

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αριθμός 1748

Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Hydroelectric Energy



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΠΑΣΣΙΑΣ ΗΛΙΑΣ (6820)

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2019

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετάται η υδροηλεκτρική ενέργεια ως μορφή ανανεώσιμης και ως πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η αποτύπωση του ενεργειακού προβλήματος και ο τρόπος αντιμετώπισής του μέσω των υδροηλεκτρικών ταμιευτήρων.

Αρχικά παρουσιάζονται οι πτυχές του ίδιου του ενεργειακού προβλήματος. Η αυξημένη ζήτηση ενέργειας δημιουργεί την ανάγκη ανάπτυξης μεθόδων παραγωγής.

Το βασικότερο σημείο που όλες οι αναλύσεις στέκονται γύρω από την παραγωγή ενέργειας είναι οι φιλικές ως προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Μια τέτοια ενέργεια είναι και η υδροηλεκτρική. Η ευκολία στην χρήση της έχει βοηθήσει στην ιδιαίτερη ανάπτυξή της τα τελευταία χρόνια.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας στα ηλεκτρικά εξαρτήματα και όχι μόνο έχουν ως αποτέλεσμα την δημιουργία περισσότερων ταμιευτήρων για την εκμετάλλευση του νερού και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η τάση αυτή παρατηρείται και στην χώρα μας. Οι προϋποθέσεις υφίστανται καθώς υπάρχουν αρκετοί φυσικοί ταμιευτήρες τους οποίους εάν εκμεταλλευτούμε σωστά θα καλυφθεί η διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση σε ηλεκτρισμό.

Για το λόγο αυτό γίνεται, τέλος, αναφορά στην τεχνολογία και τον σχεδιασμό μικρών υδροηλεκτρικών έργων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

1.1 Αποτύπωση κατάστασης.....	4
1.2 Ενεργειακή ζήτηση σε παγκόσμιο επίπεδο.....	4
1.3 Το ενεργειακό πρόβλημα.....	5
1.4 Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον.....	6
1.5 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις (εξόρυξης, μεταφοράς, παραγωγής).....	6
1.6 Η επάρκεια των αποθεμάτων.....	7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)

2.1 Αιολική ενέργεια.....	8
2.2 Ηλιακή ενέργεια.....	10
2.3 Υδροηλεκτρική ενέργεια.....	10
2.4 Γεωθερμία.....	11
2.5 Βιομάζα.....	12
2.6 Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ΑΠΕ.....	14

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

3.1 Εισαγωγή.....	17
3.2 Αρχές υδροενεργειακής τεχνολογίας.....	18
3.3 Υδροηλεκτρικοί ταμιευτήρες.....	30
3.4 Υδροηλεκτρική ενέργεια στον κόσμο και την Ελλάδα.....	41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΙΚΡΩΝ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

4.1 Κατηγορίες Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων (ΜΥΗΕ).....	48
4.2 Τυπικός Η/Μ εξοπλισμός ενός ΜΥΗΕ.....	56
4.3 Περιγραφή λειτουργίας ΜΥΗΕ.....	65

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	69
-------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	70
-------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

1.1 Αποτύπωση κατάστασης

Η ενέργεια είναι η κινητήριος δύναμη στις καθημερινές ανθρώπινες δραστηριότητες, τόσο στην οικονομία όσο και στην τεχνολογία. Η κατανάλωση ενέργειας κατά κεφαλή αποτελεί ένα σημαντικό κριτήριο της ποιότητας του βιοτικού επιπέδου ενός κράτους, καθώς και τα δύο μεγέθη σχετίζονται σχεδόν γραμμικά μεταξύ τους.

Σε κάθε χώρα καθημερινά καλύπτουμε τις ενεργειακές μας ανάγκες από τις συμβατικές πηγές ενέργειας, όπως είναι ο άνθρακας, το πετρέλαιο και η βενζίνη. Δυστυχώς, ο ηλεκτρισμός που χρησιμοποιούμε που προέρχεται από τις συγκεκριμένες πηγές, ρυπαίνουν ανεπανόρθωτα το περιβάλλον και εξαντλούνται με γρήγορους ρυθμούς. Ο σύγχρονος τρόπος ζωής οδηγεί συνεχώς σε αύξηση της ζήτησης. Αντίστοιχα, οι αναπτυγμένες χώρες προσπαθούν να υιοθετήσουν το ίδιο πρότυπο τρόπου ζωής.

Ωστόσο, η κατανάλωση ενέργειας που βασίζεται σε συμβατικά καύσιμα είναι συνδεδεμένη με δύο σημαντικά προβλήματα:

α) τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Οι κλιματικές αλλαγές δεν είναι πια ένα ασαφές μελλοντικό πρόβλημα. Ήδη, ο πλανήτης καταστρέφεται με ανησυχητικό ρυθμό και

β) τη διαθεσιμότητα και την επάρκεια των αποθεμάτων που δεν είναι δεδομένες.

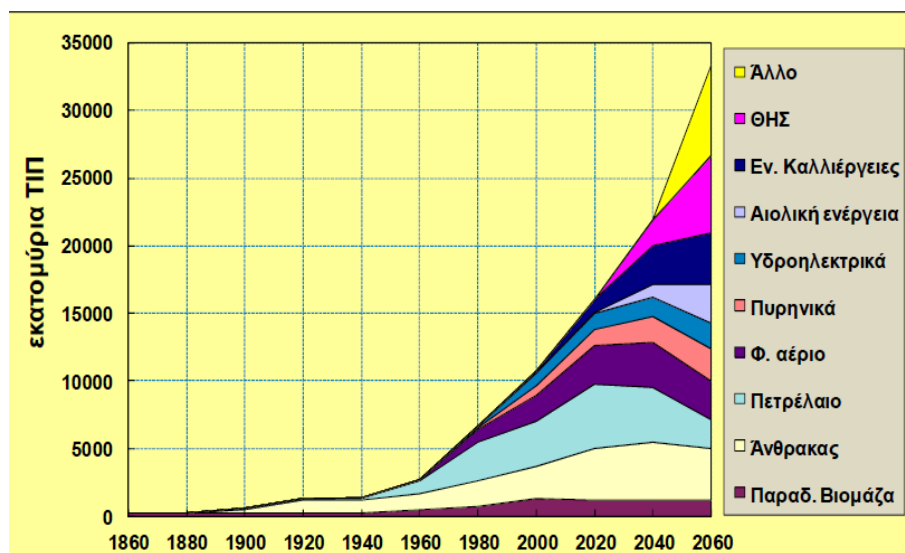
Πολλές χώρες του κόσμου έχουν συνειδητοποιήσει την επείγουσα ανάγκη για καθαρή παραγωγή ενέργειας, χωρίς την δημιουργία ρύπανσης, και προσπαθούν να έχουν ως κύριο μοχλό για την παραγωγή τους σε ηλεκτρισμό, τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

1.2 Ενεργειακή ζήτηση σε παγκόσμιο επίπεδο

Υπάρχει τεράστια ενεργειακή ζήτηση παγκοσμίως με επιτακτική την ανάγκη αναζήτησης νέων πηγών ενέργειας, αν ρίξει κανείς μια ματιά στα δεδομένα ενεργειακής ζήτησης και κατανάλωσης. Προβλέπεται ότι η κατανάλωση ενέργειας θα

αυξηθεί δραματικά μέσα στις επόμενες δεκαετίες σε ολόκληρο τον κόσμο, και με ιδιαίτερα ραγδαίους ρυθμούς στις χώρες κυρίως της Ασίας.

Για παράδειγμα, η βιομηχανική ανάπτυξη της Κίνας θα απαιτήσει μέχρι το 2050 την εγκατάσταση νέων ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών συνολικής ισχύος. 700 GW. Συγκριτικά, η συνολική ισχύς των ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών στην Ε.Ε. σήμερα φτάνει τα 580 GW περίπου. Στον σχήμα 1.1 που ακολουθεί, δίνονται στοιχεία για την παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας.



Σχήμα 1.1: Παγκόσμια ετήσια κατανάλωση ενέργειας.

