



Αυτόνομο Σύστημα Παραγωγής Ενέργειας

ΚΟΖΩΝΑΚΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ - ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΒΑΣΙΛΗΣ

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε θερμά τους καθηγητές μας και επιβλέποντες της πτυχιακής εργασίας, κ. Ιωάννη Κατσίγιαννη και κ. Αναστασία Κατσαμάκη για την καθοδήγηση και τις συμβουλές όσον αφορά την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Περίληψη	5
Abstract.....	7
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	9
1.1 Γενικά	9
1.2 Τεχνολογίες ΑΠΕ	10
1.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα ΑΠΕ.....	13
1.4 Ευρωπαϊκή Ένωση και ΑΠΕ.....	14
1.5 Ελλάδα και ΑΠΕ.....	17
1.6 Τρόποι Αποθήκευσης Ωφέλιμης Ενέργειας (Ηλεκτρικής).....	20
1.6.1 Η Αναγκαιότητα Αποθήκευση της Ενέργειας.....	21
1.6.2 Αντλησιοταμίευση (rumped hydroelectric energy storage)	22
1.6.3 Συσσωρευτές (Batteries)	22
Κεφάλαιο 2: Θεωρητικό Μέρος Κατασκευής	24
2.1 Εισαγωγή.....	24
2.2 Ηλιακή Ενέργεια - Ήλιος.....	24
2.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα	25
2.3.1 Γενικά – Εισαγωγή.....	25
2.3.2 Το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο	26
2.3.3 Πλεονεκτήματα-Χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	28
2.3.4 Υλικά – Τεχνολογίες Φωτοβολταϊκών Στοιχείων	29
2.4 Υδροηλεκτρικά Έργα	34
2.4.1 Υδροηλεκτρική Ενέργεια.....	34
2.4.2 Λειτουργία Υδροηλεκτρικού	35
2.4.3 Τύποι Υδροηλεκτρικών Έργων	36
2.4.4 Μικρά Υδροηλεκτρικά	37
2.4.5 Κατηγορίες Υδροστροβίλων	38
2.4.6 Πλεονεκτήματα –Μειονεκτήματα υδροηλεκτρικών έργων	38
2.4.7 Η Υδροηλεκτρική ενέργεια στην Ελλάδα	39
2.5 Σύστημα Αντλίας.....	42
2.5.1 Γενικά	42
2.5.2 Αρχή Λειτουργίας	42

2.6 Ελεγκτής Arduino	43
2.6.1 Γενικά – Εισαγωγή.....	43
2.6.2 Είσοδοι – Έξοδοι Arduino.....	44
2.6.3 Λογισμικό Μικροελεγκτή Arduino	46
2.7 Μπαταρίες.....	47
2.8 Ηλιακός Ελεγκτής Φόρτισης	49
Κεφάλαιο 3: Υβριδικοί Σταθμοί.....	51
3.1 Η Έννοια του Υβριδικού Σταθμού.....	51
3.2 Σύγκριση υβριδικών σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας ανάμεσα σε αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα.....	52
3.3 Τρόποι αποθήκευσης στους υβριδικούς σταθμούς	55
3.4 Αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά ως τρόπος αποθήκευσης.....	56
3.4.1 Η βασική δομή και λειτουργία ενός αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού	56
3.5 Κύρια στοιχεία εγκατάστασης ενός αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού.....	57
3.5.1 Ταμιευτήρες Νερού.....	58
3.5.2 Αγωγός Νερού	58
3.5.3 Υδροστρόβιλοι	59
3.5.4 Αντλίες	60
3.5.5 Κτήριο και μετρητικές διατάξεις.....	61
3.6 Συνδυασμός αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών και μονάδων ΑΠΕ (αιολικό πάρκο)	62
3.6.1 λειτουργία υβριδικού σταθμού αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού και αιολικού πάρκου	64
Κεφάλαιο 4: Περιγραφή της Κατασκευής.....	65
4.1 Εισαγωγή.....	65
4.2 Η λειτουργία του Arduino στην κατασκευή	68
4.2.1 Ο ηλιακός ελεγκτής φόρτισης στην κατασκευή	69
4.2.2 Καταστάσεις Φόρτισης	71
4.2.3 Έλεγχος Φορτίου (Load Control).....	72
4.2.5 Ενδείξεις LED	72
4.2.6 Συνδεσμολογία Ηλιακού Ελεγκτή Φόρτισης	73
4.3 Το Φωτοβολταϊκό Πάνελ της κατασκευής.....	74
4.4 Το υδροηλεκτρικό της κατασκευής	74
4.5 Λειτουργία της αντλίας στην κατασκευή	76
4.6 Οι μπαταρίες στην κατασκευή	78
4.7 Στοιχεία Φορτίου.....	78
4.8 Τύποι-Μετρήσεις-Μελέτη του υβριδικού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούμενο από φωτοβολταϊκό πάνελ και αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό	79

4.9 Γραφικές παραστάσεις με συνδεδεμένο το φορτίο	83
Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα	87
6 Βιβλιογραφία.....	89

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια έχει δημιουργηθεί επιτακτική ανάγκη για την ανάπτυξη νέων μεθόδων για την παραγωγή ενέργειας. Οι ενεργειακές απαιτήσεις που καλύπτονται από τα ορυκτά καύσιμα, τα οποία περιέχουν άνθρακα, έχει σαν αποτέλεσμα την αυξανόμενη απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, γεγονός που ευνοεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την όξινη βροχή. Η εξάρτηση λοιπόν από τις εξαντλήσιμες πηγές ενέργειας, αφού οι ποσότητες των ορυκτών καυσίμων είναι περιορισμένες, και η ρύπανση του περιβάλλοντος, αποτελούν τις κινητήριες δυνάμεις για την ανάπτυξη και εκμετάλλευση νέων εναλλακτικών μορφών ενέργειας. Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται τη μελέτη, κατασκευή και υλοποίηση ενός αυτόνομου υβριδικού συστήματος παραγωγής ενέργειας (ΑΣΠΕ), που αποτελείται από τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) σε συνδυασμό με αποθήκευση ενέργειας μέσω αντλησιοταμίευσης μικρής κλίμακας. Τα συστήματα ΑΠΕ που χρησιμοποιήθηκαν είναι ένα φωτοβολταϊκό πάνελ και ένα μικρό υδροηλεκτρικό, τα οποία αποτελούν και τις κύριες ενεργειακές πηγές. Σε συνδυασμό με ηλεκτρονικές διατάξεις (μικροελεγκτής Arduino), τα συστήματα ΑΠΕ γίνονται πιο αποδοτικά στην διαδικασία παραγωγής ενέργειας.

Η συγκεκριμένη εργασία δομείται ως εξής:

Στο κεφάλαιο 1 “Εισαγωγή” γίνεται μία γενική αναφορά γύρω από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) και για το ενδιαφέρον που έχει παρατηρηθεί τα τελευταία χρόνια παγκοσμίως σε αυτόν τον τομέα και κυρίως στην Ελλάδα (με πίνακες). Εξετάζονται οι χρήσεις τους, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους και η κατάσταση που επικρατεί. Επίσης γίνεται αναφορά και στους τρόπους και την αναγκαιότητα της αποθήκευσης της ωφέλιμης ενέργειας

Στο κεφάλαιο 2 “Θεωρητικό Μέρος Κατασκευής” γίνεται θεωρητική ανάλυση της κατασκευής με βάση τις πηγές ενέργειας που χρησιμοποιήθηκαν αλλά και τα ηλεκτρονικά στοιχεία τα οποία ήταν απαραίτητα για την πραγματοποίηση της κατασκευής.

Στο κεφάλαιο 3 “Υβριδική Κατασκευή” περιγράφεται η έννοια των υβριδικών σταθμών, όπως και οι τρόποι αποθήκευσης σε αυτούς. Κύρια αναφορά γίνεται στα αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά ως τρόπος αποθήκευσης σε ένα υβριδικό σταθμό, τη βασική τους δομή και λειτουργία τους, όπως και περιληπτική αναφορά για τα κύρια στοιχεία μιας εγκατάστασης του. Επίσης πραγματοποιείται σύγκριση υβριδικών σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται με αιολικά ή φωτοβολταϊκά πάρκα και πιο είναι πιο αποδοτικό και συμφέρει περισσότερο.

Στο Κεφάλαιο 4 “Περιγραφή της Κατασκευής” περιγράφεται αναλυτικά κάθε υλικό και συσκευή που χρησιμοποιήθηκε, όπως και η λειτουργία του στη κατασκευή ξεχωριστά. Δηλαδή για το φωτοβολταϊκό πάνελ, το υδροηλεκτρικό, την αντλία, τη μπαταρία, τα στοιχεία του φορτίου, τον ηλιακό ελεγκτή φόρτισης και τη λειτουργία του Arduino όπου θα λειτουργεί ως φορτίο. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας του ηλιακού ελεγκτή φόρτισης

και η συνδεσμολογία του στην κατασκευή. Επίσης αναγράφονται τύποι, μετρήσεις, γραφικές παραστάσεις και αναλυτική μελέτη της κατασκευής.

Στο Κεφάλαιο 5 “Συμπεράσματα” παρουσιάζονται τα βασικά συμπεράσματα τις εργασίας και οι πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις της.

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη του συνδυασμού της ηλιακής ενέργειας και της βαρυτικής δύναμης του νερού σε μικρή κλίμακα. Οι ΑΠΕ θα παίζουν ολοένα και σημαντικότερο ρόλο στις ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες στο μέλλον. Χρειάζεται επομένως ένα νέο μοντέλο στη διαχείριση της ενέργειας. Η κατασκευή συνδυάζει συστήματα ΑΠΕ με την υποστήριξη ηλεκτρονικών στοιχείων. Με την χρήση ηλεκτρονικών στοιχείων γίνεται η καταγραφή των μετρήσεων από και προς τον ηλιακό ελεγκτή φόρτισης αλλά και σωστή διαχείριση της ενέργειας στο σύστημα.

Abstract

An imperative need has been created in the recent years for the development of new methods in the section of energy production. Energy requirements that are being covered from fossil fuels, which contain carbon, have as a result the increasing release of carbon dioxide into the atmosphere, a fact that favors the greenhouse effect and acidification of rain (acid rain). The dependence from conventional energy sources has to take also into consideration that the reserves of fossil fuels are limited, as well as their pollution to the environment. As a result, new alternative forms of energy have to be developed. This thesis confronts the study, construction and implementation of an autonomous hybrid energy production system, which contains renewable energy sources (RES) technologies combined with energy storage through small scale hydro pumped storage. The autonomous hybrid energy production system that was materialized contains systems of Renewable Energy Sources (RES). The RES systems that were included are a photovoltaic panel and a small hydro turbine, which additionally constitute the primary sources of energy. In conjunction with electronic devices (Arduino microcontroller), RES systems can become more efficient in electricity production.

This study is structured as follows:

In chapter one “Introduction” a general reference is made on RES, and also the interest that has been observed worldwide in recent years is concerned, particularly in Greece. RES uses are being reviewed; their advantages and disadvantages are presented as well as the current situation. Additionally, a reference is also made in the ways and the necessity of energy storage.

In chapter two “Construction Theoretical Part”, a theoretical analysis of the construction is made based on the energy sources that were used. Additionally, this chapter provides information on the electronic elements which were necessary for the implementation of the construction.

In chapter three “Hybrid system construction” the concept of hybrid stations, as well as the ways of storing energy are described. The main reference is related to reversible hydroelectric plants as storage mean in a hybrid station, so their basic structure and their function are summarized. Furthermore, a comparison is made between hybrid stations of electricity that are connected with wind or photovoltaic parks.

In chapter four, “Description of the Construction”, each material and device that is used is described in detail, as well as its function separately in each of the device. The components contain the photovoltaic panel, the hydro turbine, the pump, the battery, the load elements, the solar charging controller and the assembly of the structure. Moreover, measurements, graphs and the detailed study of the implemented system are presented.

In chapter five, “Conclusions”, the main conclusion and the possible future work of this thesis are presented.

The main goal of this thesis is the study of the combination of solar energy and gravitational force of water on a small scale. RES will play an increasingly important role in developed and developing countries in the future. Therefore, a new model in energy management is needed. The construction combines RES systems with the support of electronic components. The use of electronic components makes possible the recording of measurements to / from the solar charger, as well as the proper management of energy in the whole system.

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Η παρούσα πτυχιακή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος σπουδών του τμήματος Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Ηλεκτρονικών Μηχανικών του ΤΕΙ Κρήτης.

Η ενέργεια αποτέλεσε και αποτελεί τον κινητήριο μοχλό κάθε ανθρώπινης δραστηριότητας. Σε όλη την ιστορική του πορεία ο άνθρωπος χρησιμοποίησε προς όφελος του όλες τις μορφές ενέργειας που του έδινε η φύση (δύναμη του ανέμου, του νερού, του ήλιου και της φωτιάς) με στόχο τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης. Στους πρόσφατους αιώνες, η παραγωγή της ενέργειας γίνεται συνήθως σε μεγάλους θερμοηλεκτρικούς και υδροηλεκτρικούς σταθμούς, ισχύος δεκάδων, εκατοντάδων ή χιλιάδων MW, που καταναλώνουν πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κάρβουνο, ουράνιο και άλλα σχάσιμα υλικά ή χρησιμοποιούν υδατοπτώσεις.

Η ύπαρξη ενεργειακών πόρων είναι μια κρίσιμη ανάγκη σε κάθε κοινωνία. Η διατήρηση του σημερινού ενεργειακού και αναπτυξιακού μοντέλου και η επέκτασή του και στις αναπτυσσόμενες χώρες οδηγεί σε ανεξέλεγκτη κατανάλωση της ενέργειας, σε ένταση των ανταγωνισμών, στην ταχεία εξάντληση των ορυκτών καυσίμων και στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Σύμφωνα με τη Διεθνή Ενεργειακό Οργανισμό , η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας αναμένεται να αυξηθεί κατά 50% μέχρι το 2030. Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο τελευταία παρατηρείται μια σημαντική αύξηση του ενδιαφέροντος που επιδεικνύουν οι κυβερνήσεις, οι ενεργειακοί σχεδιαστές, οι εταιρείες ηλεκτρισμού και οι ιδιώτες για την ένταξη των τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργεια (ΑΠΕ) στο χαρτοφυλάκιο ενεργειακής τροφοδοσίας. Μακροπρόθεσμος στόχος της Ευρωπαϊκής πολιτικής είναι η σημαντική συνεισφορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (30% το έτος 2020) προερχομένων από την Ευρώπη, η οποία ειδικά για τον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής προγραμματίζεται να ανέλθει στο 28,1% της ακαθάριστης κατανάλωσης ηλεκτρισμού μέχρι το 2020 (17,5% χωρίς τα μεγάλα υδροηλεκτρικά).

Έτσι δημιουργείται ένα πολύ ευνοϊκό κλίμα για την αναζήτηση και εκμετάλλευση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Η γενική τάση ήταν προς ανανεώσιμες (μη εξαντλήσιμες) πηγές, σε αντιδιαστολή με τα συμβατικά καύσιμα και τις υδατοπτώσεις και προς ήπιες μορφές σε αντιδιαστολή με την πυρηνική ενέργεια. Οι πιο ελπιδοφόρες τεχνολογίες ΑΠΕ σήμερα βασίζονται στον άνεμο, τη βιομάζα και την ηλιακή ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή αλλά και για την παραγωγή θερμότητας.

1.2 Τεχνολογίες ΑΠΕ

Η ηλιακή και η αιολική ενέργεια προσελκύουν τη μερίδα του λέοντος των επενδυτικών κεφαλαίων, με την απόδοσή τους να είναι διαρκώς βελτιούμενη, τα κόστη να περιορίζονται και τις αγορές να αναπτύσσονται παγκοσμίως.

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) αναπληρώνονται μέσω των φυσικών κύκλων και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος, η γεωθερμία, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες, όπως το ξύλο και ακόμη τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, είναι πηγές ενέργειας, που η προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Εξάλλου, η αξιοποίησή τους για την παραγωγή ενέργειας δεν επιβαρύνει το περιβάλλον. Η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο δυναμικό ΑΠΕ, οι οποίες μπορούν να προσφέρουν μια πραγματική εναλλακτική λύση για την κάλυψη μέρους των ενεργειακών μας αναγκών, συνεισφέροντας στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικά καύσιμα, στην ελάττωση του φαινομένου του Θερμοκηπίου, στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και στην ανάπτυξη αποκεντρωμένων περιοχών. Οι μορφές των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι:

Η Ηλιακή Ενέργεια, η οποία αξιοποιείται με τα:

➤ Παθητικά Ηλιακά Συστήματα

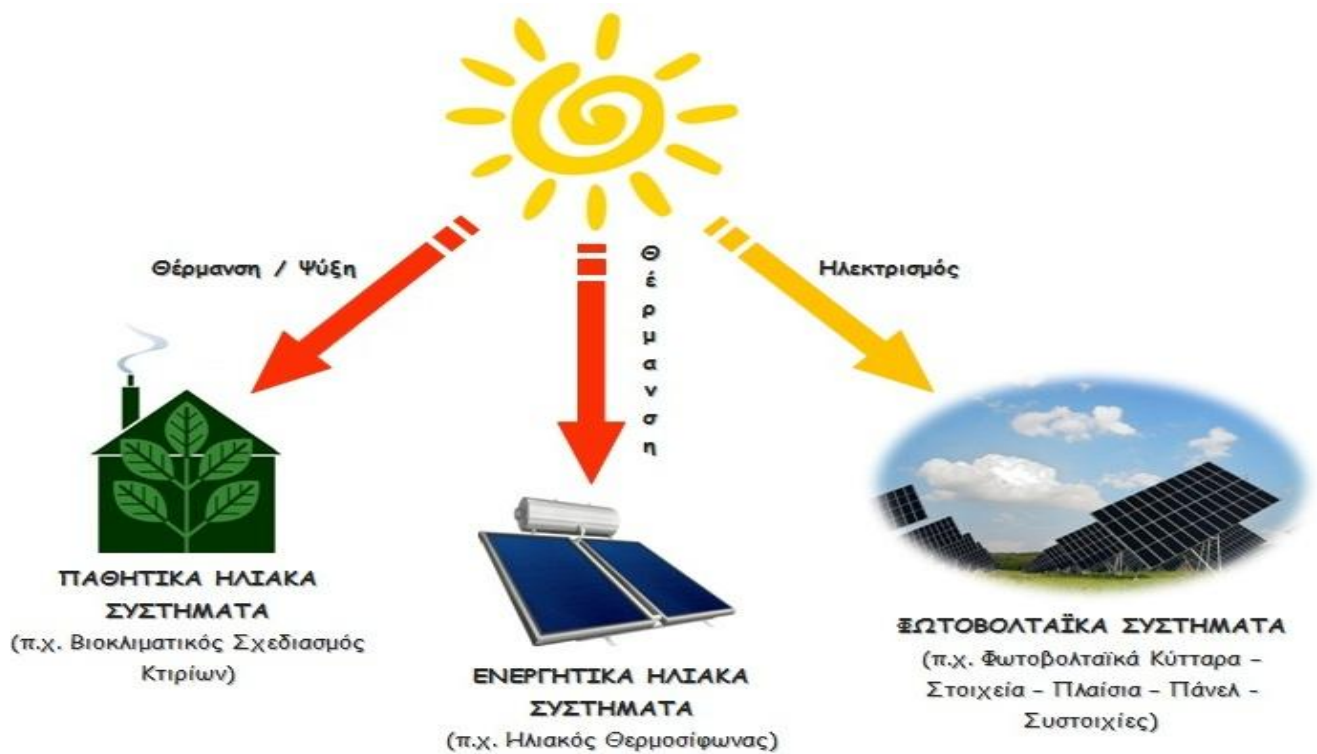
Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι δομικά στοιχεία του κτιρίου, που, αξιοποιώντας τους νόμους μεταφοράς θερμότητας, συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν σε μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα συνδυάζονται και με τεχνικές φυσικού φωτισμού καθώς και παθητικά συστήματα και τεχνικές για το φυσικό δροσισμό των κτιρίων το καλοκαίρι. Μπορούν δε να εφαρμοστούν τόσο σε καινούργια, όσο και σε ήδη υπάρχοντα κτίρια.

➤ Ενεργητικά Ηλιακά συστήματα

Τα ενεργητικά (ή θερμικά) ηλιακά συστήματα αποτελούν μηχανολογικά συστήματα που συλλέγουν, την ηλιακή ενέργεια, τη μετατρέπουν σε θερμότητα, την αποθηκεύουν και τη διανέμουν, χρησιμοποιώντας είτε κάποιο υγρό είτε αέρα ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας. Χρησιμοποιούνται για θέρμανση νερού οικιακής χρήσης, για τη θέρμανση και ψύξη χώρων, για βιομηχανικές διεργασίες, για αφαλάτωση, για διάφορες αγροτικές εφαρμογές, για θέρμανση του νερού σε πισίνες κλπ. Η πιο απλή και διαδεδομένη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι γνωστοί σε όλους μας ηλιακοί θερμοσίφωνες. Η χώρα μας είναι η πρώτη χώρα στην Ευρώπη μετά την Κύπρο σε εγκατεστημένους ηλιακούς συλλέκτες ανά κάτοικο.

➤ Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα (Φ/Β) μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, λύνοντας έτσι το πρόβλημα της ηλεκτροδότησης περιοχών που είναι δύσκολο να πάρουν ρεύμα από το ηλεκτρικό δίκτυο (απομονωμένα σπίτια, φάρoi, κλπ). Μικροί υπολογιστές και ρολόγια χρησιμοποιούν τα Φ/Β για την λειτουργία τους. Στην Ελλάδα υπάρχουν προϋποθέσεις για ανάπτυξη και εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων, λόγω του ιδιαίτερα υψηλού δυναμικού ηλιακής ενέργειας. Παρ' όλα αυτά στη χώρα μας υπάρχει ένας μικρός αριθμός εγκατεστημένων Φ/Β συστημάτων, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος της τάξης των 1000 kWp. Οι κυριότερες εφαρμογές Φ/Β στη χώρα μας, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος της τάξης των 1000 kWp, αφορούν μικρά αυτόνομα συστήματα για την ηλεκτροδότηση απομονωμένων περιοχών. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζονται οι μορφές αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας.



Εικόνα 1.1: Αξιοποίηση ηλιακής ενέργειας

Αιολική Ενέργεια

Η εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου υπήρξε από την αρχαιότητα μια λύση για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του ανθρώπου: ιστιοφόρα, ανεμόμυλοι κλπ. Για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούμε σήμερα τις ανεμογεννήτριες, οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Οι νησιωτικές περιοχές της Ελλάδας είναι από τις ευνοϊκότερες γεωγραφικές θέσεις παγκοσμίως για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας.

Βιομάζα

Με τον όρο βιομάζα εννοούμε τα καυσόξυλα, τα φυτικά και δασικά υπολείμματα (κλαδοδέματα, άχυρα, πριονίδια, ελαιοπυρήνες, κουκούτσια), τα ζωικά απόβλητα (κοπριά, άχρηστα αλιεύματα), τα φυτά που καλλιεργούνται στις ενεργειακές φυτείες ειδικά για να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας, καθώς επίσης και τα αστικά απορρίμματα και τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων και της αγροτικής βιομηχανίας.

Οι κυριότερες χρήσεις της βιομάζας είναι:

- Θέρμανση θερμοκηπίων
- Θέρμανση κτιρίων με καύση βιομάζας σε ατομικούς/κεντρικούς λέβητες : Σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση κτιρίων ατομικοί/κεντρικοί λέβητες πυρηνόξυλου.
- Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες
- Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου
- Τηλεθέρμανση : είναι η προμήθεια θέρμανσης χώρων καθώς και θερμού νερού χρήσης σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μια πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η θερμότητα μεταφέρεται με προ-μονωμένο δίκτυο αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια .
- Παραγωγή ενέργειας σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)

Γεωθερμία

Η Γεωθερμία είναι μία ήπια και ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή που μπορεί με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες να καλύψει ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης, αλλά και να παραγάγει ηλεκτρική ενέργεια σε ορισμένες περιπτώσεις. Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού ή ατμού ποικίλει από περιοχή σε περιοχή και μπορεί να έχει τιμές από 25 °C μέχρι 350 °C. Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία (πάνω από 150 °C) η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, η γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται για τη θέρμανση κατοικιών, θερμοκηπίων, κτηνοτροφικών μονάδων, ιχθυοκαλλιεργειών, κλπ.

Η Υδραυλική Ενέργεια

Η υδραυλική ενέργεια, όπως λέγεται η ενέργεια του νερού, είναι μια παραδοσιακή πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια από τον άνθρωπο. Το νερό πέφτοντας από κάποιο ύψος ή ρέοντας με μεγάλη ταχύτητα μπορεί να περιστρέψει τροχούς με πτερύγια (υδροστροβίλους). Αυτή την περιστροφή την αξιοποιούμε παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια σε ειδικές εγκαταστάσεις (υδροηλεκτρικοί σταθμοί).



Εικόνα 1.2: Είδη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

1.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των ΑΠΕ

Στις πόλεις καθημερινά οι ενεργειακές ανάγκες καλύπτονται σχεδόν αποκλειστικά, από τις συμβατικές πηγές ενέργειας, δηλαδή το πετρέλαιο, τη βενζίνη και τον άνθρακα. Ο ηλεκτρισμός που χρησιμοποιείται προέρχεται από αυτές τις πηγές, οι οποίες παρόλη τη σπουδαία συνεισφορά τους στο σύγχρονο πολιτισμό, ρυπαίνουν ανεπανόρθωτα το περιβάλλον και εξαντλούνται με γοργούς ρυθμούς.

Επομένως θα πρέπει να βρεθούν άλλες λύσεις για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών όπως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες είναι φιλικές προς το περιβάλλον και ταυτόχρονα, ανεξάντλητες. Επιπλέον, η χρήση τους, πέραν από την ελαχιστοποίηση εκπομπής του διοξειδίου του άνθρακα, παρουσιάζει και τα παρακάτω πλεονεκτήματα :

1. Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από τους εξαντλήσιμους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.
2. Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
3. Είναι γεωγραφικά διεσπαρμένες και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα να καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες μεταφοράς ενέργειας.
4. Δίνουν τη δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης μορφής ενέργειας που είναι προσαρμοσμένη στις ανάγκες του χρήστη (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών

θερμοκρασιών έως αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή) , επιτυγχάνοντας ορθολογικότερη χρησιμοποίηση των ενεργειακών πόρων.

5. Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος, το οποίο επιπλέον δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.

6. Οι εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης των ΑΠΕ διατίθενται σε μικρά μεγέθη και έχουν μικρή διάρκεια κατασκευής, επιτρέποντας έτσι τη γρήγορη ανταπόκριση της προσφοράς προς τη ζήτηση ενέργειας, με επαναλαμβανόμενα συστήματα σε πολλές περιπτώσεις.

7. Οι επενδύσεις των ΑΠΕ είναι εντάσεως εργασίας, δημιουργώντας πολλές θέσεις εργασίας ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.

Εκτός από τα παραπάνω πλεονεκτήματα οι ΑΠΕ παρουσιάζουν και ορισμένα χαρακτηριστικά που δυσχεραίνουν την αξιοποίηση και την ταχεία ανάπτυξή τους όπως :

1. Το διεσπαρμένο δυναμικό τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί σε μεγάλα μεγέθη ισχύος, να μεταφερθεί και να αποθηκευθεί.

2. Έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος και ενέργειας και συνεπώς για μεγάλες ισχύεις απαιτούνται συχνά εκτεταμένες εγκαταστάσεις.

3. Παρουσιάζουν συχνά διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητά τους που μπορεί να είναι μεγάλης διάρκειας απαιτώντας την εφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών ή γενικά δαπανηρές μεθόδους αποθήκευσης.

4. Η χαμηλή διαθεσιμότητά τους συνήθως οδηγεί σε χαμηλό συντελεστή χρησιμοποίησης των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσής τους,

5. Το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος σε σύγκριση με τις σημερινές τιμές των συμβατικών καυσίμων είναι ακόμη υψηλό.

1.4 Ευρωπαϊκή Ένωση και ΑΠΕ

Τα κράτη μέλη έχουν πολύ διαφορετικά ενεργειακά μείγματα. Το σύνολο των ενεργειακών αναγκών της ΕΕ, σε όρους ακαθάριστης εσωτερικής κατανάλωσης, καλύφθηκε κατά μέσο όρο από τις ακόλουθες πηγές: 35% πετρέλαιο, 24% φυσικό αέριο, 17% στερεά καύσιμα, όπως ο άνθρακας, 14% πυρηνική ενέργεια και 10% ανανεώσιμες πηγές όπως υδροηλεκτρική ή αιολική ενέργεια. Το μείγμα αυτό ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό μεταξύ των χωρών και εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου ως αποτέλεσμα των γεωγραφικών συνθηκών, όπως η διαθεσιμότητα και η προσβασιμότητα σε φυσικούς πόρους, εθνικών επιλογών πολιτικής, όπως η απόφαση για τη χρήση ή μη πυρηνικής ενέργειας, της αλλαγής των οικονομικών κινήτρων, της τεχνολογικής προόδου, των απαιτήσεων απεξάρτησης από τον άνθρακα και της ανάπτυξης της εσωτερικής αγοράς.

Τα κράτη μέλη μοιράζονται τους ίδιους στόχους. Παρά τις διαφορές τους, τα κράτη μέλη έχουν τρεις κοινούς στόχους πολιτικής: Μείωση του ενεργειακού κόστους για τα νοικοκυριά και τις επιχειρήσεις («ανταγωνιστικότητα»), προκειμένου να εξασφαλιστεί αξιόπιστος και απρόσκοπτος ενεργειακός εφοδιασμός («ασφάλεια του εφοδιασμού») και περιορισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την παραγωγή, τη μεταφοράς και τη χρήση της ενέργειας («αειφορία»). Σε πολλές περιπτώσεις, οι εν λόγω στόχοι επιτυγχάνονται καλύτερα με τη θέσπιση κοινού πλαισίου και την ανάληψη κοινής δράσης σε επίπεδο ΕΕ. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο αρχηγοί κρατών ή κυβερνήσεων συμφώνησαν ότι μέχρι το 2020 πρέπει να επιτευχθούν τρεις πρωταρχικοί στόχοι (που συχνά αναφέρονται ως «20-20-20 έως το 2020»): να μειωθούν οι εκπομπές CO₂ κατά 20% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, να αυξηθεί το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών στο συνολικό ενεργειακό μείγμα της ΕΕ κατά 20% και να αυξηθεί η ενεργειακή απόδοση κατά 20%. Οι στόχοι αυτοί αποτελούν επίσης το επίκεντρο της στρατηγικής «Ευρώπη 2020» για έξυπνη, βιώσιμη και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξη. Η ΕΕ κατέχει ηγετική θέση στις τεχνολογίες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Κατέχει το 40% των παγκόσμιων ευρεσιτεχνιών στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενώ το 2015 σχεδόν το ήμισυ (54%) του παγκόσμιου δυναμικού ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (εκτός της υδροηλεκτρικής) αντιστοιχούσε στην ΕΕ. Ο κλάδος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ΕΕ απασχολεί περίπου 1,6 εκατομμύρια άτομα. Η νομοθεσία της ΕΕ για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει εξελιχθεί σημαντικά κατά τα τελευταία έτη. Το μελλοντικό πλαίσιο πολιτικής για την περίοδο μετά το 2020 βρίσκεται υπό συζήτηση.

Η ΕΕ έχει θέσει ενεργειακούς και κλιματικούς στόχους για το 2020, το 2030 και το 2050.

