστικά πτερύγια (μηδενική παροχή) είναι της τάξεως του 35% της ονομαστικής της ισχύος.
2. Η ισχύς η οποία απορροφά η αντλία στην κανονική ταχύτητα περιστροφής της και με ανοικτά τα ρυθμιστικά πτερύγια αλλά κλειστή τη βάνα της κατάθλιψης είναι της τάξεως του 65% της ονομαστικής της ισχύος
3. Το ολικό ύψος για μηδενική παροχή είναι μεγαλύτερο από το ολικό ύψος στο κανονικό σημείο λειτουργίας (για την κανονική ταχύτητα περιστροφής), διαφορετικά η χαρακτηριστική θα ήταν ασταθής
4. Η ισχύς που απορροφά η αντλία στην κανονική ταχύτητα περιστροφής όταν είναι κενή από νερό (λειτουργία σε περιβάλλον αέρα) είναι της τάξεως του 1 – 3 % της ονομαστικής ισχύος (πρόκειται ουσιαστικά για τις μηχανικές απώλειες εδράνων)

Η πρώτη μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί αφού προηγουμένως το στροφέιο της αντλίας φθάσει στη συνθήκη συγχρονισμού, δηλ. στην ονομαστική ταχύτητα περιστροφής της. Σύμφωνα με την παρατήρηση 1, για να γίνει αυτό θα πρέπει να υπάρχει βοηθητικός υδροστρόβιλος (στο ίδιο ή σε γειτονικό ΥΗΕ) που θα προσδώσει την απαιτούμενη ισχύ, της τάξεως του 35% της ονομαστικής ισχύος της αντλίας. Μετά την επίτευξη της σύγχρονης ταχύτητας περιστροφής ανοίγουν σταδιακά τα ρυθμιστικά πτερύγια μέχρι την επίτευξη του επιθυμητού σημείου λειτουργίας. Η μεταβατική αυτή κατάσταση λειτουργίας της αντλίας είναι θορυβώδης και ασταθής. Όσο διάστημα τα ρυθμιστικά πτερύγια είναι κλειστά, η σημαντική ενέργεια που απορροφάται μετατρέπεται σε θερμότητα στο εσωτερικό της μηχανής και γι' αυτό, μέσω ανεξάρτητου κυκλώματος, διατηρείται μία μικρή παροχή νερού στο εσωτερικό της μηχανής, μέσω της οποίας απάγεται θερμότητα.

Σύμφωνα με την δεύτερη μέθοδο, η περωτή εκκενώνεται από το νερό μέσω πεπιεσμένου αέρα που εκχύεται από ακροφύσιο στο επίπεδο του σπειροειδούς κελύφους. Η πίεση ρυθμίζεται συνεχώς έτσι ώστε η ελεύθερη στάθμη του νερού στον αγωγό αναρρόφησης να είναι χαμηλότερη από το κατώτερο σημείο της περωτής. Στην συνέχεια το στροφέιο τίθεται σε περιστροφή μέχρι την επίτευξη της ονομαστικής ταχύτητας περιστροφής μέσω βοηθητικού υδροστροβίλου ή με κατ' ευθείαν σύζευξη στο δίκτυο υπό χαμηλή τάση. Ο συγχρονισμός του στροφέιου στην περίπτωση αυτή είναι σχετικά πιο εύκολος λαμβάνοντας υπόψη την πολύ μικρή ισχύ που απορροφά το στροφέιο (παρατήρηση 4). Στην συνέχεια όμως η διαδικασία είναι ιδιαίτερα κρίσιμη.

Ακολουθώντας την πλέον απλή διαδικασία, δηλ. μειώνοντας σταδιακά την πίεση του αέρα οπότε η στάθμη του νερού ανεβαίνει, το φαινόμενο εξελίσσεται κρουστικά την χρονική στιγμή κατά την οποία η στάθμη του νερού ξεπερνάει ολόκληρη την ακμή εισόδου των περυγιών: Λόγω της περιστροφής της περωτής το νερό φυγοκεντρείται, γεμίζει απότομα η περωτή και αυξάνει πολύ γρήγορα η απορροφούμενη ισχύς (από 1-3% φθάνει στο 30-40% της ονομαστικής ισχύος). Για την αποφυγή αυτών των κρουστικών φαινομένων έχουν δοκιμασθεί διάφοροι άλλοι τρόποι όπως η πλήρωση της περωτής από τον πάνω ταμιευτήρα μέσω του βοηθητικού αγωγού που καταλήγει στο σπειροειδές κέλυφος μεταξύ της περωτής και της στεφάνης των ρυθμιστικών περυγιών ή η τροφοδοσία με δέσμες νερού που προκαλούν περιστροφική κίνηση ενώ σταδιακά ο αέρας αφαιρείται από την κοίλη άτρακτο. Όταν πλέον έχει πληρωθεί η αντλία ανοίγουν σταδιακά τα ρυθμιστικά περύγια, όπως και κατά την προηγούμενη μέθοδο εκκίνησης.

Κατά την εκκίνηση της αντλίας, ιδιαίτερα όταν ο αγωγός αναρρόφησης έχει μεγάλο μήκος (αγωγός απαγωγής για την λειτουργία υδροστροβίλου) και με σκοπό την μείωση της έντασης του υδραυλικού πλήγματος που αναπτύσσεται κατασκευάζεται πύργος ανάπλασης (εκτονώσεως) ο οποίος όμως προκαλεί ταλαντώσεις μεγάλης περιόδου και διάρκειας, μέχρι την αποκατάσταση της τελικής μόνιμης κατάστασης.

Οι ηλεκτρικές μηχανές των αναστρέψιμων ΥΗΣ είναι κατά κύριο λόγο σύγχρονες, λόγω της ικανότητάς τους να εναλλάσσουν εύκολα τη λειτουργίας τους. Οι διάφορες τεχνικές εκκίνησης κινητήρων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι οι εξής :

- Ύπαρξη βοηθητικού εξωτερικού κινητήρα
- Ύπαρξη βοηθητικού υδροστροβίλου
- Ασύγχρονη εκκίνηση με απ' ευθείας σύνδεση στο δίκτυο
- Ασύγχρονη εκκίνηση με χαμηλή τάση τροφοδοσίας
- Σύγχρονη εκκίνηση με οδήγηση μεταβλητής συχνότητας

Στις πρώτες τέσσερις μεθόδους, κάθε μονάδα διαθέτει το δικό της εξοπλισμό εκκίνησης, ενώ στην εκκίνηση με οδήγηση μεταβλητής συχνότητας είναι δυνατή η εκκίνηση περισσότερων από μία μονάδων με κοινό εξοπλισμό. Αυτή αποτελεί και την πλέον διαδεδομένη μέθοδο, καθώς οι υπόλοιπες παρουσιάζουν μια σειρά σοβαρών μειονεκτημάτων.

Η εγκατάσταση βοηθητικού εξωτερικού κινητήρα, συνεπάγεται αυξημένο όγκο εκσκαφών για την εγκατάσταση τόσο αυτού όσο και συμπληρωματικού εξοπλισμού (μειωτήρας, σύστημα λίπανσης κτλ). Συνοδεύεται από σημαντική αύξηση του κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας. Επιπρόσθετα κατά την λειτουργία του κινητήρα αναπτύσσονται στις ατράκτους κραδασμοί, δημιουργώντας προβλήματα στη λειτουργία της στροβιλοαντλίας.

Ο βοηθητικός στροβίλος, απαιτεί επίσης αυξημένες εκσκαφές για την εγκατάστασή του και ενέχει αυξημένο κόστος. Επιπλέον, η εκκίνηση καθίσταται αδύνατη σε περίπτωση

όπου ο στρόβιλος είναι εκτός λειτουργίας για τη συντήρησή του. Τέλος η τεχνική αυτή δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε έργα όπου η άνω δεξαμενή είναι αρχικά άδεια και απαιτείται πλήρωσή της.

Η εκκίνηση με απ' ευθείας σύνδεση στο δίκτυο, συνοδεύεται από υψηλές τιμές ρεύματος εκκίνησης και πιθανές βυθίσεις τάσης. Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι οι αναστρέψιμοι ΥΗΣ χρησιμοποιούνται για την κάλυψη αιχμών ζήτησης και την σταθεροποίηση του δικτύου, αντιλαμβάνεται κανείς την ακαταλληλότητα της μεθόδου, αφού αυτή μπορεί να έχει δυσμενή επίδραση στο ήδη βεβαρημένο δίκτυο. Επιπλέον για την επίτευξη σταθερότητας κατά τη διάρκεια της εκκίνησης, πραγματοποιούνται διάφορες αλλαγές στο σχεδιασμό της ηλεκτρικής μηχανής (π.χ. πιο συμπαγείς πόλοι) που όμως αυξάνουν το κόστος της και μειώνουν την αξιοπιστία και την απόδοσή της σε συνήθεις συνθήκες λειτουργίας. Τέλος, η μέθοδος αυτή συνοδεύεται από υψηλά δυναμικά και θερμικά φορτία που μειώνουν τη διάρκεια ζωής της μηχανής και του όλου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού.

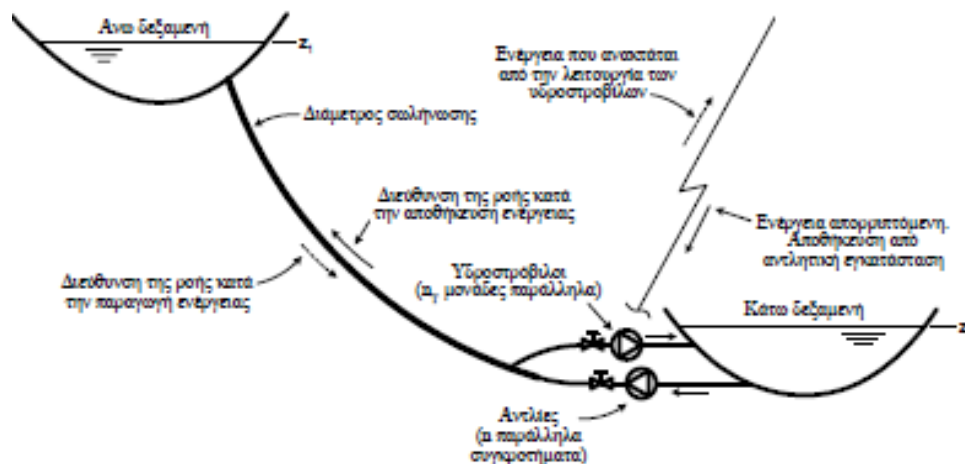
Η ασύγχρονη εκκίνηση με χαμηλή τάση τροφοδοσίας γίνεται είτε μέσω αυτομετασχηματιστή είτε με ηλεκτρονικό ρυθμιστή τάσης. Στην πρώτη περίπτωση, εξακολουθούν να υπάρχουν υψηλοί παλμοί ρεύματος που επηρεάζουν την αντοχή του δικτύου τροφοδοσίας. Αυτό το πρόβλημα εξαλείφεται με τους ρυθμιστές τάσης. Η ανάγκη όμως ύπαρξης ενός εκκινήτη για κάθε μονάδα, αυξάνει το κόστος της επιλογής αυτής.

Έτσι η πλέον διαδεδομένη μέθοδος για την εκκίνηση των ηλεκτρικών μηχανών στους υπάρχοντες ΥΗΣ, είναι η χρήση οδήγησης μεταβλητής συχνότητας. Αυτή παρουσιάζει μεγάλη αξιοπιστία και είναι κατάλληλη για την αρχική πλήρωση της άνω δεξαμενής. Επίσης η δυνατότητα εκκίνησης περισσότερων των μία μονάδων από έναν εκκινήτη, οδηγεί σε μείωση του κόστους εξοπλισμού και λειτουργίας καθώς και σε περιορισμένο συμπληρωματικό όγκο εκσκαφών. Η διαμόρφωση και το πλήθος των εκκινήτων εξαρτάται από το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο θέλουμε να ολοκληρωθεί το ξεκίνημα μιας μονάδας και όλης της εγκατάστασης. Μια συνήθης διαμόρφωση είναι η ύπαρξη δύο οδηγήσεων, έτσι ώστε όταν απαιτείται η συντήρηση μιας, να μην είναι αναγκαία η εκκίνηση με απ' ευθείας σύνδεση στο δίκτυο. [18,19,22]

3.1.6. ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΑΝΑΣΤΡΕΨΙΜΩΝ ΥΗΣ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΣΩΛΗΝΩΣΗ

Σε ένα αναστρέψιμο ΥΗΣ διακρίνουμε δύο βασικές σχεδιαστικές εκδοχές, αυτής της μονής σωλήνωσης και αυτής της διπλής σωλήνωσης, όπου δηλαδή υπάρχει ανεξάρτητη σωλήνωση για τον στρόβιλο και για τη λειτουργία των αντλιών.

Στην περίπτωση του αναστρέψιμου ΥΗΣ με μονή σωλήνωση, η άντληση και η υδροηλεκτρική παραγωγή γίνονται από την ίδια σωλήνωση, η οποία συνδέει τον άνω με τον κάτω ταμιευτήρα. Η αντλητική εγκατάσταση και το σύνολο των στροβίλων βρίσκονται σε παράλληλη σύνδεση μεταξύ τους μετά τον κόμβο που παρεμβάλλεται προς το τέλος της σωλήνωσης, πλησίον του κάτω ταμιευτήρα (Σχήμα 7.).



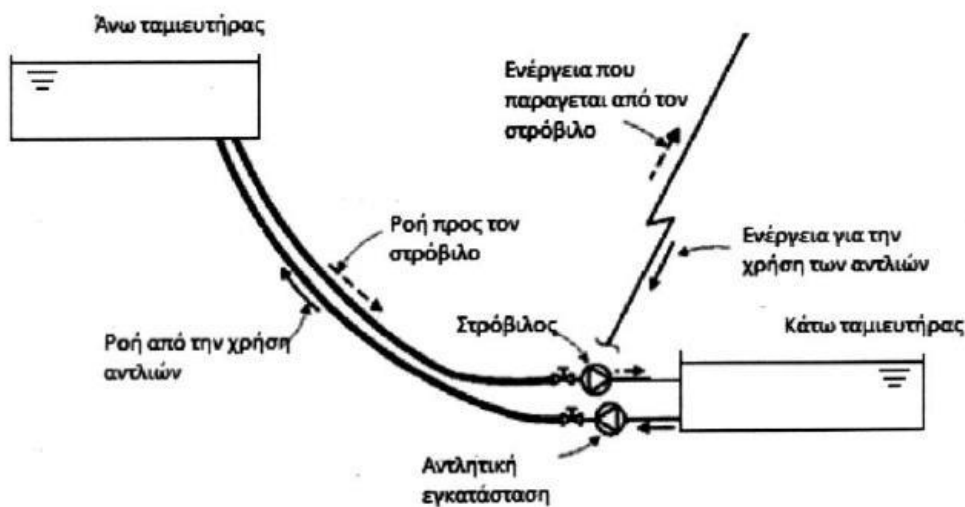
Σχήμα 7.: Αναστρέψιμο ΥΗΣ μονής σωλήνωσης [17].

Η περίπτωση της μονής σωλήνωσης εμφανίζει ασφαλώς το πλεονέκτημα της πιο οικονομικής λύσης, δεδομένου ότι μειώνονται τα έξοδα της εγκατάστασης. Ωστόσο, θέτει περιορισμό ως προς τη λειτουργία, δεδομένου ότι δεν επιτρέπει την ταυτόχρονη λειτουργία του στροβίλου με τις αντλίες. Για το λόγο αυτό, απαιτείται να καθορισθεί αν έχει προτεραιότητα λειτουργίας το σύστημα στροβίλων ή αυτό των αντλιών, ανάλογα πάντα με την σχέση παραγωγής και ζήτησης της ενέργειας. Όταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις θερμικές μονάδες είναι μεγαλύτερη από την ζήτηση, προτεραιότητα δίνεται στις αντλίες (ώρες χαμηλής ζήτησης). Σε αντίθετη περίπτωση, προτεραιότητα δίνεται στους υδροστροβίλους (ώρες αιχμής).

Στην περίπτωση αυτή περιλαμβάνεται και η περίπτωση μονής σωλήνωσης με δυνατότητα διπλής λειτουργίας άντλησης – παραγωγής. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει μια αναστρέψιμη υδροδυναμική μηχανή που λειτουργεί είτε ως αντλία (φάση αποθήκευσης) είτε ως στροβίλος (φάση παραγωγής) με αντιστροφή της φοράς περιστροφής της πτερωτής (του δρομέα) και της φοράς της ροής (στροβιλοαντλία).

Στον αναστρέψιμο ΥΗΣ με διπλή σωλήνωση, η άντληση και η υδροηλεκτρική παραγωγή γίνονται από δύο διαφορετικές και ανεξάρτητες σωληνώσεις και αποτελεί σαφώς πιο ακριβή λύση σε σχέση με την περίπτωση μονής σωλήνωσης, αφού το κατασκευαστικό κόστος είναι αρκετά υψηλό. Η πρώτη σωλήνωση συνδέει τον κάτω με τον άνω ταμιευτήρα, ενώ παρεμβάλλεται σε αυτήν η αντλητική εγκατάσταση. Η δεύτερη σωλήνωση συνδέει τον άνω με τον κάτω ταμιευτήρα, ενώ παρεμβάλλεται σε αυτήν το σύνολο των υδροστροβίλων (Σχήμα 8.). Στην περίπτωση αυτή καθίσταται δυνατή η παράλληλη λειτουργία του στροβίλου και των αντλιών και δεν απαιτείται να δοθεί προτεραιότητα είτε στην λειτουργία άντλησης είτε στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

[17,20]



Σχήμα 8.:Αναστρέψιμο ΥΗΕ διπλής σωλήνωσης [20].

3.1.7. ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΑΝΤΛΗΣΗΣ – ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Κατά την διαδικασία αποθήκευσης της ενέργειας υπό υδραυλική μορφή και στη συνέχεια απόδοσής της στο ηλεκτρικό δίκτυο υπό μορφή ηλεκτρικής ενέργειας αναπτύσσονται ενεργειακές απώλειες, οι οποίες μειώνουν την αποδοτικότητα της εγκατάστασης. Σε μία μεγάλης κλίμακας υδραυλική εγκατάσταση αποταμίευσης, η οποία αποταμιεύει την περίσσεια ισχύος, ο συνολικός ενεργειακός βαθμός απόδοσης είναι κατά μέσο όρο της τάξεως του 75%, δηλαδή περίπου 25% της προς αποθήκευση ενέργειας χάνεται σε απώλειες. Οι απώλειες αυτές διακρίνονται σε υδραυλικές, μηχανικές και ηλεκτρικές. Σε μία εγκατάσταση υδραυλικής αποταμίευσης ενός υβριδικού σταθμού, οι συνολικές απώλειες θα είναι ακόμη μεγαλύτερες λόγω κλίμακας και λόγω της έντονης διακύμανσης της υπό αποθήκευση ενέργειας. Φυσικά αυτό δεν πρέπει να θεωρηθεί μειονέκτημα της μεθόδου γιατί σε κάθε άλλη περίπτωση που δε θα αποθηκεύονταν η περισσευούμενη ηλεκτρική ενέργεια αυτή θα απορριπτόταν από το ηλεκτρικό δίκτυο αναξιοποίητη. Επομένως υπάρχει η δυνατότητα να διατηρηθεί ένα μεγάλο μέρος της περισσευούμενης ενέργειας και να αξιοποιηθεί όταν αυτό κρίνεται αναγκαίο.

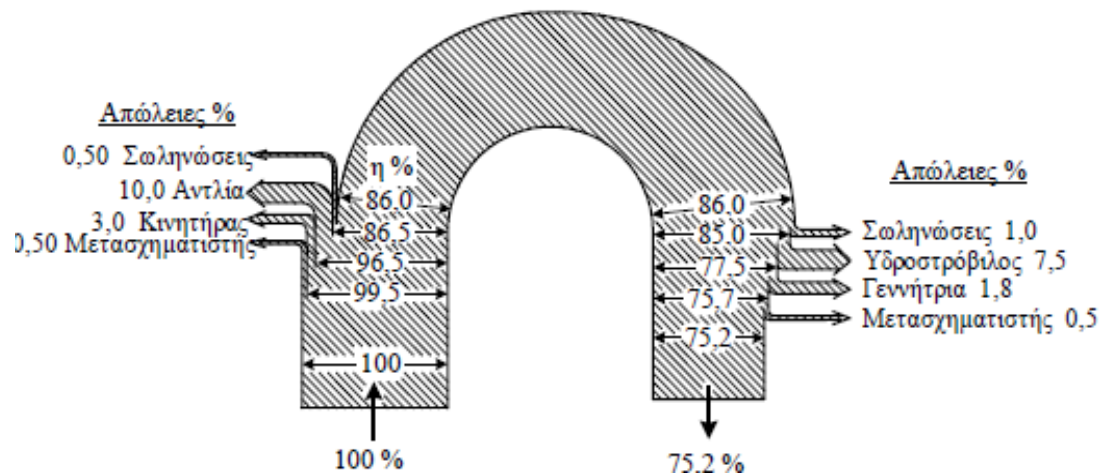
Οι ενεργειακές απώλειες που υπεισέρχονται και θα πρέπει κατά το δυνατό να ληφθούν υπόψη είναι :

1. Υδραυλικές και μηχανικές απώλειες του αντλητικού συγκροτήματος (αντλίας και ηλεκτροκινητήρα). Εξαρτώνται από τον τύπο και το μέγεθος της αντλίας, τον τύπο και το μέγεθος του ηλεκτροκινητήρα και του σημείου λειτουργίας τους.
2. Υδραυλικές απώλειες στον αγωγό κατάθλιψης (άντλησης). Εξαρτώνται κυρίως από τη διάμετρο του αγωγού και το μήκος του, δηλ. το μήκος μεταξύ του κάτω και άνω ταμιευτήρα.
3. Υδραυλικές και μηχανικές απώλειες του συγκροτήματος υδροστροβίλου (υδροστροβίλου και γεννήτριας). Εξαρτώνται από τον τύπο και το μέγεθος του υδροστροβίλου, τον τύπο και το μέγεθος της γεννήτριας και του σημείου λειτουργίας τους.

4. Υδραυλικές απώλειες στον αγωγό προσαγωγής (πτώσεως). Εξαρτώνται κυρίως από τη διάμετρο του αγωγού και το μήκος του, δηλαδή το μήκος της όδευσης μεταξύ του κάτω και άνω ταμιευτήρα. Ο αγωγός αυτός μπορεί να είναι ο ίδιος που εξυπηρετεί την άντληση ή διαφορετικός που οδεύει παράλληλα.

Επίσης ως απώλεια του συστήματος μπορεί να θεωρηθεί η αδυναμία του συστήματος να αποθηκεύσει ενέργεια στην περίπτωση όπου ο άνω ταμιευτήρας είναι γεμάτος, καθώς και η αδυναμία χρονικής ή ποσοτικής ανταπόκρισης του αντλητικού συγκροτήματος στις μεταβολές της ενέργειας προς αποθήκευση, ή της προς αποθήκευση ισχύος, όταν αυτή είναι μικρότερη από την ελάχιστη στην οποία μπορεί να λειτουργήσει.

Οι συνολικές απώλειες ενέργειας λοιπόν σε έναν κύκλο άντλησης-παραγωγής ενέργειας φθάνουν στο 25% περίπου (σε ΥΗΕ μεγάλου μεγέθους). Όπως είναι αναμενόμενο, οι συνολικές απώλειες ενέργειας είναι αναλογικά μεγαλύτερες όσο το μέγεθος των μηχανών γίνεται μικρότερο. Το Σχήμα 9. απεικονίζει εποπτικά τη ροή ενέργειας στον υδραυλικό κύκλο και τις αντίστοιχες μέσες απώλειες ενέργειας: [17,18,22]



Σχήμα 9.: Ενεργειακές απώλειες σε έναν κύκλο άντλησης – παραγωγής [17].

3.2. ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

3.2.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Το Α/Π αποτελείται από πέντε (5) ανεμογεννήτριες, ισχύος 2.0MW έκαστη, συνολικής ισχύος 10MW σε κατάλληλη θέση μετά από ανεμολογικές μετρήσεις που έγιναν στο νησί της Κρήτης. Το οικόπεδο εγκατάστασης έχει συνολική έκταση επιφάνειας περίπου 300στρ. με υψόμετρο από 900 έως 1100m. Το Α/Π λειτουργεί στα πλαίσια υβριδικού συστήματος ηλεκτροπαραγωγής με αντλησιοταμίευση. Κάθε ανεμογεννήτρια διαθέτει εντός του κλωβού της (nacelle) μετασχηματιστή ανύψωσης τάσης 0.69/20kV συνολικής ισχύος 2100kVA.