1.3 Το ενεργειακό πρόβλημα

Το ενεργειακό πρόβλημα πρωτοεμφανίστηκε στις αρχές της δεκαετίας του '50, που έκανε δειλά την εμφάνισή του, με μορφή φιλοσοφικού στοχασμού. Το 1950 τα εκτιμώμενα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα είχαν επάρκεια 20 χρόνων, επικρατούσε κάποια νηφαλιότητα σε σχέση με την ενεργειακή τροφοδότηση. Ωστόσο, με την εμφάνιση της ενεργειακής κρίσης του 1973 άρχισε και η πραγματική συνειδητοποίηση του ενεργειακού προβλήματος. Από τότε έως σήμερα, έχει αναπτυχθεί μια πλούσια φιλολογία αναφορικά με τα αίτια δημιουργίας, τις επιπτώσεις και τις πιθανές λύσεις του. Το ενεργειακό πρόβλημα, ανεξάρτητα από τη τοπική και την χρονική ιδιαιτερότητα που εμφανίζει, προσδιορίζεται κυρίως από τις εξής τομείς:

- Την αβεβαιότητα επάρκειας και σταθερότητας της ενεργειακής τροφοδοσίας.
- Την ανοδική τάση των τιμών της ενέργειας, η οποία δημιουργεί αύξηση του κόστους στο σύνολο των προϊόντων και των υπηρεσιών. Η ενεργειακή κρίση μέχρι σήμερα οι τιμές του αργού πετρελαίου έχουν τετραπλασιασθεί, γεγονός που πιστοποιεί τη μονιμότητα του ενεργειακού προβλήματος ως προς την άνοδο των τιμών.
- Τη ρύπανση της ατμόσφαιρας και των υδάτινων αποδεκτών. Η ενέργεια επιδρά δυσμενώς στο περιβάλλον σε κάθε φάση της ενεργειακής ροής, δηλαδή από την εξόρυξη των πρώτων υλών μέχρι την τελική χρήση τους, με αποτέλεσμα να συμβάλλει τα μέγιστα στη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου και ταυτόχρονα να μειώνει τη διαθεσιμότητα του υδάτινου δυναμικού.
- Το κύκλωμα διαχείρισης της ενεργειακής ροής χαρακτηρίζεται από μεγάλες απώλειες, που ανέρχονται περίπου στο 85% της πρωτογενούς ενέργειας. Διαπιστώνεται ως εκ τούτου ότι σημαντική συνιστώσα του ενεργειακού συστήματος είναι η μη ορθολογική διαχείρισή του.
- Την εξάντληση των ενεργειακών πόρων, έστω και αν αυτή τοποθετείται σε μακρινούς χρονικούς ορίζοντες.

1.4 Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον

Η αλλαγή του κλίματος του πλανήτη είναι γεγονός και δυστυχώς γίνεται εμφανής στην καθημερινότητα μας. Η δεκαετία του 1990 ήταν η πιο ζεστή δεκαετία. Τα επίπεδα της παρουσίας του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, που αποτελεί τη βασικότερη αιτία της κλιματικής αλλαγής, έχουν αυξηθεί κατά περισσότερο από 30% από τη βιομηχανική επανάσταση και έπειτα. Το αποτέλεσμα είναι ότι η μέση θερμοκρασία της Γης ανέβηκε κατά 0,6 βαθμούς Κελσίου μέσα στον 20ό αιώνα.

Τελικό αποτέλεσμα είναι η θέρμανση της τροπόσφαιρας και η ψύξη της στρατόσφαιρας. Με βάση αρχεία μετρήσεων θερμοκρασίας έχει διαπιστωθεί μία σημαντική αυξητική τάση στη θερμοκρασία του πλανήτη. Την τελευταία εκατονταετία και κυρίως από το 1990, η μέση θερμοκρασία του πλανήτη αυξήθηκε κατά περίπου 0,5 °C. Παράλληλα, η τελευταία δεκαετία εμφανίζει τις μέγιστες θερμοκρασίες για τον αιώνα, γεγονός που συχνά αποδίδεται στο ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Η αλλαγή της θερμοκρασίας έχει ως άμεσο επακόλουθο την τήξη των πάγων και την άνοδο της μέσης στάθμης της θάλασσας κατά σχεδόν 2 χιλιοστά ανά έτος τα τελευταία εκατό χρόνια. Η κάλυψη του χιονιού παγκοσμίως έχει μειωθεί σε ποσοστό 10% από το 1960 και οι οικονομικές καταστροφές, λόγω των άστατων καιρικών φαινομένων, που έχουν πλήξει νοικοκυριά και επιχειρήσεις υπολογίζεται ότι δεκαπλασιάστηκαν τα τελευταία 40 χρόνια.

1.5 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Συνεπώς, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που βασίζεται στην καύση ορυκτών αποτελεί τον κύριο υπεύθυνο για τη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου. Δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον υπάρχουν σε όλα τα στάδια παραγωγής ενέργειας, από την εξόρυξη, τη μεταφορά στους σταθμούς παραγωγής ενέργειας και από την ίδια την παραγωγή τους. Ο χώρος εξόρυξης συνήθως είναι κάποιο ορυχείο για εξαγωγή των διαφόρων μορφών άνθρακα, πετρελαιοπηγή, για εξαγωγή του αργού πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Σε αυτή την φάση, η σημαντικότερη επίπτωση στο περιβάλλον, έγκειται στη δέσμευση των μεγάλων εκτάσεων. Η δεσμευμένη έκταση υπόκειται σε εντατική και συστηματική εκμετάλλευση με άμεσο αποτέλεσμα

την τελική υποβάθμισή της. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα επιφανειακά ορυχεία. Εκτός από τα αισθητικά αποτελέσματα και την καταστροφή του οικοσυστήματος, προβλήματα δημιουργούνται και από την ίδια τη φύση του προς εξόρυξη καυσίμου.

Μετά την εξόρυξη το καύσιμο πρέπει να μεταφερθεί στους τόπους επεξεργασίας ή κατανάλωσης. Συνήθως ο τόπος αυτός είναι κοντά στον τόπο εξόρυξης, αλλά αρκετές φορές είναι απαραίτητη η μεταφορά του σε μεγάλες αποστάσεις. Η μεταφορά του καυσίμου μπορεί να πραγματοποιηθεί με πολλούς τρόπους όπως, από τη θάλασσα με δεξαμενόπλοια, οδικώς με φορτηγά, με χρήση αγωγών καυσίμου, με μεταφορικές ταινίες κ.α. Στις περιπτώσεις αυτές, υπάρχουν επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον που οφείλονται συνήθως στη διαρροή των καυσίμων.

Ωστόσο, οι σημαντικότερες επιπτώσεις είναι αυτές που σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας. Η παραγωγή ενέργειας αναφέρεται στη διαδικασία εκείνη κατά την οποία η ενέργεια των φυσικών πόρων μετατρέπεται σε μια μορφή ικανή να μεταφερθεί και να χρησιμοποιηθεί εύκολα από τον τελικό καταναλωτή. Το πρώτο στάδιο της παραγωγής αποτελεί η μετατροπή της χημικής ενέργειας του καυσίμου σε θερμική. Αυτό επιτυγχάνεται με την διαδικασία της καύσης. Η καύση είναι μια χημική αντίδραση κατά την οποία εκλύονται μεγάλα ποσά θερμότητας. Η εκμετάλλευση της εκλύομενης θερμότητας γίνεται με την αξιοποίηση των θερμών καυσαερίων και προϊόντων της

καύσης, τα οποία μπορούν να ανταλλάξουν μεγάλο μέρος της θερμότητας με κάποιο μέσο (όπως είναι το νερό).

Τα προϊόντα της καύσης, όταν αυτή είναι τέλεια, είναι διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και νερό (με τη μορφή υδρατμού). Όταν η καύση δεν είναι τέλεια, τότε παράγεται και μονοξείδιο του άνθρακα (CO). Επειδή απαιτείται η παρουσία του οξυγόνου, αυτό παρέχεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα (περιεκτικότητα κατ' όγκο: 79% άζωτο και 21% οξυγόνο). Κατά την καύση μπορούν να δημιουργηθούν και οξειδία του αζώτου (NO_x), κυρίως σε περιπτώσεις ατελούς καύσης. Τέλος, σε περιπτώσεις που το καύσιμο περιέχει ποσά θείου, τότε δημιουργείται και διοξείδιο το θείου (SO₂).

Οι επιπτώσεις από την υπερθέρμανση του πλανήτη γίνεται σήμερα, με βάση την παραδοχή μιας αργής αλλά σταθερής αύξησης της θερμοκρασίας στον 21ο αιώνα, που θα είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη ανάλογα με τα μέτρα που θα αναλάβει ο σύγχρονος άνθρωπος. Όμως, τα φυσικά φαινόμενα δεν ακολουθούν πάντα την γραμμική εξέλιξη. Πολλές φορές υπάρχει κάποιο όριο πάνω από το οποίο αλλάζει τελείως η μορφή ενός φαινομένου. Η μεταβολή της κατάστασης γίνεται ξαφνικά, όταν ξεπερνιέται το κρίσιμο όριο και από το σημείο αυτό και πέρα η πορεία είναι μη αναστρέψιμη με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατόν να προβλεφθεί η συμπεριφορά του φυσικού περιβάλλοντος σε εκτεταμένες αλλαγές.

Σε ομιλία του σχετικά με την κλιματική αλλαγή ο Al Gore¹, αναφέρει από το 2009 ότι οι αρκτικοί πάγοι, που κατά τη διάρκεια των τελευταίων τριών εκατομμυρίων ετών κάλυπταν έκταση αντίστοιχου μεγέθους με τις Η.Π.Α. (χωρίς την Αλάσκα), είχαν ήδη περιοριστεί κατά 40%. Εντούτοις, ακόμη και αυτή η συνειδητοποίηση δεν παρουσιάζει το πρόβλημα στην πλήρη του διάσταση καθώς δεν εστιάζει στο πάχος του στρώματος των πάγων. Αυτός ο «παγωμένος σκούφος» που καλύπτει την Αρκτική μπορεί να αντιμετωπιστεί ως η καρδιά του κλιματικού συστήματος της υδρογείου. Καθώς επεκτείνεται το χειμώνα και συρρικνώνεται το καλοκαίρι προσομοιάζει στις συσπάσεις της καρδιάς των έμβιων οργανισμών.