Στόχοι για το 2020:

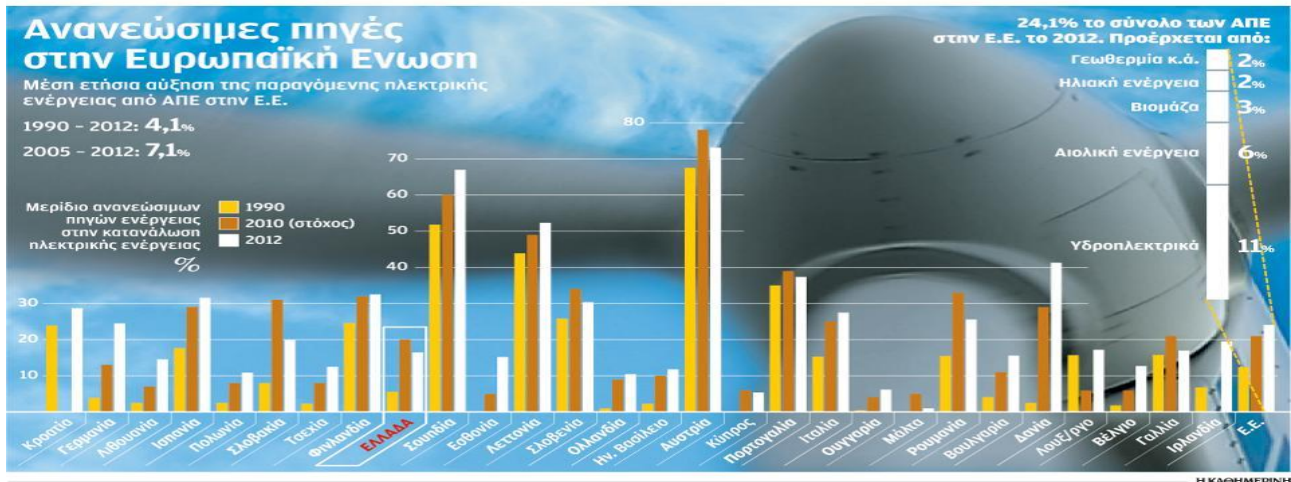
- μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 20% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990
- άντληση του 20% της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές
- βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20%.

Στόχοι για το 2030:

- μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 40%
- άντληση τουλάχιστον του 27% της ενέργειας στην ΕΕ από ανανεώσιμες πηγές
- αύξηση της ενεργειακής απόδοσης κατά 27-30%
- διασύνδεση της ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό 15% (δηλαδή το 15% της ενέργειας που παράγεται στην ΕΕ πρέπει να μπορεί να μεταφέρεται και προς άλλες χώρες της ΕΕ).

Στόχος για το 2050:

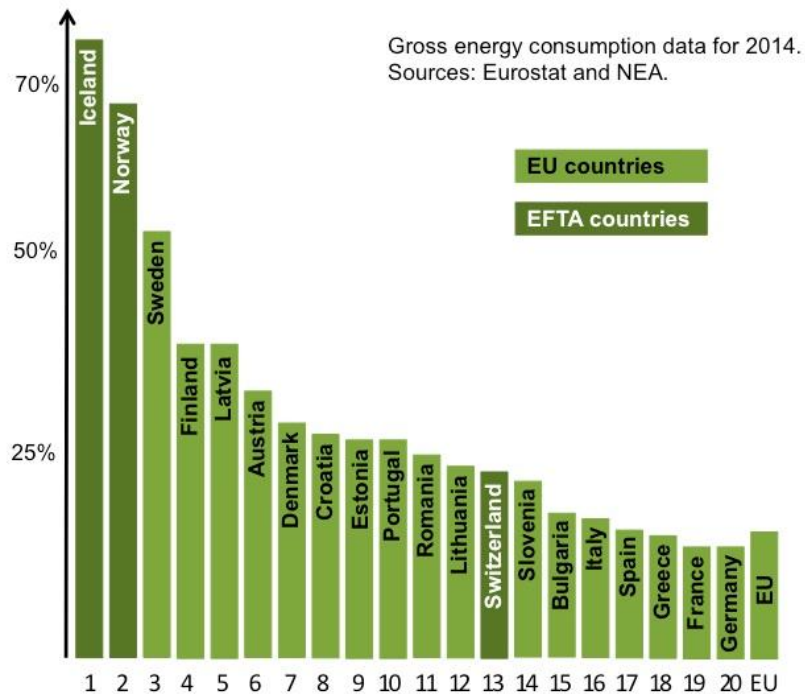
- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 80-95% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990.



Εικόνα 1.3: Ποσοστό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ από ΑΠΕ

1.	Iceland	77 %
2.	Norway	69 %
3.	Sweden	53 %
4.	Finland	39 %
5.	Latvia	39 %
6.	Austria	33 %
7.	Denmark	29 %
8.	Croatia	28 %
9.	Estonia	27 %
10.	Portugal	27 %
11.	Romania	25 %
12.	Lithuania	24 %
13.	Switzerland	23 %
14.	Slovenia	22 %
15.	Bulgaria	18 %
16.	Italy	17 %
17.	Spain	16 %
18.	Greece	15 %
19.	France	14 %
20.	Germany	14 %
21.	Czech Republic	13 %
22.	Slovakia	12 %
23.	Poland	11 %
24.	Hungary	10 %
25.	Cyprus	9 %
26.	Ireland	9 %
27.	Belgium	8 %
28.	UK	7 %
29.	Holland	6 %
30.	Luxembourg	5 %
31.	Malta	5 %
	EU average	16 %

Share of renewable energy (percentage) in gross final energy consumption. Graph shows top-20 European green countries within EU and EFTA.



Εικόνα 1.4: Πίνακας χωρών με βάση την αξιοποίηση των ΑΠΕ

1.5 Ελλάδα και ΑΠΕ

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ, αποτελεί προτεραιότητα της Ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής καθώς συμβάλλει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών CO₂ και την ασφάλεια εφοδιασμού.

Σύμφωνα με την πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την κλιματική αλλαγή, έχει συμφωνηθεί από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Υπουργών το 1998, οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου της Ελλάδας για το διάστημα 2012-16 να αυξηθούν το μέγιστο κατά 25%, σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Ο συνολικός στόχος για την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι μείωση κατά 11% για την αντίστοιχη περίοδο. Ως εκ τούτου, το κύριο σημείο της πολιτικής της χώρας για τη μείωση των εκπομπών είναι η διαφοροποίηση του σημερινού ενεργειακού μείγματος με την εισαγωγή καυσίμων χαμηλότερων εκπομπών (φυσικό αέριο) και η μεγαλύτερη διεξόδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, σε συνδυασμό με την εξοικονόμηση ενέργειας.

Ειδικά για τον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, προβλέπονται η βελτίωση της απόδοσης των υπαρχόντων λιγνιτικών σταθμών και η διεξόδυση του φυσικού αερίου και των ΑΠΕ. Στο τομέα της κατανάλωσης ενέργειας προβλέπονται παρεμβάσεις στους τομείς των κτιρίων (κανονισμοί, χρήση παθητικών και ενεργητικών συστημάτων, πιστοποίηση συσκευών και εισαγωγή φυσικού αερίου και μικρής συμπαραγωγής), της βιομηχανίας (χρήση φυσικού αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα είναι μικρότερες από τη μέση τιμή της ΕΕ, οι εκπομπές ανά μονάδα ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης ενέργειας είναι από τις υψηλότερες στην ΕΕ. Ο λόγος είναι η κυρίαρχη θέση του λιγνίτη και του πετρελαίου στο ενεργειακό μείγμα της χώρας.

Οι μισές περίπου από τις εκπομπές CO₂ στην Ελλάδα, προέρχονται από την καύση του λιγνίτη για παραγωγή ηλεκτρισμού και συμπαραγωγής) και των μεταφορών (βελτίωση των υποδομών για τις δημόσιες μεταφορές και χρήση βιοκαυσίμων). Ένας άλλος σημαντικός στόχος της Ελληνικής ενεργειακής πολιτικής τα τελευταία χρόνια είναι η προώθηση μέτρων και προγραμμάτων. Με την υιοθέτηση των Ευρωπαϊκών Οδηγιών τέθηκε το νομικό πλαίσιο για την έκδοση υπουργικών αποφάσεων για την ενεργειακή σήμανση στην Ελλάδα.

Η μεγάλη πρόκληση για τις ΑΠΕ στην Ελλάδα σήμερα είναι η εκπλήρωση του στόχου της Κοινοτικής Οδηγίας για την παραγωγή ηλεκτρισμού από ΑΠΕ. Σύμφωνα με αυτήν, η Ελλάδα καλείται να αυξήσει το ποσοστό των ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο επίπεδο του 32,1% μέχρι το 2020 (συμπεριλαμβανομένης της συμμετοχής των μεγάλων υδροηλεκτρικών). Ο στόχος αυτός, αν και υψηλός, δεν είναι ανέφικτος. Εξάλλου, έχει υιοθετηθεί πλήθος μέτρων για τις μεταφορές, με τη θέσπιση του Ν.3423/05 για τα βιοκαύσιμα, την ανανέωση των παλαιών ιδιωτικής χρήσεως αυτοκινήτων, και τη βελτίωση των προδιαγραφών των οδικών δικτύων και των μέσων μαζικής μεταφοράς. Οι στόχοι της Ελλάδας για το 2030 είναι:

- Στόχο διεξόδυσης των Α.Π.Ε. 30% για το 2030.
- Στόχο μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 40% το 2030

- Στόχο για την εξοικονόμηση ενέργειας 30% για το 2030
- Στόχο 100% εισαγωγής των έξυπνων μετρητών ηλεκτρικής κατανάλωσης, σε όλους τους Έλληνες καταναλωτές ως το 2030 και
- Στόχο 100% ηλεκτρικής διασύνδεσης όλων των νησιών ως το 2030.

Στους παρακάτω πίνακες γίνεται αποτύπωση των βασικών μεγεθών των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και των Σταθμών Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Αποδοτικότητας (ΣΗΘΥΑ) 2016.

Πίνακας 1.1: Εγκατεστημένη ισχύς (MW) και παραγωγή ενέργειας (GWh) μονάδων ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ για το έτος 2016

Μήνας	Αιολικά		Φ/Β		Φ/Β Στέγες		ΜΥΗΣ		Βιοαέριο-Βιομάζα		ΣΗΘΥΑ & Κατανεμόμενες ΣΗΘΥΑ		Σύνολο	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Ιαν	1.857	401	2.093	173	351	31	224	78	52	20	230	112	4.806	816
Φεβ *	1.857	399	2.093	201	351	25	224	76	52	20	230	106	4.806	827
Μαρ	1.857	383	2.093	249	351	24	224	100	52	21	230	111	4.807	887
Απρ	1.857	275	2.093	329	351	31	224	79	52	21	230	100	4.807	835
Μάι	1.857	291	2.093	324	351	40	224	75	52	21	230	108	4.807	859
Ιουν *	1.960	280	2.093	341	351	40	224	54	53	19	230	102	4.911	837
Ιουλ	1.963	354	2.093	372	351	47	224	35	54	20	230	104	4.915	932
Αυγ	1.981	435	2.094	350	351	56	223	29	54	21	230	105	4.933	998
Σεπ	1.981	293	2.094	274	351	59	223	36	54	20	230	104	4.933	786
Οκτ *	1.987	335	2.093	216	351	47	223	45	57	22	230	112	4.941	777
Νοε	2.044	392	2.093	166	351	40	223	64	57	23	230	112	4.998	797
Δεκ	2.047	493	2.094	178	351	35	223	50	58	24	230	120	5.003	901
Σύνολο Έτους	2.047	4.331	2.094	3.175	351	475	223	721	58	253	230	1.297	5.003	10.253

Πίνακας 1.2: Αποτύπωση Βασικών Μεγεθών για τα μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (ΜΔΝ) εγκατεστημένη ισχύς (MW) και παραγωγή ενέργειας (GWh) μονάδων ΑΠΕ&ΣΗΘΥΑ για το έτος 2016

Μήνας	Αιολικά		Φ/Β		Φ/Β Στέγες		ΜΥΗΣ		Βιοαέριο-Βιομάζα		ΣΗΘΥΑ & Κατανεμόμενες ΣΗΘΥΑ		Σύνολο	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Ιαν	323	69	136	12	25	2	0,30	0,06					484	84
Φεβ	323	54	136	16	23	2	0,30	0,06					482	72
Μαρ	323	60	136	20	23	3	0,30	0,06					482	82
Απρ	323	39	136	24	23	3	0,30	0,05					482	67
Μάι	323	54	136	24	23	4	0,30	0,04					482	82
Ιουν	323	60	136	26	23	4	0,30	0,04					482	90
Ιουλ	323	121	136	28	23	4	0,30	0,04					483	153
Αυγ	323	91	136	26	23	4	0,30	0,04					483	121
Σεπ	323	78	136	22	23	3	0,30	0,02					483	103
Οκτ	323	61	136	20	23	3	0,30	0,03					483	84
Νοε	323	48	136	14	23	3	0,30	0,03					483	65
Δεκ	323	78	136	11	23	2	0,30	0,02					483	92
Σύνολο Έτους	323	815	136	243	23	36	0,30	0,48					483	1.095

Πίνακας 1.3: Σύνολο μηνιαίας παραγωγής ηλεκτρισμού από ΑΠΕ στην Ελλάδα

Μήνας	Αιολικά		Φ/Β		Φ/Β Στέγες		ΜΥΗΣ		Βιοαέριο-Βιομάζα		ΣΗΘΥΑ & Κατανεμόμενες ΣΗΘΥΑ		Σύνολο	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Ιαν	2.180	470	2.229	185	376	33	224	78	52	20	230	112	5.291	899
Φεβ *	2.179	453	2.229	217	374	27	224	76	52	20	230	106	5.289	899
Μαρ	2.179	442	2.229	268	375	26	224	100	52	21	230	111	5.289	969
Απρ	2.179	314	2.229	353	375	34	224	79	52	21	230	100	5.289	902
Μάι	2.179	346	2.229	349	375	44	224	75	52	21	230	108	5.289	942
Ιουν *	2.283	340	2.229	367	375	44	224	54	53	19	230	102	5.394	927
Ιουλ	2.286	475	2.229	400	375	50	224	35	54	20	230	104	5.397	1.085
Αυγ	2.304	526	2.230	376	375	60	223	29	54	21	230	105	5.416	1.119
Σεπ	2.304	371	2.230	296	375	62	223	36	54	20	230	104	5.415	889
Οκτ *	2.310	397	2.229	236	375	50	223	45	57	22	230	112	5.424	861
Νοε	2.366	440	2.229	180	375	43	223	64	57	23	230	112	5.481	863
Δεκ	2.370	571	2.230	190	375	38	223	50	58	24	230	120	5.486	993
Σύνολο Έτους	2.370	5.146	2.230	3.418	375	512	223	722	58	253	230	1.297	5.486	11.348

Πίνακας 1.4: Απόκλιση στόχων εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ (MW)

	Δεκέμβριος 2016	Στόχος 2014	Στόχος 2020
Υδροηλεκτρικά	3.392	3.700	4.650
Μικρά (0-15MW)	223	300	350
Μεγάλα (>15MW)	3.169	3.400	4.300
Φωτοβολταϊκά	2.229	1.500	2.200
Εγκαταστάσεις από επαγγελματίες αγρότες της περίπτωσης (β) της παρ.6 του αρθ.15 του ν.3851/2010	287	500	750
Λοιπές Εγκαταστάσεις	1942	1.000	1.450
Ηλιοθερμικά	-	120	250
Αιολικά (περιλαμβανομένων θαλασσίων)	2.371	4.000	7.500
Βιομάζα-Βιοαέριο	58	200	350

Σημειώσεις: 1. Η ισχύς Φ/Β του Ειδικού Προγράμματος Στεγών δεν συνυπολογίζεται στους ανωτέρω στόχους και δεν περιλαμβάνεται στην εγκατεστημένη ισχύ των Φ/Β. 2. Η εγκατεστημένη ισχύς αφορά στην Επικράτεια. 3. Η ισχύς των αγροτικών φωτοβολταϊκών ενημερώθηκε με τα στοιχεία που προέκυψαν από την υποβολή των δηλώσεων του Ν.4254/2014 (ημερομηνία αναφοράς: 4 Φεβρουαρίου 2015)

Πίνακας 1.5: Ποσοστό ΑΠΕ στην Ελλάδα

Κατηγορία	2010	2015	Στόχος 2020
Ποσοστά ΑΠΕ στη Θέρμανση	17.2%	24.5	50%
Ποσοστά ΑΠΕ στην Ηλεκτρική Ενέργεια	12.4%	18.2%	40%
Ποσοστά ΑΠΕ στις Μεταφορές	2.0%	1.2%	10%
Συνολικό ποσοστό ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας	9.7%	14.1%	20%

1.6 Τρόποι Αποθήκευσης Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η αποθήκευση της ενέργειας (energy storage) αποτελεί με τον έναν ή τον άλλο τρόπο τόσο μια φυσική διεργασία (π.χ. δημιουργία ορυκτών καυσίμων), όσο και μια τεχνητή μέθοδο για την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών του ανθρώπου. Η ταξινόμηση των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας είναι αρκετά περίπλοκη. Μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με το σκοπό του συστήματος (π.χ. παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος ή θερμότητας), ανάλογα με τη μορφή της ενέργειας που αποθηκεύεται ή ανάλογα με το αν τα συστήματα αυτά είναι κινητά ή σταθερά. Στη συγκεκριμένη εργασία θα αναφερθούμε στην αποθήκευση ηλεκτρικής ισχύος. Έτσι, τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να ταξινομηθούν ως:

(α) Αποθήκευση Ηλεκτρισμού:

1. Δυναμική Ενέργεια

- Άντληση νερού (pumped hydro storage)
- Συμπιεσμένος αέρας (compressed gas)
- Ελατήρια (springs)

2. Κινητική Ενέργεια - Σφόνδυλοι (flywheels)

3. Χημική Ενέργεια

- Συνθετικά καύσιμα (από τον γαιάνθρακα, υγρά και αέρια, και από τη βιομάζα)
- Ηλεκτροχημικές ενεργειακές πηγές (Συσσωρευτές-batteries, Υδρογόνο - υγρό ή αέριο-, στοιχεία καυσίμων - fuel cells)

4. Αποθήκευση ηλεκτρικής και μαγνητικής ενέργειας

- Μαγνητικά πεδία (υπεραγώγιμα πηνία εμβαπτισμένα σε υγρό ήλιο υπό κενό – superconducting magnetic energy storage, προβληματική η διατήρηση των χαμηλών θερμοκρασιών)
- Ηλεκτρικά πεδία (υπερ-πυκνωτές– advanced electrochemical capacitors)

(β) Αποθήκευση Θερμότητας

- Θερμό νερό, για βραχυπρόθεσμη (ώρες, ημέρες) ή μακροπρόθεσμη αποθήκευση (μήνες)
- Θερμά στερεά (π.χ. πέτρες, τούβλα, θερμοσυσσωρευτές, ανάλογα ψύξη για το καλοκαίρι)
- Με την τήξη ορισμένων στερεών (λανθάνουσα θερμότητα τήξης)

1.6.1 Η Αναγκαιότητα Αποθήκευση της Ενέργειας

Στις μέρες μας είναι σημαντική η αποθήκευση ενέργειας και κυρίως η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας γιατί:

Σήμερα ουσιαστικά χρησιμοποιούμε αποθηκευμένη ενέργεια με τη μορφή των Ορυκτών Καυσίμων, τα οποία αποτελούν εξέλιξη της αποθήκευσης της βιομάζας. Αλλά και η αποθήκευση των συμβατικών καυσίμων (σε δεξαμενές, σε υπόγειες στοές για το φυσικό αέριο, στο ντεπόζιτο της βενζίνης του αυτοκινήτου) αποτελεί μορφή αποθήκευσης ενέργειας.

Αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνει δυνατή η αξιοποίηση των περισσότερων ΑΠΕ και, ιδιαίτερα, της ηλιακής και της αιολικής ενέργειας. Μόνο με αξιόπιστα συστήματα αποθήκευσης της ενέργειας μπορούν να λειτουργήσουν τα αυτόνομα συστήματα ΑΠΕ, αλλά και να επιτευχθεί η ενσωμάτωση σε μεγάλη κλίμακα της ηλεκτρικής ισχύος από τις ΑΠΕ στο ηλεκτρικό δίκτυο.

- Είναι σημαντική για την εξισορρόπηση της ηλεκτρικής ισχύος από τις εταιρίες ηλεκτροπαραγωγής: οι σταθμοί παραγωγής λειτουργούν αποδοτικότερα με σταθερή παραγωγή και για να καλύψουν ώρες αιχμής θα ήταν επιθυμητή η αποθήκευση της περίσσειας στα χρονικά διαστήματα με μικρότερη κατανάλωση. Η αποθήκευση ηλεκτρισμού μπορεί να μειώσει το λειτουργικό κόστος μιας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής. Επιπλέον βοηθά στο πρόβλημα της «ποιότητας» του ηλεκτρισμού, δηλαδή να μειώνει τις διακυμάνσεις του δυναμικού, της έντασης ή της συχνότητας του ηλεκτρικού ρεύματος.
- Η διαθεσιμότητα αξιόπιστης αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας θα οδηγήσει στη χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων, τουλάχιστον μέσα στις πόλεις, με προφανή θετική επίδραση στο περιβάλλον της πόλης.
- Μπορεί να καλύψει τους καταναλωτές σε περιπτώσεις διακοπών (συστήματα UPS) και για τη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας στις ώρες αιχμής, όταν και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερο.

Επίσης η βέλτιστη μέθοδος αποθήκευσης της ενέργειας για κάθε περίπτωση εξαρτάται από την ποσότητα της ενέργειας που πρέπει να αποθηκευτεί (ενεργειακή πυκνότητα του υλικού), τη χρονική διάρκεια αποθήκευσης, τη μορφή της ενέργειας που απαιτείται για αποθήκευση και την απόδοση με την οποία ανακτάται η ενέργεια. Υπάρχουν διάφορα συστήματα αποθήκευσης της ενέργειας, από μερικά MW για το βηματοδότη μέχρι ορισμένα MW σε μια μονάδα ηλεκτροπαραγωγής.

Οι τρόποι αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας στην κατασκευή που θα πραγματοποιηθεί για την παρούσα Πτυχιακή, είναι μέσω της δυναμικής ενέργειας από την άντληση νερού (Αντλησιοταμίευση) και μέσω της χημικής ενέργειας από ηλεκτροχημικές ενεργειακές πηγές (Συσσωρευτές).

1.6.2 Αντλησιοταμίευση (*pumped hydroelectric energy storage*)

Η αρχή της μεθόδου είναι απλή. Χρησιμοποιεί την περίσσεια ηλεκτρική ενέργεια (κατά τη διάρκεια χαμηλής ζήτησης) για να μεταφέρει νερό από ένα χαμηλότερο σε έναν υψηλότερο υδάτινο ταμιευτήρα (τεχνητό ή φυσικό) κατά τη διάρκεια της νύχτας που υπάρχει περίσσεια ηλεκτρική ισχύς. Η ανάκτηση της ενέργειας εξαρτάται από τον όγκο του νερού και από το ύψος πάνω από τον στρόβιλο. Για να είναι αποδοτική η αντλησιοταμίευση απαιτείται τουλάχιστον 100 m ύψος, ενώ συνήθως ο κατώτερος ταμιευτήρας είναι τεχνητός (με εκσκαφή). Η μονάδα δεν επηρεάζει τη φυσική ροή της λίμνης, ενώ περιορίζεται η συγκέντρωση ιζημάτων στον πυθμένα του ταμιευτήρα.

Επειδή η υδραυλική ισχύς έχει απόδοση περίπου 80-90%, η συνολική απόδοση της μεθόδου σε μεγάλα συστήματα ανέρχεται σε 65-70%. Σήμερα ακόμη παραμένει ουσιαστικά η κυριότερη μέθοδος αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Η μεγαλύτερη εγκατάσταση στον κόσμο βρίσκεται στη λίμνη Michigan (1,5x10⁷ kWh). Πλεονέκτημα της μεθόδου είναι και η γρήγορη εκκίνηση και διακοπή λειτουργίας του συστήματος (μέσα σε 30 δευτερόλεπτα). Ο κυριότερος περιορισμός στην ανάπτυξη της μεθόδου είναι το υψηλό κόστος κατασκευής των τεχνητών ταμιευτήρων, αλλά υπάρχουν και γεωλογικοί, γεωγραφικοί και περιβαλλοντικοί περιορισμοί. Σήμερα διερευνάται η δυνατότητα χρήσης υπόγειων ταμιευτήρων.

1.6.3 Συσσωρευτές (*Batteries*)

Υπάρχει ανάγκη για ανάπτυξη αξιόπιστων συσσωρευτών, ανώτερης ποιότητας από τα συμβατικά συστήματα των συσσωρευτών μολύβδου-οξέος, που θα διαρκούν για περισσότερους από 2000 κύκλους φόρτισης-αποφόρτισης. Οι συσσωρευτές μολύβδου-οξέος εφευρέθηκαν το 1859 από τον *Gaston Planté* και χρησιμοποιούνται ακόμη ευρύτατα στο μεταφορικό τομέα, για αποθήκευση ηλιακής ενέργειας κτλ. Οι περιορισμοί τους είναι: (α)

απαιτούν συχνή συντήρηση για αντικατάσταση του νερού που χάνεται, (β) είναι σχετικά ακριβά για ευρεία χρήση στα ΦΒ συστήματα και (γ) επειδή χρησιμοποιούν μόλυβδο είναι σχετικά βαριά. Τα πλεονεκτήματά τους είναι ότι έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και υπάρχουν διαθέσιμα στο εμπόριο σε μεγάλη ποικιλία.

Οι περιοχές ισχύος των συσσωρευτών κυμαίνονται ανάλογα με τη χρήση:

- (1) 1-7 kW για οικιακή χρήση
- (2) 30-100 kW για εμπορική, βιομηχανική ή οικιστική χρήση
- (3) >1 MW για σύνδεση με το δίκτυο.

Υποψήφια εναλλακτικά συστήματα υπάρχουν πολλά και, σίγουρα, πολλά ακόμη βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο (όπως το σύστημα ψευδαργύρου-βρώμιου): νικέλιο-ψευδάργυρος και νικέλιο-σίδηρος, παρέχουν ορισμένες βελτιώσεις ψευδάργυρος-χλώριο, νάτριο-θείο, λίθιο-θειούχος σίδηρος μπορούν να παρουσιάζουν σημαντικές βελτιώσεις. Μειονέκτημα το υψηλό κόστος και τα μέτρα ασφάλειας για μεγάλες μονάδες.

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη του συνδυασμού της ηλιακής ενέργειας και της βαρυτικής δύναμης του νερού σε μικρή κλίμακα. Η κατασκευή συνδυάζει συστήματα ΑΠΕ με αποτέλεσμα την αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό στους συσσωρευτές και μεταφορά του νερού από ένα χαμηλότερο σημείο σε ένα υψηλότερο με την χρήση της αντλησιοταμίευσης.

Κεφάλαιο 2. Θεωρητικό Μέρος Κατασκευής

2.1 Εισαγωγή

Οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας (ΑΠΕ) είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Οι ήπιες μορφές ενέργειας βασίζονται κατ' ουσία στην ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση τη γεωθερμική ενέργεια, η οποία είναι ροή ενέργειας από το εσωτερικό του φλοιού της γης, και την ενέργεια απ' τις παλίρροιες που εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα. Οι βασιζόμενες στην ηλιακή ακτινοβολία ήπιες πηγές ενέργειας είναι ανανεώσιμες, μιας και δεν πρόκειται να εξαντληθούν όσο υπάρχει ο ήλιος, δηλαδή για μερικά ακόμα δισεκατομμύρια χρόνια. Ουσιαστικά είναι ηλιακή ενέργεια «συσκευασμένη» κατά τον ένα ή τον άλλο τρόπο: η βιομάζα είναι ηλιακή ενέργεια δεσμευμένη στους ιστούς των φυτών μέσω της φωτοσύνθεσης, η αιολική εκμεταλλεύεται τους ανέμους που προκαλούνται απ' τη θέρμανση του αέρα ενώ αυτές που βασίζονται στο νερό εκμεταλλεύονται τον κύκλο εξάτμισης-συμπύκνωσης του νερού και την κυκλοφορία του.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται τη μελέτη, κατασκευή και υλοποίηση ενός αυτόνομου υβριδικού συστήματος παραγωγής ενέργειας (ΑΣΠΕ), ως μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας (ΑΠΕ), εκμεταλλεύόμενο την ενέργεια που παράγεται από τα συστήματα ΑΠΕ. Το Αυτόνομο Σύστημα Παραγωγής Ενέργειας (ΑΣΠΕ) που υλοποιήθηκε περιλαμβάνει συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Αρχικά, γίνεται αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας μέσω του φωτοβολταϊκού πάνελ και της βαρυτικής δύναμης του νερού το οποίο μεταφέρεται από την μία δεξαμενή στην άλλη. Το υδροηλεκτρικό μετατρέπει την κινητική δύναμη του νερού σε ηλεκτρική. Στην συνέχεια, με την βοήθεια ηλεκτρονικών στοιχείων γίνεται αποθήκευση της ενέργειας στους συσσωρευτές (μπαταρίες).

2.2 Ηλιακή Ενέργεια - Ήλιος

Ο Ήλιος είναι η βασική πηγή ενέργειας του πλανήτη μας. Η ενέργεια που απελευθερώνεται στον πυρήνα του από τη σύντηξη του υδρογόνου και τη μετατροπή του στο στοιχείο ήλιο, ακτινοβολείται προς όλες τις κατευθύνσεις στο διάστημα. .

Η ακτινοβολούμενη από τον Ήλιο ισχύς είναι 63 MW στο κάθε τετραγωνικά μέτρο της επιφάνειάς του. Μετά από 8 λεπτά της ώρας φθάνει, τελικά, στα όρια της γήινης ατμόσφαιρας, ηλιακή ακτινοβολία ισχύος 1353 W, σε κάθε τετραγωνικό μέτρο της επιφάνειας της. Από αυτήν, το 30% ανακλάται στην ατμόσφαιρα και την επιφάνεια της Γης και επιστρέφει στο διάστημα. Το υπόλοιπο απορροφάται από την ατμόσφαιρα. Η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στη γήινη ατμόσφαιρα είναι αυτή που προκαλεί την εξάτμιση του νερού, κινεί τον αέρα και τα θαλάσσια ρεύματα, δημιουργεί τα καιρικά φαινόμενα. Εξάλλου, το ασήμαντο ποσοστό της ηλιακής

ακτινοβολίας που μετασχηματίζεται σε χημική ενέργεια, με τη φωτοσύνθεση είναι υπεύθυνο για τη ζωή στη Γη και έχει δημιουργήσει, στο πέρασμα των αιώνων, τα ορυκτά καύσιμα.

Παρά το γεγονός ότι η ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στα όρια της ατμόσφαιρας είναι παντού σταθερή, δεν συμβαίνει το ίδιο με αυτήν που φθάνει στο έδαφος, η ισχύς της οποίας σπάνια ξεπερνά τα 1000 W ανά τετραγωνικό μέτρο. Αυτή εξαρτάται από την εποχή του έτους, την ώρα της ημέρας, την παρουσία νεφών, ομίχλης και σκόνης, ενώ εξασθενεί τόσο περισσότερο όσο μικρότερη είναι η γωνία πρόσπτωσης της στην επιφάνεια του εδάφους και, συνεπώς, μεγαλύτερη η διαδρομή της μέσα στην ατμόσφαιρα. Ο τελευταίος αυτός παράγοντας είναι και ο σημαντικότερος για τη διαμόρφωση της μέσης έντασης της ηλιακής ενέργειας που φθάνει στο έδαφος. Γι' αυτό, άλλωστε, το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο μιας περιοχής παίζουν τόσο σπουδαίο ρόλο στη διαμόρφωση του καιρού σ' αυτήν, καθώς επίσης και των εποχών στα δύο ημισφαίρια της Γης. Όσο πιο κοντά στον Ισημερινό βρίσκεται αυτή, τόσο μικραίνει η διαδρομή της ηλιακής ακτινοβολίας και αυξάνει η γωνία πρόσπτωσης έως τις 90° , με αποτέλεσμα οι συνέπειές της να γίνονται πιο έντονες.

Από αυτή την άποψη, η Ελλάδα είναι μία από τις πλέον ευνοημένες περιοχές του πλανήτη μας. Ο συνδυασμός του γεωγραφικού της πλάτους και της υψηλής ηλιοφάνειας έχει ως αποτέλεσμα να προσπίπτουν ετησίως, κατά μέσον όρο, 1570 kWh ηλιακής ενέργειας σε κάθε τετραγωνικό μέτρο οριζόντιας επιφάνειας της . Στο μεγαλύτερο τμήμα της Ελλάδος, η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2.700 ώρες το χρόνο. Στη Δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο εμφανίζει τις μικρότερες τιμές της, κυμαινόμενη από 2200 ως 2300 ώρες, ενώ στη Ρόδο και τη νότια Κρήτη ξεπερνά τις 3.100 ώρες ετησίως. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι δυνατή, σε όλη την ελληνική επικράτεια, η οικονομικά επωφελής εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας για θερμικές χρήσεις, όπως και η εκμετάλλευση της για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Φ/Β). Αδιάψευστη απόδειξη του γεγονότος αυτού αποτελεί η ευρεία διάδοση των ηλιακών θερμικών συστημάτων, με πιο συχνή εφαρμογή τους γνώριμους σε όλους τους Έλληνες ηλιακούς θερμοσίφωνες.