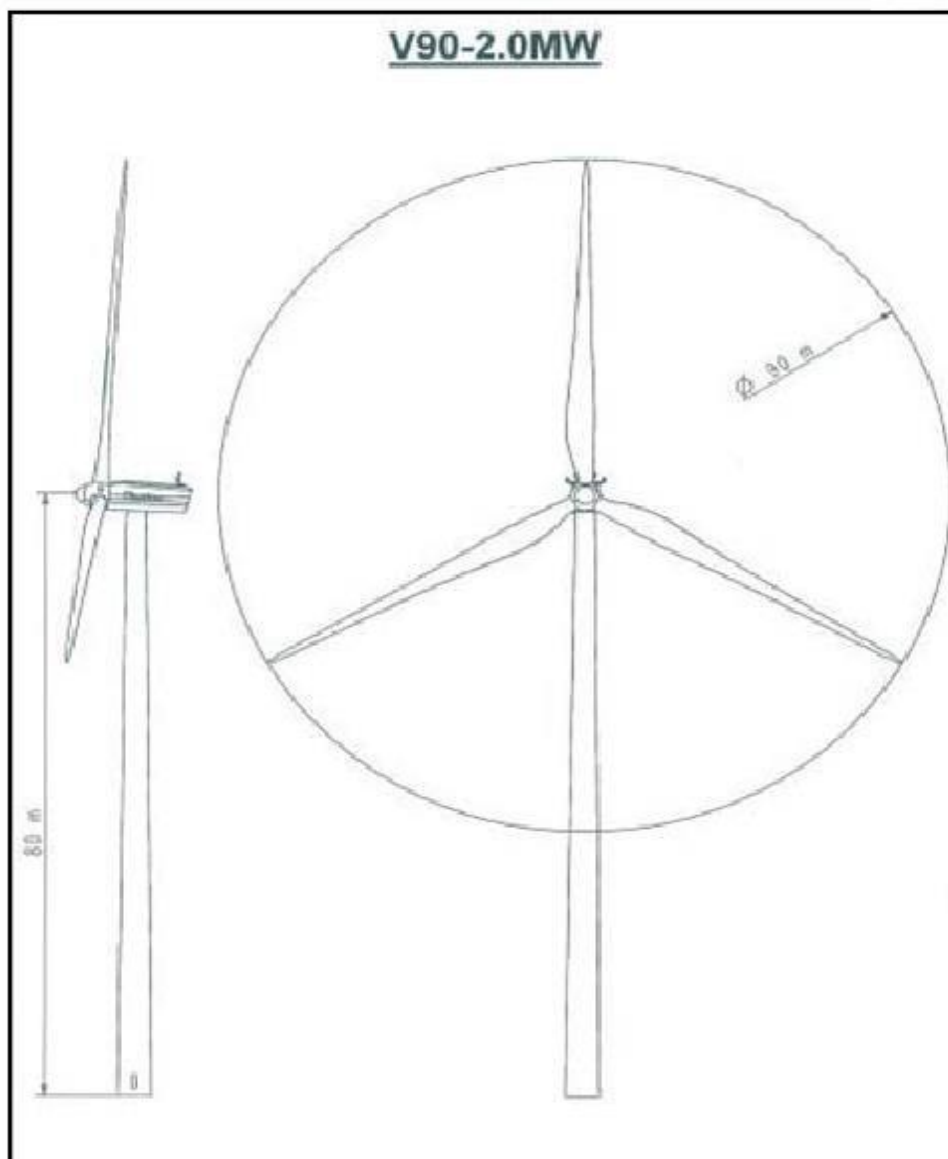
Ο τύπος των ανεμογεννητριών *Vestas V90-2.0MW* επιλέχτηκε ως ο πιο κατάλληλος για την υποψήφια θέση εγκατάστασης με βάση το αιολικό δυναμικό της περιοχής, τις τεχνικές απαιτήσεις του έργου και την βέλτιστη απόδοσή του. Η ανεμογεννήτρια *Vestas V90-2.0MW* είναι Δανέζικης προέλευσης και αποτελεί ένα από τα τελευταία μοντέλα της εταιρείας που διατίθεται για ανεμολογικές συνθήκες κλάσεως IIIA κατά IEC 61400-1 (2nd Edition). Σύμφωνα με την ενεργειακή μελέτη η κλάση IIIA καλύπτει πλήρως τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή εγκατάστασης. Ο έλεγχος ισχύος των ανεμογεννητριών *Vestas V90-2.0MW* βασίζεται σε συνδυασμό της μεθόδου μεταβλητού βήματος πτερυγίων και μεταβλητών στροφών δρομέα. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι τελευταίας τεχνολογίας, παρέχοντας το πλεονέκτημα μεγιστοποίησης της δεσμευόμενης από τον άνεμο ενέργειας σε κάθε επίπεδο ταχύτητας με ταυτόχρονη μείωση του εκπεμπόμενου θορύβου. Είναι αυτονόητο δε ότι η λειτουργία των ανεμογεννητριών αυτών είναι πλήρως αυτοματοποιημένη διαθέτοντας τα αναγκαία μέσα προστασίας και απομόνωσης, τόσο για το μηχανικό όσο και το ηλεκτρικό μέρος τους.^[21]

3.2.2. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ Α/Γ VESTAS V90-2.0MW

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ VESTAS V90-2.0MW	
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Ονομαστική ισχύς	2000 KW
Ονομαστική τάση	690 Volt
Ονομαστική συχνότητα	50 Hz
Ρύθμιση ισχύος	Γωνία βήματος (Pitch) / Μεταβλητές στροφές (Variable Speed)
Διάμετρος δρομέα	90 m
Αριθμός πτερυγίων	3
Εμβαδόν σάρωσης	6361.73 m ²
Ταχύτητα δρομέα	9.0-14.9 rpm
Ταχύτητα σύνδεσης	3.5 m/s
Ταχύτητα διακοπής	25.0 m/s
Ταχύτητα ονομαστικής ισχύος	11.5 m/s
Βάρος Δρομέα	38.0 tn
Βάρος Κλωβού	68.0 tn
Βάρος πυλώνα	147.0 tn
Ύψος πυλώνα	80 m

Πίνακας 4.: Τεχνικές προδιαγραφές ανεμογεννήτριας

Η ανεμογεννήτρια *Vestas V90-2.0MW*, διαμέτρου δρομέα 90m, έχει ονομαστική ισχύ 2000kW. Τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά της καταγράφονται συγκεντρωτικά στον παραπάνω πίνακα, ενώ η σχηματική αναπαράσταση των βασικών διαστάσεών της φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. [21]



Εικόνα 3: Σχηματική αναπαράσταση βασικών διαστάσεων ανεμογεννήτριας. [21]

3.2.3 ΔΡΟΜΕΑΣ – ΠΤΕΡΥΓΙΑ

Ο δρομέας που έχει διάμετρο 90m, σαρώνοντας συνολικό εμβαδόν επιφανείας 6361.73m², είναι οριζόντιου άξονα, τριών πτερυγίων και τοποθετημένος ανάντι της ροής. Τα πτερύγια έχουν μήκος 44m και βάρος 6.7tn περίπου το καθένα. Είναι κατασκευασμένα από σύνθετο υλικό εποξειδικής ρητίνης ενισχυμένης με υαλονήματα και ανθρακονήματα. Το κάθε πτερύγιο αποτελείται από δύο κελύφη που συνδέονται σε μία κεντρική δοκό. Το πτερύγιο συνδέεται με το έδρανό του στη ρίζα με ένα ειδικό παρέμβυσμα αλουμινίου. Το έδρανο του πτερυγίου είναι έδρανο κυλίσεως που ηλώνεται – στερεώνεται στην κεφαλή των πτερυγίων. Κάθε πτερύγιο διαθέτει σύστημα αντικεραυνικής προστασίας, το οποίο αποτελείται από ειδικούς αισθητήρες που έχουν τοποθετηθεί στην άκρη του πτερυγίου και χάλκινο αγωγό γειώσεως που διατρέχει το εσωτερικό του. [21]

3.2.4. ΈΛΕΓΧΟΣ ΙΣΧΥΟΣ - ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ – ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Η εν λόγω ανεμογεννήτρια διαθέτει ενεργητικό σύστημα ελέγχου της γωνίας βήματος των πτερυγίων το οποίο ρυθμίζει διαρκώς την κλίση τους, μέσω υδραυλικού συστήματος, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή ισχύος για κάθε ταχύτητα ανέμου, ενώ στις μεγάλες ταχύτητες, την περιορίζει στην ονομαστική της τιμή (2000kW). Το αξονικό σύστημα μεταφέρει την ισχύ προς τη γεννήτρια μέσω πλανητικού-ελικοειδούς κιβωτίου ταχυτήτων. Το σύστημα μετάδοσης είναι τριών βαθμίδων με σχέση μετάδοσης 1:113.1 και ψύξη μέσω αντλίας ελαίου. Η πρώτη βαθμίδα εισόδου, της υψηλής ροπής, είναι πλανητική, ενώ η δεύτερη και τρίτη βαθμίδα είναι ελικοειδείς. Ο άξονας εισόδου χαμηλής ταχύτητας συνδέεται απευθείας με την κεφαλή των πτερυγίων, χωρίς την ανάγκη χρησιμοποίησης του παραδοσιακού κύριου άξονα. Η γεννήτρια είναι ασύγχρονη με ονομαστική ταχύτητα 1680rpm, τετραπολική και εφοδιασμένη με ειδικό σύστημα μετατροπέα (IGBT Converters) και με ειδικό ρυθμιστή εύρους παλμών (PWM) που παρέχουν την δυνατότητα λειτουργίας σε μεταβλητές στροφές μεγιστοποιώντας έτσι την αεροδυναμική απόδοση του δρομέα. Η αρχική σύνδεση με το δίκτυο γίνεται μέσω θυρίστορ που βραχυκυκλώνονται με ένα διακόπτη μόλις πραγματοποιηθεί η σύνδεση. Ο συνδυασμός των συστημάτων ελέγχου της γωνίας βήματος και των μεταβλητών στροφών εξασφαλίζει μέγιστη δέσμευση ενέργειας για κάθε ταχύτητα ανέμου ενώ παράλληλα δίνει τη δυνατότητα ελέγχου του εκπεμπόμενου θορύβου και μειώνει τα φορτία που αναπτύσσονται σε όλα ζωτικά τμήματα της ανεμογεννήτριας. Η ασύγχρονη γεννήτρια της μηχανής αποδίδει την ονομαστική ισχύ της (2000kW) σε ταχύτητα ανέμου περίπου 11.5m/s, λειτουργώντας στα 1680rpm. [21]

3.2.5. ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΔΗΣΗΣ - ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ

Η μηχανή διαθέτει σύστημα πέδησης που ακινητοποιεί πλήρως τον δρομέα όταν αυτό κριθεί απαραίτητο και βασίζεται στην πλήρως ρυθμιζόμενη κλίση των πτερυγίων. Ένα υδραυλικό φρένο ακινητοποίησης ενεργοποιείται σε τελικό στάδιο που είναι τοποθετημένο στο τμήμα υψηλών στροφών του αξονικού συστήματος. Η λειτουργία του συστήματος ρύθμισης της γωνίας βήματος πραγματοποιείται μέσω τριών υδραυλικών κυλίνδρων, ένα για κάθε πτερύγιο. Η υδραυλική μονάδα βρίσκεται εντός του κλωβού (nacelle) και παρέχει υδραυλική πίεση τόσο στο σύστημα ρύθμισης της γωνίας βήματος των πτερυγίων όσο και στο φρένο ακινητοποίησης του δρομέα. Η ανεμογεννήτρια *Vestas V90-2.0MW* διαθέτει επίσης ενεργό σύστημα προσανατολισμού (active yaw system) που αποτελείται από τρεις βαθμίδες πλανητικού τύπου και μια βαθμίδα ατέρμονος κοχλία. [21]

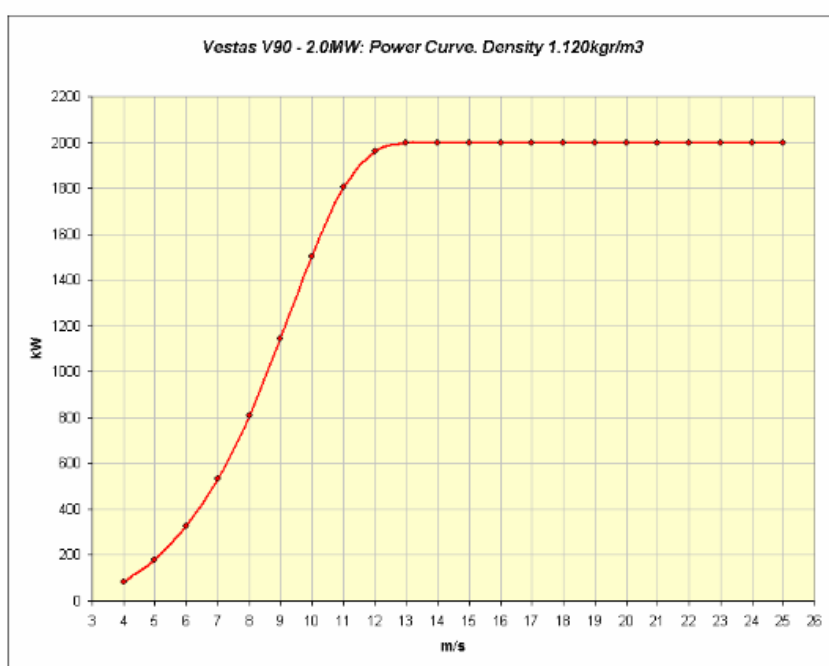
3.2.6. ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΩΣΗΣ

Η καμπύλη ισχύος μιας ανεμογεννήτριας μας δίνει την ισχύ της ανεμογεννήτριας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου ένα συγκεκριμένο ύψος.

Στο ακόλουθο σχήμα παρουσιάζονται τα δεδομένα καμπύλης ισχύος και ώσης της ανεμογεννήτριας για πυκνότητα 1.12kg/m³ που αντιστοιχεί στις συνθήκες λειτουργίας του αιολικού πάρκου.

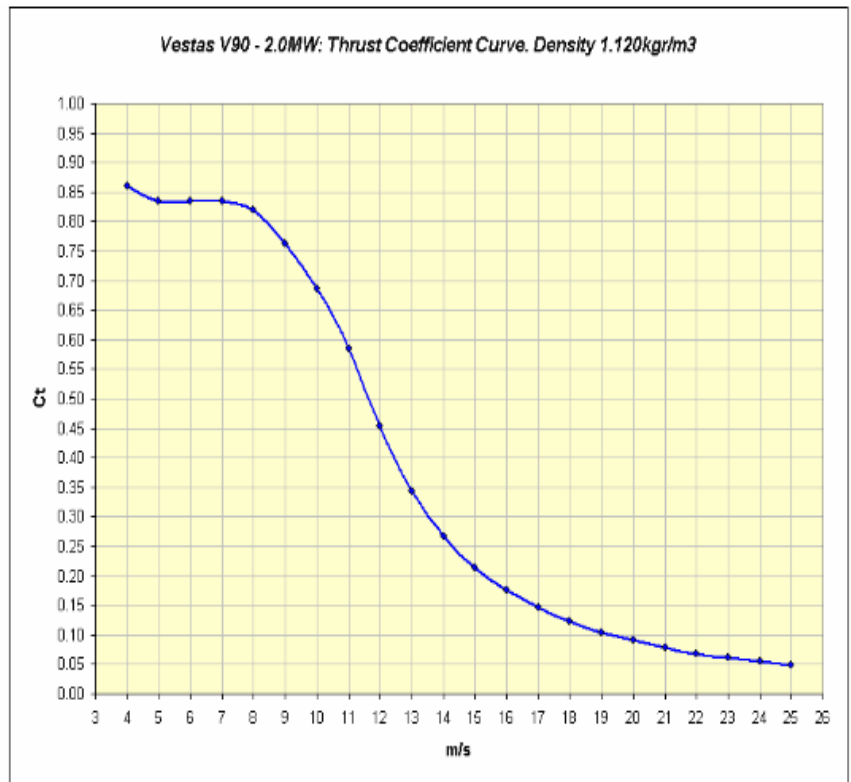
Power Regulation:	Pitch-Variable Speed
Number of Blades:	3
Swept Area (m²):	6361.73
Hub Height (m):	60
Diameter (m):	90
Rotor Speed (rpm):	14.9
Air Density (Kgr/m³):	1.120

Wind Speed (m/s)	Power (KW)
4.00	81
5.00	181
6.00	328
7.00	535
8.00	810
9.00	1145
10.00	1501
11.00	1806
12.00	1960
13.00	1996
14.00	2000
15.00	2000
16.00	2000
17.00	2000
18.00	2000
19.00	2000
20.00	2000
21.00	2000
22.00	2000
23.00	2000
24.00	2000
25.00	2000



Εικόνα4.: Καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας [21]

Wind Speed (m/s)	Ct
4.00	0.8598
5.00	0.8356
6.00	0.8356
7.00	0.8351
8.00	0.8189
9.00	0.7632
10.00	0.6884
11.00	0.5853
12.00	0.4544
13.00	0.3430
14.00	0.2688
15.00	0.2137
16.00	0.1749
17.00	0.1454
18.00	0.1226
19.00	0.1046
20.00	0.0902
21.00	0.0784
22.00	0.0687
23.00	0.0607
24.00	0.0542
25.00	0.0490



Εικόνα 5: Καμπύλη ώσης της ανεμογεννήτριας [21]

3.2.7. ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ – ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣΜΟΣ

Όλες οι λειτουργίες της ανεμογεννήτριας παρακολουθούνται και ελέγχονται μέσω μονάδας ελέγχου που βασίζεται σε μικροεπεξεργαστή. Όλες οι μονάδες ελέγχου των ανεμογεννητριών συνδέονται μέσω υπόγειου δικτύου που καταλήγει σε κεντρικό πίνακα μετατροπής σημάτων στον οικίσκο ελέγχου (control room). Συνεπώς, από τον οικίσκο ελέγχου επιτυγχάνεται πλήρης τηλεχειρισμός του αιολικού πάρκου, ενώ διεξάγεται πλήρης συλλογή στοιχείων λειτουργίας για κάθε ανεμογεννήτρια. [21]

3.2.8. ΠΥΡΓΟΣ – ΚΛΩΒΟΣ

Ο πυλώνας (πύργος) έχει ύψος 80m και είναι σωληνωτός κωνικού σχήματος από χάλυβα. Η διάμετρος κορυφής είναι 2.3m και της βάσης περίπου 4.15m. Παραδίδεται σε τέσσερα τμήματα ενώ ένα κεντρικό άνοιγμα παρέχει πρόσβαση από τον πύργο εντός του κλωβού στον οποίο είναι εγκατεστημένη γερανομηχανή μεγάλης ανυψωτικής δυνατότητας. Το κέλυφος της ατράκτου είναι από πολυεστερικό υλικό ενισχυμένο με υαλονήματα και προστατεύει τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό της ανεμογεννήτριας. [21]

Αλγόριθμοι λειτουργίας

Σε κάθε χρονικό βήμα υπολογισμού εισάγονται ως δεδομένα η διαθέσιμη ισχύς P_{RES} από τη μονάδα ΑΠΕ και η ζήτηση ισχύος P_d

Αν P_p είναι η ονομαστική ισχύς των μονάδων αποθήκευσης (αντλίες) τότε υπολογίζεται η δυνάμενη να αποθηκευθεί ισχύς P_{st} :

- Αν $P_{RES} > P_p$, τότε $P_{st} = P_p$.
- Αν $P_{RES} \leq P_p$, τότε $P_{st} = P_{RES}$.

Υπολογίζεται ο όγκος που πρέπει να προστεθεί στην άνω δεξαμενή προκειμένου να αποθηκευτεί ισχύς P_{st} για χρονικό βήμα διάρκειας t :

- $V_p = \eta_p \cdot P_{st} \cdot t / \gamma \cdot H$.

Υπολογίζεται ο όγκος νερού που θα πρέπει να αφαιρεθεί από την άνω δεξαμενή προκειμένου να καλυφθεί η ζήτηση ισχύος P_d από τους υδροστρόβιλους για το χρονικό βήμα διάρκειας t :

- $V_h = P_d \cdot t / \eta_h \cdot \gamma \cdot H$.

Ο παραμένων όγκος νερού κατά το τρέχον χρονικό βήμα j στην άνω δεξαμενή θα είναι:

- $V_{st}(j) = V_{st}(j-1) + V_p - V_h$

Ελέγχεται αν ο παραμένων όγκος νερού στην άνω δεξαμενή υπερβαίνει τη μέγιστη χωρητικότητα της δεξαμενής:

- Αν $V_{st}(j) > V_{max}$, τότε:
 $P_{st} = 0$
 $P_{rej} = P_{RES}$
 $V_{st}(j) = V_{st}(j-1) - V_h$.
- $V_{st}(j) = V_{st}(j-1) - V_h$.
 $P_{st} = P_p$
 $P_{rej} = P_{RES} - P_p$.

Επιπλέον ελέγχεται αν ο παραμένων όγκος νερού στην άνω δεξαμενή είναι μικρότερος από τον ελάχιστο περιεχόμενο σε αυτήν:

- Αν $V_{st}(j) < V_{min}$, τότε:
 $P_h = 0$
 $P_{th} = P_d$
 $V_{st}(j) = V_{st}(j-1) + V_p$.
- Αν $V_{st}(j) \geq V_{min}$, τότε:
 $P_h = P_d$
 $P_{th} = 0$

$$V_{st}(j) = V_{st}(j-1) + V_p - V_h.$$

Για τον υπολογισμό της ωριαίας διείσδυσης ($P_{wδ}$) από το αιολικό πάρκο θα έχουμε:

- $P_{wδ}(j) = \text{ποσοστό διείσδυσης} * P_w(j)$

Όπου j η ώρα για την οποία γίνονται οι υπολογισμοί

Για την Αρχική παραγωγή υδροστροβίλων ($P_{τ}(j)$) θα έχουμε:

- Αν $(V_{st}(j-1) - (\text{συντελεστής όγκου υδατόπτωσης} * \text{ονομαστική ισχύς υδροστροβίλων})) \geq V_{min}$

Τότε $P_{τ} = 5$

Αλλιώς $P_{τ} = 0$

Συντελεστής όγκου υδατόπτωσης = $(3600 * 1000000 / (\text{βαθμό απόδοσης υδροστροβίλων} * \text{φυσική υδατόπτωση} * \rho * g))$

Για την παραγωγή των άλλων μονάδων του συστήματος για την κάλυψη της ζήτησης θα έχουμε :

- $P_{αλ}(j) = P_d(j) - P_{wδ}(j) - P_{τ}(j)$

Για την παροχή όγκου των υδροστροβίλων θα έχουμε :

- $Q_{τ}(j) = (P_{τ}(j) * 10^6) / (\text{βαθμό απόδοσης υδροστροβίλων} * \rho * g * \text{φυσική υδατόπτωση})$

$\rho = \text{πυκνότητα νερού } 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

$g = \text{επιτάχυνση της βαρύτητας } 9,81 \text{ (m/s}^2\text{)}$

$\text{φυσική υδατόπτωση} = \text{υψομετρική διαφορά από τη δεξαμενή μέχρι τους υδροστροβίλους (m)}$

Για την παροχή όγκου αντλιών θα έχουμε :

- $Q_{φ}(j) = (P_{ρ}(j) * 10^6 * \text{βαθμό απόδοσης αντλιών}) / (\rho * g * \text{ύψος άντλησης})$

$\text{Υψος άντλησης} = \text{με την υψομετρική διαφορά από την άνω δεξαμενή μέχρι τις αντλίες (m)}$

Για τις απώλειες ροής υδατόπτωσης θα έχουμε :

- $H_{f0}(j) = (\text{συντελεστής απωλειών υδατόπτωσης} * \text{μήκος σωληνώσεων} * 8 * Q_{τ}(j)^2) / (\text{διάμετρο σωληνώσεων υδατόπτωσης}^5 * \pi^2 * g)$

$\text{συντελεστής απωλειών υδατόπτωσης} = 0,1014$

$\text{διάμετρος σωληνώσεων υδατόπτωσης} = 1,60 \text{ m}$

μήκος σωληνώσεων = 1586 m

Για τις απώλειες ροής άντλησης θα έχουμε :

- $H_{fa}(j) = (\text{συντελεστής απωλειών άντλησης} * \text{μήκος σωληνώσεων} * 8 * Q_p(j)^2) / (\text{διάμετρος σωληνώσεων}^5 * \pi^2 * g)$

Συντελεστής απωλειών άντλησης = 0,1014

Μήκος σωληνώσεων = 1586 m

Διάμετρος σωληνώσεων = 1,60 m

Για το μανωμετρικό υδατόπτωσης θα έχουμε :

- $H_t(j) = \text{φυσική υδατόπτωση} - H_{fa}(j)$

Για το μανωμετρικό άντλησης θα έχουμε :

- $H_p(j) = \text{ύψος άντλησης} + H_{fa}(j)$

Για την οριστική ισχύς των υδροστροβίλων(j) θα έχουμε :

- $\text{An} (V_{st}(j-1) - ((\text{συντελεστής όγκου υδατόπτωσης} / H_t(j-1)) * (\text{ονομαστική ισχύς υδροστροβίλων})) \geq V_{\min}$

Τότε ορισ. Ισχύς υδρ/λων = 5

Αλλιώς ορισ. Ισχύς υδρ/λων = 0

Όπου V_{\min} = ελάχιστος όγκος νερού

Συντελεστής όγκου υδατόπτωσης = $(3600 * 1000000) / (\text{βαθμό απόδοσης υδροστροβίλων} * \rho * g)$

Για την οριστική ισχύς των αντλιών θα έχουμε :

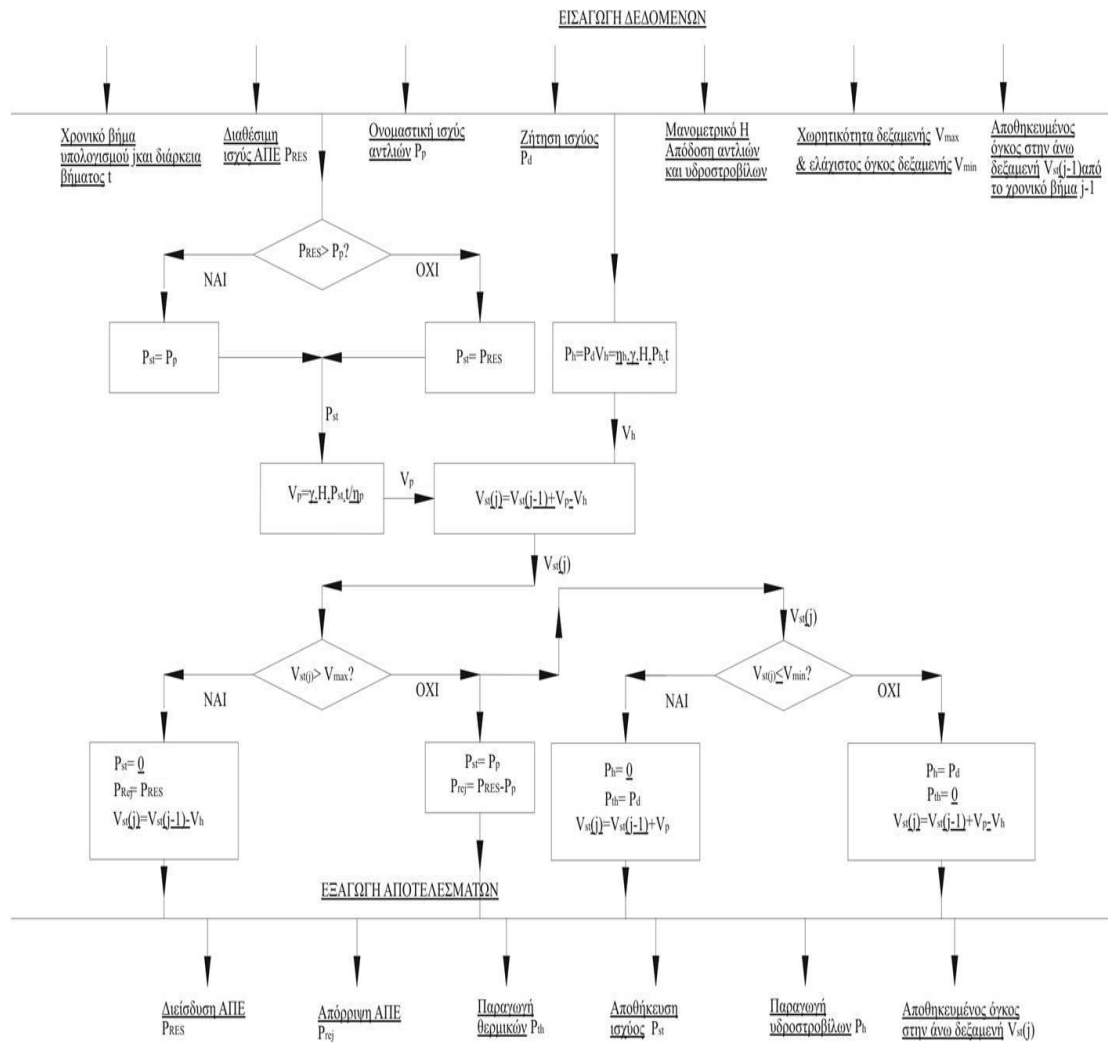
- $\text{An} (V_p(j-1) + (\text{συντελεστής όγκου άντλησης} / H_p(j)) * (P_w(j) - P_{w\delta}(j))) \leq \text{χωρητικότητα άνω δεξαμενής}$

Τότε ορισ. Ισχύς αντλιών = $P_w(j) - P_{w\delta}(j)$

Αλλιώς ορισ. Ισχύς αντλιών = 0

Συντελεστής όγκου άντλησης = $(3600 * 1000000 * \text{βαθμό απόδοσης αντλιών}) / (\text{ύψος άντλησης} * \rho * g)$

Χωρητικότητα άνω δεξαμενής = 1500000 m³



Εικ.8. [30]

Στη συνέχεια ακολουθεί ένας πίνακας με τα βασικά στοιχεία του έργου όπως αυτά προέκυψαν από τη διαστασιολόγηση του υβριδικού σταθμού παραγωγής.