Ήδη επικρατεί ανησυχία για την επίπτωση της αύξησης της θερμοκρασίας στα ρεύματα των ωκεανών. Το πιο γνωστό από αυτά είναι το Gulf Stream, το οποίο φέρνει θερμό νερό από τον Κόλπο του Μεξικού και περιβρέχει τις ακτές της βορειοδυτικής Ευρώπης, όπου καθιστά το κλίμα θερμότερο από ότι θα ήταν υπό άλλες συνθήκες. Το Λονδίνο, για παράδειγμα, είναι περίπου 10 μοίρες βορειότερα από τη Νέα Υόρκη, αλλά έχει πολύ ηπιώτερο κλίμα το χειμώνα.

1.6 Η επάρκεια των αποθεμάτων

Είναι βέβαιο, ότι οι υπάρχουσες ποσότητες των συμβατικών ενεργειακών πηγών (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) κάποια στιγμή θα εξαντληθούν. Εκείνο που ποικίλλει στις εκτιμήσεις των ειδικών είναι το πότε. Το ενεργειακό πρόβλημα σχετίζεται άμεσα με την αναμενόμενη εξάντληση.

Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως δηλώνεται και από το όνομά τους, βρίσκονται σε περιορισμένα αποθέματα στο φυσικό περιβάλλον. Τα αποθέματα αυτά εξαντλούνται με τη μακροχρόνια εκμετάλλευσή τους από τον άνθρωπο και δεν μπορούν να αντικατασταθούν ξανά. Αυτό σημαίνει ότι όταν αυτά τελειώσουν, τότε θα εξαφανιστούν τελείως από το περιβάλλον.

Η επάρκεια και η σταθερότητα της ενεργειακής τροφοδοσίας αποτελούν την πολιτική πλευρά του προβλήματος. Τα διάφορα μοντέλα ενεργειακών προσφορών διαμορφώνουν σενάρια για παραγωγή πετρελαίου από τις χώρες του ΟΠΕΚ. Ο ΟΠΕΚ έχει ήδη αποφανθεί πως η καλύτερη επένδυση για τις χώρες-μέλη του είναι η διαφύλαξη των πετρελαϊκών αποθεμάτων τους. Αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε ενδεχόμενη μείωση της παραγωγής πετρελαίου από τις χώρες αυτές δεν θα έπρεπε να προκαλέσει έκπληξη. Επιπλέον, κάθε τυχούσα μεταβολή στη διεθνή πολιτικοστρατηγική ισορροπία είναι δυνατόν να οδηγήσει έως και σε διακοπή της πετρελαϊκής τροφοδοσίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)

2.1 Αιολική ενέργεια

Η ενέργεια που περικλείει ο άνεμος, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί με κατάλληλους μηχανισμούς και διατάξεις, ονομάζεται αιολική. Συγκεκριμένα, η εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας του ανέμου γίνεται μέσω ανεμοκινητήρων, που τη μετατρέπουν σε ωφέλιμη μηχανική ενέργεια, και μέσω ανεμογεννητριών, ανεμοκινητήρων δηλαδή που διαθέτουν ηλεκτρογεννήτρια, τη μετατρέπουν απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια. Καλύπτεται έτσι ένα μεγάλο φάσμα εφαρμογών: η μηχανική ενέργεια χρησιμοποιείται για τη λειτουργία αντλιών νερού στην ύδρευση και άρδευση περιοχών, για θέρμανση αγροτικών μονάδων και κατοικιών, για τη λειτουργία εγκαταστάσεων αφαλάτωσης νερού σε συνδυασμό με άλλες πηγές ενέργειας κ.ά., ενώ η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να τροφοδοτεί το ηλεκτρικό δίκτυο. Για την παραγωγή αξιόλογων ποσών ηλεκτρικής ενέργειας δημιουργούνται συγκροτήματα από πολλές ανεμογεννήτριες μαζί, τα οποία ονομάζονται αιολικά πάρκα.

Οι ανεμογεννήτριες διακρίνονται σε μικρές μεσαίες η μεγάλες ανάλογα με την ισχύ που αποδίδουν. Μια μεγάλη ανεμογεννήτρια μπορεί να έχει ισχύ έως και 4000 KW. Τα πτερύγια μιας τέτοιας ανεμογεννήτριας έχουν μήκος περίπου 40 μέτρα και έτσι η επιφάνεια που καλύπτεται από την περιστροφή είναι περίπου όσο ένα ποδοσφαιρικό γήπεδο. Ο πύργος μιας μεγάλης εγκατάστασης έχει ύψος άνω των 90 μέτρων πράγμα που σημαίνει ότι μαζί με τα πτερύγια η εγκατάσταση ξεπερνά τα 130 μέτρα.

Τα τελευταία 20 χρόνια υπάρχει μεγάλη τεχνολογική εξέλιξη που στοχεύει στην ανάπτυξη νέων υλικών, στην βελτίωση της αεροδυναμικής των πτερύγιων ώστε να επιτυγχάνονται καλύτεροι βαθμοί απόδοσης και στη μείωση των θορύβων. Ειδικά ο θόρυβος που προκαλούν οι ανεμογεννήτριες έχει ελαττωθεί δραστικά. Σε απόσταση 500 μέτρων που είναι η ελάχιστη επιτρεπτή απόσταση από κατοικημένες περιοχές ο θόρυβος δε γίνεται καν αντιληπτός και αυτό χάρις τη βελτίωση του μηχανολογικού τους εξοπλισμού που δίνει έμφαση στην αποφυγή κραδασμών.

Αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα

Στην χώρα μας, οι προσπάθειες για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού ξεκίνησαν στις αρχές της δεκαετίας του '80 από τη ΕΗ όποτε και εγκαταστάθηκε (συγκεκριμένα το 1982) το πρώτο αιολικό πάρκο στην Κύθνο και στα μέσα της δεκαετίας του 1990 δόθηκε μεγάλη ώθηση με τη διευκόλυνση επενδύσεων από ιδιώτες (Ν 2244/94). Από τότε δεκάδες αιολικά πάρκα έχουν εγκατασταθεί σε περιοχές όπως: η Άνδρος, η Εύβοια, η Λήμνος, η Λέσβος, η Χίος, η Σάμος, και η Κρήτη.

Κατά τη δεκαετία του 1970 η αιολική ενέργεια συγκέντρωσε (όπως και άλλες εναλλακτικές μορφές ενέργειας) το ενδιαφέρον των ερευνητών, λόγω της διεθνούς ενεργειακής κρίσης και της αυξανόμενης ρύπανσης του περιβάλλοντος. Ο άνεμος αποτελεί μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, της οποίας η εκμετάλλευση δεν ρυπαίνει το περιβάλλον, δεν απαιτεί περίπλοκες κατασκευές, δεν εμπεριέχει κόστος καυσίμου και δεν επηρεάζεται από τις ενεργειακές κρίσεις της παγκόσμιας αγοράς.

Το μεγαλύτερο ωστόσο πλεονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι ότι μπορεί, μέσω των ανεμογεννητριών, να μετατρέπεται απευθείας σε ηλεκτρική, ενώ αντίθετα, τα μειονεκτήματά της εντοπίζονται α) στη διακύμανση που παρουσιάζει ως προς την απόδοση ισχύος, διακύμανση που οφείλεται στη μεταβαλλόμενη (κατά τη διάρκεια της ημέρας, του μήνα και του έτους) ένταση του ανέμου, β) στη χαμηλή πυκνότητα που παρουσιάζει ως μορφή ενέργειας με συνέπεια να απαιτούνται πολλές ανεμογεννήτριες για την παραγωγή αξιόλογης ισχύος, γ) στο χρόνο που απαιτείται για την

έρευνα και τη χαρτογράφηση του αιολικού δυναμικού μεγάλων περιοχών, ώστε να εντοπιστούν τα ευνοϊκά σημεία, δ) στο σχετικά υψηλό κόστος έρευνας και εγκατάστασης των αιολικών συστημάτων και ε) στις επιπτώσεις που έχουν για το περιβάλλον (κυρίως αλλοίωση τοπίου, ηχορύπανση), οι οποίες, όμως, συγκρινόμενες με τις αντίστοιχες των συμβατικών πηγών ενέργειας, θεωρούνται δευτερεύουσας σημασίας.

Κατά τη δεκαετία του 1980 σημειώθηκε ραγδαία εξέλιξη στην έρευνα για την αιολική ενέργεια και στην τεχνολογία για την εκμετάλλευσή της. Έτσι, μειώθηκε σταδιακά το λειτουργικό κόστος των ανεμογεννητριών, σε επίπεδο που κατέστησε την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας οικονομικά συμφέρουσα, αντιμετωπίστηκαν ικανοποιητικά τα μηχανολογικά τους προβλήματα και δόθηκε έμφαση στην ασφαλή τους λειτουργία και στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων.