2.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα

2.3.1 Γενικά-Εισαγωγή

Η ενέργεια που εκπέμπεται από τον Ήλιο και φθάνει έως τη Γη με τη μορφή της ηλιακής ακτινοβολίας, είναι η κύρια πηγή ενέργειας γι' αυτήν, αφού συντελεί στη διατήρηση της θερμοκρασίας της, τροφοδοτεί τις άλλες πηγές ενέργειας και δίνει, μέσω της φωτοσύνθεσης, ζωή στα φυτά και, συνακόλουθα, στα ζώα. Η ηλιακή ακτινοβολία, όμως, γίνεται και άμεσα αντιληπτή ως θερμότητα.

Στη σύγχρονη εποχή, όμως, οι ενεργειακές εφαρμογές έχουν αυξηθεί δραματικά και, παράλληλα, έχουν αποκτήσει μεγάλη ποικιλία, με αποτέλεσμα η ποιότητα ζωής των ανθρώπων να εξαρτάται πλέον από το επίπεδο εξασφάλισης των ενεργειακών τους αναγκών

και, κυρίως, από αυτό της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας. Από την άλλη, τα μεγάλα προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί στο περιβάλλον, με κυριότερο από αυτό το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τη μείωση του όζοντος στην ατμόσφαιρα, έχουν πλέον γίνει πολύ γνωστό και κατανοητά σε όλους. Καθώς για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες συμβατικών καυσίμων, όπως είναι το πετρέλαιο και ο λιγνίτης, αυτή ευθύνεται κατά μεγάλο μέρος για τα προαναφερθέντα περιβαλλοντικά προβλήματα.

Η εκμετάλλευση της δυνατότητας αποδοτικής παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος απευθείας από την ηλιακή ενέργεια μπορεί να υποκαταστήσει σε σημαντικό βαθμό τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής του, δίνοντας ταυτόχρονα λύση σε μεγάλο μέρος των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Προς την κατεύθυνση αυτή, είναι οι προοπτικές που ανοίγονται από την ανάπτυξη των τεχνολογιών εκμετάλλευσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας [ΑΠΕ].

Εάν σε ένα κομμάτι ημιαγωγίου υλικού (συνήθως εμπλουτισμένος κρύσταλλος πυριτίου), τοποθετηθούν δύο ηλεκτρόδια, στις άκρες των οποίων λαμβάνεται το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα, η σχετικά απλή διάταξη που προκύπτει ονομάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο. Αυτό αποτελεί την κύρια συνιστώσα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, όπως ονομάζεται το σύστημα που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ακτινοβολία για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

2.3.2 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

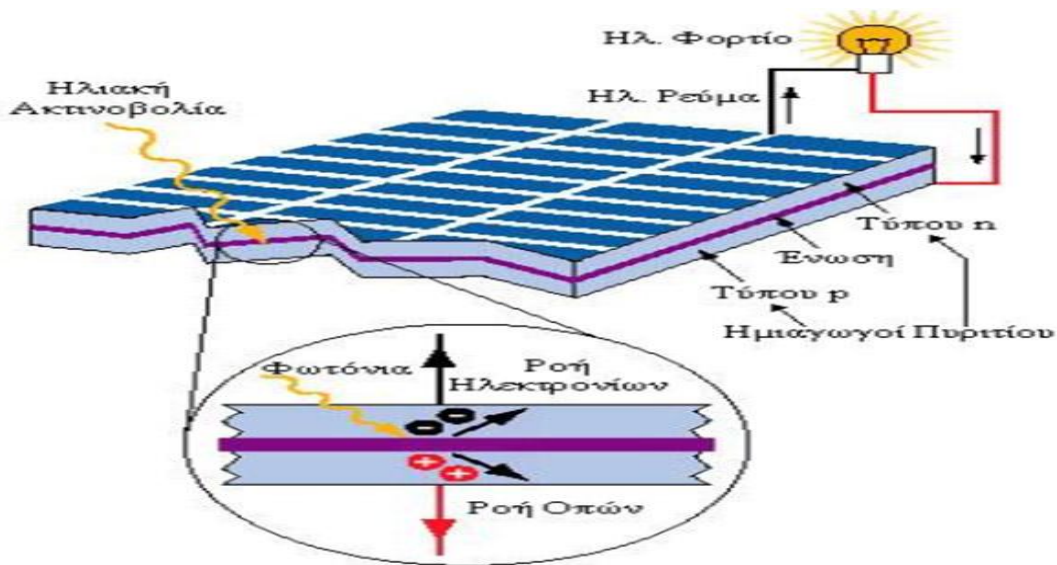
Το ηλιακό φως αποτελείται από ενεργειακά σωματίδια που ονομάζονται φωτόνια, τα οποία έχουν κοινή ταχύτητα αλλά διαφορετική ενέργεια, ανάλογα με το μήκος κύματος της περιοχής του ηλιακού φάσματος στην οποία ανήκουν. Αυτά, όταν προσπίπτουν επάνω σε υλικό με ημιαγωγίμες ιδιότητες, άλλα το διαπερνούν και άλλα απορροφώνται, ανάλογα με την ενέργεια που μεταφέρουν. Τα φωτόνια με μεγάλη ενέργεια, που απορροφώνται, είναι και αυτά που προκαλούν την παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος. Από την άλλη, τα φωτόνια με χαμηλή ενέργεια, που αντιστοιχούν στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία, την υπέρυθη, διαπερνούν τον ημιαγωγό χωρίς καμία επίδραση.

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε κρυστάλλους πυριτίου, ένα φωτόνιο διεισδύει σ' ένα άτομο πυριτίου και εκδιώκει ένα ηλεκτρόνιο από την τροχιά του, δημιουργώντας έτσι έναν κενό δεσμό, μία "οπή", στην τετραεδρική κρυσταλλική δομή. Το απελευθερωμένο ηλεκτρόνιο, που έχει αρνητικά φορτίο, αρχίζει να κινείται μέσα στους κρυστάλλους αναζητώντας την οπή του, η οποία αποτελεί ένα θετικό φορτίο. Αλλά και η οπή "κινείται", με τη σειρά της, αλλάζοντας θέσεις κατ' αρχήν με ένα κοντινό ηλεκτρόνιο και εν συνεχεία εναλλάξ με άλλα, πια απομακρυσμένα από την αρχική της θέση

Έτσι, το ηλεκτρόνιο και η οπή του θα διαχωρίζονταν για πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, πριν ξαναενωθούν και απολέσουν την ενέργεια του φωτός, υπό μορφή θερμότητας. Εάν, όμως, μερικά άτομα πυριτίου αντικατασταθούν στη μια πλευρά του κρυστάλλου με άτομα βορίου και στην άλλη με άτομα φωσφόρου, η μία πλευρά εμφανίζει σταθερά θετικά φορτία και η άλλη

σταθερά αρνητικά Η φόρτιση αυτή της κάθε πλευράς με αντίθετα φορτία οφείλεται στο διαφορετικά σθένος των ατόμων βορίου και φωσφόρου, τόσο μεταξύ τους όσο και με αυτό των ατόμων πυριτίου. Πράγματι, τα άτομα βορίου έχουν τρία ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στιβάδα, αντί για τέσσερα του πυριτίου. Έτσι, η δημιουργία δεσμού με τα άτομα του πυριτίου έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μίας οπής στον κρύσταλλο και, συνεπώς, ένα αντίστοιχο έλλειμμα αρνητικού φορτίου. Από την άλλη, τα άτομα του φωσφόρου έχουν πέντε ηλεκτρόνια στη στιβάδα σθένους, με αποτέλεσμα να περισσεύει ένα ηλεκτρόνιο στο δεσμό τους με τα άτομα πυριτίου, το οποίο προκαλεί και την εμφάνιση αντίστοιχου αρνητικού φορτίου.

Στο σημείο επαφής των δύο αντιθέτως φορισμένων πλευρών δημιουργείται ένα πολύ μικρού πάχους ενεργειακό φράγμα όπου, λόγω της ισχυρής διαφοράς δυναμικού που εμφανίζεται εκεί, τα ηλεκτρόνια μπορούν να κινηθούν από τη θετικά στην αρνητικά φορισμένη πλευρά, αλλά όχι και κατά την αντίθετη κατεύθυνση. Αυτή είναι και η βασική ιδιότητα ενός ημιαγωγού. δηλαδή να επιτρέπεται η κίνηση των ηλεκτρονίων μόνο κατά μία, προκαθορισμένη κατεύθυνση. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ο μόνιμος διαχωρισμός των ηλεκτρονίων από τις οπές τους και αυτά συσσωρεύονται στην αρνητικά φορισμένη πλευρά του κρυστάλλου πυριτίου, ενώ οι οπές συσσωρεύονται στη θετικά φορισμένη πλευρά του.



Εικόνα 2.1: Ανάλυση φωτοβολταϊκού πάνελ

Αυτός ο ημιαγωγός ονομάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο. Εάν στις δύο πλευρές του συνδεθούν εξωτερικοί ακροδέκτες και το κύκλωμα κλείσει με την εγκατάσταση μίας ηλεκτρικής συσκευής, π.χ. ενός λαμπτήρα, τα ηλεκτρόνια διοχετεύονται στο κύκλωμα, περνούν από την ηλεκτρική συσκευή, όπου παράγουν έργο, για να καταλήξουν στην άλλη πλευρά του κρυστάλλου και να ξανασυνδυναστούν εκεί με τις οπές που άφησαν πίσω. Έτσι παράγεται το ηλεκτρικό ρεύμα με τη χρήση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου. Όσο εξακολουθεί να προσπίπτει σ' αυτά ηλιακή ακτινοβολία, νέο ηλεκτρόνια ελευθερώνονται από την κατάσταση ηρεμίας τους, συνεχίζοντας την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ακόμα και κατά τις περιόδους συννεφιάς, ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο εξακολουθεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια, έχοντας όμως κατά

πολύ μειωμένη απόδοση. Από την άλλη μεριά, σε περιόδους καύσωνα η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου ελαττώνεται επίσης αισθητά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία σε ηλεκτρικό ρεύμα μειώνεται σημαντικά. Το τελευταίο αποτελεί και ένα σοβαρό μειονέκτημα των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

2.3.3. Πλεονεκτήματα – χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών συστημάτων

Τα βασικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα οποία τα ξεχωρίζουν από τις συμβατικές πηγές ενέργειας, αλλά ακόμα και από τις άλλες τεχνολογίες εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, είναι ότι:

- Έχουν μηδενικό κόστος λειτουργίας, διότι δεν καταναλώνουν πρώτη ύλη.
- Μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία απ' ευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Δεν παράγουν υποπροϊόντα και δε μολύνουν το περιβάλλον, αλλά βρίσκονται σε πλήρη αρμονία με το οικοσύστημα. Επίσης, δεν προκαλούν ηχορύπανση, αφού η λειτουργία τους είναι εντελώς αθόρυβη.
- Είναι εύχρηστα.
- Δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον και μπορούν εύκολα να εγκατασταθούν μέσα σε πόλεις.
- Μπορούν να ενσωματωθούν στην αρχιτεκτονική του κτιρίου και να χρησιμοποιηθούν ακόμα και ως δομικά στοιχεία, μειώνοντας έτσι το κόστος κατασκευής μιας εγκατάστασης.
- Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας, π.χ. με ένα αιολικό πάρκο, σε υβριδικά συστήματα.
- Επεκτείνονται εύκολα και ανά πάσα στιγμή, για να καλύψουν κάποια αύξηση των αναγκών σε ενέργεια των χρηστών.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και μεγάλη αξιοπιστία.
- Έχουν πρακτικά μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης.
- Παρέχουν πλήρη ενεργειακή ανεξαρτησία στο χρήστη, όπου και αν βρίσκεται αυτός. Μπορούν έτσι να εγκατασταθούν σε δυσπρόσιτες περιοχές ή όπου δεν είναι δυνατά, ή/και οικονομικά συμφέρον, να φτάσει το ηλεκτρικό δίκτυο.
- Προσφέρουν τη δυνατότητα αποκεντρωμένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

2.3.4 Υλικά-τεχνολογίες φωτοβολταϊκών στοιχείων

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα ή περισσότερα πάνελ (ή πλαίσια, ή όπως λέγονται συχνά στο εμπόριο, «κρύσταλλα») φωτοβολταϊκών στοιχείων (ή «κυψελών», ή «κυττάρων»), μαζί με τις απαραίτητες συσκευές και διατάξεις για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην επιθυμητή μορφή.

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι συνήθως τετράγωνο, με πλευρά 120-160mm. Δυο τύποι πυριτίου χρησιμοποιούνται για την δημιουργία φωτοβολταϊκών στοιχείων: το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο, ενώ το κρυσταλλικό πυρίτιο διακρίνεται σε μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό. Το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο παρουσιάζουν τόσο πλεονεκτήματα, όσο και μειονεκτήματα, και κατά τη μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος γίνεται η αξιολόγηση των ειδικών συνθηκών της εφαρμογής (κατεύθυνση και διάρκεια της ηλιοφάνειας, τυχόν σκιάσεις κλπ.) ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνολογία.

Οι κύριες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή Φ/Β στοιχείων είναι:

- Τεχνολογία παραγωγής ημιαγωγίων υλικών με κρυσταλλική δομή, την πλειοψηφία των οποίων αποτελεί το πυρίτιο.
- Τεχνολογία λεπτών υμενίων (thin film), η οποία ονομάζεται έτσι επειδή το πάχος των στοιχείων είναι πολύ μικρό (μερικά μόνο μm).
- Άλλες τεχνολογίες που σκοπό έχουν να γίνει λιγότερο ενεργοβόρα η παραγωγή του καθαρού πυριτίου, περιορίζοντας τις απώλειες σε ακριβό καθαρό πυρίτιο (π.χ. μέθοδος EFG, edge film fed growth και μέθοδος String Process). Οι κρύσταλλοι και η μορφή λεπτού φιλμ διαφέρουν μεταξύ τους όσον αφορά την απόδοση απορρόφησης του φωτός, την απόδοση μετατροπής της μια μορφής ενέργειας στην άλλη, την τεχνολογία κατασκευής και το κόστος κατασκευής.

Το υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων στην βιομηχανία είναι το πυρίτιο. Είναι ίσως και το μοναδικό υλικό που παράγεται με τόσο μαζικό τρόπο. Οι μεγάλες (συγκριτικά) αποδόσεις των φωτοβολταϊκών πλαισίων πυριτίου στο εμπόριο δίνουν και ένα σημαντικό πλεονέκτημα στο συγκεκριμένο υλικό. Το πυρίτιο σήμερα αποτελεί την πρώτη ύλη για το 90% της αγοράς των φωτοβολταϊκών.

Το πυρίτιο (Si) είναι ένας ημιαγωγός με έμμεσο ενεργειακό διάκενο 1,1 eV. Αν και οι δύο αυτές ιδιότητές του, δηλαδή έμμεσο και σχετικά μικρή τιμή ενεργειακού διακένου δεν είναι ιδεώδεις για την φωτοβολταϊκή μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας, το πυρίτιο είναι ο ημιαγωγός που κυριάρχησε από την αρχή αλλά μέχρι και σήμερα, σαν υλικό κατασκευής Φ/Β στοιχείων. Οι λόγοι για τους οποίους συμβαίνει αυτό έχουν να κάνουν με το γεγονός ότι το πυρίτιο είναι το κύριο υλικό των διατάξεων ηλεκτρονικής για πολλές δεκαετίες.



Εικόνα 2.2: Πυρίτιο σε ακατέργαστη μορφή

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του πυριτίου είναι:

- Μπορεί να βρεθεί πάρα πολύ εύκολα στην φύση. Είναι το δεύτερο σε αφθονία υλικό που υπάρχει στον πλανήτη μετά το οξυγόνο. Είναι ιδιαίτερα φιλικό προς το περιβάλλον.
- Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί. Επίσης είναι σχετικά εύκολο να μετατραπεί στην μονοκρυσταλλική του μορφή.
- Οι ηλεκτρικές του ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν μέχρι και στους 125 °C κάτι που επιτρέπει την χρήση του πυριτίου σε ιδιαίτερα δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες.
- Πολύ σημαντικό στοιχείο, που συνέβαλε στην γρήγορη ανάπτυξη τα φωτοβολταϊκά στοιχεία τα τελευταία χρόνια, ήταν η ήδη αναπτυγμένη τεχνολογία, στην βιομηχανία της επεξεργασίας του πυριτίου, στον τομέα της ηλεκτρονικής (υπολογιστές, τηλεοράσεις κλπ).

Τύποι Φωτοβολταϊκών Συστημάτων Πυριτίου

Μια κατηγοριοποίηση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία θα μπορούσε να γίνει με βάση το πάχος του υλικού που χρησιμοποιείται.

A) Φωτοβολταϊκά στοιχεία Κρυσταλλικού Πυριτίου που διακρίνονται σε :

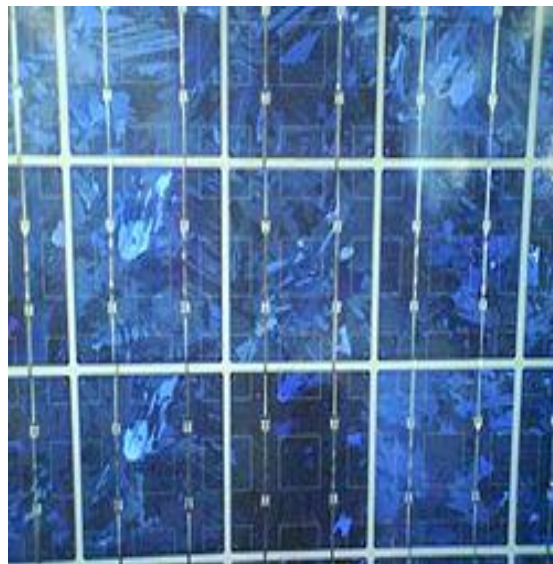
1) Μονοκρυσταλλικά πάνελ



Εικόνα 2.3: Μονοκρυσταλλικό πάνελ

Τα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία χαρακτηρίζονται από το πλεονέκτημά της καλύτερης σχέσης απόδοσης/επιφάνειας ή ενεργειακής πυκνότητας. Το πάχος τους είναι γύρω στα 0,3 χιλιοστά. Η απόδοσή τους στην βιομηχανία τυπικά κυμαίνεται από 15-18 % για το πλαίσιο, ενώ υπάρχουν πλαίσια που η απόδοσή τους υπερβαίνει το 20%.

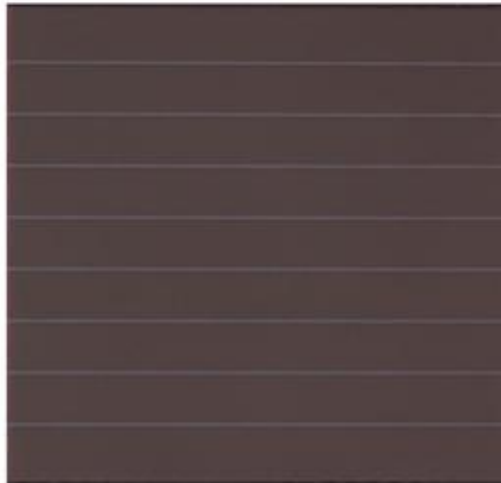
2) Πολυκρυσταλλικά πάνελ



Εικόνα 2.4: Πολυκρυσταλλικό πάνελ

Τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν απόδοση η οποία κυμαίνεται από 13% έως 15%. Το πάχος τους είναι περίπου 0,3 χιλιοστά. Οπτικά μπορεί κανείς να παρατηρήσει τις επιμέρους μονοκρυσταλλικές περιοχές. Όσο μεγαλύτερες είναι σε έκταση οι μονοκρυσταλλικές περιοχές τόσο μεγαλύτερη είναι και η απόδοση για τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά κελιά. Επίσης η μέθοδος παραγωγής τους είναι φθηνότερη από αυτήν των μονοκρυσταλλικών γι' αυτό και η τιμή τους είναι συνήθως λίγο χαμηλότερη.

B) Φωτοβολταϊκά στοιχεία *Άμορφου Πυριτίου*



Εικόνα 2.5: Πάνελ Άμορφου Πυριτίου

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αυτά, έχουν αισθητά χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Έτσι και λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται η τιμή τους είναι γενικότερα αρκετά χαμηλότερη.

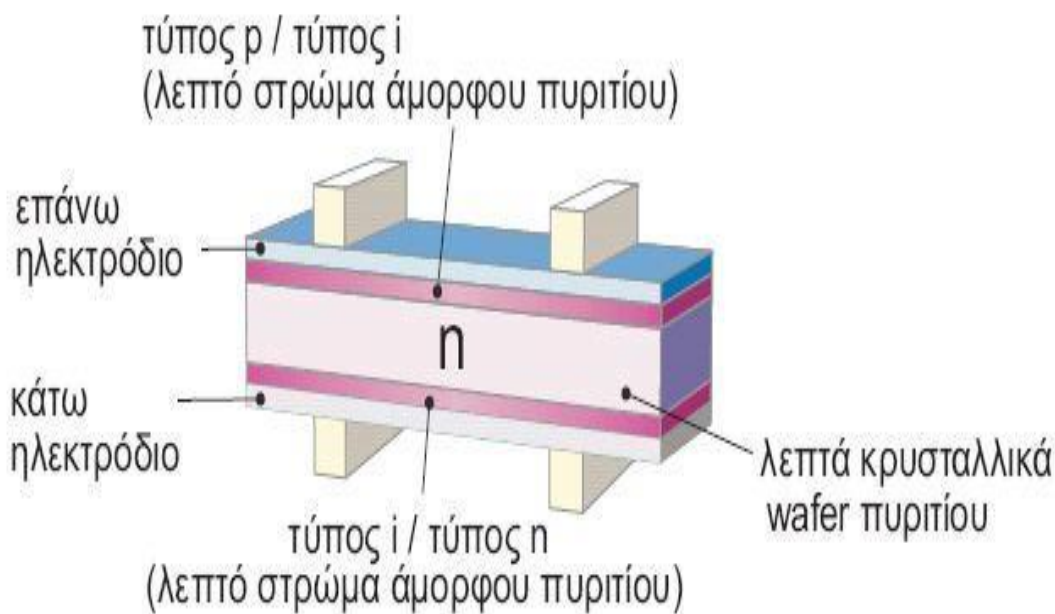
Ο χαρακτηρισμός άμορφο φωτοβολταϊκό προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου. Οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται με χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκα thin films πυριτίου κυμαίνονται για το πλαίσιο από 6 έως 8% ενώ στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις ακόμα και 14%. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα για το φωτοβολταϊκό στοιχείο *a-Si* είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζεται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, πλεονεκτεί στην αξιοποίηση της απόδοσης του σε σχέση με τα κρυσταλλικά ΦΒ, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά).

Το μειονέκτημα των άμορφων πλαισίων είναι η χαμηλή τους ενεργειακή πυκνότητα κάτι που σημαίνει ότι για να παράγουμε την ίδια ενέργεια χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια

επιφάνεια σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκα στοιχεία. Επίσης υπάρχουν αμφιβολίες όσον αφορά την διάρκεια ζωής των άμορφων πλαισίων μιας και δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά καινούρια. Παρόλα αυτά οι κατασκευαστές πλέον δίνουν εγγυήσεις απόδοσης 20 ετών. Το πάχος του πυριτίου είναι περίπου 0,0001 χιλιοστά ενώ το υπόστρωμα μπορεί να είναι από 1 έως 3 χιλιοστά.

Γ) Υβριδικά Φωτοβολταϊκά Στοιχεία

Ένα υβριδικό φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από στρώσεις υλικών διαφόρων τεχνολογιών. Τα πιο γνωστά εμπορικά υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου (πάνω και κάτω) ενώ ενδιάμεσα υπάρχει μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.6 παρακάτω.



Εικόνα 2.6: Αναλυτική περιγραφή ενός υβριδικού πάνελ

Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης του πλαισίου που φτάνει σε εμπορικές εφαρμογές στο 17,2% και το οποίο σημαίνει ότι χρειαζόμαστε μικρότερη επιφάνεια για να έχουμε την ίδια εγκατεστημένη ισχύ. Τα αντίστοιχα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν απόδοση 19,7%. Άλλα πλεονεκτήματα για τα υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι η υψηλή τους απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και η μεγάλη τους απόδοση στη διάχυτη ακτινοβολία. Φυσικά, αφού προσφέρει τόσα πολλά, το

υβριδικό φωτοβολταϊκό είναι και κάπως ακριβότερο σε σχέση με τα συμβατικά φωτοβολταϊκά πλαίσια.

2.4 Υδροηλεκτρικά Έργα

2.4.1 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Το μεγαλύτερο μέρος της γης αποτελείται από νερό. Το 97,2% του νερού αυτού βρίσκεται στους ωκεανούς, είναι δηλαδή αλμυρό. Μόλις το 2% βρίσκεται στους πόλους και στους παγετώνες, είναι δηλαδή πάγος και χιόνι, ενώ ακόμα μικρότερο ποσοστό το 0,6% βρίσκεται στις λίμνες, στα ποτάμια και στα υπόγεια ύδατα γλυκού νερού. Επίσης το νερό είναι απαραίτητο συστατικό για τη ζωή και το πιο σημαντικό μετά το οξυγόνο. Το σώμα μας αποτελείται κυρίως από νερό. Έχει υπολογιστεί ότι το σώμα μας θα πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 65% νερό, ενώ σε κάποια όργανα, όπως ο εγκέφαλος, η περιεκτικότητα σε νερό φτάνει στο 85%.

Επίσης το νερό μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στις εφαρμογές ΑΠΕ. Μια σημαντική μορφή ενέργειας είναι η ενέργεια του νερού όπου είναι δυνατόν να καλύψει μεγάλο μέρος των ενεργειακών αναγκών όπου το κόστος παραγωγής των σταθμών με καύσιμα είναι μεγαλύτερο, ενώ ταυτόχρονα προσφέρουν και άλλες υπηρεσίες, όπως άρδευση, ύδρευση, αλλά και τη διαχείριση του υδάτινου δυναμικού, που ιδιαίτερα στη χώρα μας είναι άμεση ανάγκη. Περιβαλλοντικά, με κατάλληλη μελέτη, όχι μόνο δεν δημιουργούν αρνητικές επιπτώσεις, αλλά είναι δυνατόν να έχουμε θετικά αποτελέσματα. Για το ρόλο του νερού στις εφαρμογές ΑΠΕ θα πούμε περισσότερα παρακάτω.

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

Η υδροηλεκτρική τεχνολογία είναι μια από τις κύριες ενεργειακές τεχνολογίες και αποτελεί σημαντική μορφή ΑΠΕ στον τομέα της παραγωγής ηλεκτρισμού διότι καλύπτει σχεδόν το 22% του παραγόμενου ηλεκτρισμού από ΑΠΕ. Παγκοσμίως έχουμε 20% ισχύος από την υδροηλεκτρική ενέργεια και στη Ελλάδα τα υδροηλεκτρικά έργα καλύπτουν το 12% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή παράγει περίπου 3237 MW ετησίως. Στόχος για τη χώρα μας είναι μέχρι το 2020 να παραχθούν 4531 MW και με την ολοκληρωμένη ανάπτυξη των υδροηλεκτρικών, να καλυφθούν πάνω από 20% των ηλεκτροενεργειακών αναγκών.

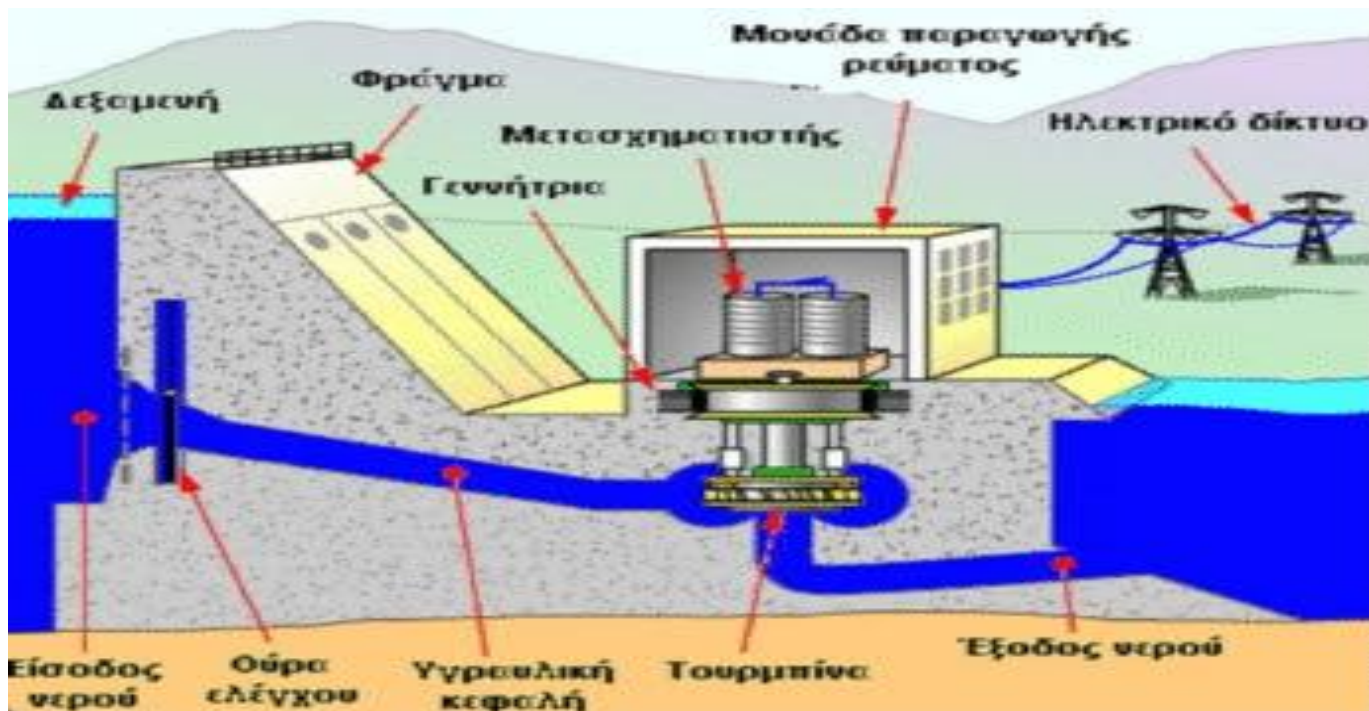


Εικόνα 2.7: Υδραυλική Ενέργεια

2.4.2. Λειτουργία Υδροηλεκτρικού Σταθμού

Η λειτουργία των υδροηλεκτρικών μονάδων βασίζεται στην κίνηση του νερού λόγω διαφοράς μανομετρικού ύψους μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου. Για το σκοπό αυτό κατασκευάζεται ένα φράγμα που συγκρατεί την απαιτούμενη ποσότητα νερού στον δημιουργούμενο ταμιευτήρα. Κατά τη διέλευσή του από τον αγωγό πτώσεως κινεί έναν στρόβιλο ο οποίος θέτει σε λειτουργία τη γεννήτρια.

Η ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας καθορίζεται από τον όγκο του νερού που ρέει, τη διαφορά μανομετρικού ύψους μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας του ταμιευτήρα και του στρόβιλου, κλπ. Συνεπώς, ο παραγόμενος ηλεκτρισμός εξαρτάται από την ποσότητα του νερού του ταμιευτήρα. Για το λόγο αυτόν μόνο σε περιοχές με σημαντικές βροχοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευαστούν υδροηλεκτρικά έργα. Συνήθως η ενέργεια που τελικώς παράγεται, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά ως προς άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, καλύπτοντας φορτία αιχμής.



Εικόνα 2.8: Ανάλυση λειτουργίας υδροηλεκτρικού σταθμού

2.4.3. Τύποι Υδροηλεκτρικών έργων

Υπάρχουν τρεις τύποι υδροηλεκτρικών: μικρής, μεσαίας και μεγάλης κλίμακας.

Τα μικρής κλίμακας είναι συστήματα που τοποθετούνται δίπλα σε ποτάμια και κανάλια με αποτέλεσμα να έχουν λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Υδροηλεκτρικές μονάδες λιγότερες των 1 MW χαρακτηρίζονται μικρής κλίμακας και θεωρούνται ανανεώσιμες πηγές. Το γρήγορα κινούμενο νερό οδηγείται μέσα από τούνελ με σκοπό να θέσει σε λειτουργία τις τουρμπίνες παράγοντας έτσι μηχανική ενέργεια. Μια γεννήτρια μετατρέπει αυτή την ενέργεια σε ηλεκτρική. Σε αντίθεση με το ότι συμβαίνει με τα ορυκτά καύσιμα, το νερό δεν αχρηστεύεται κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλους σκοπούς. Η βασική τους χρήση είναι η ηλεκτροδότηση μικρών οικισμών (χωριών, κωμοπόλεων) ή μικρών εργοστασίων δευτερογενούς παραγωγής.