Ονομαστική ισχύς Α.Π. (MW)	10
Ονομαστική ισχύς υδροστροβίλων (MW)	6
Ονομαστική ισχύς αντλιών (MW)	8,35
Ονομαστική παροχή υδροστροβίλων (m ³ /s)	2,657
Ονομαστική παροχή αντλιών (m ³ /s)	2,079
Χωρητικότητα άνω δεξαμενής (m ³)	1500000
Αρχικός όγκος (m ³)	1500000
Ελάχιστος όγκος (m ³)	50000
Διάμετρος σωληνώσεων (m)	1,6
Αριθμός σωληνώσεων	2
Μήκος σωληνώσεων (m)	1586
Μανομετρικό άντλησης - πτώσης (m)	230

Πίνακας 5.

Η διαστασιολόγηση έγινε έτσι ώστε ο υβριδικός σταθμός παραγωγής να είναι ικανός να μας δώσει 5 MW ισχύ κάθε ώρα για οκτώ ώρες της ημέρας που το σύστημά μας παρουσιάζει αιχμές στη ζήτησή του. Δηλαδή είναι εγγυημένης ισχύος 40 MW στο σύνολο των ωρών μιας ημέρας. Έτσι προέκυψε ότι το αιολικό πάρκο θα πρέπει να είναι ονομαστικής ισχύος 10 MW για να είναι ικανό να παρέχει 30% της ωριαίας παραγωγής απευθείας στο δίκτυο και παράλληλα να μπορούν να δουλεύουν και οι αντλίες όποτε είναι απαραίτητο ώστε να γεμίζει με νερό η άνω δεξαμενή. Η ονομαστική ισχύς των υδροστροβίλων υπολογίστηκε πως θα πρέπει να είναι 6 MW απόδοσης 83,5% για να είναι ικανοί να μας παρέχουν 5 MW ισχύ τις ώρες της ημέρας που τη χρειαζόμαστε. Οι αντλίες υπολογίστηκε πως θα είναι ονομαστικής ισχύος 8,35 MW απόδοσης 67% για να είναι ικανές να μας παρέχουν τις ποσότητες νερού που χρειάζεται το σύστημα μας για να δουλέψει. Στη συνέχεια από τη διαστασιολόγηση υπολογίσαμε την ονομαστική παροχή των υδροστροβίλων όπου είναι και η μεγαλύτερη όπως προέκυψε από τους υπολογισμούς και είναι ίση με 2,657 m³/s, όπως και η ονομαστική παροχή των αντλιών η οποία είναι 2,079 m³/s. Η συνολική χωρητικότητα της άνω δεξαμενής υπολογίστηκε πως θα πρέπει να είναι

1500000 m³ ώστε να επαρκεί η αποθηκευόμενη ποσότητα νερού για να δουλεύουν οι υδροστρόβιλοι τις ώρες που είναι απαραίτητο, καθώς και η ελάχιστη ποσότητα νερού πρέπει να είναι μέχρι 50000 m³ γιατί υπάρχουν διαστήματα μέσα στο χρόνο που η παραγωγή του αιολικού είναι πολύ μικρή με συνέπεια το νερό που ανεβάζουν οι αντλίες να μην επαρκεί για την παραγωγή των υδροστροβίλων. Η διάμετρος των σωληνώσεων υπολογίστηκε με βάση τους αλγόριθμους που αναφέρθηκαν πιο πάνω και βρήκαμε πως θα πρέπει να είναι διαμέτρου 1,60 m τόσο για την άντληση όσο και για την υδραυλική πτώση ώστε οι απώλειες τόσο κατά την άντληση όσο και για την πτώση να είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια. Για το υβριδικό μας σύστημα επιλέχθηκε να έχει δύο σωληνώσεις, μία για την άντληση και μία για την υδραυλική πτώση. Το μήκος των σωληνώσεων φτάνει τα 1586 m, αυτό προέκυψε από την απόσταση την άνω δεξαμενής μέχρι το κτήριο εγκαταστάσεων όπου βρίσκονται οι υδροστρόβιλοι και οι αντλίες. Τέλος το μανωμετρικό άντλησης και πτώσης υπολογίστηκε από την υψομετρική διαφορά από την άνω δεξαμενή μέχρι το κτήριο εγκαταστάσεων.

Στη συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας 6 με τα ενεργειακά αποτελέσματα όπως αυτά προέκυψαν από τη διαστασιολόγηση που έγινε.

Ετήσια Ενεργειακά Αποτελέσματα	
Ετήσια ζήτηση (MWh)	2663327
Παραγωγή από Α.Π. (MWh)	45969
Απευθείας διείσδυση Α.Π. (MWh)	13791
Αποθήκευση ενέργειας (MWh)	25516
Περίσσεια αιολικού πάρκου (MWh)	6662
Ετήσια παραγωγή υδροστοβίλων (MWh)	14585
Ετήσια παραγωγή ΑΠΕ (MWh)	606039
Ετήσια παραγωγή θερμικών (MWh)	2028912

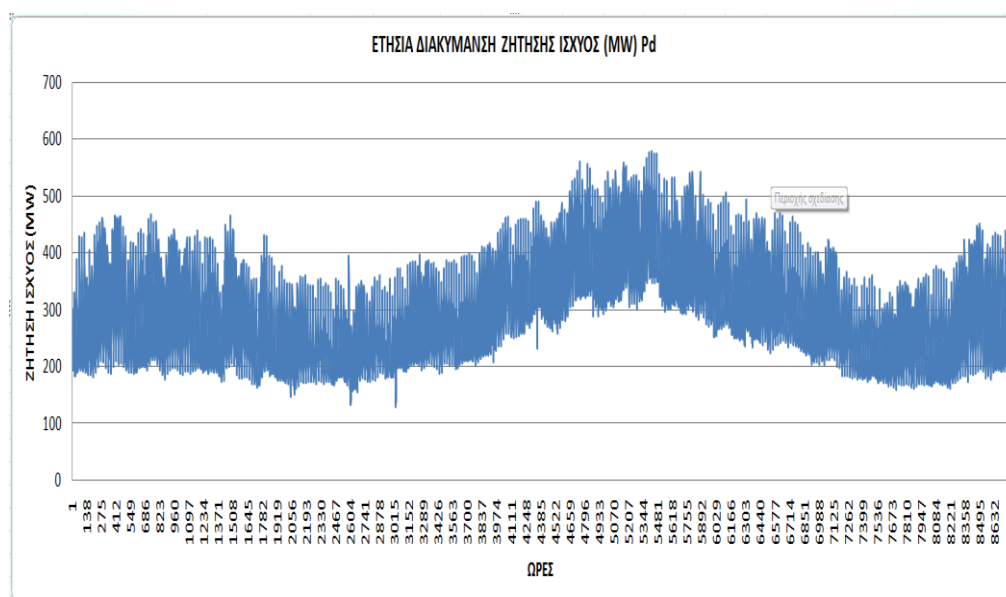
Πίνακας 6.

Η ετήσια ζήτηση για το σύστημα το οποίο εξετάζουμε προέκυψε προσθέτοντας την ωριαία ζήτηση από κάθε ώρα του έτους από τη χρονοσειρά που μας δόθηκε από τον αρμόδιο φορέα. Η παραγωγή ενέργειας από το αιολικό πάρκο υπολογίστηκε με κατάλληλο λογισμικό στο οποίο εισάγαμε σαν δεδομένα τα ανεμολογικά δεδομένα της περιοχής ενδιαφέροντος για ένα έτος και την καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας την οποία επιλέξαμε για το έργο μας. Σαν αποτέλεσμα το λογισμικό μας έδωσε την ωριαία παραγωγή του αιολικού πάρκου. Έτσι αθροίζοντας τις ωριαίες τιμές του έτους υπολογίσαμε την ετήσια παραγωγή σε MW. Η απευθείας διείσδυση, η αποθήκευση ενέργειας, η περίσσεια του

αιολικού πάρκου καθώς και η παραγωγή των υδροστροβίλων υπολογίστηκαν αθροίζοντας τις ωριαίες τιμές του έτους που υπολογίσαμε με τους αλγόριθμους που αναφέρθηκαν πιο πάνω στην ενότητα αυτή. Η ετήσια παραγωγή από μονάδες ΑΠΕ υπολογίστηκε προσεγγιστικά με ένα ποσοστό της τάξης του 23% της υπολειπόμενης ζήτησης, έτσι ώστε να τηρούνται και τα όρια ασφάλειας του δικτύου. Τέλος η ετήσια παραγωγή των θερμικών μονάδων υπολογίστηκε αφαιρώντας από την ετήσια ζήτηση την παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ, την παραγωγή των υδροστροβίλων του υβριδικού συστήματος καθώς και την απευθείας διείσδυση του αιολικού πάρκου του υβριδικού συστήματος παραγωγής.

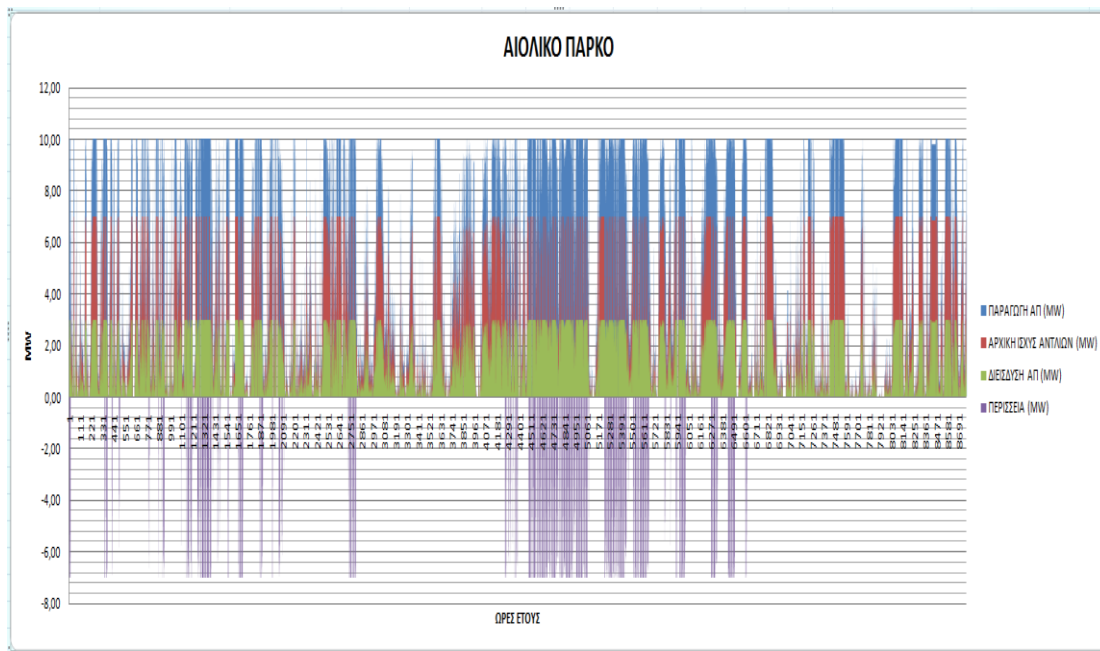
Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποια βασικά γραφήματα το οποία προέκυψαν μετά τη διαστασιολόγηση του υβριδικού συστήματος και από τα οποία μπορούμε να βγάλουμε αρκετά συμπεράσματα για την όλη εγκατάσταση.

Αρχικά στο γράφημα 1 μπορούμε να δούμε τη διακύμανση της ζήτησης για κάθε ώρα του έτους και πως αυτή διαμορφώνεται.



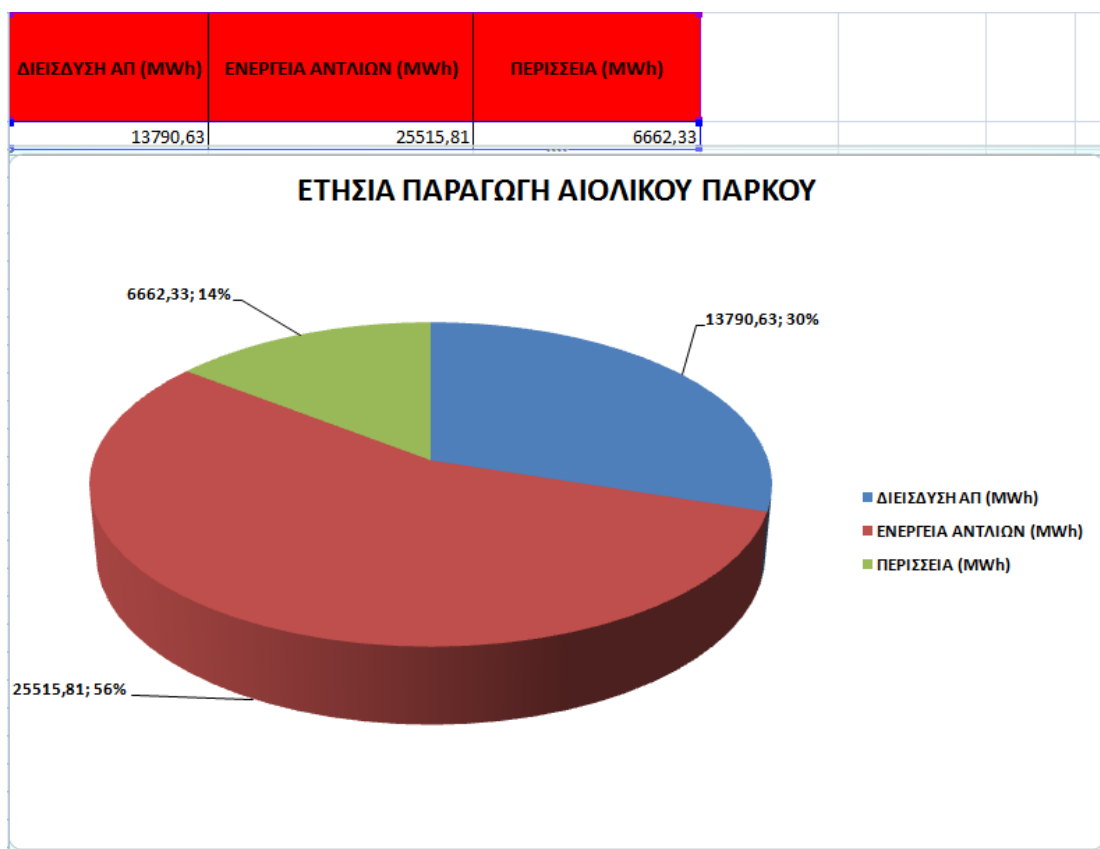
Γράφημα 1.

Στο γράφημα 2 που ακολουθεί μπορούμε να δούμε την παραγωγή του αιολικού πάρκου καθώς και πως διαχωρίζεται η παραχθείσα ενέργειά του. Δηλαδή πόση από αυτή πηγαίνει στην απευθείας διείσδυση, πόση στις αντλίες και πόση απορρίπτεται ως περίσσεια σε ωριαία βάση για ένα έτος.



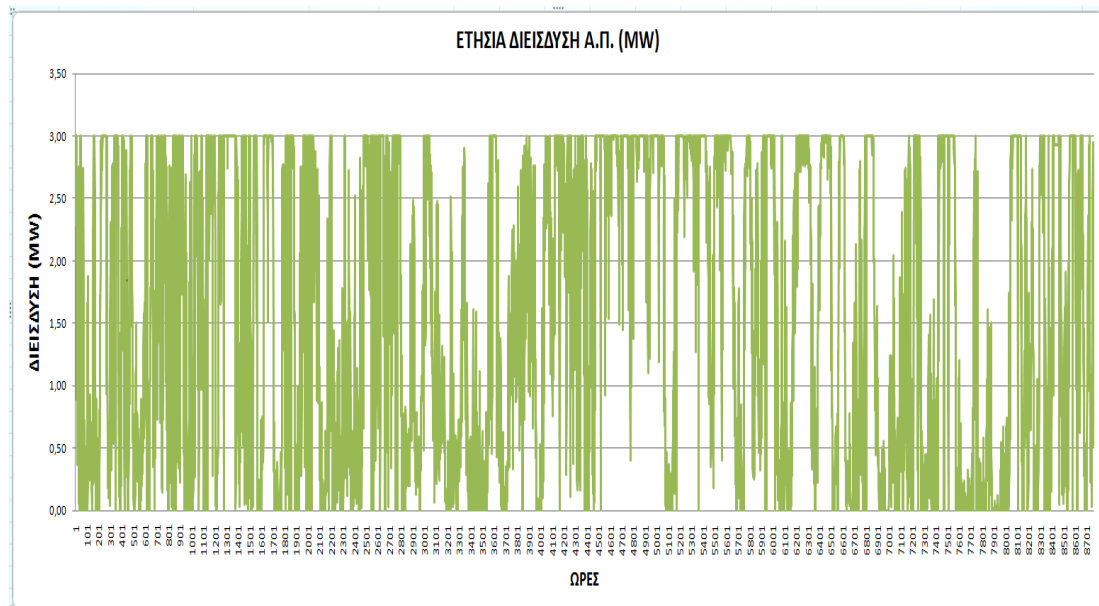
Γράφημα 2.

Στο γράφημα 3 που ακολουθεί βλέπουμε με ποσοστό την ετήσια κατανομή της παραχθείσας ενέργειας από το αιολικό πάρκο.



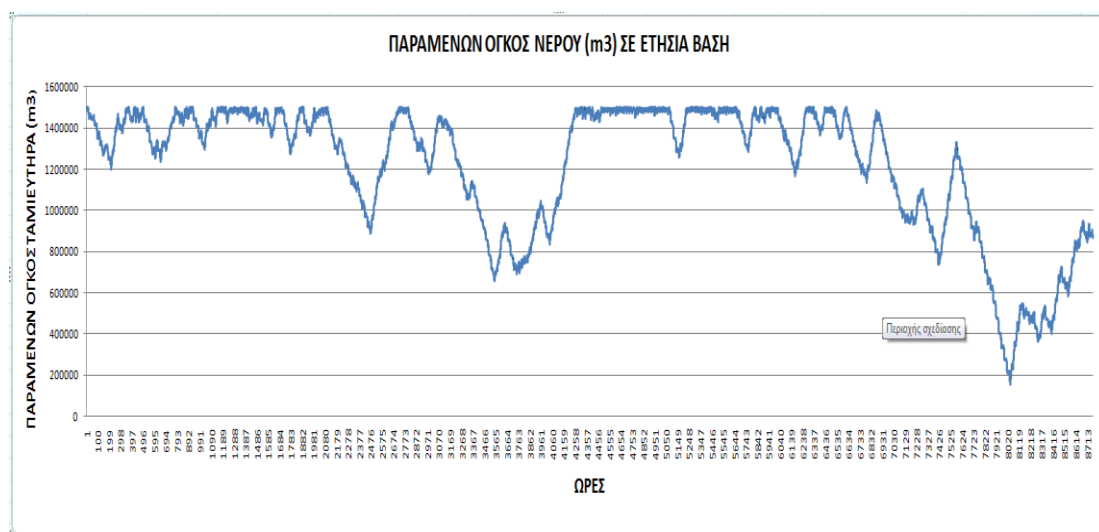
Γράφημα 3.

Στο γράφημα 4 που ακολουθεί βλέπουμε την ωριαία διείσδυση από το αιολικό πάρκο για όλο το έτος.



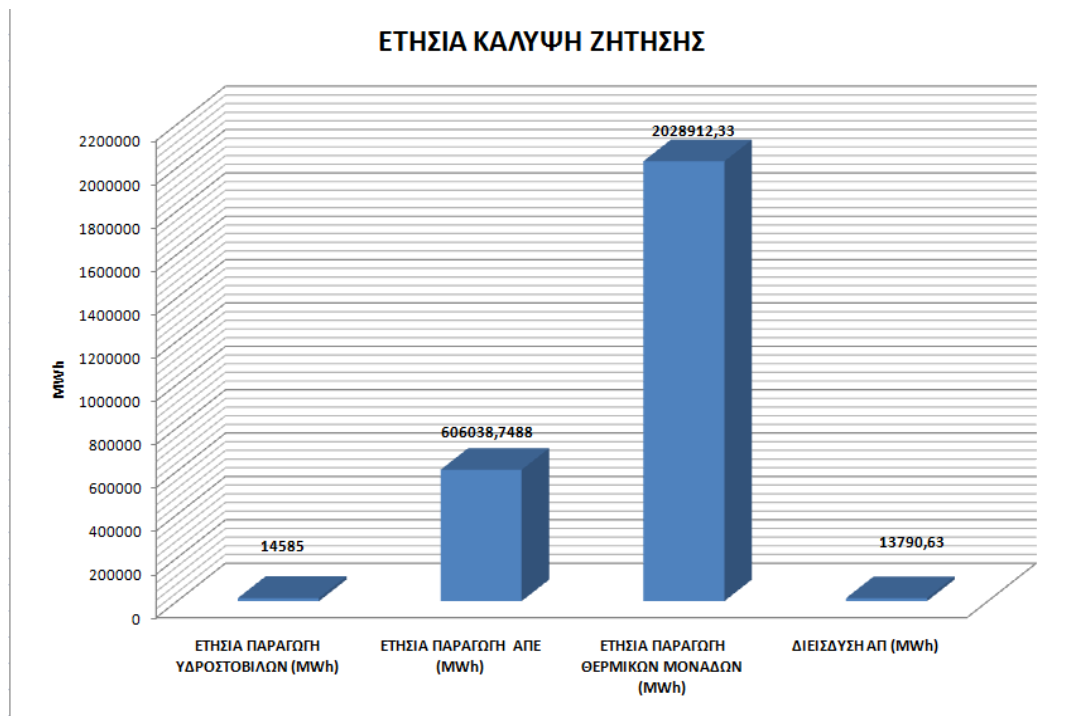
Γράφημα 4.

Στη συνέχεια στο γράφημα 5 βλέπουμε την ετήσια διακύμανση του παραμένουτος όγκου νερού στον άνω ταμιευτήρα. Όπως θα παρατηρήσουμε στο γράφημα προς το τέλος του έτους ο αποθηκευμένος όγκος νερού βρίσκεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα αλλά είναι μεγαλύτερος από τον ελάχιστο όγκο που είναι βασική προϋπόθεση για τη σωστή λειτουργία του συστήματός μας. Αυτό οφείλεται στο ότι η παραγωγή του αιολικού πάρκου δεν είναι αρκετή, ώστε να δουλέψουν αρκετές ώρες οι αντλίες και να αποθηκεύσουν νερό στον ταμιευτήρα ενώ οι υδροστρόβιλοι συνεχίζουν να δουλεύουν τις ώρες που παρουσιάζονται αιχμές ζήτησης. Έτσι έχει σαν αποτέλεσμα ο όγκος αποθηκευμένου νερού να πέφτει αρκετά. Αυτό μπορούμε να το επιβεβαιώσουμε και από το γράφημα 2 όπου βλέπουμε την παραγωγή του αιολικού πάρκου να είναι πολύ μικρή κατά την ίδια περίοδο όπου ο όγκος του νερού πέφτει τόσο χαμηλά.