Συγκεκριμένα, η απόδοσή τους αυξήθηκε σημαντικά χάρη στη βελτίωση του μηχανολογικού σχεδιασμού τους και της αεροδυναμικής συμπεριφοράς τους, στη χρησιμοποίηση σύγχρονων υλικών κατασκευής και στην εισαγωγή ηλεκτρονικών διατάξεων (μικροεπεξεργαστών και αισθητήρων ελέγχου) στο σύστημα λειτουργίας τους.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αιολικών συστημάτων (αλλοίωση του τοπίου, διατάραξη του οικοσυστήματος, ηχορύπανση) αντιμετωπίζονται με προσεκτική επιλογή του χώρου εγκατάστασης των αιολικών πάρκων, σωστό σχεδιασμό των ανεμογεννητριών και χωροθέτησή τους, καθώς και με πρωτοποριακές λύσεις, όπως η εγκατάσταση αιολικών πάρκων μέσα στη θάλασσα, σε αβαθείς περιοχές κοντά στις ακτές (off shore windparks).

Ακόμη, ενδιαφέρον παρουσιάζει μία πρωτοποριακή μέθοδος που πρωτοεμφανίστηκε στη δεκαετία του 1980, σύμφωνα με την οποία, τις ημέρες που το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής είναι αυξημένο (μεγάλη ταχύτητα ανέμου), η περίσσεια ισχύος που παράγεται χρησιμοποιείται για τη διάσπαση νερού και την παραγωγή υδρογόνου. Σε ημέρες άπνοιας το υδρογόνο καίγεται σε θερμογεννήτριες, παράγοντας ενέργεια και εκπέμποντας μόνο υδρατμούς στο περιβάλλον.

Επίσης, αξιοσημείωτη εφαρμογή της αιολικής ενέργειας είναι ο συνδυασμός της με την υδροηλεκτρική ενέργεια: ανεμοκινητήρες που κινούν αντλίες νερού μπορούν, τις ημέρες όπου το αιολικό δυναμικό παρουσιάζεται αυξημένο, να χρησιμοποιούν την παραγόμενη περίσσεια ισχύος για την αποταμίευση νερού σε ταμιευτήρες που βρίσκονται σε μεγάλο ύψος. Το νερό αυτό μπορεί να χρησιμοποιείται για άρδευση ή σε ημέρες άπνοιας να διατίθεται για την κίνηση υδροστροβίλων και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο αιολικό δυναμικό, το οποίο εντοπίζεται κυρίως στο Αιγαίο. Οι έρευνες και οι προσπάθειες για αξιοποίηση του δυναμικού αυτού άρχισαν κατά το τέλος της δεκαετίας του 1970. Στο πρώτο στάδιο έγιναν μετρήσεις του αιολικού δυναμικού των πιο ευνοϊκών περιοχών και συντάχθηκε η μελέτη ΑΙΟΛΟΣ με τη συνεργασία της ιεύθυνσης Εναλλακτικών Μορφών Ενέργειας (ΕΜΕ), της ΕΗ και πανεπιστημίων της χώρας.

Από το 1982 έως το 1994 εγκαταστάθηκαν ανεμογεννήτριες στην Άνδρο, τα Ψαρά, τη Σάμο, τη Χίο, την Κρήτη, την Εύβοια, τη Σαμοθράκη, την Ικαρία, την Κάρπαθο, τη Λήμνο, την Κύθνο και τη Σκύρο, οι οποίες παράγουν συνολικά ισχύ 27 MW. Το πρώτο αιολικό πάρκο κατασκευάστηκε στην Κύθνο και άρχισε να λειτουργεί το 1982 περιλαμβάνοντας 5 ανεμογεννήτριες, συνολικής ισχύος αρχικά 20 KW και αργότερα 33 KW. Μέχρι το 1994 είχαν εγκατασταθεί συνολικά 13 αιολικά πάρκα σε νησιά του Αιγαίου. Το Αιγαίο πέλαγος θεωρείται ως ένα θαλάσσιο αιολικό πάρκο, που μπορεί να παράγει ετησίως μέχρι 40% περισσότερο ηλεκτρικό ρεύμα από ότι ένα ηπειρωτικό. Το μέλλον της αιολικής ενέργειας φαίνεται να βρίσκεται στα θαλάσσια αιολικά πάρκα.

2.2 Ηλιακή ενέργεια

Πολλά υποσχόμενη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας είναι η ηλιακή ενέργεια, η οποία έρχεται κατευθείαν από τον ήλιο, δηλαδή το φως του. Μπορούμε να διακρίνουμε δύο μορφές αυτής της ενέργειας, όσον αφορά την εκμετάλλευσή της: εκείνη των φωτοβολταϊκών και την θερμική.

Εφαρμογή της πρώτης, είναι οι γνωστοί ηλιακοί θερμοσίφωνες. Η Ελλάδα έρχεται πρώτη στην Ευρώπη στην αναλογία ηλιακών θερμοσιφώνων ανά κάτοικο. Το κέρδος της χώρας, οικονομικό και κυρίως περιβαλλοντικό, είναι αρκετά σημαντικό. Είναι χαρακτηριστικό ότι το 1996 πουλήθηκαν σε όλη την Ελλάδα 50.000 ηλιακοί θερμοσίφωνες. Αν σε αυτά τα νοικοκυριά που τοποθετήθηκαν είχαν μπει ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες, θα χρειαζόταν περίπου το ηλεκτρικό σύστημα της Κρήτης για να τους λειτουργήσει.

Η δεύτερη μορφή εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας είναι εκείνη των φωτοβολταϊκών. Ονομάζεται έτσι λόγω του τρόπου απόκτησής της. Το φως μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια με την βοήθεια κατάλληλων διατάξεων, των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Παρ' όλο που ο τρόπος αυτός μετατροπής ενέργειας είναι από πολύ καιρό γνωστός, δεν είχε, μέχρι πρόσφατα τουλάχιστον, βρει μεγάλη απήχηση. Ο λόγος είναι κυρίως δύο.

Αφενός το κόστος ήταν, και παραμένει, αρκετά υψηλό, αφετέρου απαιτούνται μεγάλες ελεύθερες επιφάνειες προκειμένου να τοποθετηθούν καθρέπτες φωτοβολταϊκών. Οι δύο αυτοί ανασταλτικοί παράγοντες δεν πρέπει να παρερμηνευθούν. Εκφράζουν την σημερινή τεχνολογική ικανότητα.

Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα

Στην χώρα μας ο πιο ευρέως διαδεδομένος τρόπος αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας είναι οι ηλιακοί θερμοσίφωνες. Σύμφωνα με έρευνα της Greenpeace η Ελλάδα είναι η δεύτερη χώρα στην Ευρώπη, μετά τη Γερμανία, σε συνολική εγκατεστημένη επιφάνεια ηλιοσυλλεκτών. Περίπου το 30% των νοικοκυριών χρησιμοποιούν ηλιακούς θερμοσίφωνες. ωστόσο το ποσοστό αυτό θα μπορούσε να είναι πολύ πιο υψηλό στην χώρα με την υψηλότερη ηλιοφάνεια από όλη την Ευρώπη. Το κόστος μιας τέτοιας εγκατάστασης λειτουργεί αποτρεπτικά σε συνδυασμό με τα ανύπαρκτα φορολογικά κίνητρα, παρά το γεγονός ότι η προσφερόμενη οικονομία στην κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος που μπορεί να προσφέρει η εγκατάσταση, εξασφαλίζει απόσβεση του κόστους τα επόμενα 5 έως 10 χρόνια.

Όσον αφορά την ηλιακή ενέργεια για την παραγωγή άμεσης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των φωτοβολταϊκών, αυτή δεν αξιοποιείται αρκετά στην χώρα μας. Ο λόγος είναι ο ίδιος με την περίπτωση των ηλιακών συλλεκτών. Κατά κανόνα τα φωτοβολταϊκά συστήματα που έχουν εγκατασταθεί στην Ελλάδα εξυπηρετούν απομονωμένες χρήσεις σε σημεία όπου δεν υπάρχει δίκτυο της ΕΗ, επειδή στις περιπτώσεις αυτές η οικονομική βιωσιμότητα του συστήματος είναι πολύ περισσότερο εμφανής.

2.3 Υδροηλεκτρική ενέργεια

Προέρχεται από σταθμούς παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας, από τις παλίρροιες, ή από θαλάσσια κύματα. Πιο συγκεκριμένα, η ενέργεια που παράγεται από τη πτώση του νερού των μικρών ή μεγάλων ποταμών, υδρορευμάτων και πηγών, σε υδροτροχούς, με αποτέλεσμα τη περιστροφή τους και τη παραγωγή μηχανικού ή ηλεκτρικού ρεύματος, ονομάζεται υδροηλεκτρική. Η υδροηλεκτρική ενέργεια δεν παράγει βλαβερά αέρια και κατά συνέπεια έχει αισθητά μικρότερη επίδραση στην ατμόσφαιρα.