Τα μεσαίας κλίμακας παράγουν μέχρι 20MW ισχύος, είναι σχετικά χαμηλού κόστους κατασκευής ενώ είναι ιδιαίτερα αξιόπιστα κατά τη λειτουργία τους. Χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση είτε αστικών περιοχών είτε για τη λειτουργία μεγάλων μονάδων με πολλές ενεργειακές απαιτήσεις.

Τα μεγάλης κλίμακας παράγουν περισσότερα από 20 MW ισχύος και απαιτούν την κατασκευή μεγάλων φραγμάτων Ένα από τα μεγαλύτερα εργοστάσια αυτού του τύπου είναι το φράγμα του Χούβερ στης ΗΠΑ, το οποίο έχει ισχύ 2000 MW.

2.4.4. Μικρά Υδροηλεκτρικά

Στην περίπτωση των υδροηλεκτρικών έργων, η διαπίστωση αυτή είναι καθοριστική, καθώς οι μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής βρίσκονται πλέον στο στόχαστρο περιβαλλοντικών και άλλων οργανώσεων λόγω των δυσμενών επιπτώσεων που μπορεί να έχουν στο περιβάλλον. Η κριτική αυτή (δόκιμη και τεκμηριωμένη εν πολλοίς) ενίοτε συμπαρασύρει δυστυχώς και τα μικρότερης κλίμακας έργα που δεν μοιράζονται τις αρνητικές συνέπειες των γιγάντων συγγενών τους. Έτσι, πολλές χώρες έθεσαν όρια ισχύος για να καθορίσουν τι νοείται ως μικρό υδροηλεκτρικό.

Στη χώρα μας η γραμμή έχει οριστεί στα 15 MW. Τα συστήματα κάτω του 1 MW χαρακτηρίζονται ως mini-υδροηλεκτρικά, κάτω των 100 kW micro-υδροηλεκτρικά και κάτω του 1 kW pico-υδροηλεκτρικά. Μόνο στις χώρες της ΕΕ υπάρχουν σήμερα περισσότερα από 17.400 μικρά υδροηλεκτρικά έργα, με εγκατεστημένη ισχύ που πλησιάζει τα 10.000 MW (ένα τέταρτο περίπου της παγκόσμιας εγκατεστημένης ισχύος). Στην Ελλάδα, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς μικρών υδροηλεκτρικών στα τέλη Αυγούστου 2007 ήταν περίπου 65 MW .

Τα μικρά υδροηλεκτρικά συμβάλλουν ήδη στη μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 32 εκατ. τόνους ετησίως, ενώ έχουν επίσης βοηθήσει να μειωθούν οι ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του θείου κατά 105.000 τόνους. Ένα τυπικό μικρό υδροηλεκτρικό του 1 MW, παράγει περίπου 6 εκατ. κιλοβατώρες ετησίως και αποσοβεί την έκλυση 6.000 τόνων διοξειδίου του άνθρακα (η εκτίμηση για τις εκπομπές γίνεται με βάση το μέσο ενεργειακό μείγμα στην Ελλάδα). Η αξιοποίηση του μικροϋδροηλεκτρικού δυναμικού χιλιάδων μικρών ή μεγαλύτερων υδατορευμάτων και πηγών μπορεί να συνοδεύεται από ταυτόχρονη κάλυψη υδρευτικών ή και αρδευτικών αναγκών, καθώς και δραστηριοτήτων αθλητισμού και αναψυχής.

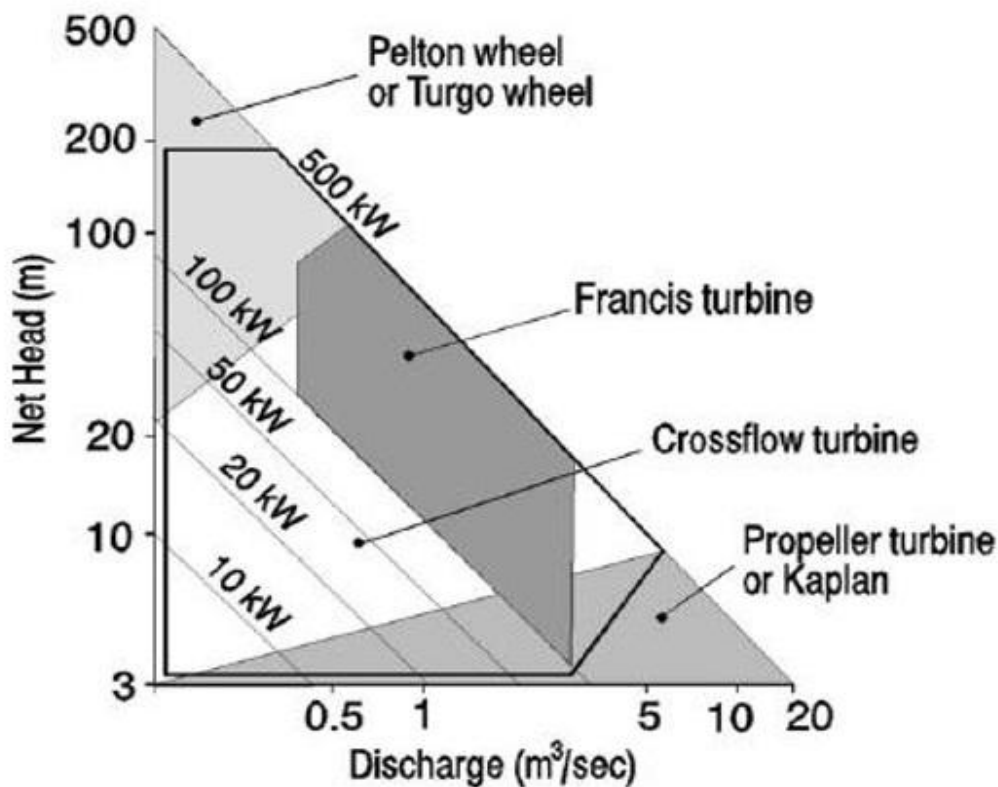
Παράλληλα τα μικρά υδροηλεκτρικά παρουσιάζουν κάποια σημαντικά πλεονεκτήματα όπως η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης- απόζευξης στο δίκτυο, η αυτόνομη λειτουργία τους, η αξιοπιστία, η παραγωγή ενέργειας άριστης ποιότητας χωρίς διακυμάνσεις, η άριστη διαχρονικά συμπεριφορά τους, η μεγάλη διάρκεια ζωής και ο μικρός χρόνος απόσβεσης των αναγκαίων επενδύσεων που οφείλεται στο πολύ χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

Σε ότι αφορά τις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την κατασκευή τους, δεν μπορεί να γενικεύσει κανείς εύκολα, και αυτό που απαιτείται είναι η κατά περίπτωση εκπόνηση μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Οι επιπτώσεις διαφέρουν σημαντικά και εξαρτώνται από το αν το υδροηλεκτρικό συνοδεύεται ή όχι από ταμιευτήρα (και πόσο μεγάλο) ή αν είναι ελευθέρως ροής αξιοποιώντας την ορμή κάποιου υδατορεύματος. Εξαρτάται επίσης από το αν γίνεται εκτροπή των νερών του υδατορεύματος, κι αν ναι σε τι ποσοστό, και φυσικά από τα μέτρα που έχουν ληφθεί κατά το σχεδιασμό για την άμβλυση και αντιμετώπιση των όποιων πιθανών επιπτώσεων.

2.4.5. Κατηγορίες υδροστροβίλων

Υπάρχουν οι υδροστρόβιλοι δράσεως που λειτουργούν στον αέρα, η περιστροφή τους προκαλείται από ένα ή περισσότερα ακροφύσια νερού και το νερό παραμένει σε ατμοσφαιρική πίεση πριν και μετά την επαφή του με τα πτερύγια του υδροστροβίλου. Οι κυριότεροι τύποι περιλαμβάνουν τους υδροστρόβιλους Pelton , Turgo , Crossflow.

Επίσης υπάρχουν και οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως οι οποίοι είναι πλήρως βυθισμένοι στο νερό και τα πτερύγιά τους είναι έτσι σχεδιασμένα ώστε διαφορές πίεσης ανάμεσα σε αυτά να προκαλούν δυνάμεις ανύψωσης, περιστρέφοντας έτσι τον υδροστρόβιλο. Οι κυριότεροι τύποι περιλαμβάνουν τους υδροστρόβιλους Προπέλας , Kaplan , Francis.



Εικόνα 2.9: Διάγραμμα εύρους λειτουργίας μικρών υδροστροβίλων YHE

2.4.6. Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα υδροηλεκτρικών έργων

Πλεονεκτήματα

- Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις απαιτηθεί, σε αντίθεση με τους θερμικούς σταθμούς που απαιτούν σημαντικό χρόνο προετοιμασίας,

- Είναι μία "καθαρή" και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα προαναφερθέντα συνακόλουθα οφέλη (εξοικονόμηση συναλλάγματος, φυσικών πόρων, προστασία περιβάλλοντος),
- Μέσω των υδατοταμιευτήρων δίνεται η δυνατότητα να ικανοποιηθούν και άλλες -ανάγκες, όπως ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων, δημιουργία υγροτόπων, περιοχών αναψυχής και αθλητισμού.

Μειονεκτήματα

- Μεγάλο κόστος κατασκευής φραγμάτων και εγκατάστασης εξοπλισμού, καθώς και ο συνήθως μεγάλος χρόνος που απαιτείται για την αποπεράτωση του έργου.
- Η έντονη περιβαλλοντική αλλοίωση της περιοχής του έργου (συμπεριλαμβανομένων της γεωμορφολογίας, της πανίδας και της χλωρίδας), καθώς και η ενδεχόμενη μετακίνηση πληθυσμών, η υποβάθμιση περιοχών, οι απαιτούμενες αλλαγές χρήσης γης. Επιπλέον, σε περιοχές δημιουργίας μεγάλων έργων παρατηρήθηκαν αλλαγές του μικροκλίματος, αλλά και αύξηση της σεισμικής επικινδυνότητας τους.

2.4.7. Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια Στην Ελλάδα



Εικόνα 2.10: Η Υδροηλεκτρική ενέργεια στην Ελλάδα

Στη δυτική και βόρεια Ελλάδα υπάρχει ιδιαίτερα πλούσιο δυναμικό υδατοπτώσεων λόγω της διαμόρφωσης λεκανών απορροής και των σημαντικών βροχοπτώσεων. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι 3.060 MW, ενώ η Μέση Ετήσια Παραγωγή Ενέργειας είναι 4.000-5.000 GWh. Η μέση συνεισφορά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι 8-10%. Η ενέργεια που προέρχεται από ΥΗΣ καλύπτει ηλεκτρικά φορτία αιχμής. Επίσης τα τρία μεγαλύτερα

υδροηλεκτρικά έργα είναι στα Κρεμαστά (437 MW), στο Θησαυρό (384 MW) και στο Πολύφυτο (375 MW), ενώ υπάρχει μεγάλη δυνατότητα περαιτέρω ανάπτυξης υδροηλεκτρικών σταθμών.

Πίνακας 2.1: Χαρακτηριστικά των υδροηλεκτρικών έργων της ΔΕΗ

Μεγάλα Υδροηλεκτρικά Έργα							
Χαρακτηριστικά υδροηλεκτρικών έργων ΔΕΗ							
Ποταμός	ΥΗΣ	Στρόβιλοι			Σταθμός Ενέργεια		
		Αριθμός	Ισχύς (MW)	Τύπος	Ισχύς (MW)	Ισχύς (GWh)	Συνεχής λειτουργία (%)
Αχελώος	Κρεμαστόν	4	109.3	Francis	437.2	848	22
Αχελώος	Καστρακίου	4	80	Francis	320	598	21
Αχελώος	Στράτος I	2	75	Francis	150	237	17
Αχελώος	Στράτος II	1	6.2	Tube-S type	6.2	16	
Αχελώος	Πλαστήρα	3	43.3	Francis	129.9	198	17
Αλιάκμονα	Πολυφύτου	3	125	Francis	375	420	13
Αλιάκμονα	Σφηκιάς (αντλητικός)	3	105	Francis-pump	315	380	14
Αλιάκμονα	Ασωμάτων	2	54	Francis	108	130	14
Αλιάκμονα	Μακροχωρίου	3	3.6	Caplan	10.8	30	32
Αλιάκμονα	Βερμίου	2	0.75	Francis	1.5	6	46
Αλιάκμονα	Άγρα	2	25	Francis	50	35	8
Αλιάκμονα	Εδεσσαίου	1	19	Francis	19	25	15

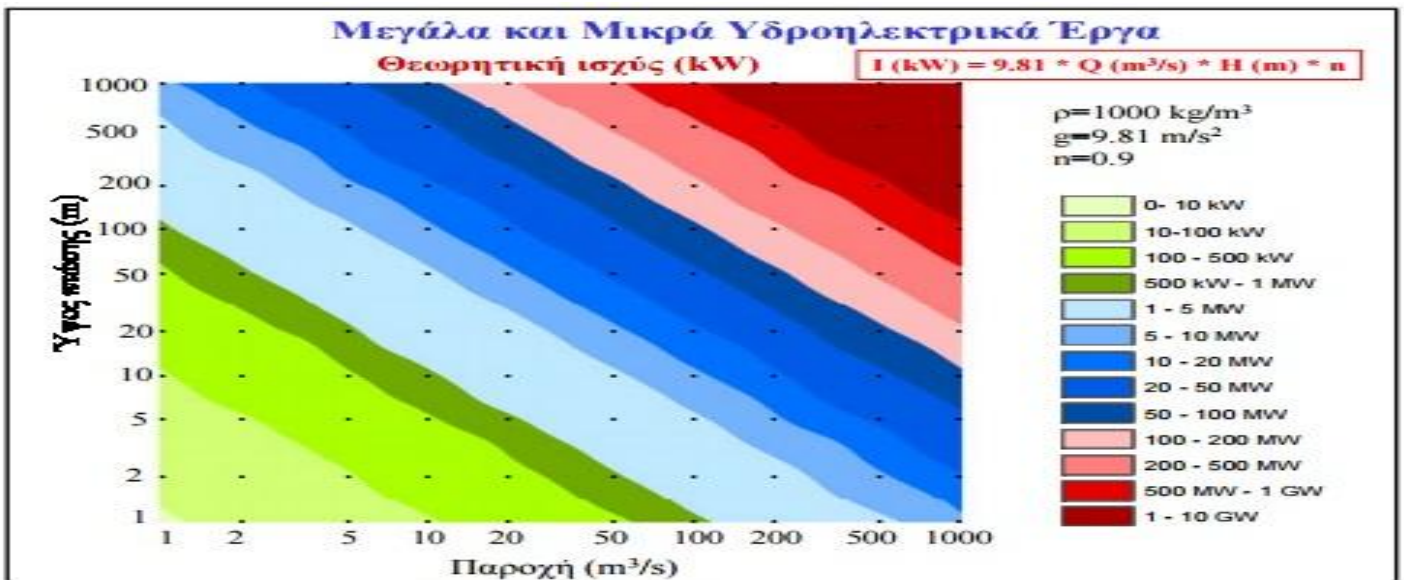
Μεγάλα Υδροηλεκτρικά Έργα							
Χαρακτηριστικά υδροηλεκτρικών έργων ΔΕΗ							
Ποταμός	ΥΗΣ	Στρόβιλοι			Σταθμός Ενέργεια		
		Αριθμός	Ισχύς (MW)	Τύπος	Ισχύς (MW)	Ισχύς (GWh)	Συνεχής λειτουργία (%)
Αίωος	Πηγών Αίωου	2	105	Pelton	210	165	9
Αραχθός	Πουρναρίου I	3	100	Francis	300	235	9
Αραχθός	Πουρναρίου II	2	16	bulb			
		1	1.6	S units	33.6	45	15
Λούρος	Λούρου	2	2.5	Francis			
		1	5.3	Francis	10.3	50	55
Νέστος	Θησαυρού (αντλητικός)	3	128	Francis-pump	384	440	13
Νέστος	Πλατανόβρυσης	2	58	Francis	116	240	24
Λάδωνα	Λάδωνα	2	35	Francis	70	260	42
Υδροαγωγείο Μόρνου	Γκιόνας	1	8.5	Francis	8.5	40	54
Γλαΐκος	Γλαΐκου	1	1.3	Pelton			
		1	2.4	Francis	3.7	11.4	35

Σημερινή Πραγματικότητα για τα Εγκατεστημένα Υδροηλεκτρικά Έργα στην Ελλάδα

- Σήμερα στην Ελλάδα λειτουργούν δεκαέξι μεγάλα ΥΗΕ Εγκατεστημένης ισχύος υδροηλεκτρικών, 3.060 MW (το 22% περίπου της συνολικής ισχύος του διασυνδεδεμένου συστήματος).
- Η υδροηλεκτρική παραγωγή όλων των υδροηλεκτρικών μικρών και μεγάλων στην Ελλάδα είναι περίπου 4000 έως 5000 GWh το χρόνο.
- Ο διαθέσιμος ωφέλιμος όγκος όλων των ταμιευτήρων των υδροηλεκτρικών στην Ελλάδα είναι περίπου 5300 εκατομμύρια m³.
- Το 30% περίπου του ωφέλιμου όγκου των ταμιευτήρων των υδροηλεκτρικών, διατίθεται κατά προτεραιότητα για άλλες, πέραν της ηλεκτροπαραγωγής χρήσεις όπως:
 - 1) Για την ύδρευση κοντινών πόλεων
 - 2) Για την άρδευση γεωργικών εκτάσεων



Εικόνα 2.11: Παραγωγιμότητα και ισχύς των ΥΗΕ



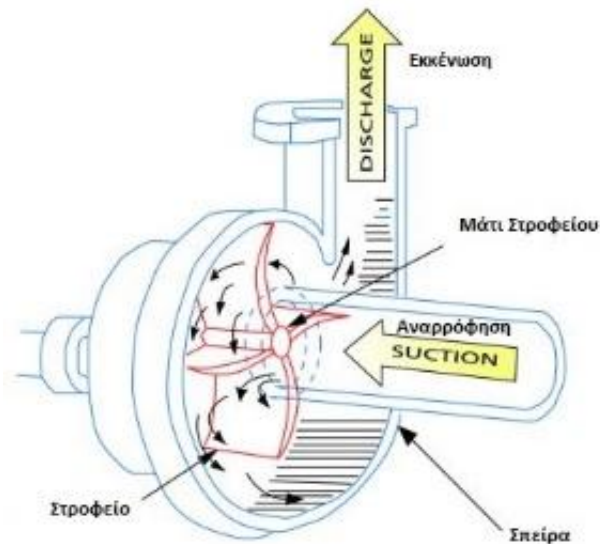
Εικόνα 2.12: Θεωρητική Ισχύς μεγάλων και μικρών υδροηλεκτρικών έργων

2.5 Σύστημα Αντλίας

2.5.1 Γενικά

Η αντλία είναι ένα μηχάνημα που χρησιμοποιείται για την μετακίνηση υγρών και αερίων. Οι αντλίες γενικά επιτυγχάνουν κίνηση του υγρού μέσω μηχανικής δράσης.

Οι κυριότεροι/συνηθέστεροι τύποι αντλιών είναι οι φυγοκεντρικές αντλίες και οι αντλίες θετικής εκτόπισης. Οι φυγοκεντρικές μπορεί να είναι αξονικές, ακτινικές ή μικτού τύπου. Επίσης διακρίνονται σε διάφορους τύπους ανάλογα με τον αριθμό των διαδοχικών πτερωτών, τη μέθοδο στεγανοποίησης μεταξύ άξονα και κελύφους, και πολλά άλλα στοιχεία της κατασκευαστικής διαμόρφωσης. Κάποιοι συνηθισμένοι τύποι αντλιών θετικής εκτόπισης είναι: παλινδρομική με έμβολα, περιστροφική με λοβούς, περιστροφική με γρανάζια.



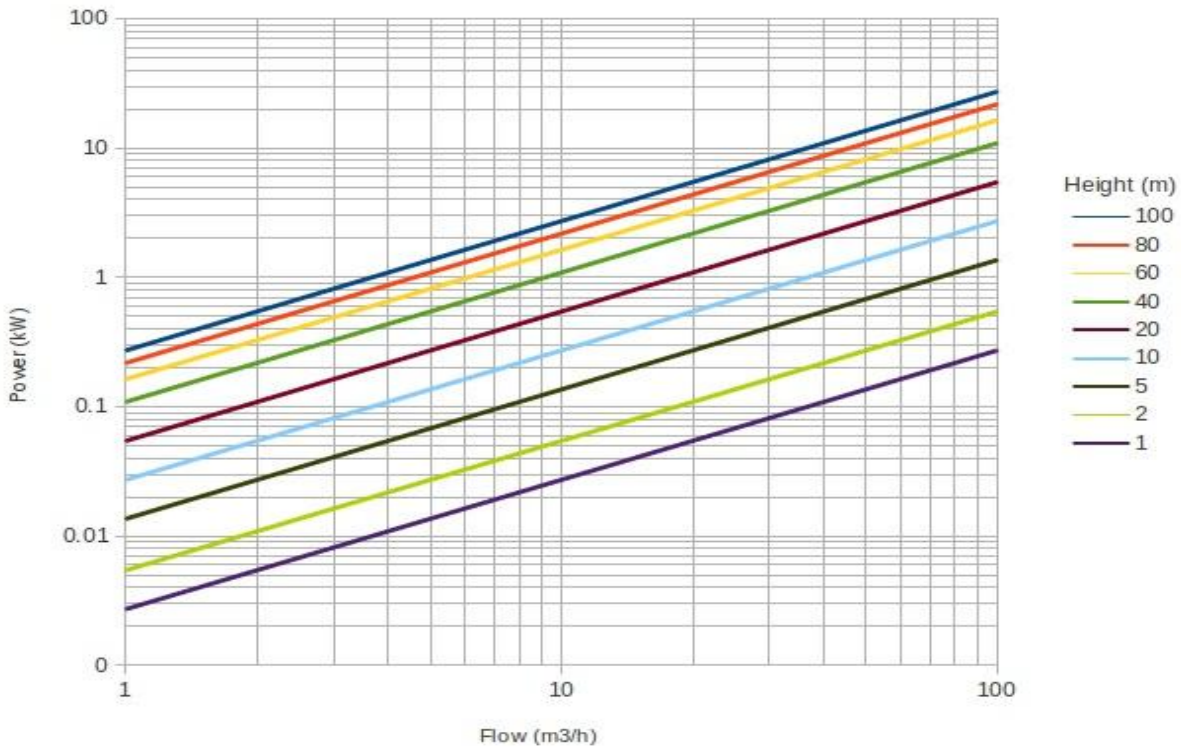
Εικόνα 2.13: Λειτουργία Φυγοκεντρικής Αντλίας

2.5.2 Αρχή Λειτουργίας

Στις λεγόμενες αντλίες θετικής εκτόπισης το ρευστό αναγκάζεται σε κίνηση με απευθείας μηχανική δράση κάποιου μηχανισμού (π.χ. έμβολο), και επιτυγχάνεται σταθερή παροχή όγκου. Στις φυγοκεντρικές αντλίες τα πτερύγια του ρότορα (πτερωτή) μεταβάλλουν το πεδίο ροής προσδίδοντας περιστροφή στο υγρό. Κατόπιν η αυξημένη δυναμική πίεση μετατρέπεται σε στατική πίεση στο στάτη. Κατάλληλη γεωμετρία/σχεδίαση των πτερυγίων του ρότορα και στάτορα είναι αναγκαία για την επίτευξη αποδεκτής υδροδυναμικής απόδοσης κατά τη λειτουργία της αντλίας, ανάλογα με τη περιοχή παροχών και πιέσεων για την οποία

προορίζεται. Οι αντλίες δημιουργούν ροή (παροχή) του υγρού και λόγω της αντίστασης ροής δημιουργείται η πίεση.

Shaft Power Required for Pumping



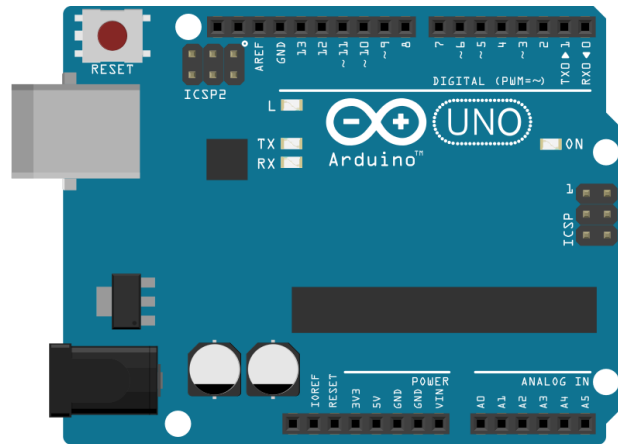
Εικόνα 2.14: Διάγραμμα ισχύς- ύψους που απαιτείται για την λειτουργία της αντλίας

2.6 Ελεγκτής Arduino

2.6.1. Γενικά-Εισαγωγή

Ο Arduino είναι ένας μικροελεγκτής μονής πλακέτας, δηλαδή μια απλή μητρική πλακέτα ανοικτού κώδικα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή και εισόδους/εξόδους, η οποία μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα Wiring (ουσιαστικά πρόκειται για τη γλώσσα προγραμματισμού C++ και ένα σύνολο από βιβλιοθήκες, υλοποιημένες επίσης στην C++) αλλά και σε γλώσσα προγραμματισμού Java χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες βιβλιοθήκες . Το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ανεξάρτητων διαδραστικών αντικειμένων αλλά και να συνδεθεί με υπολογιστή μέσω προγραμμάτων. Χρησιμοποιώντας τον Arduino, μπορούμε να ελέγξουμε την λειτουργία ολόκληρης της κατασκευής, με την χρήση εντολών μέσω υπολογιστή.

Μία πλακέτα Arduino αποτελείται από ένα μικροελεγκτή Atmel AVR (ATmega328 και ATmega168 στις νεότερες εκδόσεις, ATmega8 στις παλαιότερες) και συμπληρωματικά εξαρτήματα για την διευκόλυνση του χρήστη στον προγραμματισμό και την ενσωμάτωσή του σε άλλα κυκλώματα. Όλες οι πλακέτες περιλαμβάνουν ένα γραμμικό ρυθμιστή τάσης 5V και έναν κρυσταλλικό ταλαντωτή 16MHz (ή κεραμικό αντηχητή σε κάποιες παραλλαγές). Ο μικροελεγκτής είναι από κατασκευής προγραμματισμένος με ένα bootloader, έτσι ώστε να μην χρειάζεται εξωτερικός προγραμματιστής.



Εικόνα 2.15 Μικροελεγκτής Arduino UNO

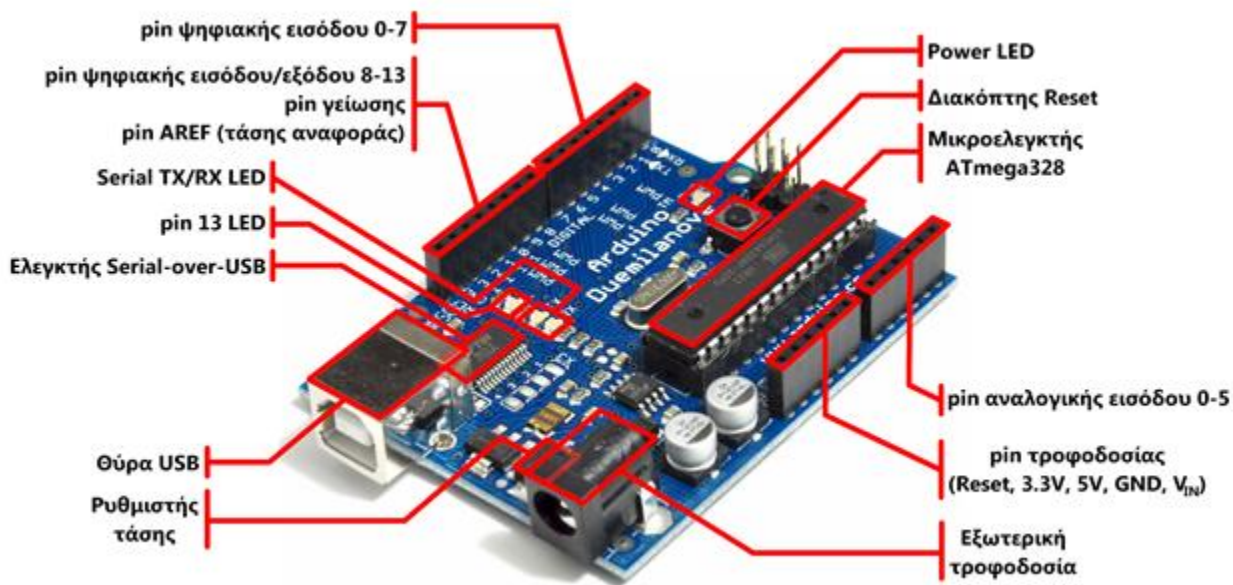
Ο προγραμματισμός του Arduino γίνεται συνήθως με μία RS-232 σειριακή σύνδεση, αλλά ο τρόπος που επιτυγχάνεται αυτό διαφέρει σε κάθε hardware εκδοχή. Τα τωρινά Arduino προγραμματίζονται μέσω USB αυτό καθίσταται δυνατό μέσω της εφαρμογής προσαρμοστικών chip USB-to-Serial (μετατροπή της θύρας εισόδου από USB σε σειριακή). Η συνδεσμολογία του Arduino μπορεί να γίνει και με άλλους τρόπους, όπως μέσω Bluetooth και WiFi. Σε κάθε μικροελεγκτή Arduino μπορεί να εφαρμοστούν διάφορα modules (όπως Wifi module), ανάλογα με τον σκοπό και την χρήση της κατασκευής.

Πιο συγκεκριμένα, οι Arduino και τα συμβατά boards χρησιμοποιούν την τεχνολογία των shields, τυπωμένων boards επεκτάσεων κυκλωμάτων που συνδέονται στα κανονικά παρεχόμενα Arduino pin-headers. Τα shields μπορούν να παρέχουν έλεγχο στα motors, GPS, Ethernet, LCD εικόνας ή breadboarding (προτυποποίησης).

2.6.2. Είσοδοι-Έξοδοι Arduino

Ο Arduino διαθέτει σειριακό interface. Ο μικροελεγκτής ATmega υποστηρίζει σειριακή επικοινωνία, την οποία το Arduino προωθεί μέσα από έναν ελεγκτή Serial-over-USB ώστε να συνδέεται με τον υπολογιστή μέσω USB. Η σύνδεση αυτή χρησιμοποιείται για την μεταφορά των προγραμμάτων που σχεδιάζονται από τον υπολογιστή στο Arduino αλλά και για

αμφίδρομη επικοινωνία του Arduino με τον υπολογιστή μέσα από το πρόγραμμα την ώρα που εκτελείται.



Εικόνα 2.16: Ανάλυση μικροελεγκτή Arduino UNO

Επιπλέον, στην πάνω πλευρά του Arduino βρίσκονται 14 θηλυκά pin, αριθμημένα από 0 ως 13, που μπορούν να λειτουργήσουν ως ψηφιακές εισοδοι και έξοδοι. Λειτουργούν στα 5V και καθένα μπορεί να παρέχει ή να δεχτεί το πολύ 40mA. Ως ψηφιακή έξοδος, ένα από αυτά τα pin μπορεί να τεθεί από το πρόγραμμά σε κατάσταση HIGH ή LOW, οπότε το Arduino θα ξέρει αν πρέπει να διοχετεύσει ή όχι ρεύμα στο συγκεκριμένο pin. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε λόγω χάρη να ανάψουμε και να σβήσουμε ένα LED που έχουμε συνδέσει στο συγκεκριμένο pin. Μερικά από αυτά τα 14 pin, εκτός από ψηφιακές εισοδοι/έξοδοι έχουν και δεύτερη λειτουργία. Συγκεκριμένα:

- Τα pin 0 και 1 λειτουργούν ως RX και TX της σειριακής όταν το πρόγραμμά μας ενεργοποιεί την σειριακή θύρα. Έτσι, όταν λόγω χάρη το πρόγραμμά στέλνει δεδομένα στην σειριακή, αυτά προωθούνται και στην θύρα USB μέσω του ελεγκτή Serial-Over-USB αλλά και στο pin 0 για να τα διαβάσει ενδεχομένως μια άλλη συσκευή (π.χ. έναν δεύτερο Arduino στο δικό του pin 1).
- Τα pin 2 και 3 λειτουργούν και ως εξωτερικά interrupt (interrupt 0 και 1 αντίστοιχα). Με άλλα λόγια, μπορούμε να τα ρυθμίσουμε μέσα από το πρόγραμμά μας ώστε να λειτουργούν αποκλειστικά ως ψηφιακές εισοδοι στις οποίες όταν συμβαίνουν συγκεκριμένες αλλαγές, η κανονική ροή του προγράμματος σταματάει άμεσα και εκτελείται μια συγκεκριμένη συνάρτηση. Τα εξωτερικά interrupt είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε εφαρμογές που απαιτούν συγχρονισμό μεγάλης ακρίβειας.
- Τα pin 3, 5, 6, 9, 10 και 11 μπορούν να λειτουργήσουν και ως ψευδοαναλογικές έξοδοι με το σύστημα PWM (Pulse Width Modulation), δηλαδή το ίδιο σύστημα που διαθέτουν οι μητρικές των υπολογιστών για να ελέγχουν τις ταχύτητες των

ανεμιστήρων. Έτσι, μπορούμε να συνδέσουμε λόγω χάρη ένα LED σε κάποιο από αυτά τα pin και να ελέγξουμε πλήρως την φωτεινότητά του με ανάλυση 8bit αντί να έχουμε απλά την δυνατότητα αναμμένο-σβηστό που παρέχουν οι υπόλοιπες ψηφιακές έξοδοι.