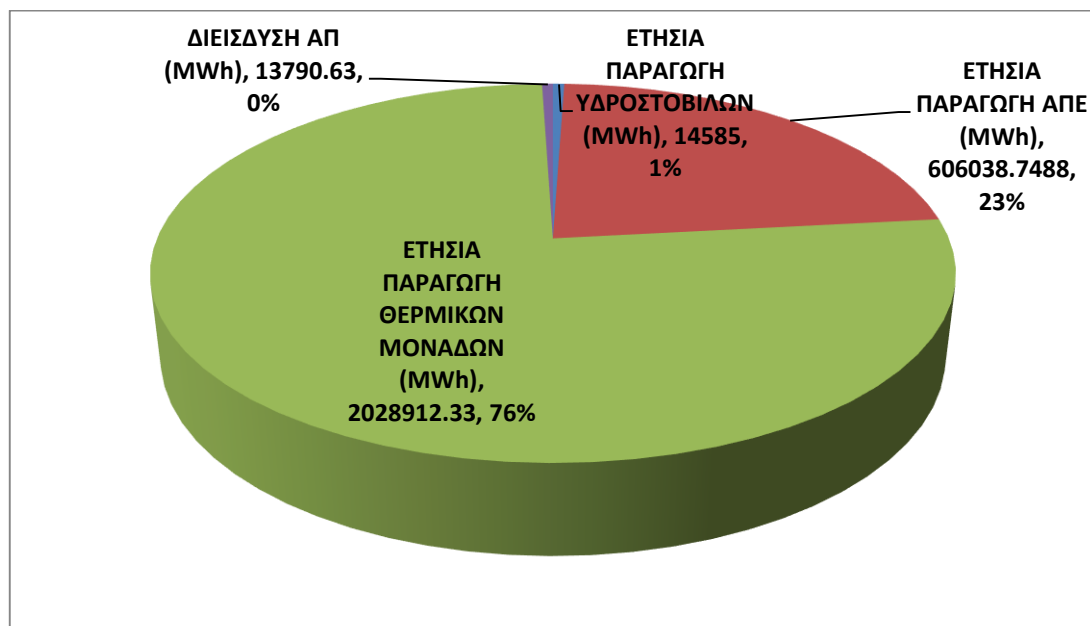


Γράφημα 5.

Στα δύο επόμενα γραφήματα (6,7) που ακολουθούν βλέπουμε με ράβδους καθώς με διάγραμμα πίτας πως καλύπτεται πλέον η ζήτηση μετά τη λειτουργία του αιολικού πάρκου και των υδροστροβίλων του συστήματος.

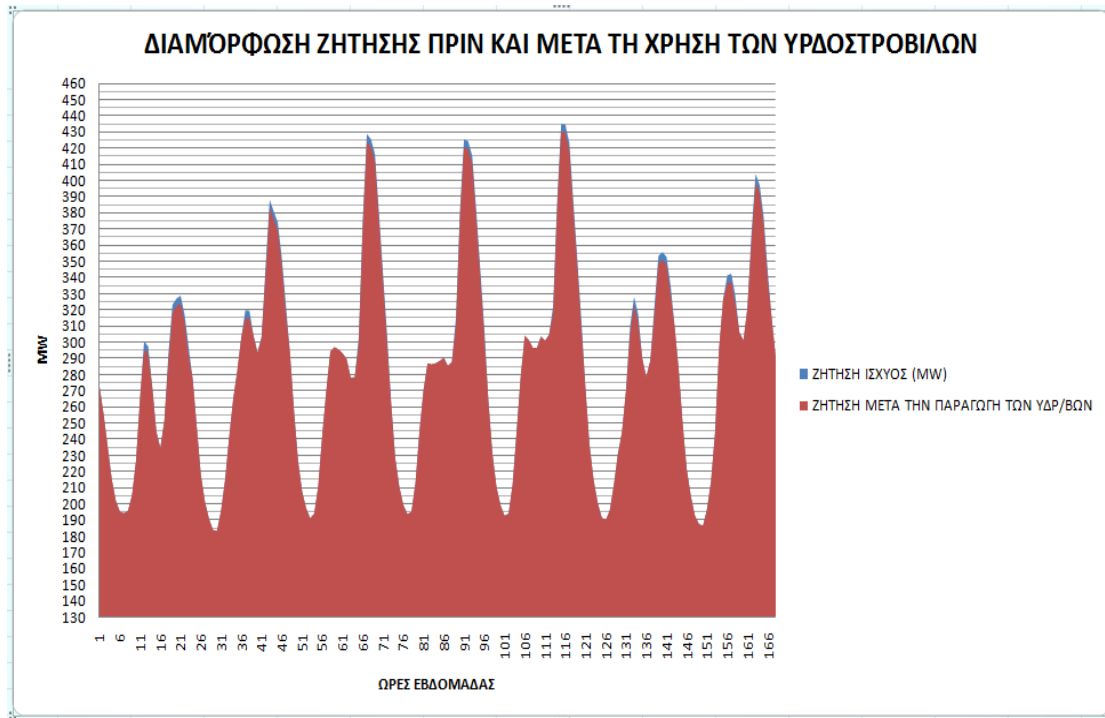


Γράφημα 6.

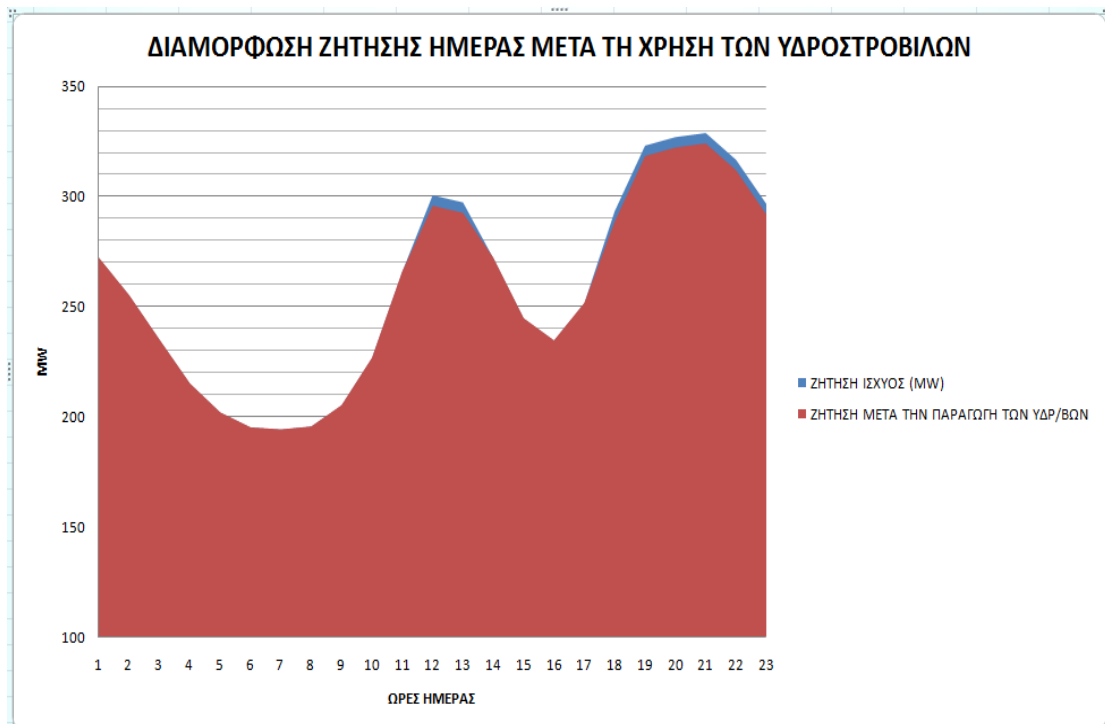


Γράφημα 7.

Στη συνέχεια ακολουθούν δύο γραφήματα (8,9) όπου στο πρώτο βλέπουμε πως διαμορφώνεται η ζήτηση μετά τη χρήση των υδροστροβίλων για τις ώρες αιχμής μίας εβδομάδας του έτους και στο δεύτερο πως διαμορφώνεται η ζήτηση για τις ώρες αιχμής μίας ημέρας.



Γράφημα 8.



Γράφημα 9.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΚΑΙ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ

4.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

4.1.1. ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Ο βαθμός απόδοσης εκφράζει το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στο φωτοβολταϊκό στοιχείο. Τα πρώτα φωτοβολταϊκά στοιχεία, που σχεδιάστηκαν τον 19^ο αιώνα, δεν είχαν παρά 1-2% απόδοση, ενώ το 1954 τα εργαστήρια Bell Laboratories δημιούργησαν το πρώτο Φ/Β στοιχείο πυριτίου με απόδοση 6%. Στην πορεία του χρόνου όλο και αυξάνεται ο βαθμός απόδοσης. Η αύξηση της απόδοσης, έστω και κατά μία ποσοστιαία μονάδα, θεωρείται επίτευγμα στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών. Στην σημερινή εποχή ο τυπικός βαθμός απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου βρίσκεται στο 13 – 22%, ο οποίος συγκρινόμενος με την απόδοση άλλου συστήματος (συμβατικού, αιολικού, υδροηλεκτρικού κλπ.), παραμένει ακόμη αρκετά χαμηλός. Αυτό σημαίνει ότι το φωτοβολταϊκό σύστημα καταλαμβάνει μεγάλη επιφάνεια προκειμένου να αποδώσει την επιθυμητή ηλεκτρική ισχύ. Ωστόσο, η απόδοση ενός δεδομένου συστήματος μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά με την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών σε ηλιοστάτη. Οι προϋποθέσεις αξιοποίησης των Φ/Β συστημάτων στην Ελλάδα είναι από τις καλύτερες στην Ευρώπη, αφού η συνολική ενέργεια που δέχεται κάθε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας στην διάρκεια ενός έτους κυμαίνεται από 1400 – 1800 kWh. Ο βαθμός απόδοσης ενός ηλιακού κυττάρου δίνεται από την παρακάτω σχέση :

$$\eta = \frac{P_{MP}}{P_{IN}} = \frac{V_{MP} I_{MP}}{G A}$$

Όπου:

G: η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο ηλιακό κύτταρο

A: η επιφάνεια του ηλιακού κυττάρου. [28]

4.1.2. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΛΗΡΩΣΗΣ (Fill Factor, FF)

Ο συντελεστής πλήρωσης δίνεται από το διάγραμμα την I – V και είναι ο λόγος του εμβαδού του μεγίστου ορθογωνίου με πλευρές V_m , I_m (μέγιστη αποδιδόμενη ισχύς του στοιχείου) που μπορεί να εγγραφεί στη χαρακτηριστική καμπύλη I – V, προς το εμβαδόν του ορθογωνίου I_{sc} , V_{oc} (ιδανική συμπεριφορά του στοιχείου ως πηγή σταθερού ρεύματος). Η σχέση είναι η εξής :

$$FF = \frac{V_m I_m}{V_{oc} I_{sc}}$$

Συμπεραίνουμε ότι όταν οι τιμές του λόγου αυτού πλησιάζουν τη μονάδα τόσο περισσότερο η λειτουργία του Φ/Β στοιχείου πλησιάζει την ιδανική συμπεριφορά της πηγής σταθερού ρεύματος. Ο συντελεστής πλήρωσης είναι ένα μέτρο του πόσο τετράγωνη είναι η καμπύλη I – V και οι τιμές είναι μεταξύ 0,7 και 0,9.[28]

4.2. ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΔΟΣΗΣ Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Το ποσοστό απόδοσης είναι ένα από τα σημαντικότερα μεγέθη για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Το ποσοστό απόδοσης περιγράφει με συγκεκριμένο τρόπο την αναλογία ανάμεσα στην πραγματική και τη θεωρητική δυνατή ενεργειακή απόδοση. Είναι σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητο από τη διάταξη μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, όπως και από την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας πάνω σε αυτήν. Για το λόγο αυτό μπορεί κανείς με τη βοήθεια του ποσοστού απόδοσης να συγκρίνει φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις που είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο και βρίσκονται σε διαφορετικά σημεία ανά τον κόσμο.

Το ποσοστό απόδοσης (performance ratio) είναι ένα μέγεθος για την ποιότητα μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης ανεξάρτητα από το σημείο τοποθέτησης της και για αυτό παίρνει συχνά το όνομα ποιοτικός συντελεστής. Το ποσοστό απόδοσης (ΠΑ) δίνεται επί τοις εκατό και περιγράφει την αναλογία ανάμεσα στην πραγματική και την ιδανική απόδοση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Με αυτόν τον τρόπο προσδιορίζεται το ποσοστό της ενέργειας που είναι πραγματικά διαθέσιμο για την τροφοδοσία μετά την αφαίρεση των ενεργειακών απωλειών (π.χ. λόγω απωλειών θερμότητας και απωλειών αγωγού) και της ιδιοκατανάλωση για τη λειτουργία.

Όσο πιο κοντά στο 100% βρίσκεται η τιμή του ποσοστού απόδοσης μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, τόσο πιο αποδοτικά δουλεύει η εγκατάσταση αυτή. Ωστόσο, μια τιμή της τάξης του 100% δεν είναι πραγματικά δυνατή, επειδή κατά τη λειτουργία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης υπάρχουν πάντα απώλειες που δεν μπορούν να αποφευχθούν (π.χ. απώλειες θερμότητας εξαιτίας της θέρμανσης των φωτοβολταϊκών μονάδων). Παρόλα αυτά, το ποσοστό απόδοσης αποδοτικών φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων φτάνει μέχρι και 80%. [28]

4.2.1. ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Το ποσοστό απόδοσης μας ενημερώνει για την ενεργειακή αποδοτικότητα και την αξιοπιστία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Με το ποσοστό απόδοσης μπορούμε να συγκρίνουμε την απόδοση μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με την απόδοση άλλων φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων ή να επιτηρούμε την κατάσταση μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, κατά τον υπολογισμό του ποσοστού απόδοσης σε τακτικά και προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα δεν γίνεται λόγος για μία απόλυτη σύγκριση, αλλά για μία δυνατότητα ελέγχου πορείας και απόδοσης : κατά την έναρξη λειτουργίας μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και με την προϋπόθεση ότι σε εκείνη τη χρονική στιγμή η εγκατάσταση δουλεύει ιδανικά, εάν διασφαλίζεται το 100% της τιμής εξόδου για το ποσοστό απόδοσης, τότε μέσω του υπολογισμού των υπόλοιπων τιμών ποσοστού απόδοσης μπορούν να ανιχνευτούν αποκλίσεις κατά τη διάρκεια του χρόνου και να παρθούν έγκαιρα αντίμετρα. Επομένως, οι αποκλίσεις της τιμής του ποσοστού απόδοσης με τιμές κάτω από την κανονική περιοχή, δείχνουν από νωρίς μια πιθανή βλάβη της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. [28]

4.2.2. ΠΩΣ ΥΠΟΛΟΓΙΖΕΤΑΙ ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Για τον υπολογισμό του ποσοστού απόδοσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης χρειάζονται διάφορα μεγέθη. Ένα από αυτά είναι οι τιμές πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας στο σημείο τοποθέτησης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Τις τιμές αυτές μπορούμε να τις πληροφορηθούμε μέσω μίας συσκευής μέτρησης, η οποία μετρά την ποσότητα ενέργειας για τη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση που προέρχεται από την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας. Άλλα μεγέθη που χρειάζονται είναι η επιφάνεια μονάδας της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και ο βαθμός απόδοσης των φωτοβολταϊκών μονάδων. Ο βαθμός απόδοσης μονάδας υπάρχει στο φύλλο στοιχείων της φωτοβολταϊκής μονάδας. [28]

4.2.3. ΠΟΙΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Το ποσοστό απόδοσης είναι ένα απλό μέγεθος ορισμού, το οποίο θα μπορούσε να πάρει τιμές μεγαλύτερες του 100% υπό την επίδραση συγκεκριμένων παραγόντων. Ο λόγος για αυτό είναι ότι κατά τον υπολογισμό του ποσοστού απόδοσης χρησιμοποιούνται παράμετροι ισχύος για τις φωτοβολταϊκές μονάδες, οι οποίες προσδιορίζονται βάσει των συνθηκών των βασικών δοκιμών (πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας 1000 w ανά τετραγωνικό μέτρο και θερμοκρασία 25 βαθμοί Κελσίου). Επομένως, αποκλίνουσες συνθήκες κατά την πραγματική λειτουργία επηρεάζουν το ποσοστό απόδοσης.

Οι παρακάτω παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την τιμή του ποσοστού απόδοσης:

➤ Η επίδραση της θερμοκρασίας

Η απόδοση των φ/β στοιχείων επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία. Όμως, ο συντελεστής απόδοσης που δίνεται για τα ηλιακά στοιχεία ή για τα φ/β πλαίσια αντιστοιχεί σε μια συμβατική θερμοκρασία, συνήθως 25°C, που συχνά, ιδίως τους θερινούς μήνες, διαφέρει αξιόλογα από την πραγματική θερμοκρασία του στοιχείου. Έχει μετρηθεί ότι αφενός, λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται, αλλά και λόγω των ηλεκτρικών απωλειών που πραγματοποιούνται πάνω τους, στις αντιστάσεις σειράς, τα ηλιακά στοιχεία αποκτούν κατά τη λειτουργία τους θερμοκρασία μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του αέρα περιβάλλοντος κατά 25 ως 30°C, ανάλογα και με την ταχύτητα του ανέμου. Ως μέσο όρο, στους υπολογισμούς μας, παίρνουμε συνήθως αύξηση της θερμοκρασίας κατά 30°C. Για τη διόρθωση του παραπάνω σφάλματος χρησιμοποιείται ένας αδιάστατος συντελεστής σθ, με τον οποίο πολλαπλασιάζουμε τον συντελεστή απόδοσης των ηλιακών στοιχείων. Δηλαδή για θερμοκρασίες διαφορετικές από τη συμβατική, ως συντελεστή απόδοσης των φ/β πλαισίων παίρνουμε το γινόμενο $\eta_p \times \sigma\theta$. Στη συμβατική θερμοκρασία ο σθ είναι ίσος με τη μονάδα και για τα συνηθισμένα ηλιακά στοιχεία πυριτίου του εμπορίου μειώνεται κατά περίπου 0,005 ανά βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας πάνω από αυτή. Πχ. Στην Αθήνα, τον μήνα Ιούλιο, που έχουμε μέση θερμοκρασία του αέρα, στις φωτεινές ώρες της ημέρας, σχεδόν 30°C, η μέση θερμοκρασία των ηλιακών στοιχείων του φ/β πλαισίου θα είναι περίπου 60 °C και επομένως η τιμή του συντελεστή θερμοκρασίας διόρθωσης του φ/β πλαισίου θα είναι περίπου: $\sigma\theta = 1,00 - (65 - 25) \times 0,005 = 0,8$.

Γενικά η θερμοκρασία επηρεάζει σημαντικά την τάση του πλαισίου και πιο συγκεκριμένα η τάση ανοιχτού κυκλώματος (V_{oc}) αυξάνεται σημαντικά όταν μειώνεται η θερμοκρασία.

➤ **Πρόπτωση ηλιακής ακτινοβολίας και ισχύς απώλειας**

Τις πρωινές και βραδινές ώρες και ιδίως το χειμώνα, όπου ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά, η τιμή της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας πλησιάζει την τιμή για την ισχύ απώλειας (= διαφορά ανάμεσα στην προσλαμβανόμενη και την προσδιδόμενη ισχύ) πολύ περισσότερο σε σχέση με άλλες μέρες και περιόδους του έτους. Για το λόγο αυτό η τιμή του ποσοστού απόδοσης τις εν λόγω χρονικής στιγμής υπολογίζεται μικρότερη από ότι συνήθως.

➤ **Σκίαση ή ακαθαρσίες στις φωτοβολταϊκές μονάδες**

Σε οποιοδήποτε σημείο τοποθέτησης υπάρχει περίπτωση να πέσει πάνω στις φωτοβολταϊκές μονάδες σκιά από φυτά ή οικοδομές, προκαλώντας έτσι σύντομη ή και συνεχή σκίαση των φωτοβολταϊκών μονάδων. Επίσης, ακαθαρσίες από σκόνη, γύρη, χιόνι κ.α. μπορεί να προκαλέσουν σκίαση των φωτοβολταϊκών μονάδων. Η σκίαση αυτή έχει ως αποτέλεσμα οι φωτοβολταϊκές μονάδες να μπορέσουν να απορροφήσουν λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία. Επομένως, η αποδοτικότητα των φωτοβολταϊκών μονάδων μειώνεται και ακολούθως και η τιμή ποσοστού απόδοσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

➤ **Επίδραση της ταχύτητας του ανέμου στην απόδοση των φωτοβολταϊκών κυττάρων**

Η θερμοκρασία του φβ κυττάρου εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους όπως η μεταβολή του καιρού (θερμοκρασία περιβάλλοντος, ταχύτητα ανέμου κλπ), η ηλιακή ακτινοβολία, το υλικό του κυττάρου και οι ιδιότητες του συστήματος (διαπερατότητα καλύμματος κλπ). $T_c = f(T_a, V, G_s, \text{material} \dots)$ Καθώς η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται, η θερμοκρασία του κυττάρου μειώνεται με αποτέλεσμα να έχουμε καλύτερη απόδοση του φβ κυττάρου. Η εξάρτηση της απόδοσης του φωτοβολταϊκού κυττάρου από τη θερμοκρασία σχετίζεται περισσότερο από τον τύπο του κυττάρου. Για υγρό και ζεστό κλίμα τα μονοκρυσταλλικά και πολυκρυσταλλικά κύτταρα πυριτίου έχουν υψηλότερες αποδόσεις συγκριτικά με αυτά από άμορφο πυρίτιο ή CIS, με την απόδοση των ηλιακών κυττάρων CIS να είναι μεγαλύτερη του άμορφου.

➤ **Απώλειες αγωγού**

➤ **Βαθμός απόδοσης των φωτοβολταϊκών μονάδων**

➤ **Βαθμός απόδοσης του μετατροπέα**

➤ **Υποβιβασμός των ηλιακών κυψελών** ^[28]

4.3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Παρακάτω δίνεται μία συνοπτική λίστα των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζονται από την χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων.

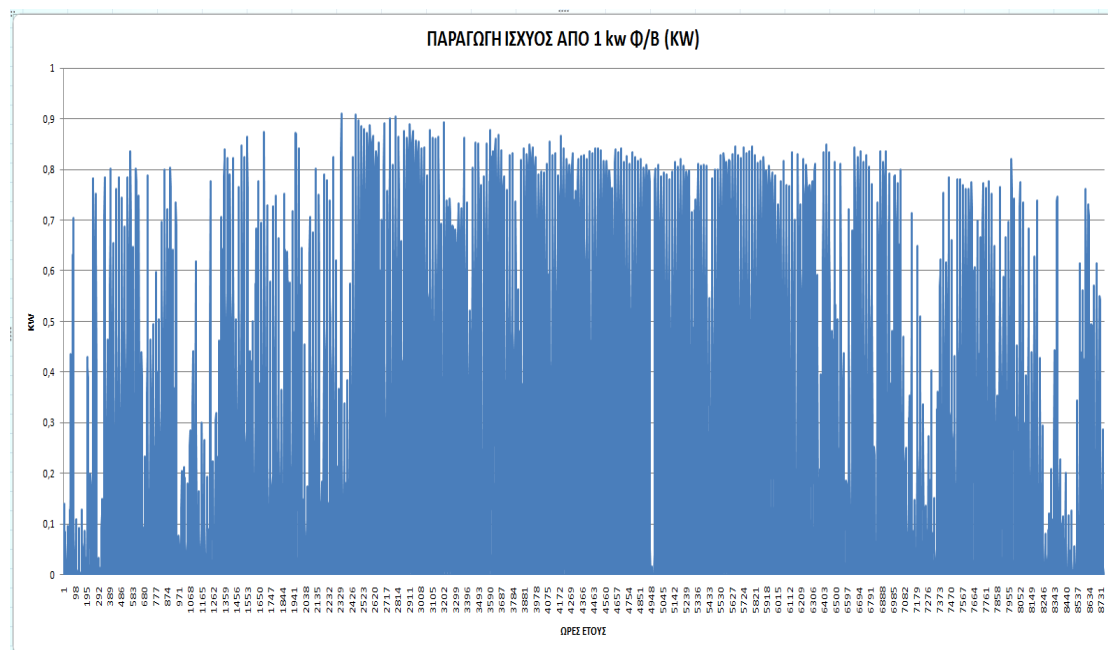
- 1) Τα φωτοβολταϊκά συστήματα δεν καταναλώνουν καύσιμα.
- 2) Κατά τη λειτουργία τους δε ρυπαίνουν το περιβάλλον μειώνοντας έτσι την εκπομπή καυσαερίων που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- 3) Δεν έχουν κινούμενα μέρη και παράγουν ισχύ αθόρυβα.
- 4) Λόγω του σπονδυλωτού τρόπου κατασκευής τους, μπορούν να προσαρμοστούν σε όλες τις απαιτήσεις μεγέθους και ζήτησης ισχύος, επομένως είναι ευκόλως επεκτάσιμα.
- 5) Μπορούν να λειτουργήσουν αρμονικά με άλλα συστήματα ηλεκτροπαραγωγής, αυξάνοντας έτσι την αξιοπιστία του ευρύτερου συστήματος.
- 6) Μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα και αξιόπιστα χωρίς την παρουσία κάποιου χειριστή.
- 7) Έχουν πολύ χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης.
- 8) Οι εργασίες συντήρησης είναι περιορισμένες και μόνο οι διατάξεις που χρησιμοποιούν trackers για την παρακολούθηση της ηλιακής πορείας εμφανίζουν περισσότερες απαιτήσεις.
- 9) Λειτουργούν χωρίς προβλήματα σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και υπό όλες τις καιρικές συνθήκες.
- 10) Τα ηλιακά κύτταρα έχουν περιορισμένη αλλοίωση κατά την διάρκεια λειτουργίας τους και, συνεπώς, μεγάλη διάρκεια ζωής.
- 11) Μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη επίτευξη "δισεπαρμένης παραγωγής ενέργειας", η οποία αποτελεί το νέο μοντέλο ανάπτυξης σύγχρονων ενεργειακών συστημάτων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας με διασύνδεση.