Αξιοποίηση υδροηλεκτρικής ενέργειας

Στη χώρα μας έχουν αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό τα υδροηλεκτρικά έργα, τουλάχιστον για τις περιοχές που εμφανίζουν υψηλό δυναμικό. Έτσι η ΕΗ έχει εγκαταστήσει υδροηλεκτρικές μονάδες συνολικής ισχύος 3.052,4 MW ώστε πλέον σημαντικό ενδιαφέρον και δυναμική εμφανίζουν τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα.

Ωστόσο, η πρόσφατη νομοθεσία παρέχει τη δυνατότητα και στον ιδιωτικό τομέα να παράγει ηλεκτρική ενέργεια και επιδιώκει να ενισχύσει σημαντικά το ενδιαφέρον επενδυτών στον τομέα των υδροηλεκτρικών. Πολλές κοινότητες αλλά και ιδιώτες έχουν εκφράσει το ενδιαφέρον τους για τη κατασκευή και εκμετάλλευση μικρών υδροηλεκτρικών εργοστασίων.

Επιπρόσθετα, συνήθως τέτοιες επενδύσεις επιχορηγούνται και συγχρηματοδοτούνται από το Ελληνικό Κράτος και την Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ ο αναπτυξιακός νόμος 2601 του 1998 επιχορηγεί με 40% του συνολικού κόστους του έργου. Παρ' όλα αυτά ένα μεγάλο μέρος του υδροηλεκτρικού δυναμικού της χώρας παραμένει αναξιοποίητο και εντοπίζεται κυρίως στην ηπειρωτική Ελλάδα. Σε αυτήν την περιοχή βρίσκεται σύμφωνα με συντηρητικές εκτιμήσεις το 30% τους συνολικού δυναμικού της χώρας. Αυτό το δυναμικό θα μπορούσε να καλύψει σημαντικό ποσοστό της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Όλοι οι ποταμοί της Ηπείρου έχουν τις πηγές τους στην οροσειρά της Πίνδου. Η οροσειρά της Πίνδου έχει σημαντικές βροχοπτώσεις και εδαφολογία τέτοια ώστε να μπορούμε να εκμεταλλευτούμε το υδάτινο δυναμικό από μεγάλες υψομετρικές διαφορές ενώ από την άλλη πλευρά το έδαφος της οροσειράς είναι τέτοιο που ευνοεί τη δημιουργία τεχνητών λιμνών και δεξαμενών ύδατος.

2.4 Γεωθερμία

Είναι μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, που πηγάζει από το εσωτερικό της γης.

Μεταφέρεται στην επιφάνεια με θερμική επαγωγή καθώς και με την είσοδο λειωμένου μάγματος στο φλοιό της γης από τα βαθύτερα στρώματά της. Υπάρχουν δύο κύριες εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας:

Η πρώτη βασίζεται στη χρήση της θερμότητας της γης, για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και άλλες χρήσεις όπως θέρμανση κτιρίων ή θερμοκηπίων. Αυτή η θερμότητα μπορεί να προέρχεται από γεωθερμικά γκάζερ που φθάνουν με φυσικό τρόπο ως την επιφάνεια της γης ή με γεώτρηση στο φλοιό της γης σε περιοχές που η θερμότητα βρίσκεται αρκετά κοντά στην επιφάνεια. Αυτές οι πηγές είναι συνήθως από μερικές εκατοντάδες μέχρι 3000 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης.

Η δεύτερη εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας, εκμεταλλεύεται τις θερμές μάζες εδάφους ή υπόγειων υδάτων για να κινήσουν θερμικές αντλίες για εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης.

Η χρήση γεωθερμικής ενέργειας παράγει παγκοσμίως 8000 (MW) ηλεκτρικού ρεύματος και 4000 (MW) θερμικής ενέργειας.

Αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα

Παρά το πλούσιο γεωθερμικό δυναμικό, η χρήση γεωθερμικών πηγών για σκοπούς ηλεκτροπαραγωγής είναι αμελητέα στην Ελλάδα. Οι ελάχιστες εφαρμογές της γεωθερμίας περιορίζονται στη χρήση ζεστού νερού. Η χρήση ζεστού νερού μέχρι 90 °C, γίνεται κυρίως σε αγροτικές εφαρμογές (θερμοκήπια, υδατοκαλλιέργειες, ξηραντήρια κλπ.) ή για λουτροθεραπευτικό τουρισμό.

Στην Ελλάδα, γεωθερμία κατάλληλη για ηλεκτροπαραγωγή βρίσκεται σε προσιτά βάθη στα νησιά του ηφαιστειακού τόξου του Αιγαίου : Μήλος, Κίμωλος, Σαντορίνη, Νίσυρος, αλλά και στη Λέσβο, τη Χίο, τη Σαμοθράκη, την Αλεξανδρούπολη και αλλού.

Τα νησιά Μήλος, Κίμωλος, Σαντορίνη και Νίσυρος αντιστοιχούν σε περιοχές γεωλογικά πρόσφατης ηφαιστειακής δράσης και περιλαμβάνουν γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας με θερμοκρασίες 120-350 °C με συνολικό γεωθερμικό δυναμικό τουλάχιστον 300 MW, το οποίο όμως μέχρι σήμερα παραμένει παντελώς ανεκμετάλλευτο. Στις υπόλοιπες περιοχές απαντώνται γεωθερμικά πεδία χαμηλής- μέσης ενθαλπίας με θερμοκρασίες 90-120 °C και δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής της τάξεως των 20-30 MW.

Παρ' ότι η γεωθερμία είναι κατάλληλη για θέρμανση και αγροτικές εφαρμογές απαντάται σε μικρά βάθη σε πολλές περιοχές στις πεδιάδες της Μακεδονίας και της Θράκης, αλλά και στη γειτονιά κάθε μιας από τις 56 θερμές πηγές της χώρας μας. Εκεί απαντώνται γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας με θερμοκρασίες 25-100 °C. Τέτοια είναι: Θερμά Σαμοθράκης, Πολυχίτος - Άργενος Λέσβου, Νένητα Χίου, Αριστινό Αλεξανδρούπολης, Αιδηψός και Σουσάκι Κορινθίας (80-100 °C), Νέο Εράσμιο, Νέα Κεσσάνη Ξάνθης, Νιγρίτα, Σιδηρόκαστρο και Ηράκλεια Σερρών, Λαγκαδάς, Νέα Απολλωνία, Θέρμη Θεσσαλονίκης, Νέα Τρίγλια Χαλκιδικής (30-60 °C) και πολλά άλλα.

Οι αντίστοιχες γεωθερμικές εφαρμογές έχουν συνολική θερμική ισχύ μόλις 70 MW, και περιλαμβάνουν κυρίως θερμά και ιαματικά λουτρά (45%), και θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών (55%).

2.5 Βιομάζα

Ως *βιομάζα* ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο.

Πιο συγκεκριμένα, σ' αυτήν περιλαμβάνονται:

- Οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως π.χ. τα αυτοφυή τα δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες (έτσι ονομάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται ειδικά με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ενέργειας) γεωργικών και δασικών ειδών, όπως π. χ. το σόργο, το σακχαρούχο, το καλάμι, ο ευκάλυπτος κ.ά.
- Τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως π.χ. τα άχυρα, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, κλαδοδέματα, κλαδιά δένδρων, φύκι, κτηνοτροφικά απόβλητα, οι κληματίδες κ.ά.
- Τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως π. χ. τα ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, το πριονίδι κ.ά.
- Καθώς και το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών. Η βιομάζα αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Κατ' αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος.

Εφαρμογές βιομάζας στην Ελλάδα

Το μεγαλύτερο μέρος της βιομάζας στην χώρα μας δυστυχώς παραμένει αναξιοποίητο. Από πρόσφατη απογραφή έχει εκτιμηθεί ότι το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα συνίσταται από 7.500.000 τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβοσίτου,

βαμβακιού, καπνού, ηλίανθου, κληματίδων, πυρηνόξυλου) και από 2.700.000 τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας (κλάδοι, φλοιοί, κ.ά.).

Από τις παραπάνω ποσότητες βιομάζας το ποσοστό τους εκείνο που προκύπτει σε μορφή υπολειμμάτων κατά τη δευτερογενή παραγωγή προϊόντων είναι άμεσα διαθέσιμο, δεν παρουσιάζει προβλήματα μεταφοράς και μπορεί να τροφοδοτήσει απ' ευθείας διάφορα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Μπορεί δηλαδή η εκμετάλλευση του να καταστεί οικονομικά συμφέρουσα.

Παράλληλα με την αξιοποίηση των διαφόρων γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων, σημαντικές ποσότητες βιομάζας είναι δυνατόν να ληφθούν από τις ενεργειακές καλλιέργειες. Σε κάποιες περιοχές της Ελλάδας όπου υπάρχουν μονοκαλλιέργειες (π.χ. βαμβακιού) εμφανίζεται το πρόβλημα των γεωργικών πλεονασμάτων. Εξαιτίας της εξειδίκευσης αυτής της περιοχής στην παραγωγή ενός μόνο προϊόντος αυξάνεται το γεωργικό πλεόνασμα με αποτέλεσμα να μειώνεται η τιμή του γεωργικού προϊόντος που βρίσκεται σε αφθονία και να υποβαθμίζεται το περιβάλλον λόγω της εκτεταμένης χρήσης χημικών και φυτοφαρμάκων και της συνεχούς άρδευσης.