Στην κάτω πλευρά του Arduino, με τη σήμανση ANALOG IN, βρίσκουμε μια ακόμη σειρά από 6 pin, αριθμημένα από το 0 ως το 5. Το καθένα από αυτά λειτουργεί ως αναλογική είσοδος κάνοντας χρήση του ADC (Analog to Digital Converter) που είναι ενσωματωμένο στον μικροελεγκτή. Για παράδειγμα, μπορούμε να τροφοδοτήσουμε ένα από αυτά με μια τάση την οποία μπορούμε να κυμάνουμε με ένα ποτενσιόμετρο από 0V ως μια τάση αναφοράς V_{ref} η οποία, αν δεν κάνουμε κάποια αλλαγή είναι προρυθμισμένη στα 5V. Τότε, μέσα από το πρόγραμμά μας μπορούμε να «διαβάσουμε» την τιμή του pin ως ένα ακέραιο αριθμό ανάλυσης 10-bit, από 0 (όταν η τάση στο pin είναι 0V) μέχρι 1023 (όταν η τάση στο pin είναι 5V). Η τάση αναφοράς μπορεί να ρυθμιστεί με μια εντολή στο 1.1V, ή σε όποια τάση επιθυμούμε (μεταξύ 2 και 5V) τροφοδοτώντας εξωτερικά με αυτή την τάση το pin με την σήμανση AREF που βρίσκεται στην απέναντι πλευρά της πλακέτας.

Τέλος, καθένα από τα 6 αυτά pin, με κατάλληλη εντολή μέσα από το πρόγραμμα μπορεί να μετατραπεί σε ψηφιακό pin εισόδου/εξόδου όπως τα 14 που βρίσκονται στην απέναντι πλευρά και τα οποία περιγράφηκαν πριν.

2.6.3. Λογισμικό Μικροελεγκτή Arduino

Το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) του Arduino είναι μία εφαρμογή γραμμένη σε Java, που λειτουργεί σε πολλές πλατφόρμες και προέρχεται από το IDE για τη γλώσσα προγραμματισμού Processing και το σχέδιο Wiring. Έχει σχεδιαστεί για να εισαγάγει τον προγραμματισμό στους καλλιτέχνες και τους νέους που δεν είναι εξοικειωμένοι με την ανάπτυξη λογισμικού. Περιλαμβάνει ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κώδικα με χαρακτηριστικά όπως είναι η επισήμανση σύνταξης και ο συνδυασμός αγκύλων και είναι επίσης σε θέση να μεταγλωττίζει και να φορτώνει προγράμματα στην πλακέτα με ένα μόνο κλικ.

Τα προγράμματα Arduino είναι γραμμένα σε C, C++ ή σε Java. Το Arduino IDE έρχεται με μια βιβλιοθήκη λογισμικού που ονομάζεται "Wiring", από το πρωτότυπο σχέδιο Wiring, γεγονός που καθιστά πολλές κοινές λειτουργίες εισόδου/εξόδου πολύ πιο εύκολες. Οι χρήστες πρέπει μόνο να ορίσουν δύο λειτουργίες για να κάνουν ένα πρόγραμμα κυκλικής εκτέλεσης:

-`setup()`:μία συνάρτηση που τρέχει μία φορά στην αρχή του προγράμματος η οποία αρχικοποιεί τις ρυθμίσεις

-`loop()`:μία συνάρτηση που καλείται συνέχεια μέχρι η πλακέτα να απενεργοποιηθεί

Παρακάτω περιγράφεται ένα τυπικό πρόγραμμα για έναν μικροελεγκτή που αναβοσβήνει απλά ένα LED:

```

void setup () {
  pinMode (LED_PIN, OUTPUT);
}

void loop () {
  digitalWrite (LED_PIN, HIGH);
  delay (1000);
  digitalWrite (LED_PIN, LOW);
  delay (1000);
}

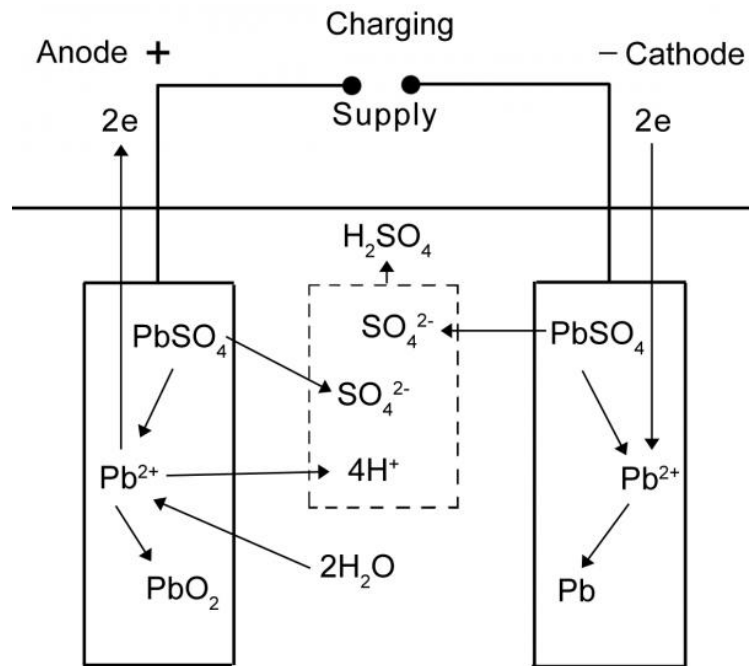
```

Εικόνα 2.17: Κώδικας για ένα τυπικό πρόγραμμα για Arduino

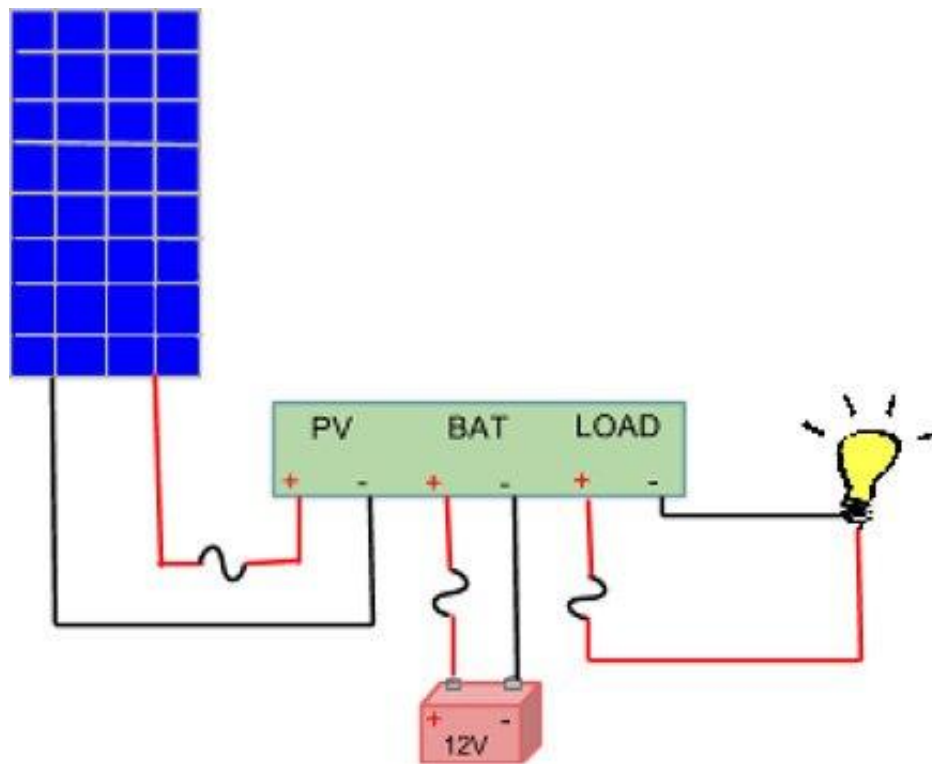
Είναι ένα χαρακτηριστικό των περισσότερων πλακετών Arduino ότι έχουν ένα LED και μία αντίσταση φορτίου που συνδέονται μεταξύ του pin 13 και του εδάφους. Ο προηγούμενος κώδικας θα αναγνωριστεί από ένα κανονικό μεταγλωττιστή C++ ως έγκυρο πρόγραμμα, έτσι ώστε όταν ο χρήστης κάνει κλικ στο κουμπί "Upload to I / O board" στο IDE (Λογισμικό Arduino), ένα αντίγραφο του κώδικα θα γραφτεί σε ένα προσωρινό αρχείο με ένα παραπάνω include στην κορυφή και μία πολύ απλή συνάρτηση main() στο τέλος, για να φτιάξει ένα έγκυρο C++ πρόγραμμα.

2.7 Μπαταρίες

Οι μπαταρίες αποτελούν τη συνηθέστερη μέθοδο αποθήκευσης ενέργειας σε αυτόνομα Φ/Β συστήματα. Ο συνηθέστερος τύπων μπαταριών σε Φ/Β συστήματα είναι οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος λόγω του μικρότερου κόστους και της αξιοπιστίας τους. Σε μια μπαταρία λαμβάνουν χώρα οι διαδικασίες της φόρτισης και της εκφόρτισης. Κατά τη φόρτιση γίνεται μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε χημική, ενώ κατά την εκφόρτιση γίνεται μετατροπή της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική, κατά το πέρασμα του (συνεχούς) ρεύματος από την μπαταρία. Τα δύο πιο βασικά μεγέθη σε μια μπαταρία είναι η χωρητικότητα C (σε Ah) που αντιπροσωπεύει την ποσότητα φορτίου που μια μπαταρία μπορεί να παρέχει κατά τη διάρκεια μιας εκφόρτισης, και η τάση V (σε V). Κατά τη διάρκεια της φόρτισης αυξάνεται η τάση της μπαταρίας, ενώ κατά την εκφόρτιση μειώνεται η τάση της μπαταρίας. Η λειτουργία της μπαταρίας επηρεάζεται και από το ρυθμό εκφόρτισης/φόρτισης, που αντιπροσωπεύει το ρεύμα στο οποίο φορτίζονται/εκφορτίζονται οι μπαταρίες για συγκεκριμένο αριθμό ωρών (π.χ., C/10 για 10 ώρες, C/100 για 100 ώρες, κλπ).



Εικόνα 2.18: Διαδικασία Φόρτισης Μπαταρίας

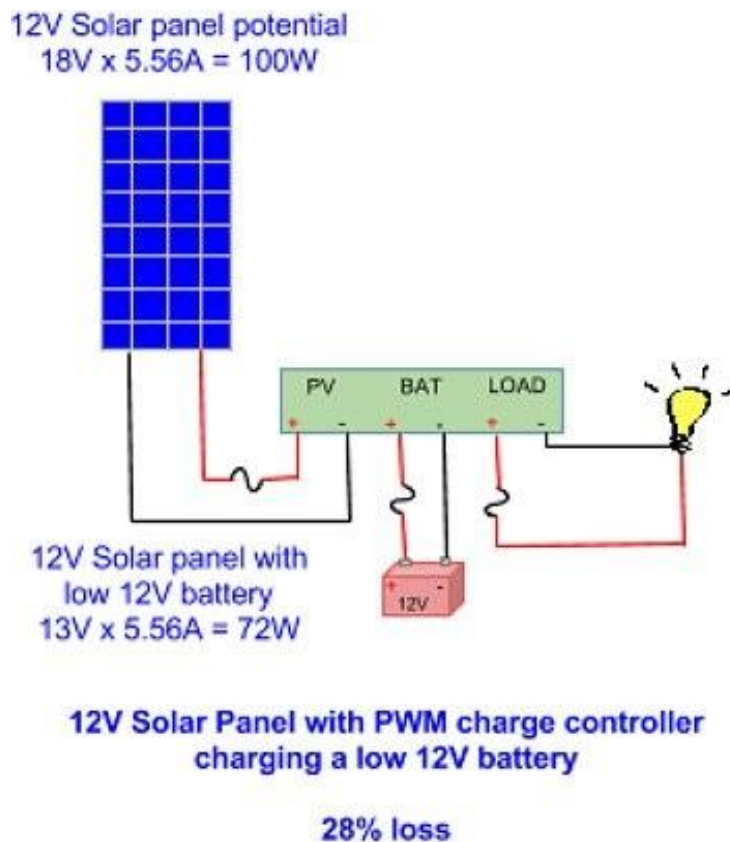


Εικόνα 2.19: Λειτουργία ενός Ηλιακού Ελεγκτή Φόρτισης

2.8 Ηλιακός Ελεγκτής Φόρτισης

Ένας ελεγκτής φόρτισης διαχειρίζεται την ενέργεια που δέχεται η μπαταρία από το ηλιακό πάνελ. Κύριο στοιχείο του είναι η προφύλαξη της μπαταρίας από υπερφόρτιση μέσα στην μέρα και ότι η ενέργεια δεν γυρίζει πίσω στο ηλιακό πάνελ το βράδυ. Υπάρχουν πολλοί τύποι ελεγκτών φόρτισης όπως ελεγκτής φόρτισης με έλεγχο του φορτίου κλπ, αλλά ο κύριος στόχος όλων είναι η διαχείριση της ενέργειας.

Ένα ηλιακό ελεγκτής φόρτισης είναι διαθέσιμος σε τύπους, PWM και MPPT. Ο τρόπος λειτουργίας του καθενός μέσα στο κύκλωμα διαφέρει. Ένας MPPT ηλιακός ελεγκτής φόρτισης είναι πιο ακριβός από έναν PWM. Στην κατασκευή μας χρησιμοποιήθηκε ένας PWM ηλιακός ελεγκτής φόρτισης.



Εικόνα 2.20: Λειτουργία ενός PWM Ηλιακού Ελεγκτή Φόρτισης

Ένας ηλιακός ελεγκτής φόρτισης χαρακτηρίζεται από την «Παλμική Διαμόρφωση Πλάτους (Pulse Width Modulation)». Αυτή η διαδικασία γίνεται, συνδέοντας το ηλιακό πάνελ στην μπαταρία. Κατά την διάρκεια της φόρτισης (BULK), καθώς υπάρχει συνεχής σύνδεση από το ηλιακό πάνελ στην μπαταρία, η έξοδος του ηλιακού πάνελ πέφτει στην τάση της μπαταρίας. Καθώς η μπαταρία φορτίζει, η τάση της μπαταρίας αυξάνεται, έτσι αυξάνεται και η τάση εξόδου του ηλιακού πάνελ, χρησιμοποιώντας περισσότερη ηλιακή ενέργεια όσο φορτίζει. Σαν

αποτέλεσμα πρέπει να αντιστοιχιστεί η τάση εξόδου του ηλιακού πάνελ με την τάση της μπαταρίας. Στην κατασκευή μας χρησιμοποιούμε ένα ηλιακό πάνελ 12V για να φορτιστεί μια μπαταρία 12V. Η τάση ενός ηλιακού πάνελ 12V, όταν είναι συνδεδεμένο με φορτίο, μπορεί να φτάσει στα 18Vmp (max power), και αυτό συμβαίνει γιατί χρειάζεται μία υψηλότερη πηγή τάσης για να φορτιστεί η μπαταρία. Αν η μπαταρία και το ηλιακό πάνελ ξεκινήσουν από την ίδια τιμή, η μπαταρία δεν θα φορτίσει.

Κεφάλαιο 3. Υβριδικοί Σταθμοί

3.1 Η έννοια του υβριδικού σταθμού

Ένας υβριδικός σταθμός επιχειρεί να αντιστρέψει τους ρόλους μονάδων ΑΠΕ και συμβατικών μονάδων σε ένα σύστημα ισχύος. Ο σκοπός του, είναι η μεγιστοποίηση της διείσδυσης των μονάδων ΑΠΕ στην παραγωγή, δεν περιορίζεται στην αύξηση του ποσοστού στιγμιαίας διείσδυσης των μονάδων ΑΠΕ στο σύστημα όποτε υπάρχει υψηλή παραγωγή ισχύος από αυτές, ενδεχομένως με τεχνικές και μεθόδους που θα βελτιώσουν την ασφάλεια του συστήματος. Σε μία τέτοια περίπτωση οι συμβατικές μονάδες θα ήταν και πάλι οι βασικές μονάδες παραγωγής του συστήματος. Πρακτικά και θεωρητικά, η φιλοσοφία του υβριδικού σταθμού είναι τελείως διαφορετική. Για να γίνει αντιληπτή η φιλοσοφία αυτή, ας υποθέσουμε ένα σύστημα ισχύος, στο οποίο οι συμβατικές μονάδες ισχύος απουσιάζουν εντελώς, συνεπώς δεν υπάρχει εγγυημένη παραγωγή από συμβατικές μονάδες. Ξεκινώντας από αυτό το δεδομένο, ο σκοπός του υβριδικού σταθμού είναι η σύνθεση και η λειτουργία ενός συστήματος ισχύος, το οποίο, αξιοποιώντας μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής, θα ανταποκριθεί με επιτυχία στις βασικές απαιτήσεις της ζήτησης, δηλαδή στην αδιάλειπτη κάλυψή της και στην ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής.

Ο ρόλος των ΑΠΕ σε ένα συμβατικό σύστημα ισχύος δεν υποκαθιστά το ρόλο των μονάδων εγγυημένης παραγωγής. Απλά προσπαθεί να περιορίσει τη χρήση τους. Δηλαδή σκοπός της διείσδυσης των μονάδων ΑΠΕ είναι:

- Η κατά το δυνατόν αξιοποίηση του γηγενούς δυναμικού ΑΠΕ που οδηγεί σε αντίστοιχο περιορισμό της κατανάλωσης συνήθως εισαγόμενων ενεργειακών πηγών.
- Η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που εκλύονται από την καύση ορυκτών καυσίμων.
- Η μείωση του κόστους παραγωγής των Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας, δεδομένου ότι, στις περισσότερες περιπτώσεις, η τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τις μονάδες ΑΠΕ είναι μικρότερη από το ειδικό κόστος παραγωγής των θερμοηλεκτρικών μονάδων.

Σύμφωνα με το υπάρχον νομικό πλαίσιο, υβριδικός λέγεται κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που:

- Χρησιμοποιεί μία τουλάχιστον μορφή ΑΠΕ.
- Η συνολική ενέργεια που απορροφά από το Δίκτυο σε ετήσια βάση, δεν υπερβαίνει το 30% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται για την πλήρωση του συστήματος αποθήκευσης του σταθμού αυτού.
- Η μέγιστη ισχύς παραγωγής των μονάδων του σταθμού ΑΠΕ δεν μπορεί να υπερβαίνει την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων αποθήκευσης του σταθμού αυτού προσαυξημένη κατά 20%

Η βασική φιλοσοφία συνδυασμένης λειτουργίας των μονάδων ΑΠΕ και των μονάδων αποθήκευσης μπορεί να αναλυθεί στις ακόλουθες δύο περιπτώσεις:

- Μέσω των μονάδων αποθήκευσης είναι δυνατή η αποθήκευση ενέργειας, όταν η παραγωγή ισχύος από τις μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση ισχύος.
- Η αποθηκευμένη ενέργεια μπορεί να αποδοθεί στην κατανάλωση τις χρονικές στιγμές που η ζήτηση ισχύος είναι μεγαλύτερη από τη διαθεσιμότητα παραγωγής ισχύος από τις μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής

Συμπερασματικά ένας υβριδικός σταθμός αποτελείται από τρεις βασικές και διακριτές συνιστώσες:

- Τις μονάδες βάσης, οι οποίες είναι μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής, πρακτικά μονάδες ΑΠΕ. Οι μονάδες βάσης αποτελούν τις κύριες μονάδες παραγωγής του συστήματος. Στην περίπτωση ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, αυτές μπορεί να είναι αιολικά πάρκα, φωτοβολταϊκοί σταθμοί, κλπ. Στην περίπτωση ενός συστήματος παραγωγής θερμικής ενέργειας οι μονάδες αυτές μπορεί να είναι ηλιακοί συλλέκτες.
- Τις μονάδες αποθήκευσης, που σκοπό έχουν την προσαρμογή της τυχαίας παραγωγής ισχύος από τις μονάδες βάσης στη ζήτηση ισχύος. Στην περίπτωση ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, μονάδες αποθήκευσης μπορεί να είναι ένα αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό (αντλησιοταμιευτήρας), ηλεκτροχημικοί συσσωρευτές, μονάδα παραγωγής υδρογόνου ή μονάδες συμπίεσης αέρα (Compressed Air Energy Storage Systems – C.A.E.S.). Σε περίπτωση ενός συστήματος θερμικής ενέργειας, μονάδες αποθήκευσης μπορεί να είναι θερμοδοχεία ή μία μεγάλη δεξαμενή νερού.
- Τις μονάδες εφεδρείας, που σκοπό έχουν την κάλυψη της ζήτησης ισχύος σε περίπτωση χαμηλής διαθεσιμότητας ισχύος από τις μονάδες βάσης και εξάντλησης των αποθεμάτων ενέργειας στις μονάδες αποθήκευσης. Στην περίπτωση ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, μονάδες εφεδρείας μπορεί να είναι κοινές θερμοηλεκτρικές μονάδες, κυρίως ντιζελογεννήτριες. Σε περίπτωση ενός συστήματος θερμικής ενέργειας, μονάδες εφεδρείας μπορεί να είναι καυστήρες κεντρικής θέρμανσης.

3.2 Σύγκριση υβριδικών σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας ανάμεσα σε Αιολικά και Φωτοβολταϊκά πάρκα

Οι πλέον ώριμες τεχνικά μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής είναι τα αιολικά πάρκα και οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί. Με τη μείωση στο κόστος προμήθειας των φωτοβολταϊκών

πλαισίων που σημειώθηκε μετά το 2010, και οι δύο τεχνολογίες παρουσιάζουν τελικό ειδικό κόστος εγκατάστασης (turn key cost) της τάξης των 1.000 – 1.200€/kW.

Αναφορικά με το λειτουργικό κόστος, οι ανεμογεννήτριες παρουσιάζουν αυξημένο κόστος συντήρησης σε σχέση με τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Από την άλλη μεριά, ένας φωτοβολταϊκός σταθμός απαιτεί πολλαπλάσια έκταση για την εγκατάστασή του ανά μονάδα ονομαστικής ισχύος του σταθμού, συνεπώς εμφανίζει υψηλότερα κόστη προμήθειας ή μίσθωσης της απαιτούμενης γης.

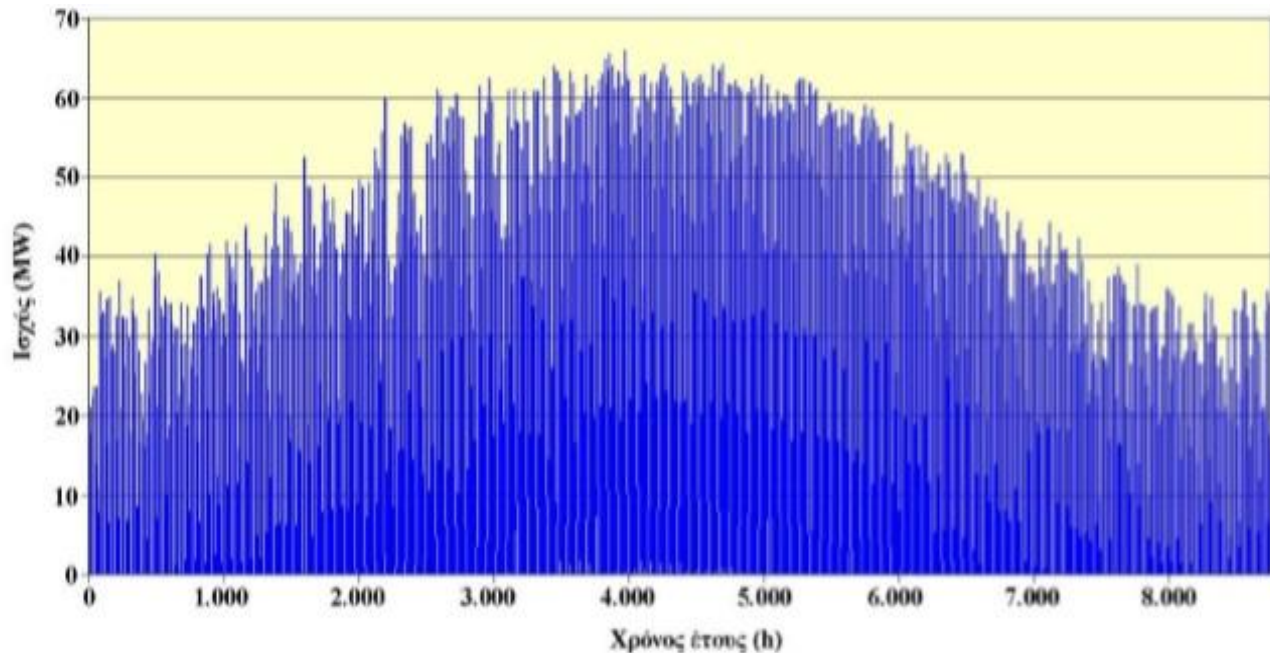
Τέλος μία τυπική τοποθεσία στη νησιωτική Ελλάδα για την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου δύσκολα θα παρουσιάσει τελικό (μετά απωλειών) ετήσιο συντελεστή απασχόλησης κάτω του 40%. Ακόμα όμως και στην ηπειρωτική χώρα, η διαθεσιμότητα περιοχών που θα δώσουν τελικούς ετήσιους συντελεστές απασχόλησης άνω του 30% είναι μεγάλη. Σε αντιδιαστολή, ένας φωτοβολταϊκός σταθμός εγκατεστημένος στο νότιο ελλαδικό χώρο, με την υψηλότερη ένταση ηλιακής ακτινοβολίας στη χώρα, και εξοπλισμό προσανατολισμού των πλαισίων κάθετα στη διεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας, δηλαδή στις πλέον ευνοϊκές συνθήκες εγκατάστασης και λειτουργίας του σταθμού, δύσκολα θα δώσει τελικό ετήσιο συντελεστή απασχόλησης άνω του 20%.

Η χαμηλή αυτή τιμή προκύπτει κυρίως εξαιτίας του γεγονότος ότι το μισό χρονικό διάστημα από το σύνολο ενός έτους, δηλαδή κατά τη διάρκεια της νύχτας, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια παραμένουν μη παραγωγικά. Οι χαμηλοί συντελεστές απασχόλησης που χαρακτηρίζουν τη λειτουργία των φωτοβολταϊκών σταθμών πρακτικά συνεπάγεται ότι για την παραγωγή ίσης ποσότητας ενέργειας με ένα αιολικό πάρκο θα χρειαστεί η εγκατάσταση ισχύος 1,5 – 2 φορές μεγαλύτερη από αυτή του αιολικού πάρκου. Η εναλλακτική αυτή επιλογή όμως ουσιαστικά αναιρεί το χαμηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του φωτοβολταϊκού σταθμού, κάνοντας τα αιολικά πάρκα την πλέον ιδανική επιλογή για το ρόλο των μονάδων βάσης σε ένα υβριδικό σταθμό μεγάλου μεγέθους.

Τα ανωτέρω τεχνικά και οικονομικά στοιχεία σύγκρισης λειτουργίας αιολικών πάρκων και φωτοβολταϊκών σταθμών αποτυπώνονται χαρακτηριστικά στο τελικό ειδικό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τις δύο τεχνολογίες. Ένα αιολικό πάρκο με ετήσιο τελικό συντελεστή απασχόλησης γύρω στο 40% εμφανίζει ειδικό κόστος παραγωγής της τάξης των 0,03€/kWh. Ένας φωτοβολταϊκός σταθμός με συντελεστή απασχόλησης γύρω στο 20% θα εμφανίσει ειδικό κόστος παραγωγής της τάξης του 0,08€/kWh. Για τον υπολογισμό των τιμών αυτών, πέρα από τα λειτουργικά κόστη, έχουν συμπεριληφθεί και οι αποσβέσεις των κεφαλαίων προμήθειας και εγκατάστασης των σταθμών.

Ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα των αιολικών πάρκων σε σχέση με τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς είναι η περισσότερο ομοιόμορφη κατανομή της διαθεσιμότητας ισχύος συναρτήσει του χρόνου. Το χαρακτηριστικό αυτό έχει άμεση επίπτωση στη διαστασιολόγηση της μονάδας αποθήκευσης. Ένας φωτοβολταϊκός σταθμός παράγει αποκλειστικά την ημέρα. Συνεπώς η χωρητικότητα της μονάδας αποθήκευσης θα πρέπει να προβλεφθεί μεγαλύτερη, προκειμένου να καλύψει την καθολική έλλειψη παραγωγής ισχύος

κατά τη διάρκεια της νύχτας. Το συμπέρασμα αυτό επιτείνεται πολύ περισσότερο από το ότι η παραγωγή ενός φωτοβολταϊκού σταθμού επικεντρώνεται κυρίως στη θερινή περίοδο.



Εικόνα 3.1: Ετήσια χρονοσειρά παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος από τα φωτοβολταϊκά πάρκα

Πράγματι, ένας φωτοβολταϊκός σταθμός στην Ελλάδα παράγει περίπου το 65% της ετήσιας παραγωγής του από 15 Απριλίου έως 15 Οκτωβρίου. Συνεπώς, αν το ζητούμενο σε έναν υβριδικό σταθμό είναι η ετήσια μεγιστοποίηση της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ, στην περίπτωση χρήσης φωτοβολταϊκού σταθμού η μονάδα αποθήκευσης θα πρέπει να διαστασιολογηθεί πολύ μεγαλύτερη, προκειμένου κατά τη διάρκεια του χειμώνα να υπάρχει αποθηκευμένη ενέργεια από το καλοκαίρι και να είναι δυνατό να ανταποκριθεί ο σταθμός στην κάλυψη της χειμερινής ζήτησης ισχύος, χωρίς την υψηλή συμμετοχή των μονάδων εφεδρείας και με δεδομένη τη χαμηλή παραγωγή ισχύος από το φωτοβολταϊκό σταθμό. Γίνεται αντιληπτό, βέβαια, ότι κάτι τέτοιο δεν είναι δόκιμο, ούτε τεχνικά, καθώς θα υπάρχουν μεγάλες απώλειες στη μονάδα αποθήκευσης λόγω της μακροχρόνιας αποθήκευσης, ούτε και οικονομικά, καθώς το κόστος της μονάδας αποθήκευσης και, κατ' επέκταση, του υβριδικού σταθμού θα προκύψει πολύ υψηλό.

Δεδομένου του ότι η μονάδα βάσης θα πρέπει να αποδίδει υψηλή παραγωγή ενέργειας, παρουσιάζοντας μεγάλο συντελεστή απασχόλησης καθώς και να παρουσιάζει χαμηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας, συνεπάγεται, ότι απαιτείται η κατασκευή πολύ μεγάλης μονάδας αποθήκευσης προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι του υβριδικού σταθμού σχετικά με τη συμμετοχή των μονάδων ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο.