Όμως τα φωτοβολταϊκά παρουσιάζουν και κάποια μειονεκτήματα όπως είναι τα εξής:

- 1) Η απόδοσή τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις καιρικές συνθήκες, ενώ η έξοδος τους μεταβάλλεται σημαντικά με τη νέφωση.
- 2) Απαιτείται σημαντική έκταση γης για την εγκατάστασή τους.
- 3) Η παραγωγή τους μηδενίζεται τις νυχτερινές ώρες.
- 4) Έχουν υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης. [23]

4.4.ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΛΑΒΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία ως παραγωγή του φωτοβολταϊκού πάρκου έχουμε πάρει πραγματικά ωριαία δεδομένα από ένα φωτοβολταϊκό πάρκο για την περιοχή την οποία εξετάζουμε και τα έχουμε αναγάγει στα δικά μας δεδομένα. Αφού πρώτα ελέγξαμε ότι δεν έχει προβλήματα με τη λειτουργία του και η απόδοσή του είναι σωστή. Το πάρκο αυτό είναι ονομαστικής ισχύος 80 KW. Την παραγωγή από το εν λόγω πάρκο αφού πρώτα την υπολογίσαμε ωριαία για όλες τις ώρες του έτους, στη συνέχεια την αναγάγαμε για 1 KW εγκατεστημένης ονομαστικής ισχύος όπως μπορούμε να δούμε και στο γράφημα που ακολουθεί (Γράφημα 10). Στη συνέχεια αφού είχαμε υπολογίσει την ωριαία παραγωγή για το 1 KW, ύστερα από υπολογισμούς βρήκαμε πόση θα είναι η παραγωγή από το φωτοβολταϊκό μας πάρκο εγκατεστημένης ονομαστικής ισχύος 50 MW.



Γράφημα 10.

Όπως παρατηρούμε και από το γράφημα πιο πάνω, η παραγωγή του φωτοβολταϊκού πάρκου κατά τους χειμερινούς μήνες είναι πολύ μικρή (αρχή και τέλος γραφήματος), αυτό οφείλεται προφανώς στις καιρικές συνθήκες οι οποίες επικρατούν κατά αυτούς τους μήνες, που είναι και από τα βασικά τους μειονεκτήματα όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, μιας και έχουμε ελέγξει και δεν αντιμετώπιζε κάποιο πρόβλημα στη λειτουργία του. Αντίθετα την άνοιξη και τους καλοκαιρινούς μήνες η παραγωγή είναι πολύ ικανοποιητική όπου οι καιρικές συνθήκες είναι καλές και έχει ηλιοφάνεια.

4.5. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

Στην ενότητα αυτή θα γίνει αναφορά σε όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά του φωτοβολταϊκού πάρκου που σχεδιάσαμε για το υβριδικό μας σύστημα.

4.5.1. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ



Εικ.9.^[27]

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια πολυκρυσταλλικού πυριτίου και ονομαστικής ισχύος **235W_p** κατασκευάζονται από τον Κινέζικο οίκο **Yingli Solar**.

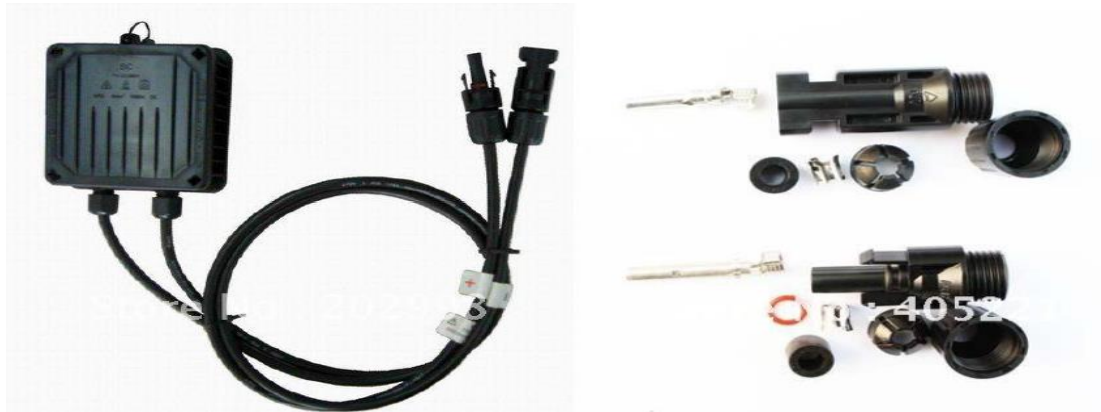
Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια *Yingli Solar* είναι σχεδιασμένα για διασυνδεδεμένα συστήματα και χαρακτηρίζονται για την υψηλή ποιότητα κατασκευής και την άριστη απόδοσή τους.

Κατασκευάζονται σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 9001:2008, , BS OHSAS 18001:2007 είναι Κατηγορίας A σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14001:2004, ενώ συμφωνούν με τις προδιαγραφές Ηλεκτρικής Ασφάλειας Κατηγορίας II όπως έχει θεσπιστεί στο πρότυπο IEC61215, IEC 61730, MCS, CE, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, SA 8000, PV Cycle.

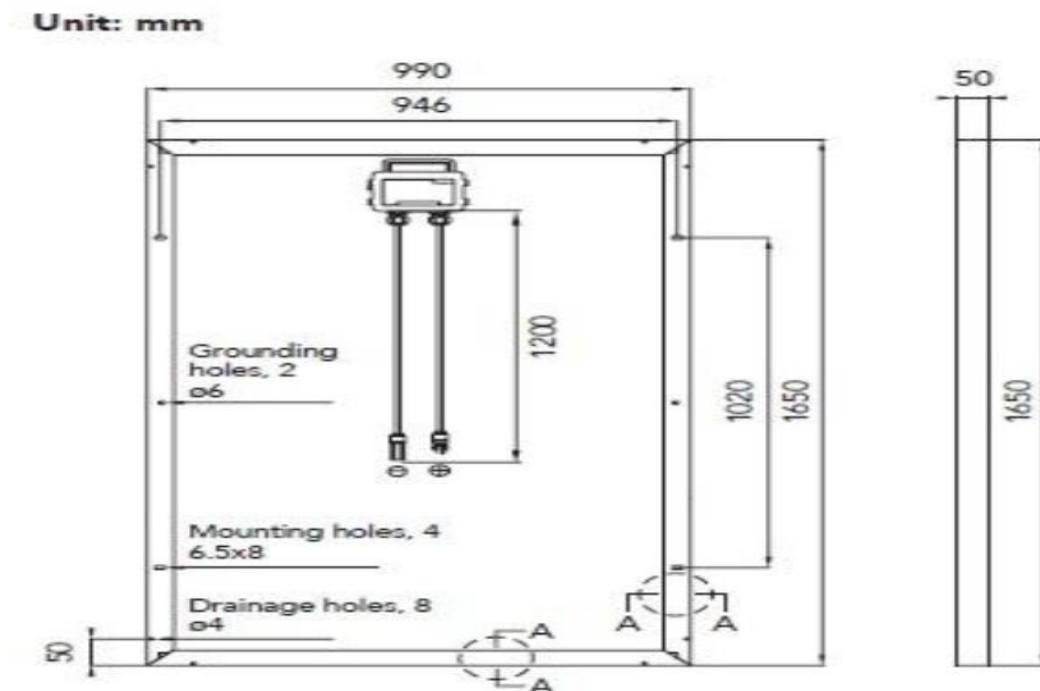
Οι συνθήκες STC (Standard Test Conditions) υπό τις οποίες τα φωτοβολταϊκά πλαίσια πιστοποιούνται είναι οι ακόλουθες:

Τυποποιημένες Συνθήκες Δοκιμής φωτοβολταϊκού στοιχείου (PV module Standard Test Conditions -STC)	
Ακτινοβολία (Irradiation)	1000 W/m ²
Φάσμα Ακτινοβολίας (Spectrum)	AM 1.5G (Air Mass 1.5 Spectrum)
Γωνία πρόσπτωσης (Angle of incidence)	0°
Θερμοκρασία στοιχείου (Cell temperature)	25°C

Το κουτί διακλάδωσης είναι τύπου *Solarlock Medium Junction Box (SMJB)* σειριακής σύνδεσης τεσσάρων επαφών, στο οποίο περιέχονται τέσσερις (4) *Δίοδοι Παράκαμψης* (By-pass diodes) οι οποίες συνδέονται παράλληλα σε τμήματα των σε σειρά συνδεδεμένων ΦΒ στοιχείων του πλαισίου για να αποφύγουμε την πιθανότητα καταστροφής των ΦΒ κυψελών και του κυκλώματος από ανάστροφα ρεύματα, εξαιτίας μερικής σκίασης των πλαισίων. Οι αντάπτορες από το κουτί διακλάδωσης είναι *IP65* και το καλώδιο είναι διατομής 4mm^2 ενός μέτρου και είκοσι εκατοστών για κάθε πόλο (1,2m).



Εικόνα 10. Ηλεκτρολογικό Κουτί και αντάπτορες φωτοβολταϊκών πλαισίων (πηγή:Yingli Solar) [27]



Σχεδιάγραμμα 1. Διαστάσεις φωτοβολταϊκού πλαισίου 235Wp (πηγή:Yingli Solar) [27]

Ηλεκτρικές Προδιαγραφές Yingli Solar YL235-29b (235W_p)	
Ονομαστική Ισχύς - P _{MPP}	235 W _p
Ονομαστική Τάση - U _{MPP}	29,5 V
Ονομαστική Ένταση - I _{MPP}	7,97 A
Ένταση βραχυκυκλώσεως - I _{sc}	8,54 A
Τάση ανοικτού κυκλώματος - U _{oc}	37 V
Μέγιστη απόκλιση ισχύος	± 5%
Μέγιστη τάση συστήματος	1000 V
Θερμοκρασιακός συντελεστής μεταβολής ισχύος - P _N	-0,45%/K
Θερμοκρασιακός συντελεστής μεταβολής τάσης ανοικτού κυκλώματος - U _{oc}	-0,37%/K
Θερμοκρασιακός συντελεστής ρεύματος βραχυκυκλώσεως I _{sc}	+0,06%/K
Πλήθος και τύπος ηλιακών κυψελών	60 πολυκρυσταλλικές κυψέλες, 156mmX156mm
Απόδοση	14,4 %
Διαστάσεις panel (ΜxΠxΥ)	1650 x 990x 50 mm
Βάρος panel	19,5 kg
Εύρος θερμοκρασίας περιβάλλοντος	-40°...+85°C

(πηγή:Yingli Solar)

Ένα χαρακτηριστικό μέγεθος των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι ο *Παράγων Πλήρωσης FF* (Fill Factor), ορίζεται ως ο λόγος της μέγιστης ισχύος εξόδου του ΦΒ στοιχείου P_{max} προς το γινόμενο της τάσης ανοικτού κυκλώματος V_{oc} επί το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc}, υπό ιδανικές συνθήκες (STC) και δίνεται από τον τύπο:

$$FF_{235Wp} = \frac{P_{max}}{V_{oc} * I_{sc}} = \frac{235 Wp}{37 Wp * 8,54 A} = 0,743$$

Γενικά τιμές 0,7 έως 0,9 χαρακτηρίζουν ΦΒ πλαίσια με αποδεκτή έως και πολύ καλή ενεργειακή απόδοση. [27]

4.5.2. ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ



Εικ.11.[27]

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες ανομοιογένειας (*miss-match losses*), όπου η ανομοιογένεια των χαρακτηριστικών των χρησιμοποιούμενων ΦΒ πλαισίων επιφέρει σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στην απόδοση της ΦΒ συστοιχίας προκαλούμενη από εντοπισμένη κάλυψη ή σκίαση της επιφάνειας ενός ή περισσότερων ΦΒ πλαισίων, έχοντας ως αποτέλεσμα την μείωση απόδοσης όπου είναι ιδιαίτερα αισθητή. Τυπική τιμή του συντελεστή ανομοιογένειας συστοιχίας $\eta_{\text{ανομ.}}=0,98$. Τα δεδομένα του flash-report περνάνε σε ηλεκτρονική μορφή σε ειδικό λογισμικό, το οποίο «φορτώνεται» σε κατάλληλο φορητό τερματικό. Μέσω του τρόπου αυτού γίνεται ομαδοποίηση στους κλάδους των ΦΒ πλαισίων βάσει της πραγματικής ισχύος του καθενός και με την παράδοση των ΦΒ πάνελ στον τόπο του έργου, το φορητό τερματικό ταυτοποιεί τον σειριακό αριθμό του κάθε πάνελ και το κατηγοριοποιεί για ομαδοποίηση κατά κλάδους (string), γρήγορα και πάνω απ' όλα με απόλυτη αξιοπιστία. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται *βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης* κατά 1-2,5%, ανάλογα με τον τύπο του πάνελ που θα χρησιμοποιηθεί. Όλα τα φωτοβολταϊκά πλαίσια συνοδεύονται από τα Flash Report στα οποία αναγράφονται όλα τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους όπως ισχύς, ένταση ρεύματος, τάση κτλ. [27]

4.6. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ INVERTER



Εικ.12.Πηγή : (SMA STP 25000TL-30)

Ο αντιστροφέας τάσεως (*inverter*) είναι της γερμανικής εταιρείας SMA, τύπου *Sunny Tripower STP 25000 TL-30*, εξοπλισμένος με τον ενσωματωμένο διακόπτη απομόνωσης φορτίου *DC Electronic Solar Switch (ESS)*.

Ο τριφασικός αντιστροφέας *Sunny Tripower* ενδείκνυται για τη διαστασιολόγηση με κάθε τύπο ΦΒ πλαισίου χάρη στη νέα τεχνολογία *Optiflex* με δύο εισόδους ανίχνευσης σημείου μέγιστης ισχύος (MPP) και με μεγάλο εύρος τιμών τάσης εισόδου. Επιπλέον εξασφαλίζει μέγιστη ευελιξία στο σχεδιασμό της εγκατάστασης έως και εγκαταστάσεις κλίμακας Megawatt.

Ο *Sunny Tripower* φέρει όλες τις απαιτήσεις για την παροχή άεργου ισχύος, τη διαχείριση τροφοδοσίας και την υποστήριξη δικτύου συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο αξιόπιστα στη διαχείριση του δικτύου. Το ολοκληρωμένο σύστημα ασφάλειας *Optiprotect* με εντοπισμό βλάβης κλάδων, ηλεκτρονική ασφάλεια των κλάδων και ενσωματωμένο απαγωγό υπέρτασης DC Τύπου II, εξασφαλίζουν την υψηλή διαθεσιμότητα του αντιστροφέα.

Είναι ανθεκτικής κατασκευής, στεγανού τύπου (*IP 65*) και η χρήση του είναι κατάλληλη για εξωτερικούς χώρους με εύρος θερμοκρασιών από -25°C έως $+60^{\circ}\text{C}$. Χαρακτηρίζεται από υψηλή απόδοση, η οποία ανέρχεται στο 98.1%.

Οι αντιστροφέες τάσεως DC/AC έχουν τη δυνατότητα να εξυπηρετούν τρεις (3) κλάδους (strings) ΦΒ πλαισίων στην είσοδο Α Σημείου Μέγιστης Ισχύος (MPP) και τρεις (3) κλάδους (string) ΦΒ πλαισίων στην είσοδο Β Σημείου Μέγιστης Ισχύος (MPP). Είναι ισχύος 25000 Watt (μέγιστη AC ισχύς) και εναρμονισμένοι με τα πρότυπα διασύνδεσης του Δικτύου της ΔΕΗ.

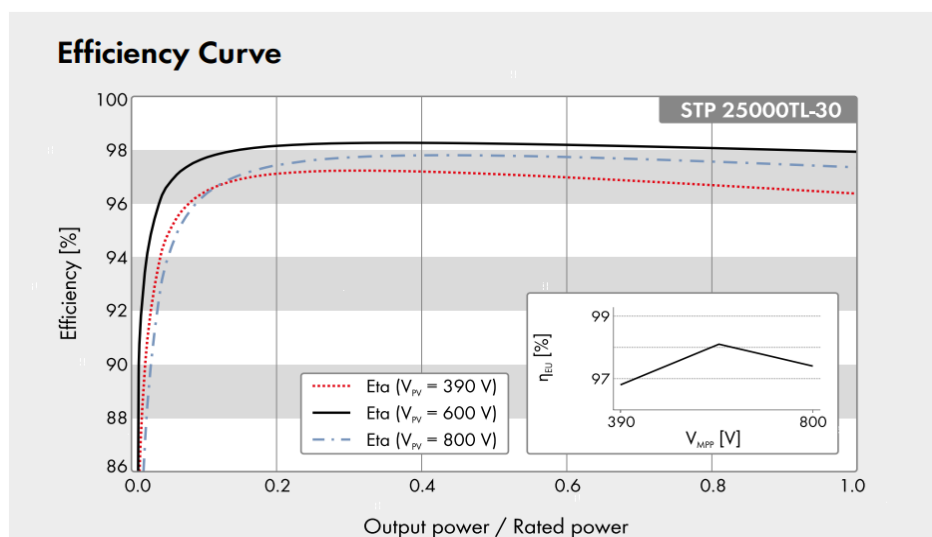
Ο αντιστροφέας STP 25000 TL-30 διαθέτει όλα τα απαραίτητα πιστοποιητικά για την αποφυγή του φαινομένου της νησιδοποίησης, σύμφωνα με το πρότυπο DIN VDE 0126-1-1, που απαιτείται από τη ΔΕΗ.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ INVERTER STP 25000TL-30	
ΕΙΣΟΔΟΣ	
Μέγιστη DC Ισχύς Εισόδου – $P_{DC,max}$	25550 W
Μέγιστη Τάση Dc	1000 V

Εύρος ΦΒ Τάσης MPPT – U_{PV}	600 - 800 V
Ελάχιστη τάση DC / Τάση εκκίνησης	150 V / 188 V
Μέγιστο ρεύμα εισόδου / ανά στοιχειοσειρά	33 A / 33 A
Κυμάτωση Τάσης - U_{PP}	$\leq 3\%$
Μέγιστο πλήθος παράλληλων συστοιχιών (PV-strings)	A:3; B:3
ΕΞΟΔΟΣ	
Ονομαστική Ισχύς Εξόδου (AC) – $P_{AC,nom}$	25000 W
Μέγιστη Ισχύς Εξόδου (AC) – $P_{AC,max}$	25000 VA
Μέγιστο Ρεύμα Εξόδου – $I_{AC,max}$	36.2 A
Ονομαστική AC Τάση Εξόδου – $U_{AC,nom}$	3 / N / PE; 230 V / 400 V
Ονομαστική AC Συχνότητα Εξόδου – $f_{AC,nom}$	50 Hz / 44 Hz to 55 Hz
ΛΟΙΠΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Μέγιστη απόδοση	98.3%
Ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης	98.1%
ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
Διαστάσεις (ΠxΥxΒ)	26.0 / 26.9 / 10.4 inch
Βάρος	61 kg
Εύρος θερμοκρασίας περιβάλλοντος	-25 °C to +60 °C
Περίβλημα με πιστοποίηση κατά DIN EN 60529	IP65
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	
ΣΥΝΔΕΣΗ DC	SUNCLIX
ΔΙΕΠΑΦΗ	RS485

Πηγή : (SMA STP 25000TL-30)

Η καμπύλη του βαθμού απόδοσης για τον μετατροπέα SMA STP 25000TL - 30 φαίνεται στην διάγραμμα 1 για διαφορετικές τάσεις λειτουργίας των κλάδων.



Διάγραμμα 1. Καμπύλη Βαθμού απόδοσης του μετατροπέα SMA STP 25000TL-30
πηγή: [31]

Το σημείο μέγιστης ισχύος των ΦΒ πλαισίων μεταβάλλεται ανάλογα με την ακτινοβολία και την θερμοκρασία. Για αυτό τον λόγο οι περισσότεροι μετατροπείς ισχύος

έχουν ενσωματωμένο έναν μηχανισμό ανίχνευσης του μέγιστου σημείου λειτουργίας ο οποίος λειτουργεί δυναμικά, ανιχνεύοντας συνεχώς το σημείο που τα φωτοβολταϊκά πλαίσια επιτυγχάνουν την μέγιστη απόδοσή τους.

Οι αντιστροφέας της *SMA Sunny Tripower* χρησιμοποιούν έναν ευφυή μηχανισμό ανίχνευσης του σημείου μέγιστης ισχύος, που εξασφαλίζει ότι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια λειτουργούν πάντοτε στο σημείο μέγιστης ισχύος τους με την ονομασία *OptiTrac Global Peak*. Κατά την διαδικασία αυτή η εσωτερική αντίσταση του μετατροπέα μεταβάλλεται ελάχιστα κατά ορισμένα χρονικά διαστήματα και έτσι ταυτόχρονα αλλάζει τόσο η τάση όσο και το ρεύμα της φωτοβολταϊκής συστοιχίας.

Αν η νέα τιμή της αντίστασης αντιστοιχεί σε τιμές τάσης και ρεύματος που οδηγούν σε μεγαλύτερη ισχύ, τότε ο μετατροπέας διατηρεί τις νέες τιμές ρεύματος και τάσης. Αν όμως οδηγεί σε χαμηλότερη ισχύ, ο μετατροπέας συνεχίζει και λειτουργεί με τις πραγματικές τιμές μέχρι το επόμενο χρονικό διάστημα.

Οι αντιστροφέας της *SMA Sunny Tripower* με την χρήση του *OptiTracGlobal Peak* έχουν το πλεονέκτημα τόσο της υψηλής απόδοσης μετατροπής όσο και της υψηλής απόδοσης ανίχνευσης. Με τον μηχανισμό αυτό η “αντίδραση” του μετατροπέα είναι ιδιαίτερα ακριβής σε αλλαγές της ακτινοβολίας, ενώ έχουν μεγάλο εύρος τάσεων για την ανίχνευση του σημείου μέγιστης ισχύος.

Ο αντιστροφέας διαθέτει συστήματα μέτρησης που εξασφαλίζουν τον σωστό υπολογισμό του σημείου λειτουργίας με την μέγιστη απόδοση. Τα συστήματα ανίχνευσης του μετατροπέα ανιχνεύουν με ακρίβεια τις αλλαγές σε χαρακτηριστικά μεγέθη όπως το δίκτυο του ρεύματος και η φωτοβολταϊκή τάση. Τα κανάλια μέτρησης ενός μετατροπέα μπορεί να παρουσιάζουν ανοχές έως και $\pm 4\%$ για μετρήσεις τιμών DC και έως $\pm 3\%$ για μετρήσεις τιμών AC (ως προς την σχετική τελική τιμή της περιοχής μέτρησης και σε ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας).

Η *SMA* χρησιμοποιεί στους αντιστροφέας της την πατενταρισμένη τοπολογία κυκλώματος H5, η οποία είναι μια εντελώς νέα σύνδεση της γέφυρας των μετατροπέων, που περιορίζει τις απώλειες μετατροπής. Με αυτόν τον τρόπο διοχετεύεται περισσότερο ρεύμα στο δίκτυο και εξασφαλίζεται η υψηλότερη απόδοση του φωτοβολταϊκού σταθμού.

[31]

4.7. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Για τον *ορθό ενεργειακά σχεδιασμό* του ΦΒ σταθμού θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά ο παράγοντας "σκίαση". Η μέγιστη επίδραση σκίασης συμβαίνει στο Χειμερινό Ηλιοστάσιο (χαμηλή τροχιά ηλίου), λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι σε ένα ΦΒ πλαίσιο τόσο τα ΦΒ στοιχεία (ή μέρος αυτών) όσο και τα ΦΒ πλαίσια ενός κλάδου συνδέονται μεταξύ τους εν σειρά, γίνεται κατανοητό ότι και ακόμα ο σκιασμός ενός μέρους του κλάδου μπορεί να προκαλέσει σημαντική μείωση της παραγόμενης ισχύος συγκριτικά με την αναμενόμενη τιμή αυτής.

Το συνολικό ρεύμα ενός κλάδου ΦΒ πλαισίων, καθορίζεται από το μειωμένο ρεύμα του σκιασμένου τμήματος του ΦΒ κλάδου. Σε περίπτωση που ο σκιασμός περιορίσει την τάση του (των) σκιασμένου (ων) πλαισίου (ων) αρκετά χαμηλά ώστε να εισέλθει σε αγωγή η *δίοδος παράκαμψης* (Bypass diode), το πλαίσιο αυτό εξαιρείται της παραγωγής.

Οι μόνιμοι και επαναλαμβανόμενοι τοπικοί σκιασμοί σε ώρες υψηλής ακτινοβολίας μιας ΦΒ κυψέλης ενός ΦΒ πλαισίου μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του στοιχείου αυτού και κατά συνέπεια στην αχρήστευση όλου του ΦΒ πλαισίου. Συνεπώς είναι σημαντικό να αποφεύγονται οι σκιασμοί, έστω και από αντικείμενα μικρού όγκου όπως κολώνες, ηλεκτρικά καλώδια, δένδρα, παρακείμενα κτίρια κλπ.

Η επιλογή της θέσης θα πρέπει να γίνεται με γνώμονα την εξασφάλιση της μη σκίασης σε όλη τη διάρκεια του έτος και ειδικά τις ώρες υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας.