Όμως η αντικατάσταση ενός μέρους της καλλιεργήσιμης γης με ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή βιομάζας μπορεί να λύσει το οικονομικό πρόβλημα λόγω των πλεονασμάτων και να παρέχει δυνατότητες για την αύξηση της χρήσης της βιομάζας στην χώρα μας. Η αγριαγκινάρα είναι ένα φυτό κατάλληλο για ενεργειακή αξιοποίηση το οποίο προσαρμόζεται θαυμάσια στις ελληνικές συνθήκες, αναπτύσσεται μονάχα με το νερό των βροχοπτώσεων συνεπώς δεν απαιτείται άρδευση αλλά ούτε και φυτοφάρμακα οπότε βελτιώνεται η παραγωγική δυναμικότητα του εδάφους της περιοχής.

Η βιομάζα στη χώρα μας έχει μία πληθώρα εφαρμογών που αφορούν:

Α) Την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης –ψύξης η και ηλεκτρισμού σε γεωργικές και άλλες βιομηχανίες: Με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας μεγάλες ποσότητες θερμότητας απορρίπτονται στο περιβάλλον. Με την συμπαραγωγή όπως ονομάζεται η συνδυασμένη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από την ίδια ενεργειακή πηγή, το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας αυτής ανακτάται και χρησιμοποιείται επωφελώς.

Συμπαραγωγή από βιομάζα εφαρμόζεται και στην Ελλάδα και παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε αστικό-περιφερειακό επίπεδο. Ένα παράδειγμα βιομηχανίας όπου με την εγκατάσταση μονάδας συμπαραγωγής υποκαταστάθηκαν πολύ επιτυχώς, συμβατικά καύσιμα από βιομάζα είναι ένα εκκοκκιστήριο στην περιοχή της Βοιωτίας. Σ αυτό κάθε χρόνο χρησιμοποιούνται 4.000-5.000 τόνοι υπολειμμάτων βαμβακιού για την παραγωγή θερμότητας από βιομάζα.

Β) Τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών: Η εξασφάλιση ζεστού νερού για την θέρμανση χώρων και για την απ' ευθείας χρήση σε μια πόλη ή χωρίο μπορεί να γίνει και από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας που λειτουργεί με βιομάζα. Στην Ελλάδα έχει ήδη εγκατασταθεί η πρώτη μονάδα τηλεθέρμανσης με χρήση βιομάζας. Η μονάδα αυτή που βρίσκεται στην κοινότητα Νυμφασίας του νομού Αρκαδίας καλύπτει τις ανάγκες θέρμανσης 80 κατοίκων και 600 τετραγωνικών μέτρων κοινοτικών χωριών.

Ως καύσιμη υλη χρησιμοποιούνται τρίμματα ξύλου τα οποία προέρχονται από τεμαχισμό σε ειδικό μηχάνημα υπολειμμάτων υλοτομίας από γειτονικό δάσος ελάτων. Το έργο αυτό αποτελεί πρότυπο για την ανάπτυξη παρόμοιων εφαρμογών σε κοινότητες και δήμους της χώρας δεδομένου ότι εξασφαλίζει σημαντική εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων και αξιοποιεί του τοπικούς ενεργειακούς πόρους.

Γ) Θέρμανση θερμοκηπίων: Η αξιοποίηση της βιομάζας σε μονάδες παραγωγής θερμότητας για τη θέρμανση θερμοκηπίων αποτελεί μια ενδιαφέρουσα και οικονομικάσυμφέρουσα προοπτική για τους ιδιοκτήτες τους. Ένα παράδειγμα αυτού του είδους χρήσης της βιομάζας, αποτελεί μια μονάδα θερμοκηπίου έκτασης 2 στεμμάτων, στο Νομό Σερρών, στην οποία καλλιεργούνται οπωροκηπευτικά.

Σε αυτή τη μονάδα έχει εγκατασταθεί σύστημα παραγωγής θερμότητας το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο άχυρο σιτηρών. Η ετήσια εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων που επιτυγχάνεται φθάνει τους 40 τόνους πετρελαίου.

Δ) Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή της βιομάζας: Ένα παράδειγμα υγρού καυσίμου που μπορεί να παραχθεί στην χώρα μας είναι το βιοαέριο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε μηχανές εσωτερικής καύσης, για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού.

Αυτό το αέριο είναι ποιοτικότερο από τα συμβατικά καύσιμα και έχει μικρότερες εκπομπές επικίνδυνων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Το βιοαέριο παράγεται στην Ελλάδα στους χώρους υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ). Σήμερα λειτουργούν 4 μονάδες βιοαερίου μετατρέπουν το αέριο που προκύπτει από τη ζύμωση των σκουπιδιών στις χωματερές σε ηλεκτρική ενέργεια.

Παράλληλα η Θεσσαλονίκη συμβάλει και αυτή σε μεγάλο βαθμό στη μαζική βιομηχανική παραγωγή βιοκαυσίμων³ του μέλλοντος, φιλοξενώντας ένα επαρκώς εξοπλισμένο κέντρο έρευνας για την ανάπτυξη και τις προοπτικές των βιοδιυλιστηρίων στη χώρα μας. Στο Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ) στη Θέρμη στεγάζεται το Εργαστήριο Περιβαλλοντικών Καυσίμων και Υδρογονανθράκων (ΕΠΚΥ) του Ινστιτούτου Τεχνικής Χημικών Ιερασιών. Το ΕΚΕΤΑ ασχολείται εκτός από τη μελέτη διεργασιών παραγωγής βιοκαυσίμων από τη βιομάζα και με την εναλλακτική παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.

2.6 Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ΑΠΕ

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ΑΠΕ έναντι των συμβατικών πηγών είναι τα εξής:

- ✓ Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας (ήλιος, άνεμος, ποτάμια, οργανική ύλη, κ.α.) και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς ενεργειακούς πόρους που εξαντλούνται, όπως είναι το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, ο άνθρακας, κλπ.
- ✓ Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο, γι' αυτό και η αξιοποίηση τους είναι γενικά αποδεκτή από το ευρύ κοινό.
- ✓ Αποτελούν (μαζί με την εξοικονόμηση ενέργειας) την κατ' εξοχήν περιβαλλοντικά φιλική λύση για τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Επιπλέον, υποκαθιστώντας τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας από συμβατικές πηγές οδηγούν σε μείωση των εκπομπών και από άλλους ρυπαντές, όπως είναι π.χ. τα οξείδια του θείου που προκαλούν την όξινη βροχή, τα οξείδια του αζώτου που προκαλούν το φωτοχημικό νέφος, τα αιωρούμενα σωματίδια, κ.α.
- ✓ Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- ✓ Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά και συμβάλλουν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής (δίκτυα, δρόμοι, κλπ.) και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
- ✓ Προσφέρουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα ενεργειακών αναγκών των χρηστών (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή, κ.α.).
- ✓ Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- ✓ Οι εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης των ΑΠΕ σχεδιάζονται συνήθως για να καλύπτουν τις συγκεκριμένες ανάγκες των χρηστών, τόσο σε μικρή όσο και σε μεγάλη κλίμακα εφαρμογών,

και έχουν μικρό σχετικά χρόνο κατασκευής, επιτρέποντας έτσι τη γρήγορη ανταπόκριση της προσφοράς προς τη ζήτηση ενέργειας.

- ✓ Οι επενδύσεις των ΑΠΕ δημιουργούν σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- ✓ Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση ανάλογων επενδύσεων (π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας, τηλεθέρμανση οικισμών, μικρών πόλεων, κλπ. με ατμό/ζεστό νερό που προέρχεται από την ενεργειακή αξιοποίηση γεωργικής και δασικής βιομάζας, κ.α.).

Τα μειονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και οι τρόποι αντιμετώπισής τους είναι οι εξής:

Οι Α.Π.Ε. παρουσιάζουν έναν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει ότι απαιτείται ένα μεγάλο σύνολο εγκαταστάσεων άρα και ένα αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, μέχρι τώρα, χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας και όχι για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των μεγάλων αστικών κέντρων.

Το μειονέκτημα του κόστους περιορίζεται τις περισσότερες φορές με κάποια μορφή κρατικής επιχορήγησης, όπως για παράδειγμα η πίεση που ασκείται στις ηλεκτρικές εταιρείες να αγοράζουν από ΑΠΕ σε μία εγγυημένη τιμή που δε βασίζεται στην πραγματική τιμή της ενέργειας, αλλά η οποία υπολογίζεται έτσι ώστε η παραγωγική διαδικασία του σταθμού ανανεώσιμης πηγής ενέργειας να είναι κερδοφόρα.