Η πλέον ενδεδειγμένη λύση για την τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί ως μονάδα βάσης σε υβριδικούς σταθμούς μεγάλου μεγέθους είναι τα αιολικά πάρκα. Γίνεται βέβαια αντιληπτό ότι η ανωτέρω σύγκριση ισχύει σε περιπτώσεις γεωγραφικών χώρων όπου υπάρχει

διαθεσιμότητα τόσο υψηλού αιολικού δυναμικού, όσο και υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας. Εξυπακούεται ότι δεν έχει νόημα επιλογή αιολικών πάρκων για τη μονάδα βάσης υβριδικού σταθμού σε περιπτώσεις ανυπαρξίας αιολικού δυναμικού. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η χρήση φωτοβολταϊκών σταθμών είναι η μόνη επιλογή, γνωρίζοντας όμως εκ των προτέρων ότι οι δυνατότητες για μεγιστοποίηση της διείσδυσης ΑΠΕ στο σύστημα μέσω του υβριδικού σταθμού είτε είναι περιορισμένες, είτε θα απαιτήσουν την κατασκευή πολύ μεγαλύτερου και ακριβότερου σταθμού (διπλάσια ισχύ φωτοβολταϊκού σταθμού, μεγαλύτερη μονάδα αποθήκευσης). Σε κάθε περίπτωση, η εξεύρεση περιοχών με υψηλό αιολικό δυναμικό, τέτοιων, ώστε το κόστος εγκατάστασης του αιολικού πάρκου να μην επηρεάζεται αρνητικά (π.χ. απομακρυσμένες περιοχές από τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, δύσκολη προσβασιμότητα, ακριβή γη, μορφολογικά και γεωτεχνικά δύσκολο ανάγλυφο), αποτελεί θεμελιώδη προϋπόθεση για την επιτυχή σχεδίαση και υλοποίηση υβριδικού σταθμού, ο οποίος, με χαμηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας, θα δύναται να εξασφαλίσει υψηλά ποσοστά διείσδυσης ΑΠΕ στο σύστημα.

3.3 Τρόποι αποθήκευσης στους Υβριδικούς σταθμούς

Για τους υβριδικούς σταθμούς είναι ευνόητο ότι η μονάδα αποθήκευσης θα πρέπει να χαρακτηρίζεται καταρχήν από μεγάλη χωρητικότητα. Επιπλέον, ανάλογη με το μέγεθος της ζήτησης ισχύος που καλείται να καλύψει ο υβριδικός σταθμός θα πρέπει να είναι και η ισχύς φόρτισης / εκφόρτισης της μονάδας αποθήκευσης. Με βάση τα αποτελέσματα από τη μελέτη και τη διαστασιολόγηση σειράς υβριδικών σταθμών, θα μπορούσαμε εμπειρικά να πούμε ότι οι μονάδες αποθήκευσης που θα υποστηρίξουν ένα υβριδικό σταθμό θα πρέπει να παρουσιάζουν μία χωρητικότητα από 1% έως 3% της ετήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το αιολικό πάρκο του υβριδικού σταθμού, ανάλογα με τον αλγόριθμο λειτουργίας του υβριδικού σταθμού και για συντελεστή απασχόλησης αιολικού πάρκου της τάξης του 30 – 40%. Η ισχύς εκφόρτισης της μονάδας αποθήκευσης θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με την ετήσια αιχμή ζήτησης ισχύος του συστήματος, στην περίπτωση που ο υβριδικός σταθμός καλείται να καλύψει καθολικά τη ζήτηση ισχύος. Η ισχύς φόρτισης της μονάδας αποθήκευσης θα πρέπει να είναι της τάξης της ονομαστικής ισχύος του αιολικού πάρκου του υβριδικού σταθμού (συνήθως λίγο μικρότερη).

Παράδειγμα για ένα αιολικό πάρκο υβριδικού σταθμού με ονομαστική ισχύ 50MW και συντελεστή απασχόλησης 30%, η μονάδα αποθήκευσης του υβριδικού σταθμού θα πρέπει να έχει χωρητικότητα περίπου ίση με 1.300MWh. Δηλαδή στην περίπτωση κατασκευής αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού ως μονάδα αποθήκευσης του υβριδικού σταθμού, η ανωτέρω χωρητικότητα επιτυγχάνεται με μία άνω δεξαμενή ωφέλιμου όγκου περίπου 1.700.000m³, ευρισκόμενη σε υψομετρική διαφορά 300m με την κάτω δεξαμενή. Αυτό προκύπτει από τον τύπο :

$$V_t = \frac{E * \eta}{\rho * g * H}$$

όπου V_t (m^3) ο όγκος της δεξαμενής, E (MWh) η ενέργεια του σταθμού, H (m) το ύψος, η ο βαθμός απόδοσης της αντλίας, g (m/sec^2) η επιτάχυνση της βαρύτητας και ρ (kg/m^3) η πυκνότητα του νερού.

Παρόλο που, θεωρητικά, ίσως υπάρχουν διαθέσιμες μία σειρά από διαφορετικές τεχνολογίες αποθήκευσης, εκείνες που στην πράξη μπορούν να αντεπεξέλθουν σε τέτοια μεγάλα μεγέθη χωρητικότητας και ισχύος φόρτισης / εκφόρτισης περιορίζονται σημαντικά. Ουσιαστικά οι διαθέσιμες τεχνολογίες αποθήκευσης για τη διαχείριση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας και την επαρκή συνδυασμένη λειτουργία τους με ένα αιολικό πάρκο στα πλαίσια ανάπτυξης ενός υβριδικού σταθμού είναι οι δύο ακόλουθες:

- Σταθμοί αποθήκευσης συμπιεσμένου αέρα (Compressed Air Energy Storage Systems CAES),
- Αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά – αντλησιοταμιευτήρας (Pumped Storage Systems – PSS).

3.4 Αναστρέψιμα Υδροηλεκτρικά ως τρόπος αποθήκευσης

Η αποθήκευση ενέργειας με τη μέθοδο της αντλησιοταμίευσης ή, διαφορετικά, με αντλησιοταμιευτήρες ή αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά (Pumped Storage Systems – PSS), είναι η περισσότερο τεχνολογικά ώριμη και οικονομικά ανταγωνιστική τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας για Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας μεγάλου μεγέθους. Δεκάδες αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά, τα οποία έχουν ήδη κατασκευαστεί και λειτουργούν παγκοσμίως κάτω από εντελώς διαφορετικές συνθήκες, καλύπτουν ένα πεδίο ισχύος από 5MW έως 2GW και παρέχουν τεράστια πρακτική εμπειρία σχετικά με τις τεχνικές προδιαγραφές και τις λεπτομέρειες που αφορούν την κατασκευή και τη λειτουργία τους.

3.4.1 Η βασική δομή και λειτουργία ενός αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού

Ένα αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό αποτελείται από δύο δεξαμενές νερού, κατασκευασμένες σε όμορες γεωγραφικές θέσεις, με ικανή υψομετρική διαφορά μεταξύ τους, συνήθως μερικών εκατοντάδων μέτρων. Οι χωρητικότητες των δεξαμενών νερού μπορεί να κυμαίνονται από μερικές εκατοντάδες χιλιάδες κυβικά μέτρα, έως μερικά εκατομμύρια κυβικά μέτρα. Το νερό μπορεί να μεταφέρεται ανάμεσα στις δύο δεξαμενές είτε μέσω μονής σωλήνωσης, η οποία χρησιμοποιείται τόσο για άντληση όσο και για πτώση νερού, είτε μέσω δύο ανεξάρτητων σωληνώσεων, μία για άντληση και μία για πτώση. Το αν θα κατασκευαστούν μία ή δύο ανεξάρτητες σωληνώσεις νερού, μέσω των οποίων θα συνδέονται οι δύο δεξαμενές

του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού, εξαρτάται από τον αλγόριθμο λειτουργίας του υβριδικού σταθμού, από τον οποίο προκύπτει αν θα υπάρχει η ανάγκη για ταυτόχρονη πτώση και άντληση νερού, δηλαδή, για ταυτόχρονη φόρτιση και εκφόρτιση της μονάδας αποθήκευσης. Τα κάτω άκρα των σωληνώσεων νερού καταλήγουν σε ένα αντλιοστάσιο και σε ένα υδροηλεκτρικό σταθμό.



Εικόνα 3.2: Τρόπος λειτουργίας ενός αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού

Όταν, κατά τη λειτουργία του υβριδικού σταθμού, υπάρχει περίσσεια ισχύος από τη μονάδα ΑΠΕ που πρέπει να αποθηκευτεί, η ισχύς αυτή οδηγείται στις αντλίες του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού, μέσω των οποίων το νερό αντλείται από την κάτω και αποθηκεύεται στην άνω δεξαμενή. Με αυτό τον τρόπο, η περίσσεια ενέργειας αποθηκεύεται στην άνω δεξαμενή με τη μορφή δυναμικής ενέργειας, λόγω του βαρυτικού πεδίου της γης. Στην περίπτωση που, κατά τη λειτουργία του υβριδικού σταθμού, προκύψει ανάγκη παραγωγής ισχύος από τη μονάδα αποθήκευσης, το αποθηκευμένο νερό στην άνω δεξαμενή ελευθερώνεται, διέρχεται μέσω των σωληνώσεων και καταλήγει στους υδροστροβίλους του υδροηλεκτρικού σταθμού, παρέχοντας έτσι την επιπρόσθετη απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ.

3.5 Κύρια Στοιχεία Εγκατάστασης Ενός Αναστρέψιμου Υδροηλεκτρικού

Τα κύρια μέρη που αποτελούν ένα σύστημα αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού είναι: οι ταμιευτήρες, ο αγωγός του νερού, οι υδροδυναμικές μηχανές (υδροστρόβιλοι και αντλίες), και το κτίριο της μονάδας με τις απαραίτητες ηλεκτρονικές εγκαταστάσεις.

3.5.1 Ταμιευτήρες νερού

Ο ταμιευτήρας ή δεξαμενή χρησιμοποιείται για την αποθήκευση θαλασσινού ή γλυκού νερού στο σύστημα. Η θέση μεταξύ των άνω και κάτω ταμιευτήρα θα πρέπει να παρουσιάζει υψομετρική διαφορά η οποία θα προσδίδει δυναμική ενέργεια στο εργαζόμενο μέσο. Στην περίπτωση που το σύστημα λειτουργεί με θαλασσινό νερό, ως κάτω δεξαμενή χρησιμοποιούνται τεχνικά φράγματα στην επιφάνεια της θάλασσας. Η κατασκευή ταμιευτήρα παρέχει τη σιγουριά ότι υπάρχει νερό στην κορυφή του αγωγού και ότι μπορεί να προστεθεί ή να αφαιρεθεί νερό σε αυτόν ανάλογα με τις απαιτήσεις του συστήματος. Ο σχεδιασμός του εξαρτάται από το ανάγλυφο της κάθε περιοχής ενώ πρακτικά το βάθος του θα πρέπει να είναι περίπου ίσο με έξι φορές την διάμετρο του αγωγού. Επίσης θα πρέπει να προβλεφτεί το φαινόμενο υπερχείλισης της δεξαμενής έτσι ώστε το νερό να διαφύγει χωρίς να προκαλέσει ζημιές



Εικόνα 3.3 : Τεχνητός ταμιευτήρα αποθήκευσης νερού

3.5.2 Αγωγός Νερού

Ο αγωγός είναι ο σωλήνας που οδηγεί το νερό στους υδροστρόβιλους και τις αντλίες, ενώ συνδέει παράλληλα την άνω και κάτω δεξαμενή. Ανάλογα το εκάστοτε σύστημα μπορεί να υπάρχει είτε ένας κοινός αγωγός είτε δύο ξεχωριστοί για άντληση και υδατόπτωση αντίστοιχα.

Στην αρχή του αγωγού υπάρχει σύστημα φιλτραρίσματος του νερού για την προστασία των μηχανών, ενώ στα σημεία σύνδεσης του με αυτές υπάρχουν κατάλληλες βαλβίδες που ρυθμίζουν την ροή του νερού και ακροφύσια στις εισόδους των υδροστροβίλων.

Υπάρχουν τρεις παράμετροι που χαρακτηρίζουν τον αγωγό και παίζουν σημαντικό ρόλο στην λειτουργία του :

1. Το υλικό κατασκευής του όπου συνήθως είναι πλαστικό ή PVC για χαμηλές πιέσεις και χάλυβας για μεγαλύτερα συστήματα.

2. Η εσωτερική διάμετρος του αγωγού καθώς παίζει σημαντικό ρόλο στη διαθέσιμη ισχύ. Ανάλογα με το μέγεθος αυτό αυξάνεται ή μειώνεται η διαθέσιμη υδραυλική ισχύς ενώ παράλληλα παρουσιάζονται απώλειες ροής λόγω της τραχύτητας της επιφάνειας του. Η βέλτιστη τιμή εσωτερικής διαμέτρου υπολογίζεται από την συναρτήση της παροχής και του υδραυλικού ύψους αφού προστεθούν σε αυτό οι απώλειες ροής.

3. Η πίεση που θα λειτουργεί ο αγωγός καθώς όσο μεγαλύτερη είναι η πίεση τόσο μεγαλύτερο θα πρέπει να είναι το πάχος του αυξάνοντας έτσι και το κόστος κατασκευής του. Για το λόγο αυτό, εφόσον η πίεση εξαρτάται από το υδραυλικό ύψος συνυπολογίζοντας το υδραυλικό πλήγμα υπάρχουν τεχνικές μείωσης του κόστους με λεπτότερο πάχος αγωγού στην κορυφή και παχύτερο στο χαμηλότερο υψόμετρο όπου οι πιέσεις είναι πολύ μεγαλύτερες.

3.5.3 Υδροστρόβιλοι

Οι υδροστρόβιλοι μετατρέπουν την ενέργεια του νερού που πέφτει σε μηχανική μεταδίδοντας περιστρεφόμενη κίνηση σε ηλεκτρογεννήτριες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ανάλογα με το υδραυλικό ύψος λειτουργίας του οι υδροστρόβιλοι διακρίνονται σε μεγάλο, μεσαίου και μικρού υδραυλικού ύψους, ενώ με βάση τη διαδικασία που χρησιμοποιείται για την μετατροπή της παροχής και του υδραυλικού ύψους σε μηχανική ισχύ διακρίνουμε υδροστρόβιλους δράσεως και υδροστρόβιλους αντιδράσεως.

Οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως είναι ολικής προσβολής και ολόκληρος ο δρομέας λειτουργεί συμμετρικά. Ταιριάζουν καλύτερα σε περιπτώσεις μικρού υδραυλικού ύψους και μεγάλων τιμών παροχής νερού επιτυγχάνοντας καλούς βαθμούς απόδοσης όμως απαιτούν καλή στεγανοποίηση στα ανοίγματα του δρομέα και της στέγασης του στροβίλου. Αυτό οφείλεται στο ότι η εφαρμογή του υδραυλικού ύψους γίνεται εγκάρσια του δρομέα και έτσι οποιαδήποτε διαρροή δημιουργεί σημαντικές απώλειες ισχύος. Οι βασικότεροι τύποι υδροστροβίλων αντιδράσεως είναι οι Francis, Kaplan, αξονικής ροής και οι βολβοειδής υδροστρόβιλοι.

Οι υδροστροβίλοι δράσεως είναι μερικής προσβολής και σε κάθε χρονική στιγμή τμήμα μόνο του δρομέα συμμετέχει στην ενεργειακή μετατροπή. Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις με μεγάλο υδραυλικό ύψος και μικρή παροχή νερού καθώς σε αυτήν την περίπτωση η μεγάλη ταχύτητα του νερού λόγω του μεγάλου υδραυλικού ύψους συγκεντρώνει αποδοτικά την διαθέσιμη υδραυλική ισχύ σε μία μικρή περιοχή ροής πάνω στα πτερύγια του δρομέα. Η μέγιστη απόδοση ενός υδροστροβίλου δράσεως προκύπτει όταν η ταχύτητα του δρομέα είναι περίπου η μισή από την ταχύτητα ροής του νερού, την στιγμή που αυτό εξέρχεται από το ακροφύσιο.

Ένα πλεονέκτημα των υδροστροβίλων δράσεως σε αντίθεση με τους υδροστροβίλους αντιδράσεως είναι ότι εφόσον το υδραυλικό ύψος μετατρέπεται σε ταχύτητα μέσω ακροφυσίων, δεν υπάρχει πτώση πίεσης στον δρομέα επομένως δεν είναι απαραίτητη η στεγανοποίηση μεταξύ του δρομέα και της στέγασης του στροβίλου. Το γεγονός αυτό καθιστά του υδροστροβίλους δράσεως πιο απλούς στην κατασκευή τους και πιο ανεκτικούς σε συνθήκες μη καθαρού νερού. Οι βασικότεροι τύποι υδροστροβίλων δράσεως είναι οι Pelton, Turgo και Crossflow.

3.5.4 Αντλίες

Η αποθήκευση ενέργειας στο αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό γίνεται για την αποθήκευση του νερού στην άνω δεξαμενή. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση αντλιών οι οποίες δεχόμενες την μηχανική ενέργεια που λαμβάνουν από ηλεκτροκινητήρα, προσφέρουν δυναμική και κινητική ενέργεια στο νερό που τις διαρρέει. Η ενέργεια αυτή αυξάνει την πίεση και την ταχύτητα του νερού και καθιστά ικανή την μεταφορά του από την κάτω στην άνω δεξαμενή και την κάλυψη της ενέργειας που δαπανάται λόγω υδραυλικών απωλειών που αναπτύσσονται στον αγωγό.

Η πιο διαδεδομένη αντλία όπου και χρησιμοποιείται σε αυτά τα συστήματα είναι η φυγοκεντρική αντλία η οποία αποτελείται από πτερωτή ή πτερυγιοφόρο δρομέα και από το κέλυφος που τον περιβάλλει. Τα πλεονεκτήματα της φυγοκεντρικής αντλίας έναντι άλλων τύπων μηχανών είναι η δυνατότητα σύνδεσης της κατευθείαν με υψηλής ταχύτητας κινητήρες όλων των τύπων (όπως ηλεκτρικούς, αμοστροβίλους, αεριοστροβίλους), οι μικρές διαστάσεις, η απλότητα κατασκευής σε συνδυασμό με ασφαλή λειτουργία και η χαμηλή τιμή εγκατάστασης και συντήρησης.

Η ταξινόμηση των φυγοκεντρικών αντλιών γίνεται με διάφορα κριτήρια όπως:

1. Την θέση του άξονα της πτερωτής σε οριζόντιες και κάθετες αντλίες.
2. Τον αριθμό και τη διεύθυνση των πτερωτών σε μονοβάθμιες αντλίες όπου έχουν μία μόνο πτερωτή, πολυβάθμιες αντλίες με έναν κινητήρα και πολλές πτερωτές συνδεδεμένες σε

σειρά αυξάνοντας το αποδιδόμενο ύψος με καλό βαθμό απόδοσης και πολλαπλής κυκλοφορίας αντλίες με πολλά στοιχεία διευθετημένα σε παράλληλη διάταξη.

3. Την ειδική ταχύτητα. Είναι μια σταθερά που μας βοηθάει στην επιλογή της καταλληλότερης αντλίας και βασίζεται στις συνθήκες όπου η αντλία εργάζεται στον μέγιστο βαθμό απόδοσης. Συμβολίζεται με N_s και είναι συνάρτηση της ταχύτητας περιστροφής N (rpm), της παροχής Q (m^3/hr) και του μανομετρικού ύψους κάθε βαθμίδας H (m).

$$N_s = N * \frac{\sqrt{Q}}{H^{0.75}}$$

Με βάση τις τιμές ειδικής ταχύτητας οι φυγοκεντρικές αντλίες διαχωρίζονται σε ακτινικής ροής με N_s από 400-4500 για μεγάλα μανομετρικά ύψη, μικτής ροής με N_s 4500-9000 για μεσαία ύψη και παροχές και αξονικής ροής με N_s 9000-15000 για μεγάλες παροχές και σχετικά μικρά ύψη. Στην εικόνα 3.4 απεικονίζεται μια πολυβάθμια αντλία.

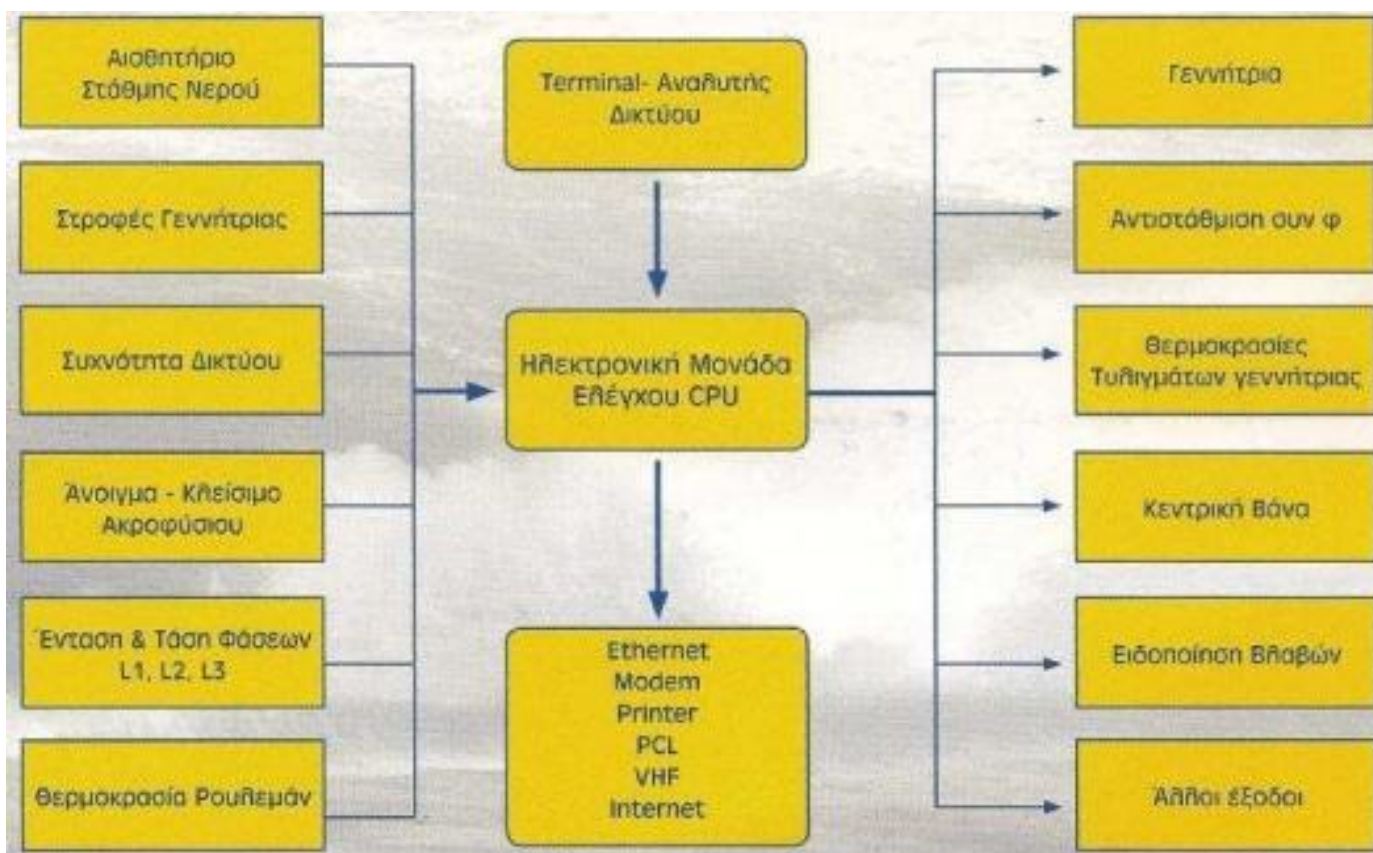


Εικόνα 3.4 : Πολυβάθμια αντλία ακτινικής ροής με 5 πτερωτές

3.5.5 Κτήριο και Μετρητικές διατάξεις

Το κτήριο περιλαμβάνει τον χώρο εγκατάστασης των μηχανών στην κάτω δεξαμενή και των απαραίτητων ηλεκτρονικών μέσων για τον έλεγχο και την ασφαλή λειτουργία του συστήματος. Θα πρέπει να είναι καλά σχεδιασμένο ώστε να εξασφαλίζει την προστασία των μηχανών και του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού της εγκατάστασης καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του έργου.

Οι μετρητικές διατάξεις θα πρέπει να παρέχουν ακριβείς μετρήσεις των διαφόρων παραμέτρων και έγκυρες πληροφορίες με χρήση κατάλληλων λογισμικών ανάλυσης και επεξεργασίας δεδομένων, για το σωστό έλεγχο της μονάδας. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου θα πρέπει να περιλαμβάνει: την προστασία της μονάδας σε περίπτωση βλάβης, ρύθμιση συντελεστή ισχύος ($\cos\phi$), τάσης, έντασης, συχνότητας και ασυμμετρίας φάσεων, συγχρονισμό της γεννήτριας με το δίκτυο, εντολή ζεύξης και απόζευξης υδροδυναμικών μηχανών και γεννητριών, ρύθμιση ανοίγματος ακροφυσίων και παροχής νερού, έλεγχο θερμοκρασίας των τυλιγμάτων και των ρουλεμάν καθώς και καταγραφή και αποστολή δεδομένων. Τμηματικά παρουσιάζεται στην εικόνα 3.5 που ακολουθεί η μέθοδος ελέγχου ενός μικρού υδροηλεκτρικού σταθμού (1-10MW).



Εικόνα 3.5 :Σύστημα ελέγχου μικρού ΥΗΕ σταθμού

3.6 Συνδυασμός αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών και μονάδων

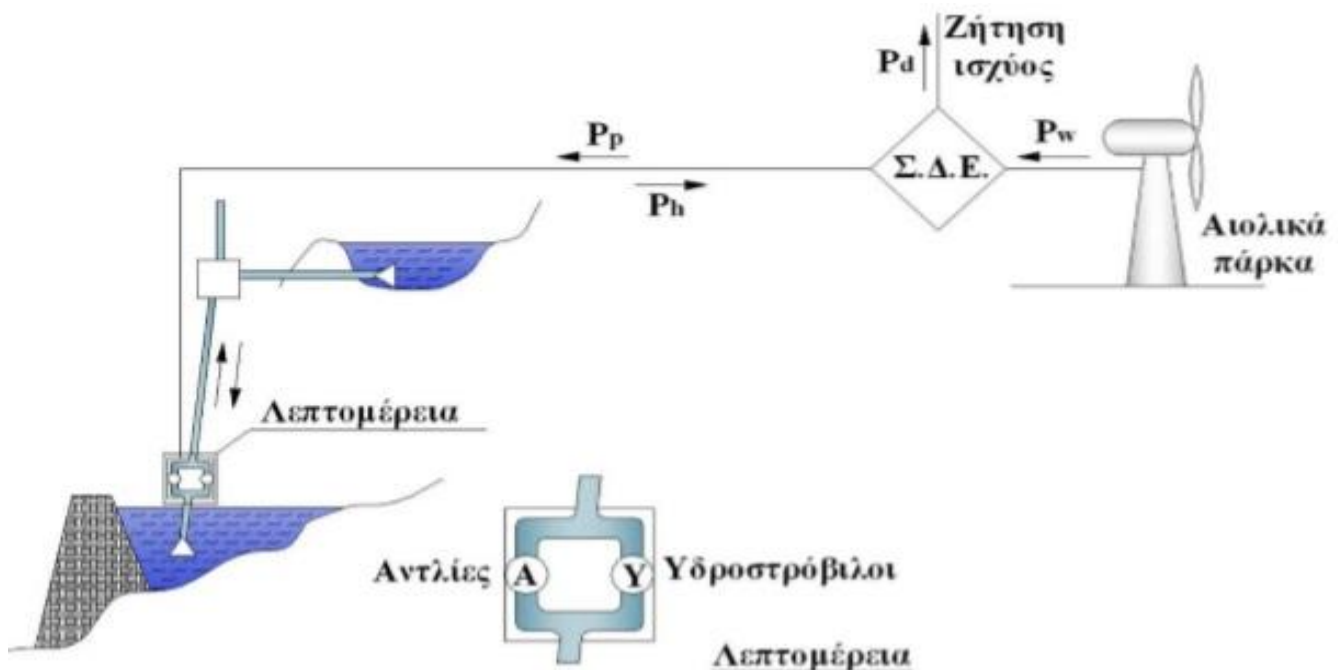
ΑΠΕ (αιολικό πάρκο)

Ο βασικός σκοπός της συνδυασμένης λειτουργίας αιολικού πάρκου και αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού, που δεν είναι άλλος από τη μεγιστοποίηση της ετήσιας συμμετοχής του

αιολικού πάρκου στην κάλυψη των αναγκών του ΣΗΕ σε ηλεκτρική ενέργεια, εισάγει συγκεκριμένες διαφοροποιήσεις στη σχεδίαση και στη λειτουργία του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού.

Η βασική καινοτομία και διαφορά με τα αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά, που χρησιμοποιούνται για απαλοιφή αιχμών ζήτησης ισχύος, είναι η εγκατάσταση διπλής σωλήνωσης, μέσω της οποίας είναι δυνατή η ταυτόχρονη άντληση και πτώση νερού. Η αναγκαιότητα για την εγκατάσταση διπλής σωλήνωσης απορρέει από το δεδομένο της ύπαρξης μέγιστου ποσοστού απευθείας στιγμιαίας διείσδυσης των μονάδων ΑΠΕ στο δίκτυο, επιβάλλεται για λόγους εξασφάλισης της δυναμικής ασφάλειας του συστήματος. Η εγκατάσταση διπλής σωλήνωσης επιτρέπει την αποθήκευση της περίσσειας ηλεκτρικής ισχύος από το αιολικό πάρκο που δεν επιτρέπεται να διεισδύσει απευθείας στο δίκτυο, ενώ ταυτόχρονα είναι δυνατή η ροή νερού από την ανεξάρτητη σωλήνωση πτώσης, για την κάλυψη από τους υδροστροβίλους του ελλείμματος στην παραγωγή ισχύος ως προς τη ζήτηση.

Η διαθεσιμότητα διπλής σωλήνωσης βελτιώνει, επίσης, την ευελιξία του συστήματος και την ικανότητά του να αντιδράσει σε περίπτωση εμφάνισης συμβάντων και διαταραχών στο ΣΗΕ. Για παράδειγμα, στην περίπτωση ξαφνικής απώλειας παραγωγής ισχύος από το αιολικό πάρκο, η ανεξάρτητη σωλήνωση πτώσης επιτρέπει την άμεση ένταξη στο δίκτυο των υδροστροβίλων για κάλυψη της απώλειας παραγωγής, ακόμα και αν τη στιγμή του συμβάντος επιτελούνταν άντληση νερού.



Εικόνα 3.6 : Απεικόνιση λειτουργίας ενός υβριδικού σταθμού με αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό και αιολικό πάρκο

3.6.1 Η λειτουργία υβριδικού σταθμού αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού και αιολικού πάρκου

Κάποια χρονική στιγμή έστω ότι η ζήτηση ισχύος είναι P_d και η διαθεσιμότητα ισχύος από το αιολικό πάρκο είναι P_w . Η απευθείας διείσδυση ισχύος P_{wp} από το αιολικό πάρκο προς το δίκτυο περιορίζεται έως ένα μέγιστο ποσοστό a ως προς τη ζήτηση ισχύος $P_{wp} = a \cdot P_d$ ($0 < a < 1$), με σκοπό να μην επηρεαστεί αρνητικά η δυναμική ασφάλεια του συστήματος. Τούτο επιτυγχάνεται με την ένταξη στο σύστημα των αντλιών του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού, στην περίπτωση στην οποία η ισχύς του αιολικού πάρκου υπερβαίνει την εν λόγω μέγιστη δυνατή διείσδυση ισχύος.

Διακρίνονται δύο περιπτώσεις:

1. Αν το αποθηκευμένο νερό στην άνω δεξαμενή του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού δεν επαρκεί, το υπόλοιπο της ζήτησης ισχύος, που δεν καλύπτεται μέσω της απευθείας διείσδυσης του αιολικού πάρκου, παρέχεται από τις μονάδες εφεδρείας του υβριδικού σταθμού, οι οποίες παράγουν συνολική ισχύ ίση με $P_{th} = P_d - P_{wp}$. Η παραγωγή ισχύος από τους υδροστρόβιλους του υβριδικού σταθμού είναι μηδενική: $P_{ht} = 0$. Οι αντλίες του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού τροφοδοτούνται με την περίσσεια ισχύος του αιολικού πάρκου $P_p = P_w - P_{wp}$, προκειμένου να την αποθηκεύσουν, ανεβάζοντας νερό στην άνω δεξαμενή.
2. Αν στην άνω δεξαμενή του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού υπάρχει ικανή αποθηκευμένη ποσότητα νερού, το υπόλοιπο της ζήτησης ισχύος, που δεν καλύπτεται μέσω της απευθείας διείσδυσης του αιολικού πάρκου, παράγεται από τους υδροστρόβιλους: $P_{ht} = P_d - P_{wp}$. Την ίδια στιγμή, η πιθανή περίσσεια ισχύος από το αιολικό πάρκο $P_w - P_{wp}$ αποθηκεύεται και πάλι μέσω του αντλιοστασίου στην άνω δεξαμενή του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού, υπό την προϋπόθεση ότι τούτη δεν είναι γεμάτη. Αν συμβαίνει κάτι τέτοιο, δεν είναι δυνατή η αποθήκευση της περίσσειας ισχύος από το αιολικό πάρκο. Η περίσσεια αυτή είτε θα πρέπει να απορριφθεί, καθορίζοντας το σημείο λειτουργίας των ανεμογεννητριών είτε θα μπορούσε να αξιοποιηθεί σε εναλλακτικές δράσεις (π.χ. αφαλάτωση ή παραγωγή υδρογόνου μέσω ηλεκτρόλυσης). Η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος από τις μονάδες εφεδρείας είναι μηδενική: $P_{th} = 0$.