Η σωστή σχεδίαση ενός ΦΒ σταθμού και η άρτια εγκατάσταση του επιβάλλονται ώστε να διασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας, τόσο από άποψη ασφάλειας όσο και από άποψη ενεργειακής αποδοτικότητας.

Ένας άλλος παράγοντας που θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν είναι η "θερμοκρασία περιβάλλοντος χώρου", τόσο για την ορθή επιλογή της μόνωσης των αγωγών όσο και για την κατάλληλη επιλογή της διατομής τους (επιλογή σωστού διορθωτικού συντελεστή αύξησης διατομής).

Υπάρχει ακόμα ο παράγοντας "θερμοκρασία κυψέλης", η οποία αυξάνεται κατά το φωτισμό της, εξαιτίας της μετατροπής μέρους της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμική ενέργεια (αύξηση της εσωτερικής ενέργειας του υλικού).

Όταν το ΦΒ πλαίσιο μέσα στο οποίο βρίσκεται ενσωματωμένο το ΦΒ στοιχείο χρησιμοποιείτε σε εγκαταστάσεις στην ύπαιθρο, η διαφορά θερμοκρασιών δίνεται από το τύπο:

$$\Delta\theta = \theta_c - \theta_a$$

Όπου: θ_c : η θερμοκρασία λειτουργίας της κυψέλης και θ_a : η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα αυξάνει σχεδόν γραμμικά ως συνάρτηση της πυκνότητας της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας. Συνακόλουθα μεταβάλλεται και το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} και η τάση ανοιχτού κυκλώματος V_{oc} του ΦΒ πλαισίου. Γενικά παρατηρείται μια σχεδόν σταθερή ποσοστιαία αύξηση του I_{sc} στο διάστημα από -10C έως 60C της θερμοκρασίας ΦΒ κυψέλης. Αντίθετα η τάση ανοιχτού κυκλώματος V_{oc} μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας κυψέλης, με ποσοστιαία ελάττωση της ανά βαθμό θερμοκρασίας.

Για την αρτιότερη χωροθέτηση διαδοχικών ΦΒ συστοιχιών θα εξεταστεί η σκίαση μιας ΦΒ συστοιχίας από την αμέσως νοτιότερης της. Το αποτέλεσμα εξαρτάται από τον λόγο:

$$r = \frac{d}{h}$$

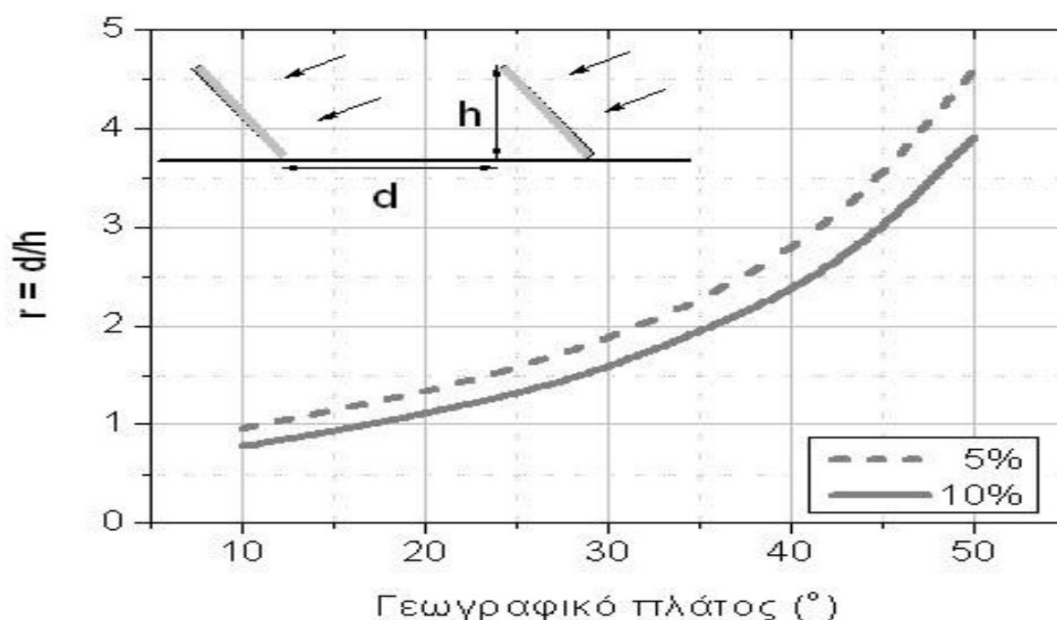
Όπου d : η απόσταση μεταξύ συστοιχιών και h : το ύψος της συστοιχίας.

Η τοποθέτηση των διαδοχικών συστοιχιών σε απόσταση τη μία από την άλλη, ίση με το μήκος της μακρύτερης μεσημεριανής σκιάς μέσα στο έτος δεν είναι ενδεδειγμένη, είναι ενεργειακά ασύμφορη. Γενικά η βορεινή συστοιχία σκιάζεται για κάποιο χρονικό διάστημα μετά την ανατολή και αντίστοιχα πριν τη δύση, από την αμέσως νοτιότερη της.

Το ποσοστό της μείωσης της ημερήσιας ενεργειακής απολαβής της ηλιακής ακτινοβολίας ή της αποδιδόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ημερησίως θα πρέπει να μην ξεπερνά μία δεδομένη τιμή. Με προσεκτικό σχεδιασμό και χωροθέτηση των ΦΒ συστοιχιών μπορούμε να βελτιστοποιήσουμε την ημερήσια ενεργειακή απολαβή για όλο το έτος.

Κατά τη σχεδίαση του ΦΒ σταθμού απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη συνεργασία μεταξύ της ΦΒ συστοιχίας και του αντιστροφέα. Ο αντιστροφέας απαιτεί στην είσοδο του ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών για την τάση λειτουργίας, έχοντας ένα ανώτατο όριο τάσης εισόδου. Το ανώτατο όριο δεν θα πρέπει να υπερβεί για να μην υπάρξει κίνδυνος καταστροφής του μετατροπέα. Οι στοιχειοσειρές υπολογίζονται ώστε να μην υπερβαίνουν τα όρια, σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας.

Για να είναι εφικτή η *μεγιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγικότητας* των ΦΒ πλαισίων, θα πρέπει να επιτυγχάνεται η βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Η επίτευξη αυτού του στόχου έγκειται στη σωστή επιλογή της κλίσης (ββελτ.) και της αζιμούθιας γωνίας του πλαισίου (ΑΣ). Η κλίση του ΦΒ πλαισίου εκφράζεται με τη γωνία (β) που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο της επιφάνειας του ΦΒ πλαισίου και το οριζόντιο επίπεδο.



Διάγραμμα 2. Γραφική παράσταση του λόγου r σε συνάρτηση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου (πηγή:ΦΒ Συστήματα, Ι.Φραγκιαδάκης).

Καθώς και για τον υπολογισμό της απόστασης μεταξύ των ΦΒ συστοιχιών (τραπέζια) θα χρησιμοποιήσουμε τον ακόλουθο τύπο:

$$\frac{S_{0ε}}{b} = r * \sin \beta + \cos \beta \quad \text{ή} \quad S_{0ε} = r * h + b * \cos \beta$$

Όπου: **d** : η απόσταση μεταξύ των ΦΒ συστοιχιών, **β** : η γωνία κλίσης της ΦΒ συστοιχίας
b : το πλάτος της ΦΒ συστοιχίας, **h** : το ύψος της ΦΒ συστοιχίας. [27]

4.8. ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Τα φωτοβολταϊκά πάρκα τα οποία σχεδιάσαμε για το υβριδικό μας σύστημα είναι σταθερά. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετούνται πάνω σε συστήματα στήριξης αλουμινίου τύπου *MSP-AL 2V* του Ελβετικού κατασκευαστικού οίκου HILTI. Το σύστημα είναι πιστοποιημένο ενώ η σχεδίαση και εγκατάσταση της συστήματος στήριξης φέρει όλες τις απαραίτητες αντοχές σε φορτία και ανεμοπιέσεις. Δίνεται εγγύηση 25 ετών για αντισκουριακή προστασία και στατική επάρκεια.

Τα δομικά τμήματα του *MSP-AL* είναι κατασκευασμένα από αλουμίνιο και τα εξαρτήματα σύνδεσης από ανοξείδωτο χάλυβα γαλβανισμένο εν θερμό.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα του συστήματος στήριξης της Hilti είναι τα ακόλουθα:

- Είναι κατασκευασμένα ώστε να έχουν υψηλή αντοχή σε ιδιαίτερα δυσμενείς καιρικές συνθήκες (μεγάλα φορτία λόγω ανεμοπιέσεων).
- Η εγκατάσταση γίνεται εύκολα με ειδικό μηχάνημα πασαλλόμπηξης.
- Μειώνει τις χωματοργικές εργασίες που απαιτούνται σε μια εγκατάσταση, είναι ευέλικτο στη δομή του και έχει τη δυνατότητα να προσαρμόζει κατασκευαστικά ανοχές 2-3 μοιρών.

Για τη σχεδίαση και την εγκατάσταση του συστήματος στήριξης θα χρησιμοποιηθεί, ανάλογα με τα αποτελέσματα της γεωλογικής μελέτης που θα καθορίσει τον τύπου του εδάφους, μία μέθοδος παρόμοια με τις εικόνες που ακολουθούν : [27]



Εικόνα 13. Σύστημα στήριξης αλουμινίου HILTI MSP – AL (πηγή:[32])

4.9. ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΙΣ

Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος απαιτεί τη χρήση καλωδίων DC και AC. DC καλώδια χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση των πάνελ μεταξύ τους και για τη σύνδεση των κλάδων/ στοιχειοσειρών (string) με τις εισόδους του αντιστροφέα καθώς και για τη σύνδεση με τις μπαταρίες για το δικό μας σύστημα. Ενώ AC καλώδια ισχύος, συμβατικού τύπου, χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των αντιστροφέων σε τριφασικό σύστημα και την τελική σύνδεση με τη ΔΕΗ.

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση εν σειρά των Φ/Β πάνελ είναι συνήθως κατασκευασμένα για χρήση στον εξωτερικό χώρο. Η διατομή τους είναι συνήθως ως 4 mm² για πάνελ κρυσταλλικού πυριτίου και ακόμη μικρότερη (της τάξης του 1,5 mm²) για πάνελ άμορφου πυριτίου, λόγω του σημαντικά μικρότερου ρεύματός τους. Τα καλώδια αυτά είναι συνήθως μονοπολικά και με διπλή μόνωση, ώστε να αποφεύγονται σφάλματα μεταξύ του θετικού και του αρνητικού πόλου των Φ/Β πάνελ ή σφάλματα γης. Κατασκευάζονται επίσης πολύκλινα ώστε να διαθέτουν την απαραίτητη ευελιξία για τη σύνδεση τους, ενώ το μήκος τους κυμαίνεται γύρω στο 1 μέτρο.



Εικ.14. Τυπικά καλώδια φωτοβολταϊκών πλαισίων [28]

Το συχνά χρησιμοποιούμενο καλώδιο με μόνωση λάστιχο και μανδύα από νεοπρένιο τύπου H07 RN-F, στην τυπική (standard) έκδοση του επιτρέπεται σε θερμοκρασίες έως 60° C και έτσι είναι κατάλληλο για χρήση σε φωτοβολταϊκά συστήματα σε περιορισμένο εύρος. Για το σκοπό αυτό οι κατασκευαστές προχώρησαν στη δημιουργία ειδικών καλωδίων για φωτοβολταϊκές εφαρμογές (solar cables). Τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους είναι ότι είναι ανθεκτικά στις καιρικές συνθήκες μεγαλύτερου εύρους θερμοκρασιών (της τάξης από -55°C έως 125° C). Επιπλέον κάποιοι κατασκευαστές προσφέρουν καλώδια με μεταλλικό πλέγμα για μεγαλύτερη προστασία από τα τρωκτικά και καλύτερη προστασία από υπερτάσεις.

Οι διατομές των DC καλωδίων που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των Φ/Β πάνελ με τους αντιστροφέες κυμαίνονται συνήθως από 4 – 16 mm². Ο ακριβής προσδιορισμός της διατομής εξαρτάται κυρίως από τις απώλειες του καλωδίου και όχι ιδιαίτερα από τη θερμική φόρτιση η οποία είναι μικρή, λόγω του μικρού σχετικά ρεύματος λειτουργίας των Φ/Β πάνελ. Έτσι, με δεδομένη την γραμμική αύξηση των απωλειών με το μήκος των καλωδίων, είναι σκόπιμο ο κάθε μελετητής να προβαίνει σε υπολογισμούς απωλειών, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις αποστάσεων αρκετών δεκάδων μέτρων, λαμβάνοντας υπόψη και την αντίσταση των καλωδίων. Είναι επίσης σκόπιμο να χρησιμοποιούνται διαφορετικοί χρωματισμοί καλωδίων για το θετικό και αρνητικό, συνήθως κόκκινο και μαύρο. Είναι δυνατόν επίσης να χρησιμοποιηθούν και μεγαλύτερες διατομές καλωδίων της τάξης των 25 – 70 mm², σε περιπτώσεις που δεν επαρκεί ο αριθμός των εισόδων ενός αντιστροφέα για την απευθείας σύνδεση όλων των επιμέρους DC καλωδίων των κλάδων. Η

περίπτωση αυτή είναι αρκετά συνηθισμένη κυρίως σε κεντρικούς αντιστροφείς (της τάξης ονομαστικής ισχύος των 100 kw και άνω). Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται κατάλληλα κυτία τα οποία ομαδοποιούν πολλά ζεύγη καλωδίων κλάδων σε ένα ζεύγος. Στις περιπτώσεις αυτές τα κυτία αυτά είναι επίσης συνήθως εφοδιασμένα με απαγωγείς υπερτάσεων και DC διακόπτες φορτίου.

Επιπλέον, σε κάποιες περιπτώσεις διαθέτουν και διατάξεις επιτήρησης κλάδων (string monitoring) ώστε να δίνεται πληροφορία στον αντιστροφέα και το σύστημα εποπτείας για τη δυσλειτουργία ενός κλάδου. Στις περιπτώσεις αυτές ο μελετητής μηχανικός θα πρέπει να λαμβάνει επίσης υπόψη του για τον υπολογισμό της διατομής, πέραν των απωλειών, και το θερμικό φορτίο, λόγω του παραλληλισμού σημαντικού αριθμού κλάδων.

Επιπλέον, κατά τη φάση κατασκευής του έργου, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την προσεκτική όδευση των καλωδίων κατά τις συνήθεις πρακτικές της ηλεκτροτεχνίας, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η γειτνίαση των καλωδίων, η χρήση σωλήνων και η ανάγκη προστασίας από τρωκτικά.

Ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται για τη σωστή διασύνδεση των κλάδων τόσο μεταξύ των πάνελ (δηλαδή από το (+) ενός πάνελ στο (-) του επόμενου κτλ) όσο και μεταξύ των κλάδων των πάνελ και των εισόδων του αντιστροφέα. Σε περίπτωση χαλαρής σύνδεσης είναι πιθανόν να εμφανιστεί τόξο αυξάνοντας τον κίνδυνο πυρκαγιάς. Επιπλέον, η ύπαρξη υψηλής σχετικά DC τάσης επιβάλλει ώστε η σύνδεση των καλωδίων να πραγματοποιείται από εξειδικευμένο προσωπικό με τη δέουσα προσοχή.

Έτσι οι παραπάνω απαιτήσεις οδήγησαν στην επικράτηση στην αγορά λύσεων τύπου “plug and play” με συνδέσμους καλωδίων που εξασφαλίζουν την απουσία επαφής με γυμνό αγωγό και τη μικρή ωμική αντίσταση (της τάξης των 5mΩ και μικρότερη). Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει παραδείγματα συνδέσμων καλωδίων :



εικ.15. Σύνδεσμοι DC φωτοβολταϊκών καλωδίων [28]

Αναφορικά με τα καλώδια του εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) χρησιμοποιούνται οι συμβατικοί τύποι καλωδίων (π.χ. NYG, NYM, NYCWY) εφαρμόζοντας τις συνήθεις πρακτικές της ηλεκτροτεχνίας αναφορικά με τον υπολογισμό της διατομής τους, τον τρόπο τοποθέτησης και την προστασία τους. [28]

4.10. ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ

Οι μπαταρίες που χρησιμοποιήθηκαν για το έργο μας είναι οι νέες γενιάς μπαταρίες της εταιρίας TESLA. Οι νέες αυτές μπαταρίες παρέχουν την δυνατότητα να μπορείς να τις εκφορτίσεις έως και 100%. Η κάθε μπαταρία περιέχει 40 powerpacks, τα οποία μπορούν να φορτίσουν και να εκφορτίσουν με ρυθμό 100kwh την ώρα το κάθε ένα. Στην εικόνα που ακολουθεί μπορούμε να δούμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κάθε powerpack. [33]

Powerpack

Energy Capacity	95 kWh (AC) 100 kWh (DC)
Peak Power	50 kW
Depth of Discharge	100%
Certifications	Nationally accredited certifications to international safety, EMC, utility and environmental legislation.
Weight	1,720 kg (3,800 lbs)
Enclosure	IP35 (NEMA 3R)
Dimensions	L x W x H: 1,321 mm (52") x 966 mm (38") x 2,185 mm (86")
Efficiency (DC)*	91% round-trip (2 hour system) 93% round-trip (4 hour system)

*25°C (77°F) ambient temperature

Πηγή [33]

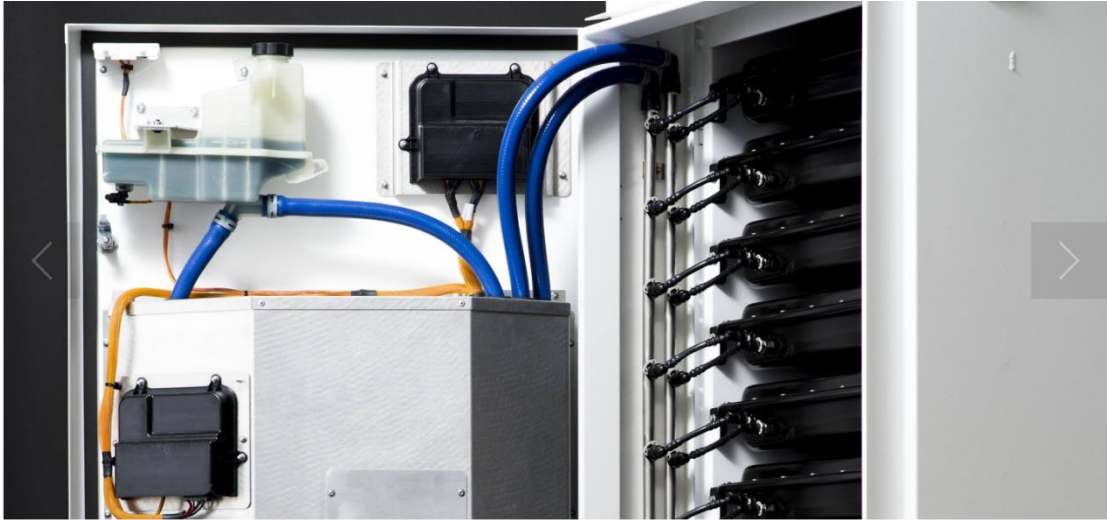
Overall System Specs

AC Voltage	380-480VAC 3-phase	Communications	Modbus TCP/IP; DNP3
Operating Temperature	-4°F to 122°F / -20°C to 50°C	Power	50 kW+
Certifications	Nationally accredited certifications to international safety, EMC, utility and environmental legislation.	System Efficiency *	81.5% round-trip (2 hour system) 83% round-trip (4 hour system)

* Net Energy delivered at 25°C (77°F) ambient temperature including thermal control

Πηγή: [33]

Στις 2 αμέσως επόμενες εικόνες μπορούμε να δούμε το εσωτερικό των μπαταριών και πως είναι διαμορφωμένα τα poweracks.



Εικ.16. Πηγή : [33]



Εικ.17. Πηγή : [33]

Ακολούθως στην επόμενη εικόνα μπορούμε να δούμε πως μπορεί να είναι οι μπαταρίες αυτές εγκατεστημένες σε ένα έργο.

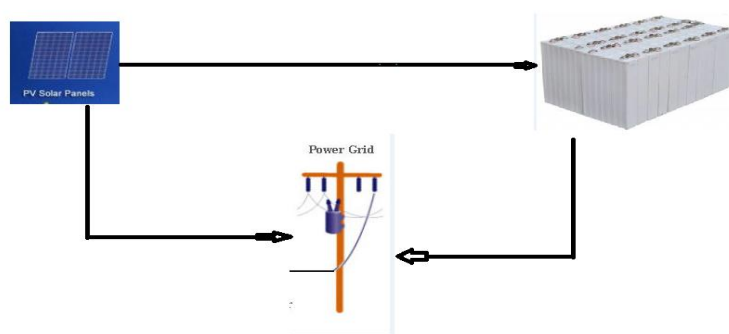


Εικ.18. Πηγή : [33]

4.11. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΚΑΙ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ

Αρχικά στην ενότητα αυτοί θα αναφερθούν οι αλγόριθμοι με τους οποίους έγιναν οι υπολογισμοί για τη διαστασιολόγηση του υβριδικού μας συστήματος με φωτοβολταϊκό και μπαταρίες.

Στη συνέχεια θα αναφερθούν τα αποτελέσματα και τα γραφήματα που προέκυψαν.



Εικ.19. (βλέπουμε μια πολύ σύντομη περιγραφή ενός υβριδικού συστήματος με φωτοβολταϊκά και μπαταρίες.)

Αλγόριθμοι λειτουργίας

Η ζήτηση ισχύος συμβολίζεται ως: $P_d(j)$

Η παραγωγή από ΑΠΕ συμβολίζεται ως: $P_{RES}(j)$

Υπολογίζουμε την ωριαία διείσδυση από το Φ/Β πάρκο: $P_{RES\delta}(j)$

- $P_{RES\delta}(j) = (P_{RES}(j) * 30\%)$

Έχουμε υποθέσει ότι η διείσδυση θα είναι σταθερά 30% την ωριαίας παραγωγής.

Υπολογίζουμε την διαθέσιμη ισχύς προς αποθήκευση: $P_{RES\alpha}(j)$

- $P_{RES\alpha}(j) = (P_{RES}(j) - P_{RES\delta}(j))/t$

Υπολογίζουμε την συνολική χωρητικότητα των μπαταριών: C_{bat}

- $C_{bat} = ar.bat * C_{bat1}$

Όπου $ar.bat$ = με τον αριθμό των μπαταριών, και όπου C_{bat1} = με τη χωρητικότητα της μίας μπαταρίας.

Υπολογίζουμε την ελάχιστη παραμένουσα αποθηκευμένη ενέργεια των μπαταριών: E_{batmin}

- $E_{batmin} = C_{bat} - (C_{bat} * b_{dis})$

Όπου b_{dis} = μέγιστος βαθμός απόδοσης.

Υπολογίζουμε την διείσδυση από τις μπαταρίες: $P_{bat}(j)$

- Αν $P_{st} > E_{batmin}/t$

Τότε $P_{bat}(j) = 5$

Αλλιώς $P_{bat}(j) = 0$

Όπου P_{st} = η παραμένουσα ισχύς των μπαταριών

Υπολογίζουμε την παραμένουσα ισχύ των μπαταριών: $P_{st}(j)$

- $P_{st}(j-1) \leq E_{batmin}/t_i$

Τότε $P_{st} = 0$

Αλλιώς αν $P_{st}(j-1) > E_{batmin}/t_i$ και αν $P_{st}(j-1) + P_{RES\alpha}(j) - P_{bat}(j) \leq C_{bat}/t_i$

Τότε $P_{st}(j) = P_{st}(j-1) + P_{RES\alpha}(j) - P_{bat}(j)$

Αλλιώς $P_{st}(j) = C_{bat}/t_i$

Υπολογίζουμε την περίσσεια από την παραγωγή του Φ/Β: P_{RESred}

- $P_{st}(j) + P_{RES\alpha}(j) \geq C_{bat}/t_i$

Τότε $P_{RESred} = P_{st}(j) + P_{RES\alpha}(j) - C_{bat}/t_i$

Αλλιώς $P_{RESred} = 0$

Υπολογίζουμε την ποσοστιαία στάθμη των μπαταριών: b_i

- $b_i = (P_{st}(j) / (C_{bat}/t_i)) * 100$

Τέλος υπολογίζουμε την παραγωγή από τις άλλες μονάδες: P_{th}

- $P_{th}(j) = P_d(j) - P_{RES\delta}(j) - P_{bat}(j)$

Όπου (j) αναφερόμαστε στο χρονικό βήμα, και όπου t_i στις ώρες.

Τη διαδικασία αυτή με τους αλγόριθμους την ακολουθούμε για όλες τις ώρες του έτους. Διείσδυση από τις μπαταρίες έχουμε μόνο τις 8 ώρες της ημέρας που έχουμε εντοπίσει ότι η ζήτηση παρουσιάζει αιχμές, όλες τις υπόλοιπες ώρες οι μπαταρίες δεν προσφέρουν τίποτα στο δίκτυο.