Οι κανονισμοί σαν αυτόν θα οδηγήσουν σε μία γενική αύξηση της τιμής του ηλεκτρισμού, σαν αποτέλεσμα του οποίου όλοι οι καταναλωτές πληρώνουν το πρόσθετο κόστος του ηλεκτρισμού που παράγεται από ΑΠΕ, εκτός εάν οι ηλεκτρικές εταιρείες είναι σε θέση να πουλήσουν αυτήν την ενέργεια σαν πράσινη ενέργεια σε μια έξτρα τιμή.

Άλλο παράδειγμα είναι οι επιχορηγήσεις που δίνονται στους παραγωγούς, οι οποίες διαμοιράζουν την επιβάρυνσή τους σχετίζεται με τις ΑΠΕ σε όλους τους φορολογούμενους. Μια ακόμη προσέγγιση του προβλήματος αυτού είναι η αύξηση της φορολογίας των συμβατικών μεθόδων παραγωγής ηλεκτρισμού. Αυξάνεται έτσι το κόστος παραγωγής τους, και κάνουν πιο εύκολο το πεδίο ανταγωνισμού για τις ΑΠΕ. Ειδικότερα για την Ευρώπη τα μέτρα στήριξης που έχουν χρησιμοποιηθεί από τα κράτη-μέλη περιλαμβάνουν επιδότηση των επενδύσεων ηφοροαπαλλαγές, αλλά η κύρια ενίσχυση προέρχεται από την άμεση στήριξη της τιμής της ενέργειας που καταβάλλεται στους παραγωγούς ΑΠΕ.

Εκτός από αυτό, η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτώνται τόσο από την εποχή του έτους, όσο και από το γεωγραφικό πλάτος και κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται. Για παράδειγμα, τα φωτοβολταϊκά πάνελ παρουσιάζουν αυξημένη ή μειωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανάλογα με την ηλιοφάνεια που παρουσιάζεται κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Αντίθετα, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια όλης της ημέρας, αποτελεί, όμως, συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου. Για τις ανεμογεννήτριες υπάρχει επιπλέον η άποψη ότι επηρεάζουν το περιβάλλον από αισθητική άποψη και ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους, και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα), αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.

Επιπλέον, η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται εξαιρετικά δύσκολη, αφενός γιατί το κόστος και η πολυπλοκότητα του συστήματος μεταφοράς αυξάνεται χάρη στις μεγάλες αποστάσεις,

αφετέρου γιατί σε ορισμένες περιπτώσεις πρέπει να διασχιστούν πολιτικά ασταθείς περιοχές με ζωντανό τον κίνδυνο των σαμποτάζ των γραμμών μεταφοράς. Άλλωστε, η κατασκευή φραγμάτων και τεχνητών λιμνών για τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς πολλές φορές προκαλεί την καταστροφή τοπικών οικοσυστημάτων, ενώ μπορεί να οδηγήσει σε αναγκαστική μετακίνηση κατοίκων. Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται επίσης, ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω από το νερό, κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επομένως, τα μεγάλα υδροηλεκτρικά, αν και υπερέχουν των θερμικών και πυρηνικών σταθμών ως προς το θέμα των εκπομπών και των αποθεμάτων, εν τούτοις έχουν άλλου είδους επιπλοκές, ιδιαίτερα στον περιβαλλοντικό τομέα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

3.1 Εισαγωγή

Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια (Υ/Ε) είναι η ενέργεια, η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια.

Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής του στροβίλου, συντελείται η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής. Στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνεται η μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το σύνολο των έργων και του εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ).

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

Χωρίζουμε τους Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς με βάση:

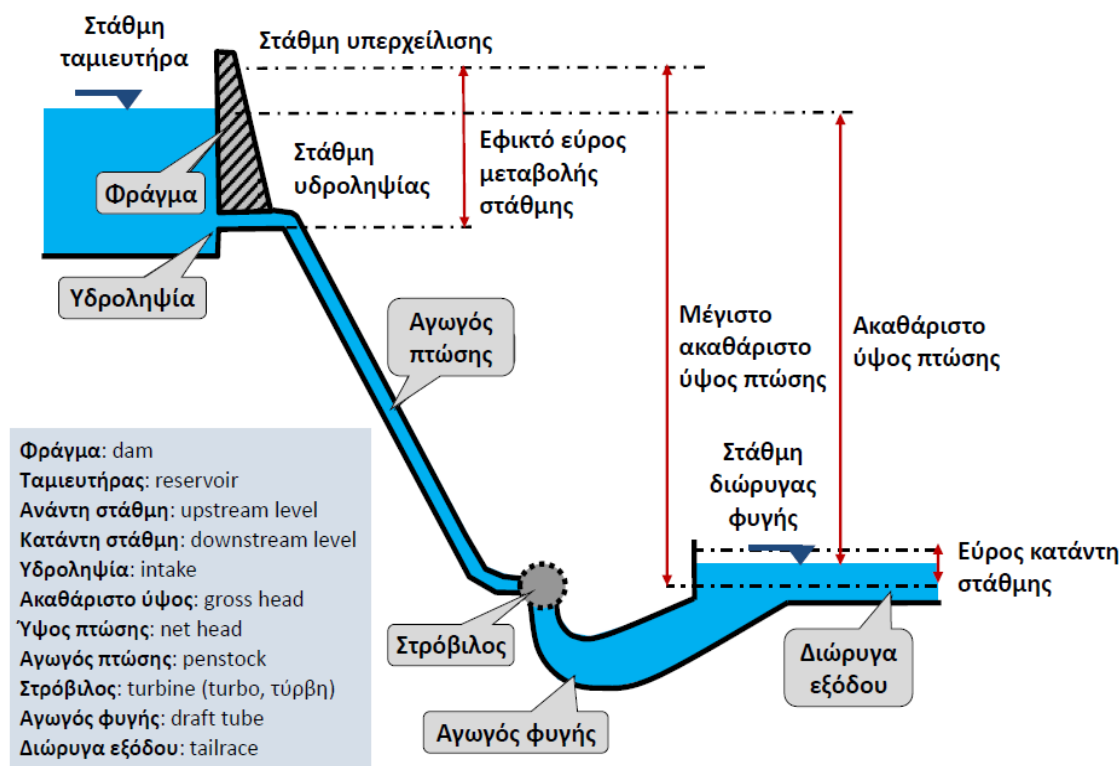
- Το ύψος πτώσης των υδάτων.
- Τη διαθεσιμότητα της ηλεκτροπαραγωγού μονάδας.
- Το είδος κατασκευής της υδροηλεκτρικής μονάδας.
- Την ισχύ που μπορούν να παράγουν.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη ενός Υδροηλεκτρικού Σταθμού είναι ποικίλα. Η Υ/Ε ταξινομείται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας. Τα μεγάλης κλίμακας Υδροηλεκτρικά Έργα απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Φυσικά, ένα μεγάλο Υδροηλεκτρικό Έργο, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά τα οποία προϋποθέτει, με μια καλοσχεδιασμένη μελέτη, μπορεί να μετατραπεί σε πλεονέκτημα.

Τα μικρής κλίμακας Υδροηλεκτρικά Έργα (ΜΥΗΕ) είναι κυρίως "συνεχούς ροής", δηλαδή δεν περιλαμβάνουν σημαντική περισυλλογή και αποταμίευση ύδατος, και συνεπώς ούτε κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων. Ως εκ τούτου, δεν επιφέρουν τόσο μεγάλες επιπτώσεις στο περιβάλλον σ' αντίθεση με τα μεγάλης κλίμακας Υδροηλεκτρικά Έργα. Γι' αυτό το λόγο, συνήθως, γίνεται διαχωρισμός μεταξύ μικρών και μεγάλων Υδροηλεκτρικών Έργων.

Ένας μικρός Υδροηλεκτρικός Σταθμός αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον, καθώς το σύνολο των επιμέρους παρεμβάσεων στην περιοχή εγκατάστασης του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τους τοπικούς πόρους.

3.2 Αρχές υδροενεργειακής τεχνολογίας



Εικόνα 3.1: Χαρακτηριστικά μεγέθη και μεταβλητές.

Θεμελιώδεις έννοιες υδροδυναμικής

Θεωρητική ισχύς που αποδίδεται από ένα Υ/Η έργο, για πλήρη εκμετάλλευση της διαθέσιμης δυναμικής ενέργειας νερού, χωρίς απώλειες ενέργειας κατά τη μεταφορά του νερού και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε ηλεκτρική:

$$P_0 = \gamma Q H$$

όπου γ το ειδικό βάρος του νερού (9.81 kN/m³), Q η παροχή που διέρχεται από τους στροβίλους, και H η υψομετρική διαφορά μεταξύ της στάθμης του νερού ανάτη, z_A , και ενός χαρακτηριστικού ενεργειακού υψομέτρου κατάντη.

Πραγματική ισχύς, για χρονικά μεταβαλλόμενη στάθμη, z_A , και παροχή, Q :

$$P(t) = \eta(t) \gamma Q(t) H_n(t)$$

όπου η ο βαθμός απόδοσης της μονάδας παραγωγής και H_n το καθαρό ύψος πτώσης, που είναι συναρτήσεις των μεταβλητών z_A και Q .