Από τον ανωτέρω αλγόριθμο είναι ξεκάθαρος ο ρόλος των μονάδων ΑΠΕ ως μονάδες βάσης του συστήματος και των θερμοηλεκτρικών μονάδων ως μονάδες εφεδρείας.

Κεφάλαιο 4. Περιγραφή της Κατασκευής

4.1 Εισαγωγή

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα μελετήσουμε τον συνδυασμό ηλιακής ενέργειας και την βαρυτική δύναμη του νερού σε μικρή κλίμακα. Η κατασκευή μας συνδυάζει συστήματα ΑΠΕ με την υποστήριξη ηλεκτρονικών στοιχείων.

Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα μας τοποθετήθηκε σε μία ξύλινη κατασκευή η οποία αποτελείται από δύο κάθετα ξύλα, διαστάσεων 2m x 0,25m, στα οποία ανάμεσα τους βιδώσαμε 3 ράφια διαστάσεων 30x30 cm.

Στην κορυφή της ξύλινης κατασκευής τοποθετήθηκε η δεξαμενή(1) του νερού (10L) και το ηλιακό πάνελ το οποίο συνδέεται με τον ηλιακό ελεγκτή φόρτισης. Στο κάτω ράφι τοποθετήθηκε άλλη δεξαμενή(2) χωρητικότητας 10L. Στην συνέχεια βάλουμε στην κάτω δεξαμενή την αντλία η οποία συνδέθηκε με τη δεξαμενή στο πάνω μέρος μέσω σωλήνα, έτσι ώστε να μεταφέρεται το νερό από την κάτω στην πάνω δεξαμενή. Κύρια πηγή ενέργειας της αντλίας είναι η μπαταρία η οποία είναι και αυτή συνδεδεμένη με τον ηλιακό ελεγκτή φόρτισης.

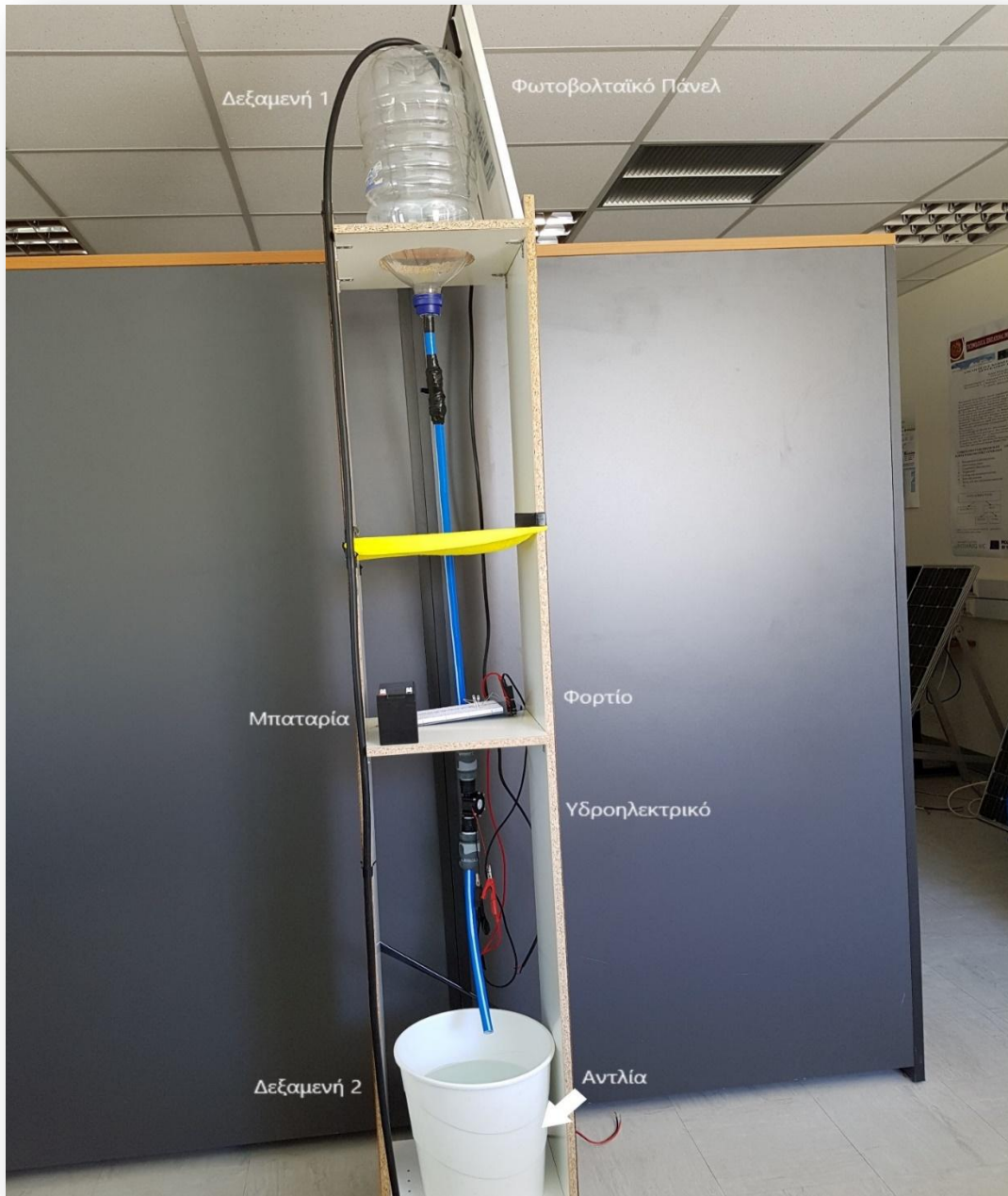
Στο κάτω μέρος της δεξαμενής 1, τοποθετήθηκε βάνα η οποία συνδέεται μέσω ενός σωλήνα στο υδροηλεκτρικό και καταλήγει στην κάτω δεξαμενή (2) έτσι ώστε να γίνεται ανακύκλωση του νερού. Το υδροηλεκτρικό είναι η κύρια πηγή τροφοδοσίας του φορτίου (LED).

Στο μεσαίο ράφι τοποθετήθηκε η μπαταρία, το βολτόμετρο, το breadboard και ο ηλιακός ελεγκτής φόρτισης (Solar Charge Controller).

Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία της κατασκευής μας :

1. Φωτοβολταϊκό πάνελ 24 Volt, 10 Watt
2. Υδροηλεκτρικό 12 Volt, 10 Watt
3. Αντλία νερού 12 Volt, 10 Watt
4. Μπαταρία 12 Volt ,7 Ah
5. Ελεγκτής φόρτισης μπαταρίας (Charge Controller)
6. Μικροελεγκτής Arduino για εκτύπωση αποτελεσμάτων
7. Δυο δεξαμενές για την αποθήκευση του νερού , 10 λίτρα
8. Πλαστικός σωλήνας μήκος 1,15 m και διάμετρο 12 mm
9. Σωλήνας από καουτσούκ μήκος 2,25 μ και διάμετρο 8 mm
10. Δύο ξύλα ύψος 2 m και πλάτος 25 cm
11. Τρία ράφια 30x30 cm, Μεταλλική Βάνα , Breadboard, Led, Καλώδια

Στις παρακάτω εικόνες απεικονίζεται το τελικό στάδιο της κατασκευής. Πιο συγκεκριμένα στην εικόνα 4.1 απεικονίζεται η μπροστινή όψη της κατασκευής όπου διακρίνονται τα ηλεκτρονικά στοιχεία που την δομούν (αντλία, μπαταρία, φορτίο). Στην εικόνα 4.2 απεικονίζεται η πίσω όψη της κατασκευής στην οποία διακρίνεται το ηλιακό πάνελ και το υδροηλεκτρικό.



Εικόνα 4.1 : Πρόσοψη κατασκευής



Εικόνα 4.2 : Πλάγια όψη κατασκευής.

Αναλυτικότερη αναφορά για τα υλικά και της τεχνολογίες της κατασκευής πραγματοποιείται παρακάτω.

4.2 Η Λειτουργία του Arduino στην κατασκευή

Η λειτουργία του Arduino στην κατασκευή μας είναι ως στατιστικός πάροχος δεδομένων (Εκτυπωτής Αποτελεσμάτων). Στο σύστημα μας χρησιμοποιήσαμε το μοντέλο Arduino UNO. Πιο συγκεκριμένα, ο Arduino συνδέεται μέσω των pins που διαθέτει:

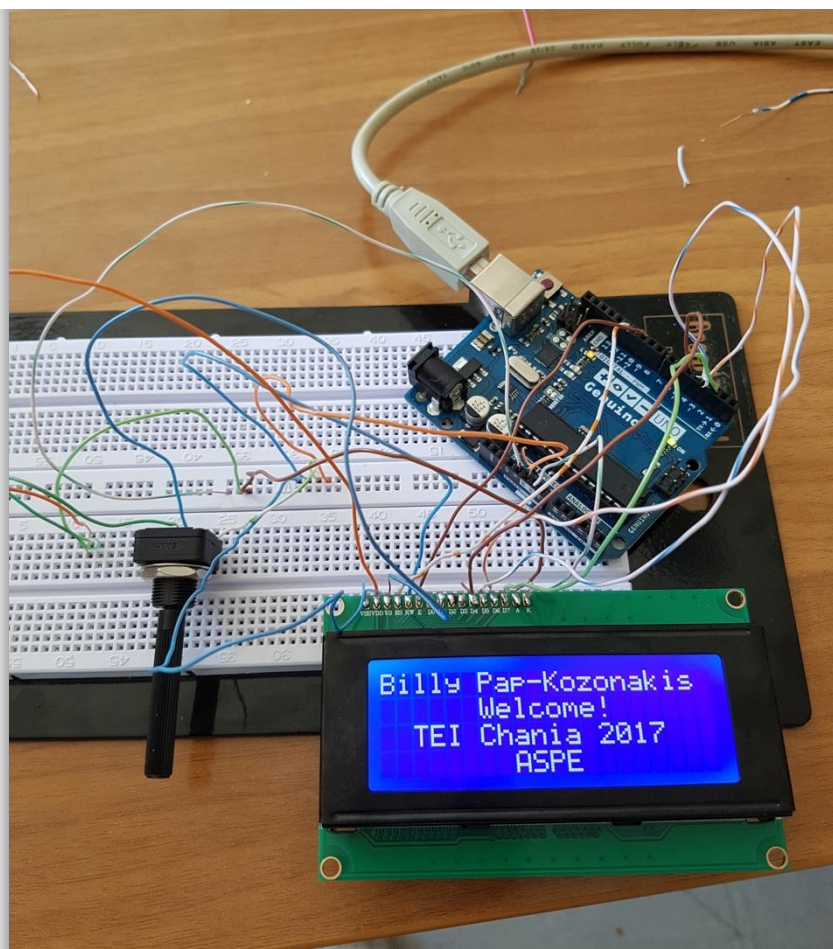
- με τον Ηλιακό Ελεγκτή Φόρτισης
- με την LCD Οθόνη της κατασκευής

Η τάση του Υδροηλεκτρικού στο σύστημα μας ήταν στα 6.33V-6.52V όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 4.3 : Ένδειξη τάσης υδροηλεκτρικού συστήματος.

Λόγω της τάσης που παρέχει το υδροηλεκτρικό της κατασκευής μας, ο Arduino λειτουργεί κανονικά στα 5V και εκτυπώνει το μήνυμα στην οθόνη. Χρησιμοποιήθηκε ως εκτυπωτής αποτελεσμάτων στην κατασκευή μας. Θα μπορούσε βέβαια, να χρησιμοποιηθεί και ως μετρήτης ενδείξεων των τάσεων μεταξύ της μπαταρίας, του υδροηλεκτρικού και του Panel.



Εικόνα 4.4 : Ένδειξη οθόνης Arduino.

4.2.1 Ο ηλιακός ελεγκτής φόρτισης στην κατασκευή

Ο ηλιακός ελεγκτής φόρτισης που χρησιμοποιήθηκε είναι το μοντέλο Steca Solarix Omega 30A, 12/24V Solar Charge Controller.

Ο Ελεγκτής Φόρτισης υπολογίζει την τάση της μπαταρίας και την τάση του φωτοβολταϊκού πάνελου. Σύμφωνα με αυτές τις τάσεις αποφασίζει πως θα φορτίσει την μπαταρία και πως θα διαχειριστεί το φορτίο. Η ποσότητα του ρεύματος φόρτισης καθορίζεται από τη διαφορά μεταξύ της τάσης της μπαταρίας και της τάσης στο σημείο ρύθμισης φορτίου. Ο ελεγκτής χρησιμοποιεί δύο στάδια-αλγόριθμους για την φόρτιση. Ο ελεγκτής δίνει HIGH ή LOW εντολή προς την πλευρά του φορτίου σύμφωνα με την τάση του φωτοβολταϊκού πάνελου και της μπαταρίας.



Εικόνα 4.5: Ηλιακός ελεγκτής φόρτισης

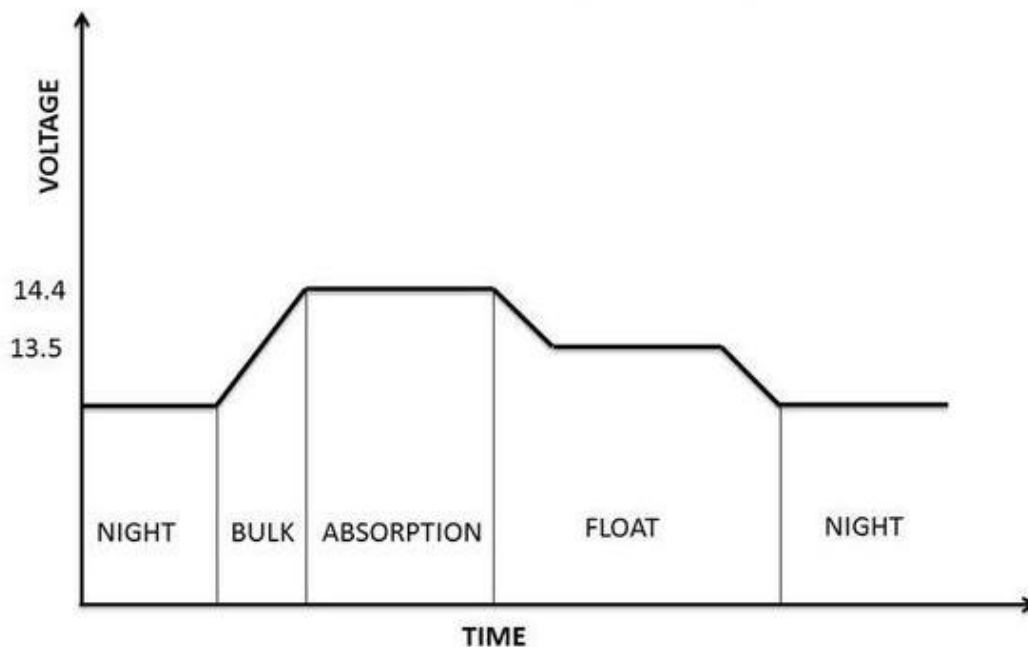
Ο ηλιακός ελεγκτής φόρτισης χρησιμοποιήθηκε διότι μας παρέχει:

1. Ασφάλεια της μπαταρίας από υπερφόρτιση (Overcharge): Περιορίζει την ενέργεια που δέχεται η μπαταρία από το Solar Panel όταν αυτή είναι φορτισμένη στο 100%.
2. Ασφάλεια της μπαταρίας από υπερεκφόρτιση (Over-discharge): Αποσυνδέει την μπαταρία από το κύκλωμα όταν η μπαταρία φτάσει σε χαμηλό επίπεδο φόρτισης.
3. Αυτόματη σύνδεση και αποσύνδεση ηλεκτρικού φορτίου σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα.
4. Προστασία από ανώμαλη κατάσταση: Για την προστασία του κυκλώματος από διαφορετικές καταστάσεις όπως: αστραπή, υπέρταση, βραχυκύκλωμα, κλπ.
5. Αισθητήρας τάσης (Voltage Sensor): Οι αισθητήρες τάσης του ηλιακού ελεγκτή φόρτισης χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση της τάσης του ηλιακού πάνελ και της μπαταρίας.
6. Αισθητήρας ρεύματος (Current Sensor): Ο αισθητήρας ρεύματος αρχικά χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του φορτίου. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται και για τον υπολογισμό ρεύματος φορτίου και ενέργειας.

7. Αισθητήρας θερμοκρασίας (Temperature Sensor): Ο αισθητήρας θερμοκρασίας χρησιμοποιείται για να ανιχνεύει τη θερμοκρασία του δωματίου. Θα χρησιμοποιηθεί αισθητήρας θερμοκρασίας LM35 που βαθμολογείται για -55°C έως $+150^{\circ}\text{C}$.

8. Παρακολούθηση της θερμοκρασίας της μπαταρίας: Οι χημικές αντιδράσεις της μπαταρίας αλλάζουν με βάση την θερμοκρασία. Καθώς η μπαταρία είναι ζεστή, η φόρτιση της γίνεται πιο γρήγορα. Όταν η μπαταρία είναι κρύα, η φόρτιση της είναι πιο δύσκολη. Ανάλογα με το πόσο πολύ η θερμοκρασία της μπαταρίας ποικίλλει, είναι σημαντικό να ρυθμίσουμε το ρυθμό φόρτισης με βάση την συγκεκριμένη θερμοκρασία. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας υπολογίζει την θερμοκρασία της μπαταρίας και ο ελεγκτής φόρτισης στην συνέχεια θα χρησιμοποιήσει αυτό το δεδομένο για το καθορισμού του σημείου φόρτισης που απαιτείται.

Στάδια Φόρτισης



Εικόνα 4.6: Διάγραμμα σταδίων φόρτισης.

4.2.2 Καταστάσεις Φόρτισης

Τα στάδια φόρτισης της μπαταρίας (διάγραμμα εικόνας 4.6) είναι τα ακόλουθα:

- *Bulk*: Σε αυτή τη λειτουργία, μια προκαθορισμένη μέγιστη σταθερή ποσότητα του ρεύματος (amps) τροφοδοτείται εντός του συσσωρευτή. Η μπαταρία φορτίζεται μέχρι η τάση της μπαταρίας αυξάνεται σταδιακά.

- *Absorption*: Όταν η μπαταρία φτάσει στο μεγαλύτερο μέρος της τάσης φόρτισης, η λειτουργία PWM αρχίζει να κρατάει σταθερή την τάση. Αυτό γίνεται για να αποφευχθεί η υπερβολική θέρμανση και η υπερφόρτιση της μπαταρίας.
- *Float*: Όταν η μπαταρία έχει φορτιστεί πλήρως, η τάση φόρτισης έχει μειωθεί για την πρόληψη περαιτέρω θέρμανσης ή έκλυσης αερίων στον συσσωρευτή.

Πιο συγκεκριμένα, η μαζική φόρτιση ξεκινάει όταν η τάση του Solar Panel είναι μεγαλύτερη από αυτή του της μπαταρίας. Όταν η μπαταρία φτάσει τα 12.8 volt, ξεκινάει η απορρόφηση φορτίου. Το φορτίο αυτό θα ελεγχθεί μέσω του Ηλιακού Ελεγκτή Φόρτισης PWM, το οποίο θα κρατήσει την τάση της μπαταρίας σταθερή για μία ώρα. Στην συνέχεια γίνεται Float του φορτίου. Το στάδιο αυτό βοηθάει στο να κρατήσει την μπαταρία τουλάχιστον στα 11.9 volts. Έπειτα επαναλαμβάνεται η διαδικασία φόρτισης.

4.2.3 Έλεγχος Φορτίου (Load Control)

Ο κύριος σκοπός του ελέγχου φορτίου είναι η αποσύνδεση της μπαταρίας από το κύκλωμα έτσι ώστε να την προστατέψει από πλήρη αποφόρτιση. Η πλήρης αποφόρτιση θα μπορούσε να καταστρέψει την μπαταρία. Όταν η τάση του Ηλιακού Πάνελ είναι >5V σημαίνει ότι έχει ζημερώσει ενώ όταν η τάση είναι <5V σημαίνει ότι ο ήλιος έχει δύσει.

4.2.4 Ενδείξεις LED

Μία σημαντική παράμετρος που καθορίζει το ενεργειακό περιεχόμενο του συσσωρευτή είναι η κατάσταση της φόρτισης (State of Charge(SOC)). Αυτή η παράμετρος δείχνει πόσο φορτίο είναι διαθέσιμο στην μπαταρία

Battery LED ----->Κατάσταση Μπαταρίας

Κόκκινο -----> Η τάση είναι χαμηλή

Πράσινο -----> Η τάση είναι σε καλά επίπεδα

Μπλε -----> Πλήρως Φορτισμένη

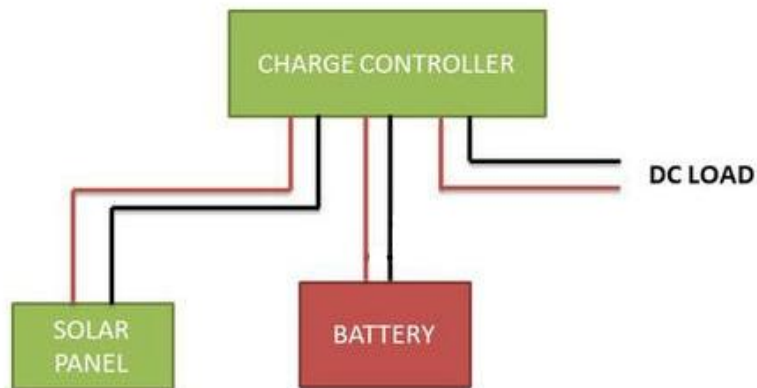
Load LED ----->Load Status

Πράσινο -----> Συνδεδεμένο (ON)

Κόκκινο -----> Αποσυνδεδεμένο (OFF)

4.2.5 Συνδεσμολογία Ηλιακού Ελεγκτή Φόρτισης

Συνδέσαμε πρώτα τον ηλιακό ελεγκτή φόρτισης με την μπαταρία καθώς αυτό επιτρέπει την βαθμονόμηση της τάσης εξόδου για τη συγκεκριμένη κατασκευή (6V). Στην συνέχεια συνδέσαμε ηλιακό πάνελ και τέλος το φορτίο (αντλία). Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται η συνδεσμολογία του ηλιακού ελεγκτή φόρτισης με την κατασκευή.



Εικόνα 4.7 : Συνδεσμολογία Ηλιακού Ελεγκτή Φόρτισης



Εικόνα 4.8 : Φωτοβολταϊκό πάνελ που χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή.

4.3 Το Φωτοβολταϊκό πάνελ της κατασκευής

Το φωτοβολταϊκό πάνελ που θα χρησιμοποιηθεί είναι κατασκευασμένο από την εταιρία Siemens και είναι το μοντέλο SP10 το οποίο είναι, τύπου μονοκρυσταλλικού πυριτίου (εικόνα 4.8). Το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο έχει μια ομοιόμορφη μοριακή δομή. Συγκρινόμενο με υλικά που δεν είναι σε μορφή κρυστάλλου, η υψηλή του ομοιομορφία έχει ως αποτέλεσμα τον υψηλότερο βαθμό απόδοσης (δηλαδή την αναλογία της ηλεκτρικής ισχύος που παράγεται από το ηλιακό στοιχείο προς την διαθέσιμη από την ηλιακή ακτινοβολία ισχύ). Στον πίνακα 4.1 αναγράφονται τα βασικά στοιχεία του φωτοβολταϊκού πάνελ.

Πίνακας 4.1: Στοιχεία του φωτοβολταϊκού πάνελ

Ένταση Ηλιακής Ακτινοβολίας	1000 W/m ²
Θερμοκρασία Φωτοβολταϊκού	25 °C
Μέγιστη Ισχύς P_{max}	10,5 W
Τάση Μέγιστης Ισχύος V_{PM}	17,4 V
Τάση Ανοιχτοκύκλωσης V_{OC}	21,3 V
Ρεύμα Μέγιστης Ισχύος I_{PM}	600 mA
Ρεύμα Βραχυκύκλωσης I_{SC}	670 mA

4.4 Το Υδροηλεκτρικό στην κατασκευή

Ο υδροστρόβιλος της κατασκευής είναι τύπου Francis. Ο Francis είναι ένας τροχός – δρομέας (runner) που φέρει περιφερειακά ειδικά διαμορφωμένα σταθερά πτερύγια (vanes). Ο δρομέας βρίσκεται μέσα σε μια φωλιά (κατοικία) μεταβλητής κυκλικής διατομής και σπειροειδούς γεωμετρίας η οποία φέρει μεταβλητής θέσης οδηγία πτερύγια. Η φωλιά του δρομέα τροφοδοτείται με νερό από τον αγωγό τροφοδοσίας και τα κλαπέτα της φωλιάς καθοδηγούν το νερό, ώστε να προσκρούει εφάπτομενικά στα πτερύγια του δρομέα, Η φωλιά είναι σπειροειδούς γεωμετρίας ώστε το εναπομείναν νερό που δεν έχει ακόμα εισρεύσει στον δρομέα - στα κατάντη της κυκλικής του ροής να αποκτά μεγαλύτερη στροφορμή. Επειδή η περιφερειακή ροή του νερού στη φωλιά ελαττώνεται λόγω εισροής του νερού στο δρομέα, ελαττώνεται παράλληλα και η διατομή του σπειροειδούς αγωγού της φωλιάς.

Τα κλαπέτα της φωλιάς εκτρέπουν το νερό, δημιουργούν μια εφάπτομενική ταχύτητα στο νερό και κατά συνέπεια μια στροφορμή στο νερό. Το νερό μετά εισέρχεται στον δρομέα της τουρμπίνας και μεταφέρει την στροφορμή του σαν ροπή στον άξονα της τουρμπίνας. Η γεωμετρία των πτερυγίων είναι τέτοια ώστε να εξασκείται δύναμη στον τροχό και να τον θέτει σε περιστροφή. Το νερό αφού περάσει από τον δρομέα της τουρμπίνας παροχετεύεται σε κατάλληλο παρακείμενο αποδέκτη – ποταμό ή άλλη τεχνητή λίμνη. Σκοπός ενός βέλτιστου

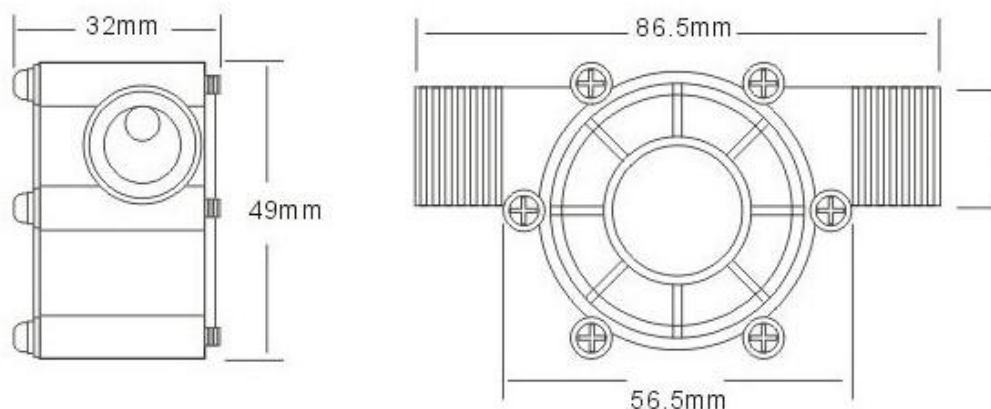
σχεδιασμού μιας τουρμπίνας Francis είναι το νερό να εξέρχεται χωρίς στροβιλισμό με την ελάχιστη δυνατή κινητική και δυναμική ενέργεια. Έτσι το νερό θα έχει αποδώσει σχεδόν όλο το μηχανικό ενεργειακό του περιεχόμενο/φορτίο στην υδροτουρμπίνα. Στην ουσία η τουρμπίνα Francis είναι μια εξελιγμένη μορφή του παραδοσιακού νερόμυλου και χρησιμοποιείται κατά προτίμηση έναντι άλλων τύπων υδροτουρμπίνας.

Οι υδροστροβίλοι Francis χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε υδροηλεκτρικά εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν με πολύ μικρή διαφορά υψομετρικής στάθμης υδατόπτωσης (< 2 m), να κατασκευαστούν από μικρά έως πολύ μεγάλα μεγέθη (> 700 MW) και έχουν πολύ μεγάλο βαθμό απόδοσης (>90%). Οι υδροτουρμπίνες Francis μπορούν ακόμα, να λειτουργήσουν και «ανάποδα», σαν αντλίες δηλαδή, και να αντλήσουν το νερό από ένα ρεζερβουάρ νερού χαμηλότερης υψομετρικής στάθμης σ' ένα ανώτερης στάθμης σε περιόδους χαμηλής ζήτησης ηλεκτρικού φορτίου προς επαναχρησιμοποίησή του σε περιόδους ψηλής ζήτησης.

Πίνακας 4.2 : Στοιχεία του υδροηλεκτρικού στην κατασκευή.

Τάση	12 V DC
Ισχύς	10 W
Ρεύμα	0,83 A
Μέγιστη πίεση (Close-Open)	0.6-1.2 MPa
Πίεση εκκίνησης	0.05 MPa
Αντίσταση μόνωσης	10 MΩ
Μηχανικός θόρυβος λειτουργίας	<55 dB
Διάρκεια Ζωής	>3000 h

Στις εικόνες 4.9 και 4.10 απεικονίζονται οι διαστάσεις του και το μοντέλο του υδροστροβίλου που χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή.



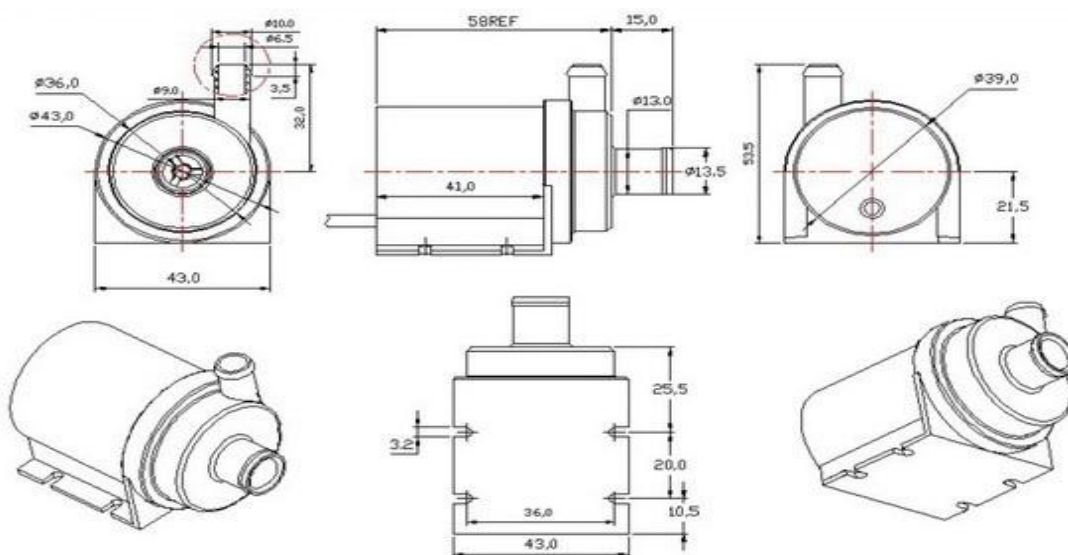
Εικόνα 4.9 : Διαστάσεις υδροστροβίλου.



Εικόνα 4.10: Μοντέλο υδροστροβίλου που χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή.

4.5 Λειτουργία της αντλίας στην κατασκευή

Στην κατασκευή χρησιμοποιούμε μία φυγοκεντρική αντλία για την μεταφορά του νερού με πίεση πίσω στην δεξαμενή. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζονται οι διαστάσεις της αντλίας που χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή.



Εικόνα 4.11: Διαστάσεις αντλίας.