Στη συνέχεια ακολουθούμε στοιχεία του έργου όπως αυτά προέκυψαν από τους υπολογισμούς. Αφού πρώτα βρήκαμε πόση πρέπει να είναι η ονομαστική ισχύς του Φ/Β, ώστε να είναι ικανό να μπορεί να παρέχει ενέργεια στις μπαταρίες και αυτές με τη σειρά τους στο δίκτυο όταν αυτό παρουσιάζει αιχμές στη ζήτηση. Το Φ/Β πάρκο υπολογίστηκε ότι θα πρέπει να είναι ονομαστικής ισχύος 29 MW και αυτό γιατί κατά τους χειμερινούς μήνες υπάρχουν μέρες που οι μπαταρίες προσφέρουν στο δίκτυο 40 MWh την ημέρα αλλά η παραγωγή του Φ/Β δεν είναι ικανή να αναπληρώσει την ενέργεια αυτή με αποτέλεσμα μετά από μερικές μέρες οι μπαταρίες να έχουν αδειάσει και να μην έχουν άλλη ενέργεια να προσφέρουν σε ώρες που παρουσιάζονται αιχμές στη ζήτηση. Για την καλύτερη λειτουργία του Φ/Β πάρκου στο σχεδιασμό το “σπάσαμε” σε 29 φ/β πάρκα του 1 MW ονομαστικής

ισχύος. Με τη βοήθεια του Sunny Design της εταιρίας SMA έγινε η διαστασιολόγηση του Φ/Β πάρκου. Από αυτή προέκυψε όπως θα δούμε και στις εικόνες που ακολουθούν ότι για κάθε πάρκο του 1 MW εγκατεστημένης ονομαστικής ισχύος θα τοποθετηθούν συνολικά 4250 Φ/β πλαίσια του τύπου που περιγράψαμε σε περιηγούμενη ενότητα, και 50 Φ/β μετατροπείς του τύπου που περιγράψαμε πιο πάνω. Οι μετατροπείς αυτοί θα έχουν από 2 εισόδους ο κάθε ένας. Στην πρώτη είσοδο θα έχουμε συνδέσει 3 σειρές Φ/β πλαισίων από 21 Φ/β πλαίσια σε κάθε σειρά και στην δεύτερη είσοδο θα έχουμε 1 σειρά των 22 Φ/β πλαισίων η κάθε σειρά. Συνολικά δηλαδή στον κάθε ένα μετατροπέα θα συνδέσουμε 85 Φ/β πλαίσια. Η διαστασιολόγηση αυτή έγινε αυτόματα από το λογισμικό της εταιρίας ώστε να έχουμε την μεγαλύτερη δυνατή απόδοση στην εγκατάσταση.

Επομένως για το σύνολο του Φ/Β πάρκου που χρειαζόμαστε ώστε να λειτουργήσει ο υβριδικός μας σταθμός και να είναι ικανό να παρέχει την απαραίτητη ενέργεια προς αποθήκευση στις μπαταρίες θα χρειαστούμε συνολικά 123250 Φ/β πλαίσια και 1450 μετατροπείς.

Όνομα εργασίας: Νέα εργασία

Αριθμός εργασίας:

Τοποθεσία: Greece / Crete

Θερμοκρασία περιβάλλοντος:

Ελάχιστη θερμοκρασία: -6 °C

Θερμοκρασία σχεδιασμού: 25 °C

Μέγιστη θερμοκρασία: 40 °C

Τμηματική εργασία 1

50 x STP 25000TL-30 (Τμηματική εγκατάσταση 1)

Ισχύς κορυφής:	998,75 kWp
Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων:	4250
Αριθμός Φ/Β μετατροπέων:	50
Μέγ. ισχύς DC (cos φ = 1):	25,55 kW
Μέγ. ενεργή ισχύς AC (cos φ = 1):	25,00 kW
Τάση δικτύου:	230V (230V / 400V)
Λόγος ονομ. ισχύος:	128 %
Συντελεστής διαστασιολόγησης:	79,9 %
Συντελεστής μετατόπισης cos φ:	1



STP 25000TL-30

Στοιχεία σχεδιασμού Φ/Β

Είσοδος A: Φ/Β γεννήτρια 1

63 x A.M.P. Solar AM-235W (07/2012), Αζιμούθιο: 0 °, Κλίση: 31 °, Τρόπος τοποθέτησης: Ελεύθερη τοποθέτηση

Είσοδος B: Φ/Β γεννήτρια 1

22 x A.M.P. Solar AM-235W (07/2012), Αζιμούθιο: 0 °, Κλίση: 31 °, Τρόπος τοποθέτησης: Ελεύθερη τοποθέτηση

	Είσοδος A:	Είσοδος B:
Αριθμός στοιχειοσειρών:	3	1
Φωτοβολταϊκές μονάδες ανά στοιχειοσειρά:	21	22
Ισχύς κορυφής (είσοδος):	14,81 kWp	5,17 kWp
Χαρακτηριστική Φ/Β τάση:	583 V	610 V
Ελάχ. Φ/Β τάση:	532 V	557 V
Ελάχ. τάση DC (Τάση δικτύου 230 V):	150 V	150 V
Μέγ. Φ/Β τάση:	876 V	917 V
Μέγ. τάση DC:	1000 V	1000 V
Μεγ. ρεύμα Φ/Β γεννήτρ.:	23,6 A	7,9 A
Μέγ. ρεύμα DC:	33 A	33 A

Φ/Β μετατροπέας συμβατός

Εικ.20. Πηγή : [34]

Στη συνέχεια ακολουθεί ένας πίνακας 6 με τα βασικά στοιχεία του έργου όπως αυτά προέκυψαν από τη διαστασιολόγηση του υβριδικού σταθμού παραγωγής.

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ Φ/Β ΠΑΡΚΟΥ(MW)	29
ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΦΒ ΠΑΡΚΟΥ	30%
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΩΡΙΑΙΑ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ (powerpacks) (MWh)	312
ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ	90%
ΑΡΙΘΜΟΣ powerpacks	3120
ΩΡΙΑΙΑ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ powerpack (MWh)	0,1
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΩΡΙΑΙΑ ΠΑΡΑΜΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (MWh)	31,2
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ powerpack (MWh)	0,4
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ (MWh)	1248

Πίνακας 6.

Για να μπορέσει να δουλέψει το υβριδικό μας σύστημα τις ώρες που παρουσιάζονται αιχμές στη ζήτηση, και να επαρκεί η αποθηκευμένη ενέργεια για όλο το έτος υπολογίσαμε ότι θα χρειαστούμε συνολικά 3.120 powerpacks. Το κάθε powerpack έχει τη δυνατότητα να φορτίζει και να εκφορτίζει με ρυθμό 0,1 MWh την ώρα. Ενώ η συνολική του χωρητικότητα είναι 0,4 MWh σε διάρκεια πλήρης φόρτισης τεσσάρων ωρών. Επομένως η συνολική ωριαία χωρητικότητα των powerpacks θα είναι 312 MWh ενώ η συνολική τους χωρητικότητα σε μια πλήρης φόρτιση τεσσάρων ωρών θα είναι 1.248 MWh. Η κάθε μία μπαταρία περιέχει 40 powerpacks επομένως για το σύστημα μας θα χρειαστούμε 78 μπαταρίες. Οι μπαταρίες αυτές είναι νέας γενιάς και μας παρέχουν την δυνατότητα να μπορούμε να τις εκφορτίσουμε έως και 100%, εμείς στη περίπτωση μας έχουμε υποθέσει ότι ο βαθμός εκφόρτισης θα φτάνει έως και 90%. Επομένως η ελάχιστη ωριαία παραμένουσα ενέργεια στο σύνολο των powerpacks θα είναι 31,2 MWh. Για την απευθείας διείσδυση στο δίκτυο όταν το Φ/Β πάρκο έχει παραγωγή υποθέσαμε ότι θα είναι της τάξης του 30% της ωριαίας παραγωγής.

Στη συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας 7 με τα ενεργειακά αποτελέσματα όπως αυτά προέκυψαν από τη διαστασιολόγηση που έγινε.

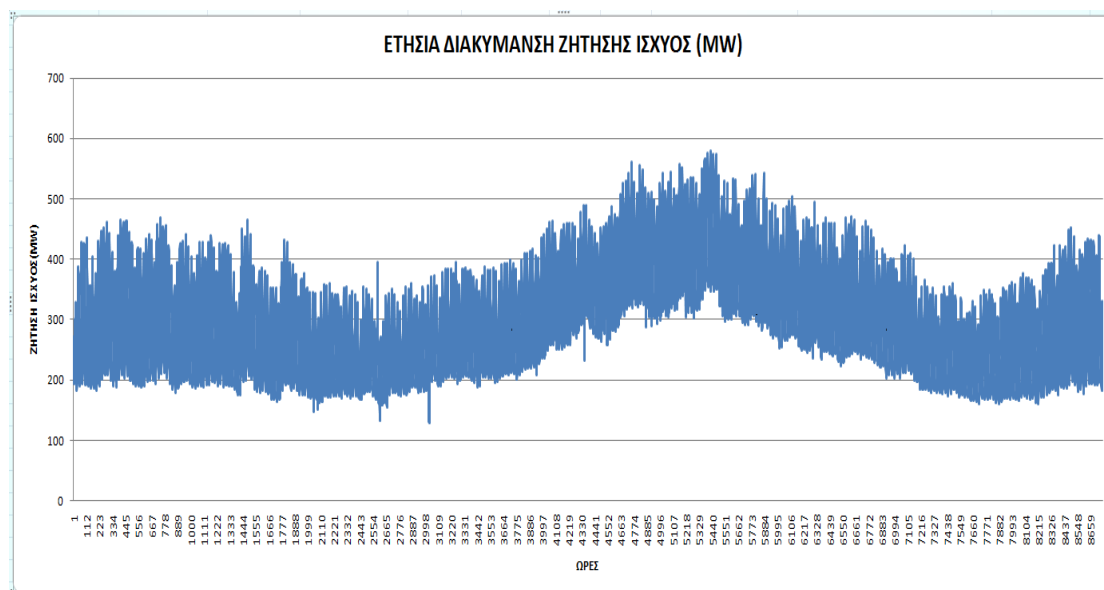
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΌ Φ/Β (MWh)	46362
ΕΤΗΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΠΌ Φ/Β (MWh)	13909
ΕΤΗΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΌ Φ/Β ΠΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΗΚΕ (MWh)	14614
ΕΤΗΣΙΑ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΑΠΌ Φ/Β (MWh)	17839
ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ (MWh)	14660
ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΛΛΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ (MWh)	606063
ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ (MWh)	2028994

Πίνακας 7.

Η ετήσια ζήτηση για το σύστημα το οποίο εξετάζουμε είναι η ίδια που είχαμε και στο σενάριο με το αιολικό πάρκο και την αντλησιοταμίευση όπως αυτή μας δόθηκε από τον αρμόδιο φορέα . Η παραγωγή ενέργειας από το Φ/Β πάρκο περιγράψαμε σε προηγούμενη παράγραφο πως υπολογίστηκε. Η απευθείας διείσδυση, η περίσσεια του Φ/Β πάρκου καθώς και η συνεισφορά των μπαταριών υπολογίστηκαν αθροίζοντας τις ωριαίες τιμές του έτους που υπολογίσαμε με τους αλγόριθμους που αναφέρθηκαν πιο πάνω στην ενότητα αυτή. Η ετήσια παραγωγή από μονάδες ΑΠΕ υπολογίστηκε προσεγγιστικά με ένα ποσοστό της τάξης του 23% της υπολειπόμενης ζήτησης, έτσι ώστε να τηρούνται και τα όρια ασφάλειας του δικτύου. Τέλος η ετήσια παραγωγή των θερμικών μονάδων υπολογίστηκε αφαιρώντας από την ετήσια ζήτηση την παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ, την συνεισφορά των μπαταριών του υβριδικού συστήματος καθώς και την απευθείας διείσδυση του Φ/Β πάρκου του υβριδικού συστήματος παραγωγής.

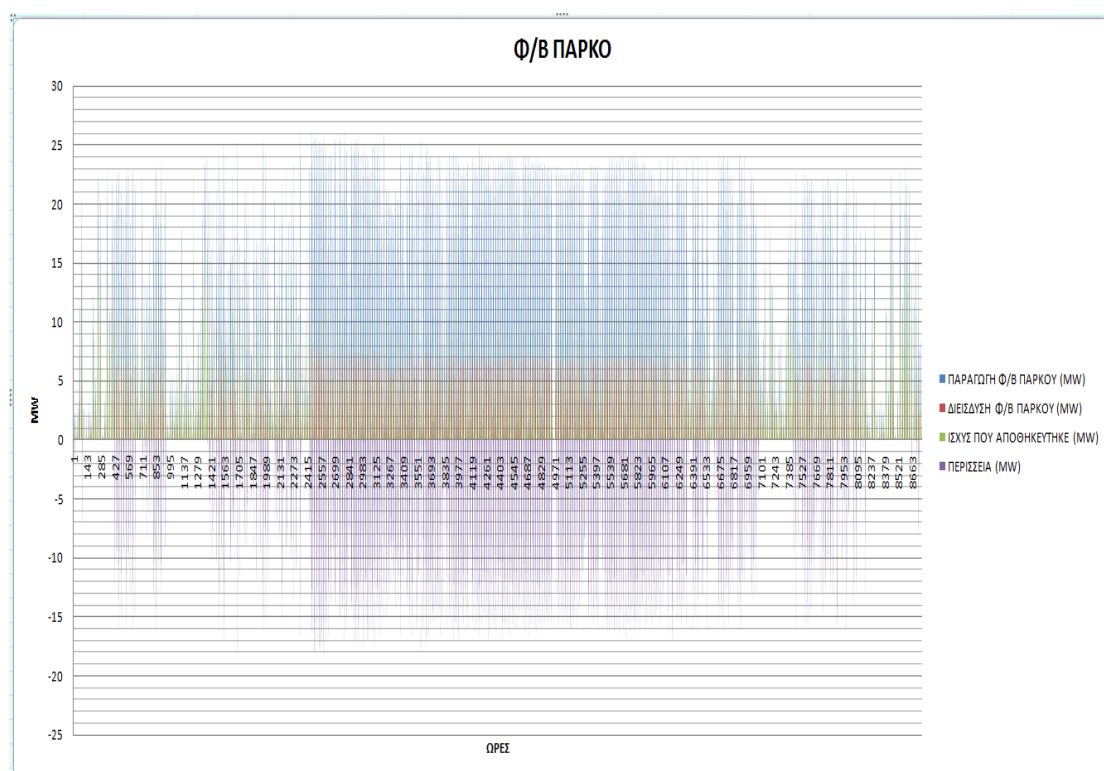
Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποια βασικά γραφήματα το οποία προέκυψαν μετά τη διαστασιολόγηση του υβριδικού συστήματος και από τα οποία μπορούμε να βγάλουμε αρκετά συμπεράσματα για την όλη εγκατάσταση.

Αρχικά στο γράφημα 11 μπορούμε να δούμε τη διακύμανση της ζήτησης για κάθε ώρα του έτους και πως αυτή διαμορφώνεται.



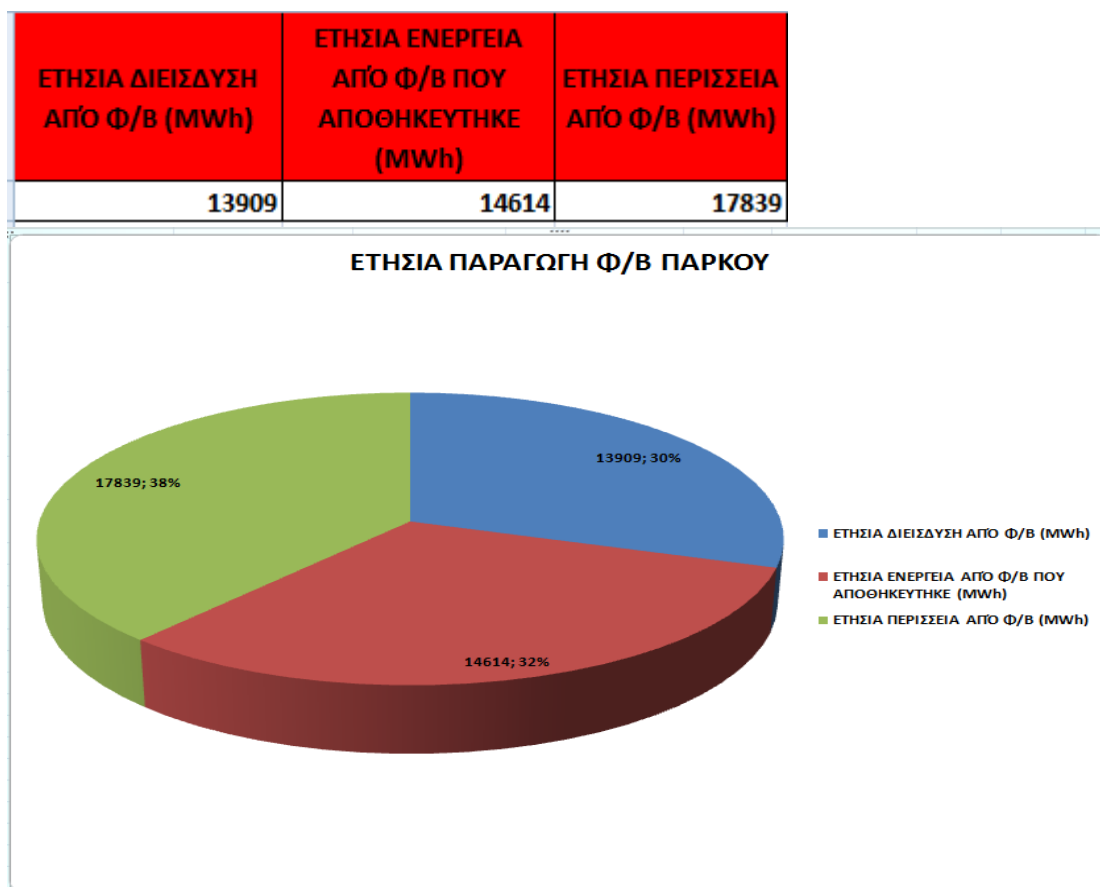
Γράφημα 11.

Στο γράφημα 12 που ακολουθεί μπορούμε να δούμε την παραγωγή του Φ/Β πάρκου καθώς και πως διαχωρίζεται η παραχθείσα ενέργειά του. Δηλαδή πόση από αυτή πηγαίνει στην απευθείας διείσδυση, πόση προς αποθήκευση και πόση απορρίπτεται ως περίσσεια σε ωριαία βάση για ένα έτος.



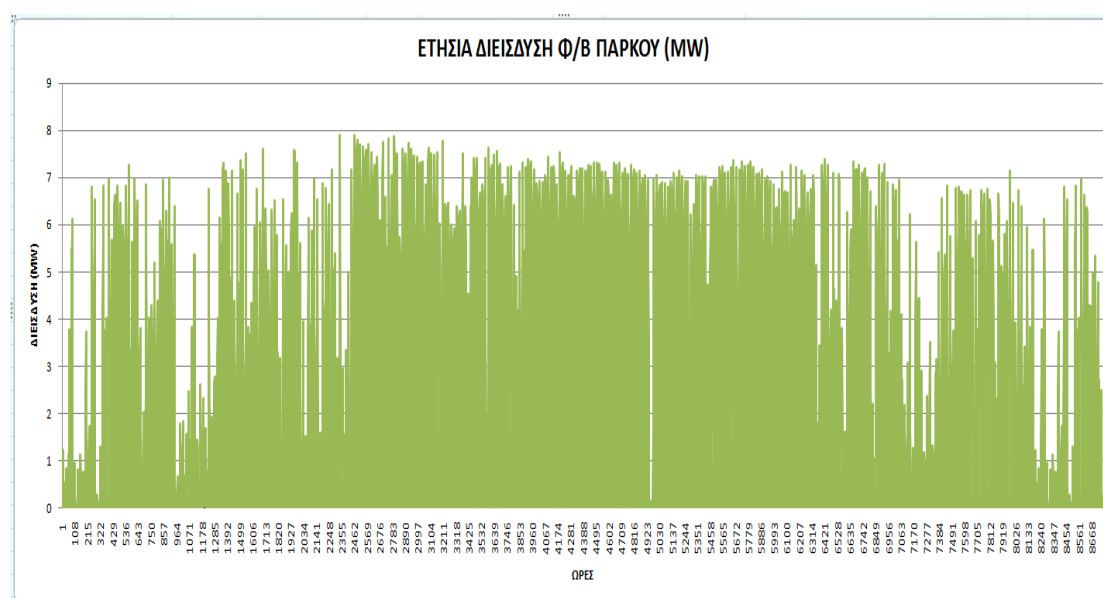
Γράφημα 12.

Στο γράφημα 13 που ακολουθεί βλέπουμε με ποσοστό την ετήσια κατανομή της παραχθείσας ενέργειας από το Φ/Β πάρκο.



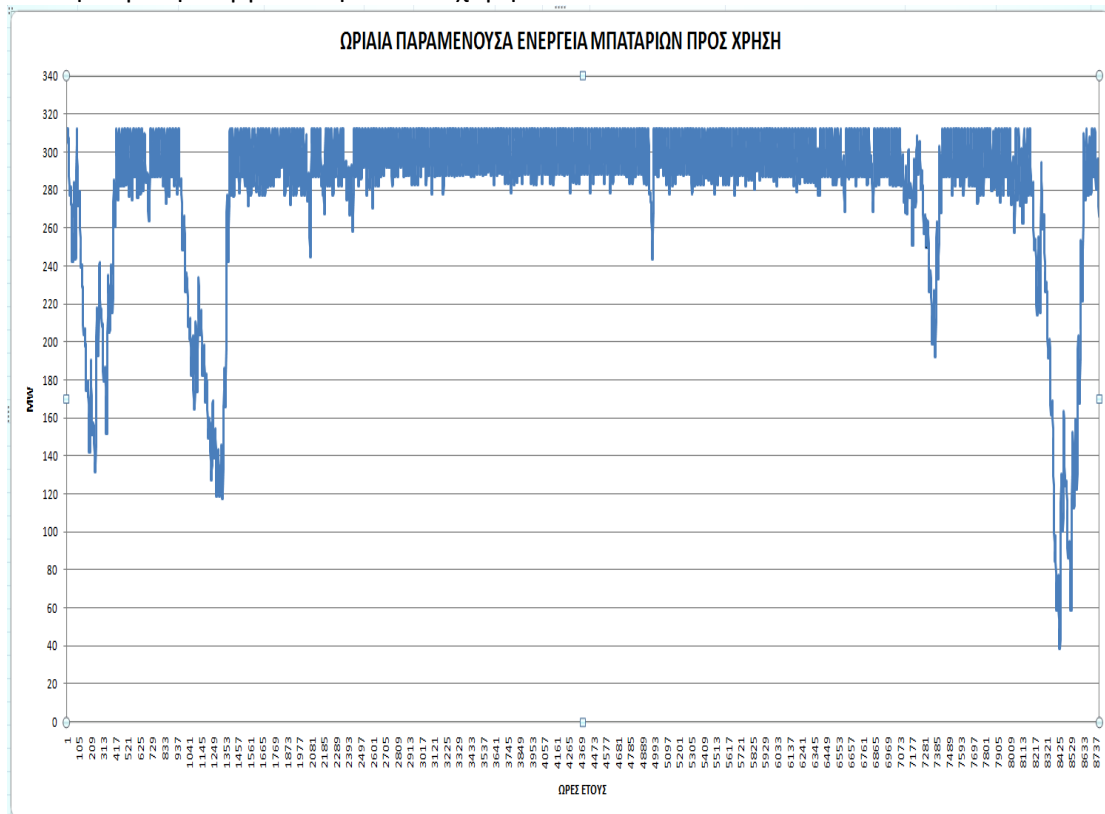
Γράφημα 13.

Στο γράφημα 14 που ακολουθεί βλέπουμε την ωριαία διείσδυση από το αιολικό πάρκο για όλο το έτος.



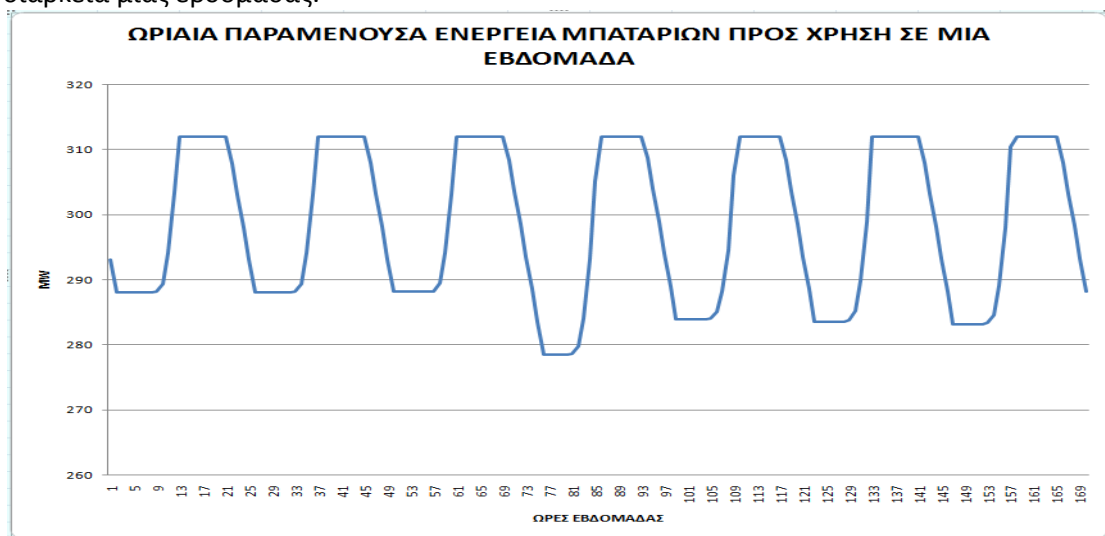
Γράφημα 14

Στη συνέχεια στο γράφημα 15 βλέπουμε την ετήσια διακύμανση της παραμένουσας ενέργειας προς χρήση των μπαταριών. Όπως θα παρατηρήσουμε στο γράφημα προς το τέλος του έτους η αποθηκευμένη ενέργεια βρίσκεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα αλλά είναι μεγαλύτερη από τον ελάχιστη που είναι βασική προϋπόθεση για τη σωστή λειτουργία του συστήματος μας. Αυτό οφείλεται στο ότι η παραγωγή του Φ/Β πάρκου δεν είναι αρκετή, ώστε να αποθηκευτεί ενέργεια στις μπαταρίες, οι οποίες συνεχίζουν να δουλεύουν τις ώρες που παρουσιάζονται αιχμές ζήτησης. Έτσι έχει σαν αποτέλεσμα η αποθηκευμένη ενέργεια να πέφτει αρκετά. Αυτό μπορούμε να το επιβεβαιώσουμε και από το γράφημα 12 όπου βλέπουμε την παραγωγή του Φ/Β να είναι πολύ μικρή κατά την ίδια περίοδο, όπου η αποθηκευμένη ενέργεια πέφτει τόσο χαμηλά.



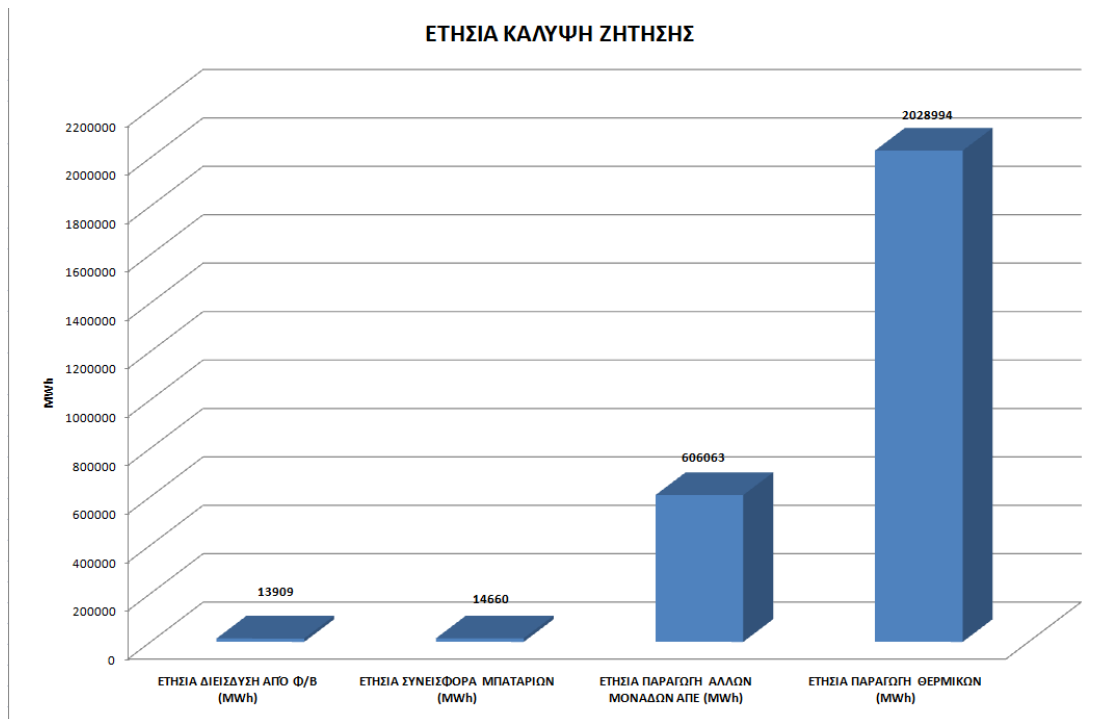
Γράφημα 15.

Στο γράφημα 16 βλέπουμε την ωριαία ενέργεια των μπαταριών που είναι προς χρήση για διάρκεια μίας εβδομάδας.

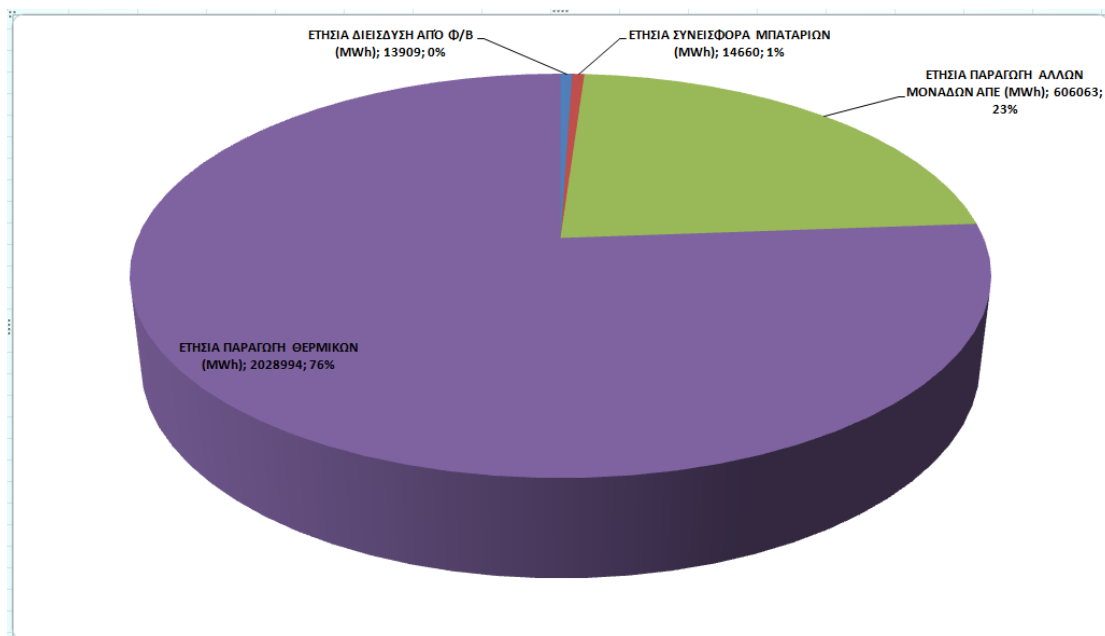


Γράφημα 16.

Στα δύο επόμενα γραφήματα (17,18) που ακολουθούν βλέπουμε με ράβδους καθώς με διάγραμμα πίτας πως καλύπτεται πλέον η ζήτηση μετά τη λειτουργία του Φ/Β πάρκου και των μπαταριών του συστήματος.

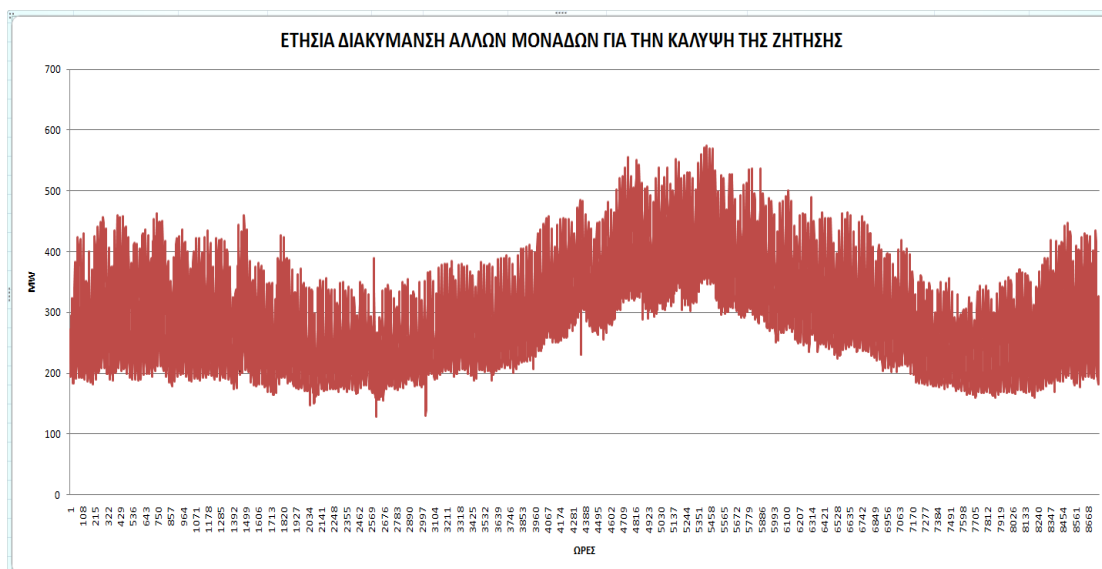


Γράφημα 17.



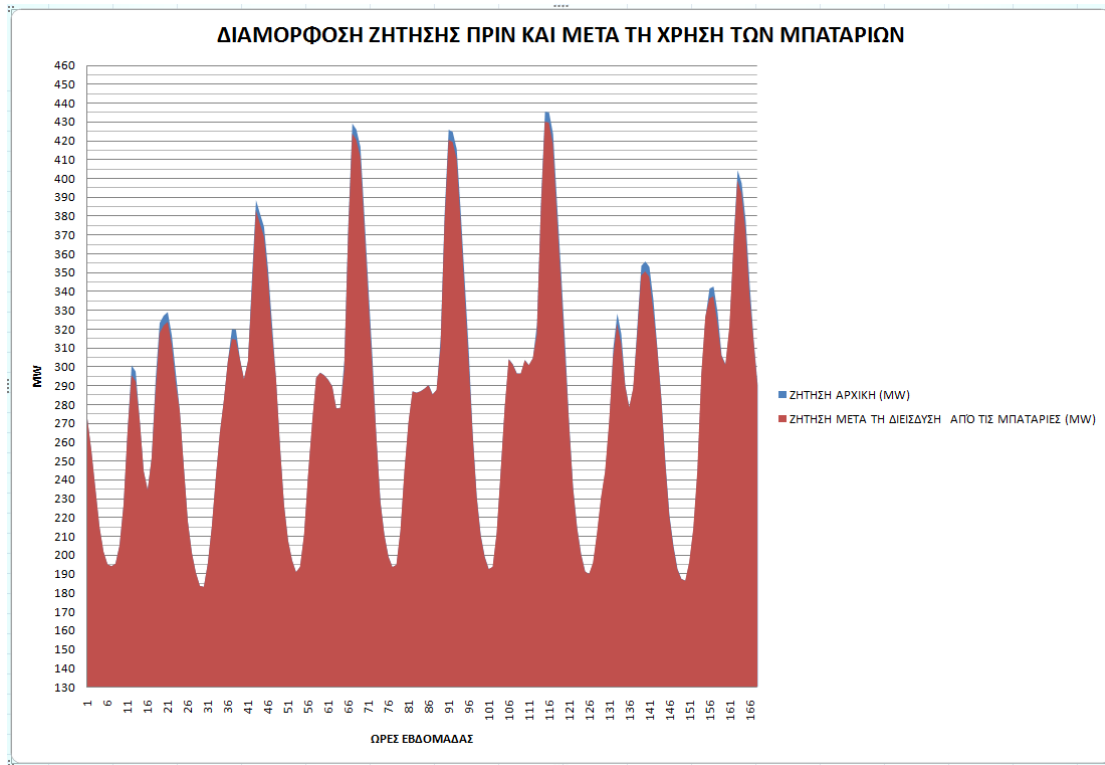
Γράφημα 18.

Στη συνέχεια στο γράφημα 19 μπορούμε να δούμε την ετήσια διακύμανση των άλλων μονάδων για την κάλυψη της ζήτησης.

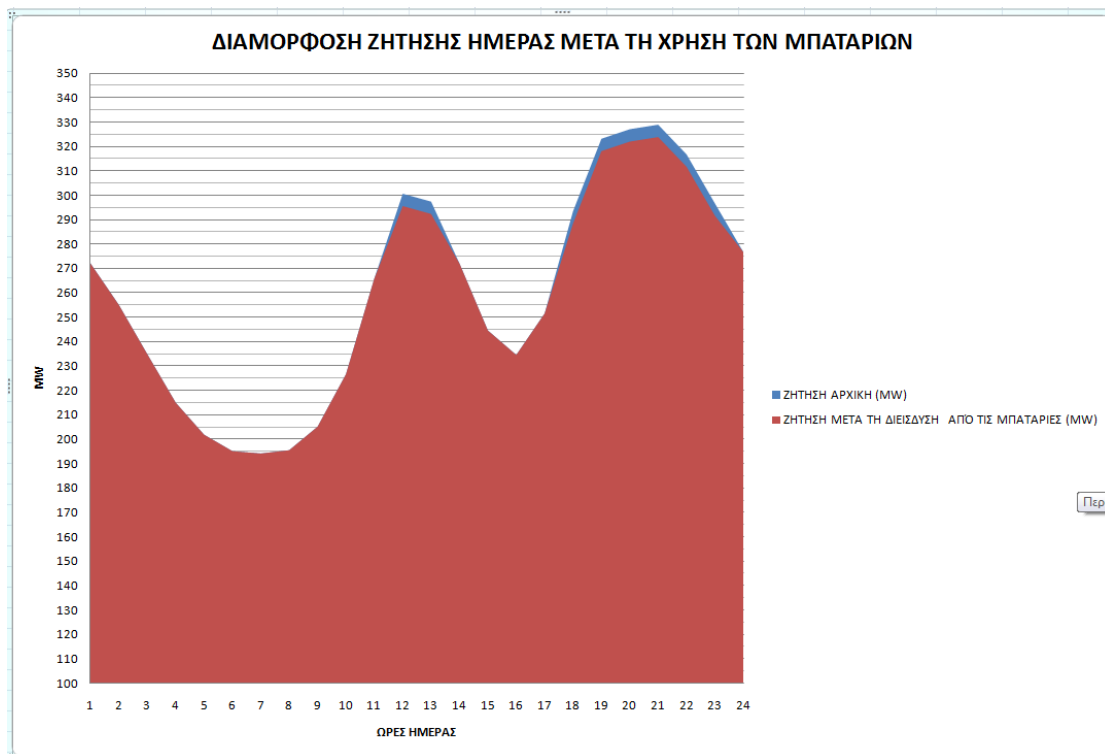


Γράφημα 19

Στη συνέχεια ακολουθούν δύο γραφήματα (20,21) όπου στο πρώτο βλέπουμε πως διαμορφώνεται η ζήτηση μετά τη χρήση των μπαταριών για τις ώρες αιχμής μίας εβδομάδας του έτους και στο δεύτερο πως διαμορφώνεται η ζήτηση για τις ώρες αιχμής μίας ημέρας.



Γράφημα 20.



Γράφημα 21.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΧΟΛΙΑ

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν να αναπτύξουμε και να συγκρίνουμε δύο υβριδικούς σταθμούς. Αυτόν με αιολικά και αντλησιοταμίευση και αυτόν με φωτοβολταϊκά και μπαταρίες. Από τα γραφήματα που προέκυψαν κατά τη διαστασιολόγηση είδαμε ότι και οι δύο μέθοδοι συμβάλουν σημαντικά στη μείωση των αιχμών ζήτησης στο ΣΗΕ Κρήτης.

Μετά από υπολογισμούς βρήκαμε ότι για την πρώτη περίπτωση ο χώρος που θα απαιτηθεί για την εγκατάσταση θα ανέρχεται στα 252.708 m² για την δεξαμενή αποθήκευσης του νερού και τις εγκαταστάσεις και 300.000 m² για το αιολικό πάρκο. Συνολικά δηλαδή 552.708 m². Αντίθετα για την δεύτερη περίπτωση για το φωτοβολταϊκό πάρκο θα χρειαστούν περί τα 435.000 m² και για τις μπαταρίες 5148 m². Συνολικά δηλαδή για τη δεύτερη περίπτωση θα χρειαστούμε 440.148 m². Επομένως το συμπέρασμα από εδώ είναι ότι η δεύτερη περίπτωση με τα φωτοβολταϊκά και τις μπαταρίες απαιτεί μικρότερη επιφάνεια εγκατάστασης κατά 112.560 m², αλλά η δεύτερη περίπτωση έχει το μειονέκτημα ότι συνήθως τα φωτοβολταϊκά εγκαθίστανται σε πεδιάδες για να μην έχουν προβλήματα με σκιάσεις όπου πολλές φορές η έκταση αυτή μπορεί να καλλιεργηθεί ή ακόμη και να κατοικηθεί και για την όλη εγκατάστασή μπορούμε να την χαρακτηρίσουμε ως μία μεγάλη χωροταξικά εγκατάσταση. Αντίθετα η πρώτη περίπτωση με τα αιολικά και τον ταμιευτήρα είναι συνήθως μία εγκατάσταση η οποία δεν επηρεάζει καλλιεργήσιμες ή και κατοικήσιμες εκτάσεις γιατί τα αιολικά βρίσκονται σε κορυφογραμμές και ο ταμιευτήρας γίνεται είτε σε κάποιο ρέμα είτε σε έκταση πάνω σε βουνό.

Από την πλευρά τώρα της εγκατεστημένης ονομαστικής ισχύος των ΑΠΕ παρατηρούμε ότι στην δεύτερη περίπτωση χρειαζόμαστε σχεδόν την τριπλάσια εγκατεστημένη ισχύ. Δηλαδή το φωτοβολταϊκό πάρκο θα πρέπει να είναι ονομαστικής ισχύος 29 MW ενώ το αιολικό πάρκο 10 MW. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά τους χειμερινούς μήνες η παραγωγή των φωτοβολταϊκών πέφτει λόγω καιρικών συνθηκών και δεν επαρκεί για την φόρτιση των μπαταριών (σε αντίθεση με το καλοκαίρι) καθώς και γιατί το μέγιστο που μπορούν να παράγουν τα φωτοβολταϊκά είναι οκτώ ώρες τη μέρα περίπου. Αντίθετα το αιολικό πάρκο με μία καλή ανεμολογική μελέτη και σωστή επιλογή περιοχής και τοποθέτησης είναι ικανό να παράγει πολύ περισσότερες ώρες ημερησίως σε σχέση με το φωτοβολταϊκό. Αυτό δικαιολογεί και την ετήσια απορριπτόμενη ενέργεια από την παραγωγή όπου στην πρώτη περίπτωση με το αιολικό πάρκο έχουμε ετήσια απορριπτόμενη ενέργεια (περίσσεια) της τάξης του 14% ενώ στη δεύτερη περίπτωση με το φωτοβολταϊκό η απορριπτόμενη ενέργεια ανέρχεται στο ποσοστό του 38% της ετήσιας παραγωγής.

Από οικονομικής άποψης γνωρίζουμε από την αγορά ότι για κάθε εγκατεστημένο MW φωτοβολταϊκού το κόστος είναι μεγαλύτερο σε σχέση με τις ανεμογεννήτριες. Επομένως σε μας το κόστος εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού πάρκου θα είναι πολύ μεγαλύτερο για δύο λόγους, ο ένας είναι αυτός που προαναφέρθηκε και ο άλλος ότι χρειαζόμαστε μεγαλύτερη εγκατεστημένη ονομαστική ισχύ φωτοβολταϊκού πάρκου από ότι αιολικού πάρκου. Όσο αναφορά την οικονομική σύγκριση για το αποθηκευτικό μέσο, γνωρίζουμε από τις σημερινές τιμές της αγοράς, ότι για την ίδια ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας το κόστος μπαταριών θα είναι μεγαλύτερο σε σχέση με το κόστος εγκατάστασης αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού. Από την άλλη πλευρά βέβαια η αποθήκευση με μπαταρίες απαιτεί πολύ μικρότερο χώρο εγκατάστασης από ότι το αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό, καθώς επίσης και μικρότερες διαδικασίες αδειοδότησης.

Επομένως πιο συμφέρουσα επιλογή με βάση όλα τα παραπάνω είναι η πρώτη λύση με το αιολικό πάρκο και την αντλησιοταμίευση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Κατσιφης Δημήτρης, “τεχνοοικονομική μελέτη υβριδικού συστήματος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας”, Διπλωματική εργασία, τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- [2] Κ. Βουρνάς, Γ. Κονταξής, “Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας”, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 2010.
- [3] Β. Κ. Παπαδιάς, “Ανάλυση Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας”, τόμος 1, “Μόνιμη Κατάσταση Λειτουργίας”, εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1985.
- [4] Κ. Βουρνάς, Β. Κ. Παπαδιάς, Κ. Ντελκής, “Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας - Έλεγχος και Ευστάθεια Συστήματος”, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 2011.
- [5] Δ. Κουτσογιάννης, “Σημειώσεις για το Μάθημα διαχείριση Υδάτινων Πόρων”, Τομέας Υδάτινων Πόρων και Περιβάλλοντος, ΕΜΠ, Αθήνα 2007.
- [6] Μιχ. Π. Παπαδόπουλου, “Παραγωγή Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές”, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1997.
- [7] Wind in power, “2012 European Statistics”, EWEA, February 2013.
- [8] ΚΑΠΕ, “Οδηγός τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ”, Αθήνα 2001.
- [9] J. K. Kaldellis, D. Zafirakis, K. Kavadias, “Techno-economic comparison of energy storage systems for island autonomous electrical networks”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 13 (2009) : 378-392.
- [10] D. Altinbilek, R. Abdel - Malek, J-M. Devernay, R. Gill, S. Leney, T. Moss, H. P. Schiffer, R. M. Taylor, “Hydropower’s Contribution to Energy Security”, World Energy Congress, Rome 2007.
- [11] C. Bueno, J. A. Carta, “Wind powered pumped hydro storage systems, a means of increasing the penetration of renewable energy in the Canary Islands”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 10, No. 4 (2006) : 312-340.
- [12] Δ. Παπαντώνης, Ι. Αναγνωστόπουλος, Μ. Παπαδόπουλος, Σ. Παπαθανασίου, Ε. Καραμάνου, Σ. Παπαευθυμίου, “Διερεύνηση τεχνικών και οικονομικών ζητημάτων ένταξης Υβριδικών Σταθμών στα μη διασυνδεδεμένα νησιά”, Αθήνα 2008.
- [13] Μ. Γερανάκη, “Μελέτη της επίδρασης συστήματος αντλησιοταμίευσης στην δυναμική ασφάλεια του ΣΗΕ της Ικαρίας”, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών ΕΜΠ, Αθήνα 2009.
- [14] Ενεργειακό Γραφείο Ίου - Αιγαίου, “Ενημερωτικό δελτίο”, Ιούνιος 2009.
- [15] Β. Κρούσκα, “Προσομοίωση συστήματος παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας με χρήση θαλασσινού νερού”, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ, Νοέμβριος 2011.
- [16] Σ. Παπαευθυμίου Ε. Καραμάνου, Σ. Παπαθανασίου, Μ. Παπαδόπουλος, Σ. Ροντήρης, Ι. Δρυμωνίτης, “Αρχές Διαχείρισης Υβριδικών Σταθμών: Εφαρμογή στο Σύστημα της Ικαρίας”, Πρακτικά Συνόδου της Ε.Ε. CIGRE, Αθήνα, Δεκέμβριος 2009.
- [17] Δ. Παπαντώνης, “Τεχνολογικές επιλογές και τεχνολογικοί περιορισμοί του εξοπλισμού της Μονάδας Αντλησιοταμίευσης Υβριδικών Σταθμών Παραγωγής”, Τεχνολογίες και εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Κρήτη, ΤΕΕ & ΤΕΕ – Τμ. Δυτικής Κρήτης, 22 – 23 Μαΐου 2009, Χανιά.
- [18] Δ. Ε. Παπαντώνης, “Υδροδυναμικές Μηχανές Αντλίες – Υδροστρόβιλοι Υδροδυναμικές Μεταδόσεις”, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 2009.
- [19] Α. Νεσιάδης, “Προσομοίωση διαδοχικής εκκίνησης αντλιών”, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα 2007.

- [20] Ζ. Μαντάς, Π. Θεοδωρόπουλος, Γ. Μπέτζιος, Α. Ζερβός, “Υβριδικό σύστημα με χρήση Αντλησιοταμίευσης για μέγιστη διείσδυση της αιολικής ενέργειας στη νήσο Σέριφο”, Μάιος 2010.
- [21] VESTAS : https://www.vestas.com/en/products/turbines/v90-2_0_mw#!
- [22] Αγγελική Χ. Λουκάτου, “Τεχνολογίες Αποθήκευσης Αιολικής Ενέργειας με Αντλησιοταμίευση”, διπλωματική εργασία, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών ΕΜΠ, Αθήνα 2013.
- [23] Αντωνία Παπασταματάκη, “Περιγραφή, προσομοίωση και βέλτιστη διαστασιολόγηση υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή των Χανίων”, διπλωματική εργασία, ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ “ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ” ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ, Χανιά 2014.
- [24] ΜΠΕΝ ΜΠΡΑΧΙΜ ΑΜΠΝΤ, διπλωματική εργασία, «Αποθήκευση Ενέργειας - Μέθοδοι και Εφαρμογές», Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ, ΑΘΗΝΑ 2014.
- [25] ΜΙΛΙΑΤΙΔΗΣ ΓΥΜΝΟΠΟΥΛΟΣ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ ΤΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΙΚΑΡΙΑ, ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, Θεσσαλονίκη 2012.
- [26] Γεωργιάδης Μιχαήλ, Μελέτη φωτοβολταϊκού πάρκου, ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΕΜΠ, Αθήνα 2012.
- [27] ΖΕΡΙΤΗΣ Ι. ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ, ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΜΙΚΡΗΣ ΚΑΙ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ, ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ.
- [28] Λιανού Ιωάννη, «Διαστασιολόγηση Φωτοβολταϊκού Πάρκου Ισχύος 500 kWp με χρήση trackers» Διπλωματική Εργασία, Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2012.
- [29] Γεωργαντέας Νικόλαος, “σχεδιασμός, περιβαλλοντική και οικονομική ανάλυση υβριδικού συστήματος αιολικής, ηλιακής ενέργειας και diesel για την ενεργειακή αυτονομία των νησιών, η περίπτωση της Αστυπάλαιας”, ΕΜΠ, Αθήνα 2011.
- [30] Κατσαπρακάκης: Μάθημα, ‘ΣΥΝΘΕΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ’ ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ
- [31] <http://www.sma.de/en/>
- [32] <https://www.hilti.gr/>
- [33] <https://www.tesla.com/>
- [34] <http://www.sunnydesignweb.com/sdweb/#/Home>
- [35] <http://www.rae.gr/site/portal.csp;jsessionid=be454cc0b2a6812ca44e5d25ed99a195fee5e24a820598eac046eaa50543269b.e380chqPa34Na40LbhaRax4Mb3aOe6fznA5Pp7ftolbGmkTy>
- [36] <http://www.admie.gr/>
- [37] <http://www.deddie.gr/>