Πιο συγκεκριμένα, το νερό μεταφέρεται μέσω σωλήνα στο υδροηλεκτρικό και στην συνέχεια επιστρέφει στην δεξαμενή με την χρήση της αντλίας. Η αντλία λειτουργεί στα 12V (συνεχές ρεύμα DC) και έχει ισχύ 10W. Στην εικόνα 4.12 απεικονίζεται το μοντέλο της αντλίας που χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή.

Πίνακας 4.3 : Αναγράφονται τα στοιχεία της αντλίας, της κατασκευής:

Μέγιστη Ισχύς	10W
Μέγιστη Τάση Εισόδου	12V DC
Μέγιστο Ρεύμα Εισόδου	850mA
Όρια Θερμοκρασίας νερού	32—149°F(0-65°C)
Μέγιστο Ύψος Αντλίας	11.4ft (3.5M)
Ρυθμός Ροής	6.5 L/min
Πλάτος Αντλίας	35cm
Θόρυβος λειτουργίας της αντλίας	≤40dBA
Βάρος Αντλίας	150g (5.3 OZ)



Εικόνα 4.12: Μοντέλο της αντλίας που χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή.

4.6 Οι μπαταρίες στην κατασκευή

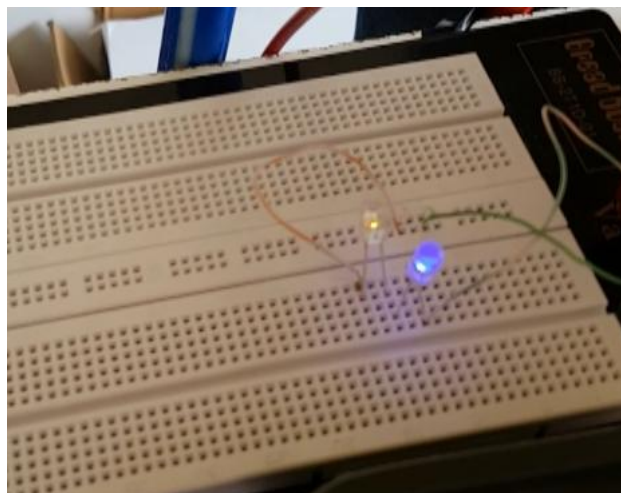
Οι μπαταρίες που χρησιμοποιήσαμε στην κατασκευή μας είναι χωρητικότητας 7.2 Ah και τάσης 12V. Οι μπαταρίες συνδέονται άμεσα με τον ελεγκτή φόρτισης και είναι το κύριο μέσο τροφοδοσίας της αντλίας. Στην εικόνα 4.13 απεικονίζονται οι μπαταρίες που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή.



Εικόνα 4.13: Οι μπαταρίες που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή

4.7 Στοιχεία φορτίου

Το φορτίο αποτελείται από 2 LED των 0,6W σε σειρά (εικόνα 4.14).



Εικόνα 4.14: Φορτίο κατασκευής.

4.8 Τύποι-Μετρήσεις-Μελέτη του Υβριδικού Συστήματος Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας Αποτελούμενο από Φωτοβολταϊκό Πάνελ και Αναστρέψιμο Υδροηλεκτρικό

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η υβριδική κατασκευή αποτελείται από το φωτοβολταϊκό πάνελ και τις υδροδυναμικές μηχανές, την αντλία και τον υδροστρόβιλο. Ο συνδυασμός των δύο αυτών μηχανών (αντλίας- υδροστροβίλου) αποτελούν ένα αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό, που λόγω του μικρού χρόνου απόκρισης και της μεγάλης αυτονομίας μπορεί να συνδυαστεί ιδανικά με άλλες πηγές ενέργειας όπως αιολικά ή φωτοβολταϊκά πάρκα, ενώ παράλληλα μπορεί να αντικαταστήσει τις συμβατικές μονάδες μειώνοντας την χρήση των ορυκτών καυσίμων και τις εκπομπές ρύπων.

Τα κύρια μέρη που αποτελούν το σύστημα του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού είναι:

- Οι δεξαμενές
- Οι αγωγοί του νερού
- Οι υδροδυναμικές μηχανές (υδροστρόβιλοι και αντλίες)
- Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο που θα φορτίζει την μπαταρία από την οποία η αντλία θα παίρνει την ηλεκτρική ενέργεια ώστε να λειτουργήσει και να μεταφέρει το νερό από την κάτω δεξαμενή στην πάνω

Μετρήσεις - Τύποι:

Στη συγκεκριμένη ενότητα πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και υπολογισμοί από την κατασκευή, οι οποίες αναγράφονται στους παρακάτω πίνακες. Αναλυτικότερα οι μετρήσεις και οι υπολογισμοί έγιναν με τη χρήση χρονομέτρου, πολύμετρου και με την ανάλυση τύπων. Στον πίνακα 4.4 αναγράφονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στην αντλία, στο υδροηλεκτρικό και στους σωλήνες.

Πίνακας 4.4: Αποτελέσματα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στην αντλία, στο υδροηλεκτρικό και στους σωλήνες.

Ταχύτητα που ρέει τον σωλήνα 1(μαύρος)	2,19 sec
Ταχύτητα που ρέει τον σωλήνα 2 (μπλε)	1,5 sec
Χρόνος που χρειάζεται για να γεμίσει η δεξαμενή 2(πάνω) από την αντλία (10 lt)	2:42 min
Χρόνος που χρειάζεται για να αδειάσει η δεξαμενή 2 (10lt)	2:25 min
Ύψος και Διάμετρο του σωλήνα 1(μαύρος)	2,25 m & 8 mm
Ύψος και Διάμετρο του σωλήνα 2 (μπλε)	1,20 m & 12 mm
Παροχή Αντλίας προς την δεξαμενή 2	0,05 lt/sec
Παροχή προς την δεξαμενή 1	0,06 lt/sec
Υδραυλικές Απώλειες Υδροηλεκτρικού (δh)	0,032 m
Υδραυλικές Απώλειες Αντλίας (δh)	0,39 m
Μέση Ταχύτητα στο σωλήνα 1 (μαύρος) (c)	0,99 m/sec
Μέση Ταχύτητα στον σωλήνα 2 (μπλε) (c)	0,53 m/sec

Για τα αποτελέσματα που αναγράφονται στον πίνακα 4.4 χρησιμοποιήθηκαν οι τύποι από τις σχέσεις 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 και 4.5 που αναγράφονται παρακάτω:

- Η μέση ταχύτητα c σε μία σωλήνωση δίνεται από τη σχέση:

$c = \frac{Q}{r}$	(4.1)
-------------------	---------

Όπου Q η παροχή του νερού στο σωλήνα και r η διάμετρος του σωλήνα

- Η παροχή Q των σωληνώσεων δίνεται από τη σχέση :

$Q = \frac{V}{t}$	(4.2)
-------------------	---------

όπου V η μέση ταχύτητα του υγρού και όπου t ο χρόνος

- Οι υδραυλικές απώλειες δh για το υδροηλεκτρικό και την αντλία δίνονται από τη σχέση:

$\delta h = L \frac{c^{1.85}}{0.147 * D_H^{1.17} * C^{1.85}}$	(4.3)
$c = \frac{Q}{A}$	(4.4)
$A = \frac{\pi * r^2}{4}$	(4.5)

Πίνακας 4.5 : Ονομασία των συμβόλων που χρησιμοποιήθηκαν στους τύπους (4.1)-(4.5).

V (lt ή m^3)	Όγκος
t (sec)	Χρόνος
L (m)	Μήκος
c (m/sec)	Μέση ταχύτητα ροής
$C_{\text{πλαστικό}}$	Συντελεστής Hazen-Williams
D_H	Υδραυλική διάμετρος του αγωγού
Q (m^3 /sec)	Παροχή
A (m^2)	Διατομή αγωγού
r (mm)	Διάμετρος

Πίνακας 4.6 : Συντελεστές Hazen-Williams για διάφορα υλικά.

Επιφάνεια / Υλικό	Μέση τιμή
Σκυρόδεμα με ασβέστη	140
Χυτοσίδηρος (νέος)	130
Σκυρόδεμα καλής ποιότητας	150
Σκυρόδεμα προκατασκευασμένο	135
Σκυρόδεμα (ξυλότυπος)	120
Σκυρόδεμα (μεταλλότυπος)	140
Χαλκός	135
Ελατός σίδηρος	130
Γαλβανισμένος σίδηρος	120
Γυαλί	140
PVC	150
Ατσάλι με ηλώσεις (νέο, τραχύ)	80
Ατσάλι με ηλώσεις (νέο, λείο)	110
Ατσάλι	120
Ξύλο (νέο)	140

Στον πίνακα 4.6 αναγράφονται διάφοροι συντελεστές Hazen-Williams για διάφορα υλικά. Η εξίσωση Hazen-Williams είναι μια εμπειρική σχέση που συνδέει τη ροή του νερού σε ένα σωλήνα, με τις φυσικές ιδιότητες του σωλήνα και την πτώση της πίεσης που προκαλείται από την τριβή. Χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό συστημάτων σωληνώσεων και ισχύει μόνο για το νερό. Στον πίνακα 4.7 αναγράφονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων με βάση το υδροηλεκτρικό σε σύνδεση με και άνευ φορτίου, καθώς και τα στοιχεία της αντλίας.

Πίνακας 4.7 : Αποτελέσματα των μετρήσεων με βάση το υδροηλεκτρικό και στοιχεία αντλίας.

Τάση ($V_{υδροηλ}$) χωρίς συνδεδεμένο το φορτίο	5,8 V
Τάση ($V_{υδροηλ}$) με συνδεδεμένο το φορτίο	4,5 V
Ένταση Ρεύματος ($I_{υδροηλεκτρικού}$)	0,4 A
Ισχύς ($P_{υδροηλεκτρικού}$)	2,33 W
Ισχύς ($P_{υδροηλεκτρικού}$) με συνδεδεμένο το φορτίο	1,8 W
Τάση Αντλίας ($V_{αντλίας}$)	12,78 V
Ρεύμα Αντλίας ($I_{αντλία}$)	0,71 A
Ισχύς Αντλίας ($P_{αντλίας}$)	9,07 W
Ύψος Υδροηλεκτρικού από Δεξαμενή 2 (H)	90 cm
Απόδοση Αντλίας (n_1)	17 %
Απόδοση μπαταρίας (n_2)	0,75 %
Απόδοση Υδροηλεκτρικού με συνδεδεμένο το φορτίο (n_3)	30 %
Απόδοση Συστήματος (n)	3.82 %
Πυκνότητα νερού (ρ)	1000 kg/m ³
Επιτάχυνση της βαρύτητας (g)	9,81 m/sec ²

- Ο βαθμός απόδοσης (n) του υδροηλεκτρικού δίνεται από τη σχέση :

$n = \frac{P}{\rho * g * H * Q}$	(4.6)
----------------------------------	-------

- Ο βαθμός απόδοσης (n) της αντλίας δίνεται από τη σχέση :

$n = \frac{\rho * g * H * Q}{P}$	(4.7)
----------------------------------	-------

όπου P η ισχύς, Q η παροχή του σωλήνα, H το καθαρό ύψος g η επιτάχυνση της βαρύτητας και ρ η πυκνότητα του νερού.

Για τον υπολογισμό του βαθμού απόδοσης (n) του υδροηλεκτρικού πραγματοποιήθηκε μέτρηση της τάσης και της έντασης του ρεύματος με το πολύμετρο την ώρα που έρεε νερό από την δεξαμενή 2 προς την δεξαμενή 1. Έτσι καταγράφηκε η τάση ίση με 4.5 V και το ρεύμα που διαπερνά το φορτίο ίσο με 0,4 A .

Στη συνέχεια από τον τύπο της Ισχύος (P) :

$P = V * I$	(4.8)
-------------	-------

βρέθηκε ότι η ισχύς είναι 1,8 W.

Επίσης έγινε υπολογισμός της παροχής (Q) από την σχέση (4.2) όπως και των υδραυλικών απωλειών (δh) από τη σχέση (4.3), οι οποίες αφαιρέθηκαν από το καθαρό ύψος (H) του σωλήνα 2 (μπλε) .

Είναι γνωστό ότι η πυκνότητα του νερού (ρ) και η επιτάχυνση της βαρύτητας (g) ότι είναι 1000 kg/m³ και 9,81 m/sec² αντίστοιχα.

Και από την σχέση (4.6), αντικαταστήσαμε και βρήκαμε τον βαθμό απόδοσης ($n_{υδρ}$) του υδροηλεκτρικού και από την σχέση (4.7) βρίσκουμε την απόδοση ($n_{αντ}$) της αντλίας.

Τέλος για το συνολικό ποσό της απόδοσης του συστήματος πολλαπλασιάζουμε τις αποδόσεις, της αντλίας, του υδροηλεκτρικού και της μπαταρίας.

$n_{\text{Συστήματος}} = n_{\text{αντ}} * n_{\text{υδρ}} * n_{\text{μπαταρίας}}$	(4.9)
--	-------

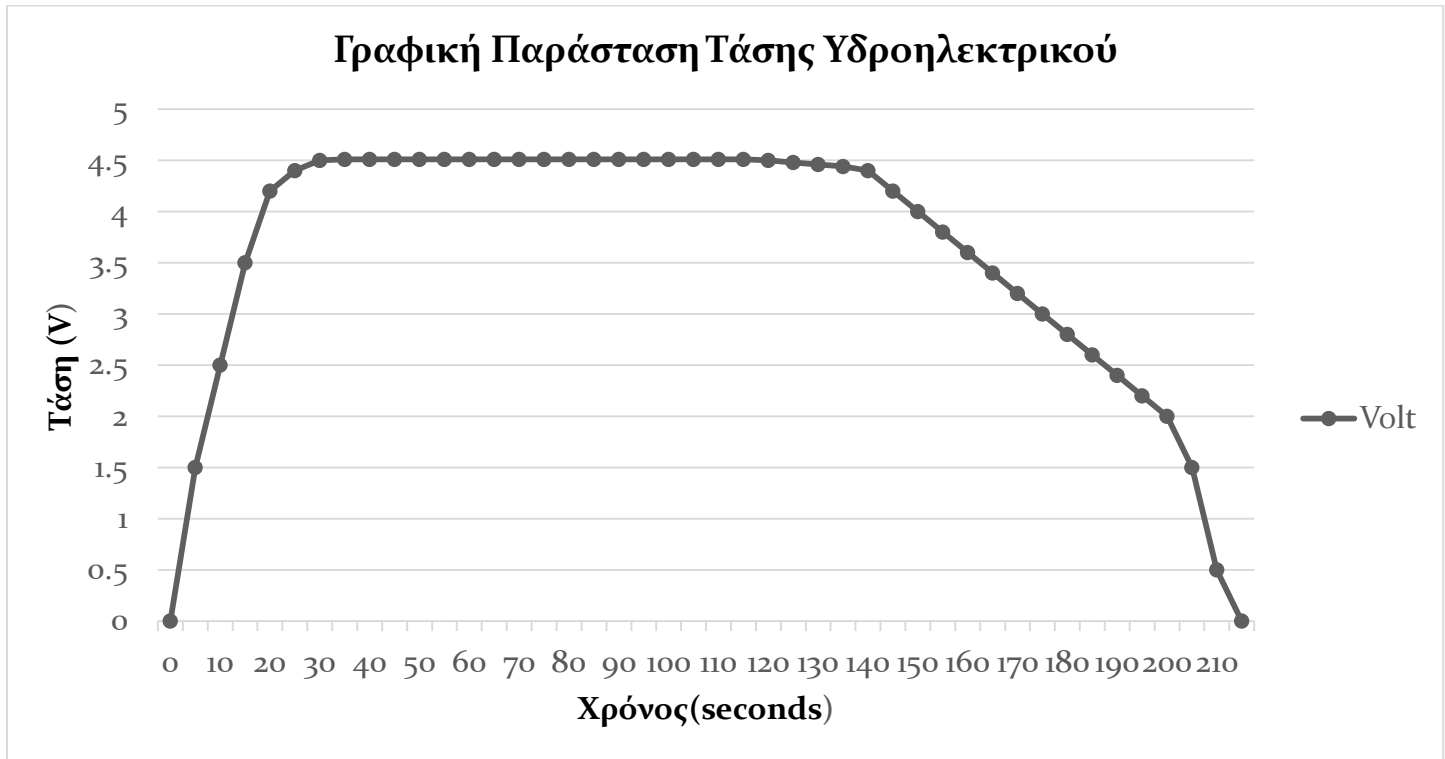
4.9 Γραφικές Παραστάσεις με συνδεδεμένο το φορτίο

Η γραφική παράσταση αποδίδει οπτικά μια συνάρτηση δίνοντας άμεσα τις πληροφορίες που χρειαζόμαστε. Μπορούμε να βρούμε ποια τιμή της συνάρτησης αντιστοιχεί σε μια τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής.

Στην εικόνα 4.15 παρουσιάζεται η γραφική παράσταση της παραγόμενης τάσης από το υδροηλεκτρικό σε συνάρτηση με τον χρόνο που κάνει να αδειάσει η δεξαμενή 2. Αρχικά πριν το άνοιγμα της βάνας η τάση είναι 0 Volt. Όμως με το άνοιγμα της βάνας παρατηρείται απότομη αύξηση της τάσης η οποία σταθεροποιείται στα 4,5 Volt μετά από 10 δευτερόλεπτα και παραμένει σταθερή για περίπου 150 δευτερόλεπτα. Στη συνέχεια όμως αρχίζει και μειώνεται σταδιακά για περίπου 60 δευτερόλεπτα μέχρι όπου ξαναγίνει 0. Αυτή η σταδιακή μείωση οφείλεται στο νερό που υπάρχει στην δεξαμενή 2. Το συμπέρασμα που εξάγεται είναι

ότι όσο περισσότερο νερό υπάρχει στη δεξαμενή τόσο μεγαλύτερη είναι και η βαρυτική του δύναμη. Επομένως ο υδροστρόβιλος θα αποδίδει τη μέγιστη ισχύ του.

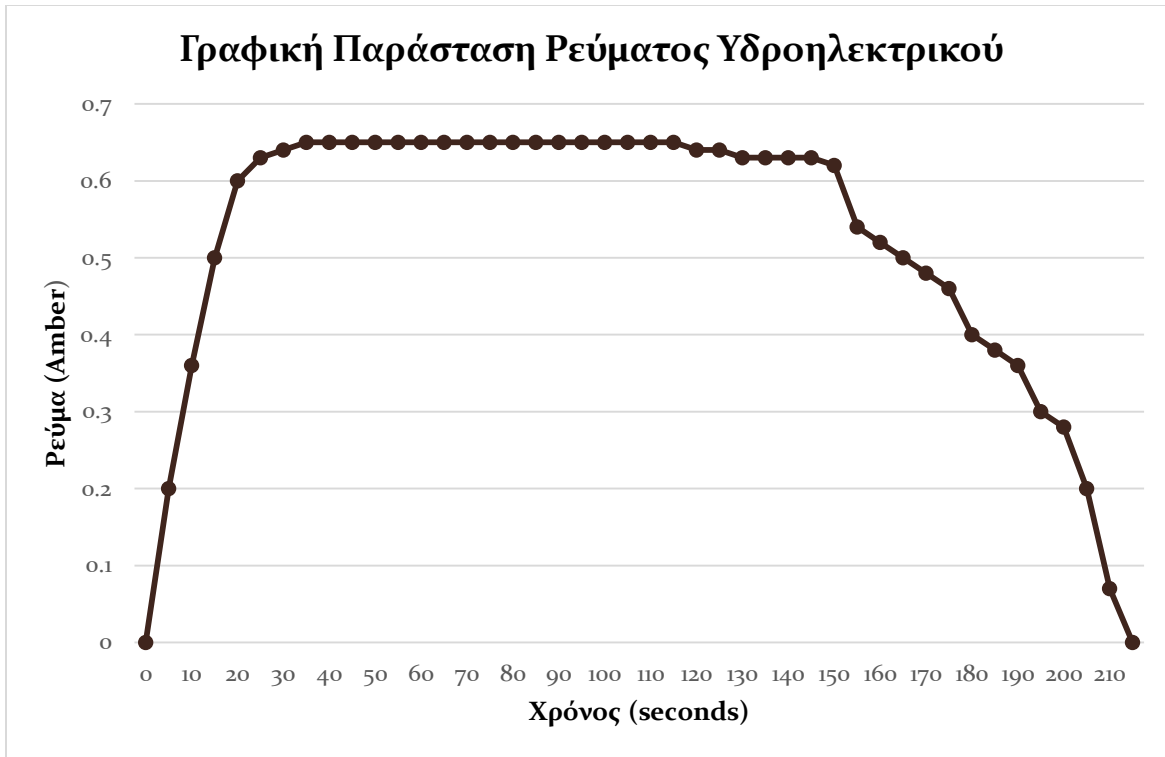
- Τάση: $V_{max-υδροηλεκτρικού} = 4,5 \text{ Volts}$



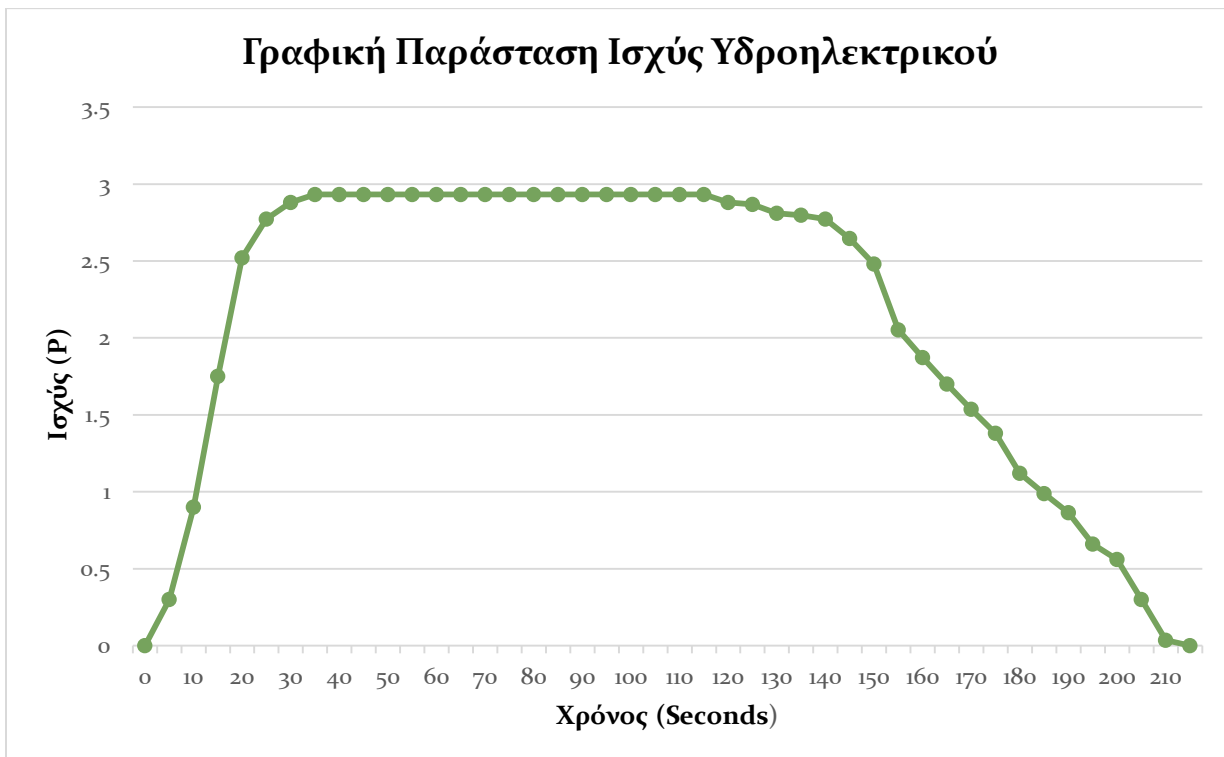
Εικόνα 4.15 : Τάση που παράγει το υδροηλεκτρικό σε συνάρτηση με το χρόνο.

Το παραπάνω συμπέρασμα για την εικόνα 4.15 ισχύει και για την εικόνα 4.16, στην οποία εμφανίζεται το ρεύμα που παράγεται από το υδροηλεκτρικό σε συνάρτηση με τον χρόνο που κάνει να αδειάσει η δεξαμενή 2. Το μέγιστο ρεύμα που παρουσιάζεται έχει τιμή 0,65 A.

- Ρεύμα: $I_{max-υδροηλεκτρικού} = 0,65 \text{ A}$



Εικόνα 4.16: Ρεύμα υδροηλεκτρικού που παράγεται σε συνάρτηση με το χρόνο.



Εικόνα 4.17: Ισχύς υδροηλεκτρικού σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Αντίστοιχα συμπεράσματα προκύπτουν και στην εικόνα 4.17, όπου αναγράφεται η ισχύς που παράγεται από το υδροηλεκτρικό σε συνάρτηση με τον χρόνο που κάνει να αδειάσει η δεξαμενή 2. Η μέγιστη ισχύς είναι ίση με 3 Watt.

- Ισχύς : $P_{max-υδροηλεκτρικό} = 3 \text{ Watt}$

Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα

Στην παρούσα πτυχιακή προέκυψε ότι είναι δυνατή η παραγωγή ενέργειας με βάση το σύστημα που αναπτύχθηκε, αλλά με μικρή απόδοση χρησιμοποιώντας τον δεδομένο εξοπλισμό. Συνδυάστηκε η ηλιακή ενέργεια, μέσω του φωτοβολταϊκού πάνελ, με την υδραυλική ενέργεια μέσω υδροηλεκτρικού, έτσι ώστε να παραχθεί ισχύς εξόδου σε ένα δεδομένο φορτίο. Η κατασκευή αφορά μία αναπαράσταση ενός συστήματος αντλησιοταμίευσης σε μικρή κλίμακα, η οποία όμως με τις κατάλληλες εφαρμογές μπορεί να παρέχει αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα στον τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Σαφώς η κατασκευή μπορεί να τροποποιηθεί έτσι ώστε να γίνει δυνατή μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας αλλά και αυτοματοποίηση των πηγών ενέργειας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ηλεκτροβάννα και αισθητήρες μέτρησης στάθμης στις δύο δεξαμενές, σε συνδυασμό με τον μικροελεγκτή Arduino έτσι ώστε να ελέγχεται η πίεση του νερού και κάθε πότε το νερό είναι απαραίτητο να ρέει στον σωλήνα. Επίσης, το ύψος της κατασκευής θα μπορούσε να είναι μεγαλύτερο όπως επίσης και η διάμετρος των σωληνώσεων έτσι ώστε η ροή του νερού να είναι πιο γρήγορη. Αντί για πλαστικούς σωλήνες θα μπορούσαν να είχαν σχεδιαστεί μεταλλικοί με τέτοιο τρόπο ώστε να αξιοποιηθεί η μέγιστη δυναμική ενέργεια του νερού με λιγότερες απώλειες.

Αποτέλεσμα της αύξησης των μεγεθών είναι η μεγαλύτερη απόδοση του υδροηλεκτρικού. Φυσικά η αντλία και το υδροηλεκτρικό θα πρέπει να είναι μεγαλύτερης ισχύος, ώστε να έχουμε μεγαλύτερη απόδοση του συστήματος.

Στο κομμάτι του μικροελεγκτή, εκτός από εκτυπωτής μετρήσεων σε LCD οθόνη, θα μπορούσε να παίξει πιο ουσιαστικό ρόλο στην κατασκευή. Η αρχική σκέψη ήταν να χρησιμοποιήσουμε 2 μπαταρίες αντί για 1 έτσι ώστε να αποθηκεύεται η περίσσεια ενέργεια του φωτοβολταϊκού και του υδροηλεκτρικού στην 2^η μπαταρία για να λειτουργεί το σύστημά μας σε περίπτωση που δεν υπάρχει ηλιακή ενέργεια. Ο Arduino θα είναι συνδεδεμένο με τις 2 μπαταρίες, τους αισθητήρες μέτρησης της στάθμης του νερού, το φωτοβολταϊκό, την ηλεκτροβάννα, τον κυκλοφορητή, το υδροηλεκτρικό και την LCD οθόνη.

Πιο συγκεκριμένα οι λειτουργίες του Arduino θα ήταν:

- να ελέγχει το επίπεδο φόρτισης των μπαταριών και όταν κρίνεται αναγκαίο να χρησιμοποιεί την 2^η μπαταρία,
- να ελέγχει με μαθηματική ακρίβεια μέσω των αισθητήρων, τη στάθμη του νερού
- με βάση την απόδοση του φωτοβολταϊκού θα ορίζει μία κατάσταση (πχ, μειωμένη απόδοση του φωτοβολταϊκού κατά τη νύχτα και αυξημένη απόδοση του φωτοβολταϊκού κατά τη μέρα). Στην κατάσταση που θα έχει οριστεί ως νύχτα, ο Arduino θα ορίζει ως κύρια πηγή ενέργειας της αντλίας την μπαταρία 2, η οποία θα έχει απόθεμα ενέργειας.

- η ροή του νερού θα ρυθμίζεται μέσω της ηλεκτροβάννας,
- η πίεση του νερού θα ρυθμίζεται μέσω του κυκλοφορητή για μεγαλύτερη απόδοση του υδροηλεκτρικού.
- τα αποτελέσματα που θα καταγράφει ο μικροελεγκτής, όπως θερμότητα φωτοβολταϊκού, ισχύς φωτοβολταϊκού, ισχύς υδροηλεκτρικού, στάθμη νερού στις δεξαμενές, ροή του νερού, πίεση του νερού, στάθμη μπαταριών, τάση του φορτίου, θα εμφανίζονται σε μία οθόνη LCD. Τα αποτελέσματα αυτά θα εκτυπώνονται σε ζωντανό χρόνο.

Με βάση τα παραπάνω το σύστημά μας θα είχε μεγαλύτερη απόδοση από αυτήν που μετρήθηκε με την υπάρχουσα υλοποίηση.

6 Βιβλιογραφία

Βιβλία:

Κατσαπρακάκης Δημήτρης, Σύνθεση Ενεργειακών Συστημάτων, ΣΕΑΒ, 2015.

Καπλάνης Ν. Σωκράτης, Ήπιες Μορφές Ενέργειας Ι - Περιβάλλον & Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Εκδόσεις Ίων.

Καπλάνης Ν. Σωκράτης, Ήπιες Μορφές Ενέργειας ΙΙ - Ηλιακή Μηχανική, Εκδόσεις Ίων.

Καπλάνης Ν. Σωκράτης, Ήπιες Μορφές Ενέργειας ΙΙΙ - Μηχανική των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων - Τεχνολογία, Μελέτες, Εφαρμογές, Εκδόσεις Ίων.

Παπάζογλου Παναγιώτης, Ανάπτυξη εφαρμογών με το Arduino, Εκδόσεις Τζιόλα, 2017.

Παπαντώνης Δημήτριος, Υδροηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, Εκδόσεις Τσότρας, 1998.

Παρίκος Ι. Γεώργιος, Μηχανουργική Τεχνολογία - Για όλα τα Τμήματα του Μηχανολογικού Τομέα, Εκδόσεις Ίων.

Websites:

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%85%CF%84%CF%8C%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%B1_%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CE%AC_%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1_%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%BF%CE%B4%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%83%CE%B7%CF%82

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CE%B4%CF%81%CE%B1%CF%85%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%87%CE%AE>

https://www.hydro.ntua.gr/faculty/stamou/gr/appl_hydr/fluid_mech_4.pdf

<http://www.selasenergy.gr/kostos-texnika-fotovoltaika-steges.php>

<http://www.micropik.com/PDF/CP1270.pdf>

http://epas-florin.flo.sch.gr/downloads/electricity/y%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CE%AF_%CE%B9%CF%83%CF%87%CF%8D_%CE%B5

[%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1 %CE%BA%CF%8C%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%82 dc .pdf](#)

<http://www.iqsolarpower.com/demands/>

<http://www.ypeka.gr>

<http://www.lagie.gr>

<https://energypress.gr>

<http://www.iea.org/statistics/>

https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/economic-and-fiscal-policy-coordination/eu-economic-governance-monitoring-prevention-correction/european-semester_en

<https://el.wikipedia.org/wiki/Arduino>

<http://hlektrologia.gr/%CE%B5%CE%B9%CF%83%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE-%CF%83%CF%84%CE%BF-arduino/>

<http://users.sch.gr/manpoul/docs/arduino/ProgrammingArduino.pdf>

<https://deltahacker.gr/arduino-intro/>

<https://www.arduino.cc/>

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-an-arduino>

<http://forefront.io/a/beginners-guide-to-arduino/>

<https://www.arduino.cc/en/Main/Standalone>

<https://www.infinigi.com/steca-omega-charge-controller-with-lvd-p-814.html>