Η διαφορά $H - H_n$ εκφράζει τις υδραυλικές απώλειες κατά τη μεταφορά του νερού, ενώ η ποσότητα $(1 - \eta) \gamma Q H_n$ εκφράζει τις απώλειες κατά τη μετατροπή της ενέργειας που αποδίδεται στον υδροστρόβιλο (κινητική ενέργεια, πίεση) σε ηλεκτρική ενέργεια.

Παραγόμενη ενέργεια:

$$E(t) = \int P(t) dt = \gamma \int \eta[z_A(t), Q(t)] Q(t) H_n[z_A(t), Q(t)] dt$$

Παραγόμενη ενέργεια, υποθέτοντας σταθερά η και H_n :

$$E = \eta \gamma H_n \int Q(t) dt = \eta \gamma V H_n$$

Βασικά ενεργειακά μεγέθη: Ύψος πτώσης

Ως ύψος πτώσης νοείται η ανά μονάδα μάζας ενέργεια που διατίθεται στον στρόβιλο:

$$H_n = h_A - h_K - H_l$$

όπου h_A το ενεργειακό υψόμετρο ανάντη, h_K το ενεργειακό υψόμετρο κατάντη και h_L οι συνολικές ενεργειακές απώλειες στο σύστημα προσαγωγής και, εφόσον υπάρχει, στον αγωγό φυγής (για στροβίλους αντίδρασης).

Το ανάντη ενεργειακό υψόμετρο ταυτίζεται με τη μεταβλητή στάθμη νερού, z_A , στον ταμιευτήρα ή τη στάθμη νερού στη δεξαμενή φόρτισης, που είναι πρακτικά σταθερή. Το κατάντη ενεργειακό υψόμετρο εξαρτάται από τον τύπο των στροβίλων:

Σε στροβίλους δράσης, στους οποίους πραγματοποιείται εκροή νερού στην ατμόσφαιρα μέσω ακροφυσίου, ως διατομή εξόδου λαμβάνεται το κατάντη πέρας του ακροφυσίου, οπότε το ενεργειακό υψόμετρο είναι σταθερό.

Σε στροβίλους αντίδρασης, το ενεργειακό υψόμετρο εξαρτάται από τη στάθμη του νερού στην έξοδο του συστήματος (π.χ. διώρυγα φυγής), που είναι μεταβλητή (εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από την παροχή που διέρχεται από τους στροβίλους).

Η ποσότητα $H_{tot} = h_A - h_K$ είναι θεωρητικό μέγεθος, που καλείται ολικό ύψος πτώσης.

Οι ενεργειακές απώλειες κατά τη μεταφορά του νερού (υδραυλικές απώλειες) διακρίνονται σε γραμμικές (απώλειες τριβών) και τοπικές, δηλαδή:

$$h_L = h_f + h_T$$

Άλλοι ορισμοί του ύψους πτώσης

Ως ακαθάριστο ύψος πτώσης, H_g (gross head, σε αντιδιαστολή με το καθαρό ύψος πτώσης, net head) νοείται η διαφορά μεταξύ της μέγιστης στάθμης ανάντη (ανώτατη στάθμη λειτουργίας, ΑΣΛ) και της ελάχιστης στάθμης κατάντη, δηλαδή:

$$H_g = A\Sigma\Lambda - hK_{,\min}$$

Ως μέγιστο ύψος πτώσης, H_{\max} , νοείται το ακαθάριστο ύψος, θεωρώντας λειτουργία μίας μονάδας χωρίς φορτίο, δηλαδή με πολύ μικρή παροχή (π.χ., 5% της ονομαστικής παροχής), για την οποία αγνοούνται οι ενεργειακές απώλειες, δηλαδή:

$$H_{\max} = A\Sigma\Lambda - hK_{,\min} - hL(Q_{\min}) \approx H_g$$

Ως ελάχιστο ύψος πτώσης, H_{\min} , νοείται η υψομετρική διαφορά μεταξύ της κατώτατης στάθμης λειτουργίας (ΚΣΛ) και της μέγιστης στάθμης κατάντη, για λειτουργία όλων των στροβίλων της εγκατάστασης με το μέγιστο άνοιγμα ρυθμιστικών περυγίων (οπότε μεγιστοποιείται η παροχή και συνακόλουθα οι ενεργειακές απώλειες), δηλαδή:

$$H_{\min} = K\Sigma\Lambda - hK_{,\max} - hL(Q_{\max})$$

Ως σταθμισμένο ύψος πτώσης, H_w , νοείται το καθαρό ύψος για το οποίο ο ταμιευτήρας παράγει την ίδια ποσότητα ενέργειας σε μέση ετήσια βάση, θεωρώντας όλο το εφικτό εύρος διακύμανσης της στάθμης του, μεταξύ της ΕΣΛ και της ΑΣΛ.

Ως ύψος πτώσης σχεδιασμού, H_d , νοείται το καθαρό ύψος πτώσης που εξασφαλίζει τον μέγιστο βαθμό απόδοσης (σχεδόν ταυτίζεται με το H_w , και επιλέγεται ώστε το ύψος πτώσης να μην είναι εκτός των επιτρεπόμενων ορίων λειτουργίας των στροβίλων).

Εκτίμηση γραμμικών απωλειών

Χαρακτηριστικά μεγέθη αγωγού: μήκος L , (εσωτερική) διάμετρος D , ισοδύναμη τραχύτητα ε , παροχή Q , ταχύτητα $V = 4Q / \pi D^2$, κλίση ενέργειας $J = hf / L$

Εξίσωση Darcy-Weisbach:

$$J = f \frac{1}{D} \frac{V^2}{2g} = 0.0826 f \frac{Q^2}{D^5}$$

Για συνήθεις ταχύτητες ροής (= υδραυλικά τραχείς αγωγοί), ο συντελεστής απωλειών f εκτιμάται από τη σχέση Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[\frac{k_s}{3.7 D} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right]$$

όπου Re ο αριθμός Reynolds της ροής ($= V D / \nu$) και ν η κινηματική συνεκτικότητα του νερού, ίση με $1.1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, για θερμοκρασία 15°C .

Γενικευμένη εξίσωση Manning:

$$J = \left(\frac{4^{3+\beta} N^2 Q^2}{\pi^2 D^{5+\beta}} \right)^{1/(1+\gamma)}$$

Για μεγάλες διαμέτρους και ταχύτητες ($0.1 \leq D \leq 10$ m, $0.3 \leq V \leq 10$ m/s) ισχύει:

$$\beta = 0.25 + 0.0006 \varepsilon_* + \frac{0.024}{1 + 7.2 \varepsilon_*} \quad \gamma = \frac{0.083}{1 + 0.42 \varepsilon_*} \quad N = 0.00757 (1 + 2.47 \varepsilon_*)^{0.14}$$

όπου $\varepsilon_* := \varepsilon/\varepsilon_0$ η αδιαστατοποιημένη τραχύτητα, με $\varepsilon_0 = (v^2/g)^{1/3} = 0.00005$ m.

Τοπικές απώλειες

Οφείλονται σε γεωμετρικές μεταβολές που προκαλούν διατάραξη των χαρακτηριστικών της ομοιόμορφης ροής, όπως επιτάχυνση ή επιβράδυνση της ροής, αποκόλληση από τα στερεά όρια, δευτερεύουσες ροές, ανάπτυξη οριακών στρωμάτων, κτλ.

Γενική σχέση υπολογισμού:

$$h_T = k_T V^2 / 2g$$

όπου k_T αδιάστατος συντελεστής.

Τυπικές τιμές συντελεστή τοπικών απωλειών σε Υ/Η έργα:

- Είσοδος υδροληψίας: $k_T = 0.04$ (στρογγυλευμένη συναρμογή)
- Εσχάρες: $k_T = 0.10-0.15$
- Εγκοπές: $k_T = 0.01$
- Στενώσεις: $k_T = 0.08$
- Καμπύλες: $k_T = 0.10$
- Δικλίδες, πλήρως ανοιχτές: $k_T = 0.10-0.20$
- Έξοδος στη διώρυγα φυγής: $k_T = 1$

Σε συνήθη υδραυλικά έργα, και για μεγάλα μήκη αγωγών ($L/D > 1000$), οι τοπικές απώλειες δεν υπολογίζονται αναλυτικά (εσωματώνονται στις γραμμικές, με προσαύξηση της ισοδύναμης τραχύτητας), πλην αυτών που οφείλονται στη λειτουργία *δικλίδων*. Αντίθετα, στα μεγάλα ΥΗΕ, συνήθως υπολογίζονται αναλυτικά (λόγω των μεγάλων ταχυτήτων).

Ειδικές διατάξεις: Συστολές αγωγών και υδροληψίες

Για συνήθεις ταχύτητες, ο συντελεστής απωλειών για απότομη συστολή ροής, με μετάβαση από αγωγό διαμέτρου D_1 σε διάμετρο $D_2 < D_1$, εκτιμάται σε:

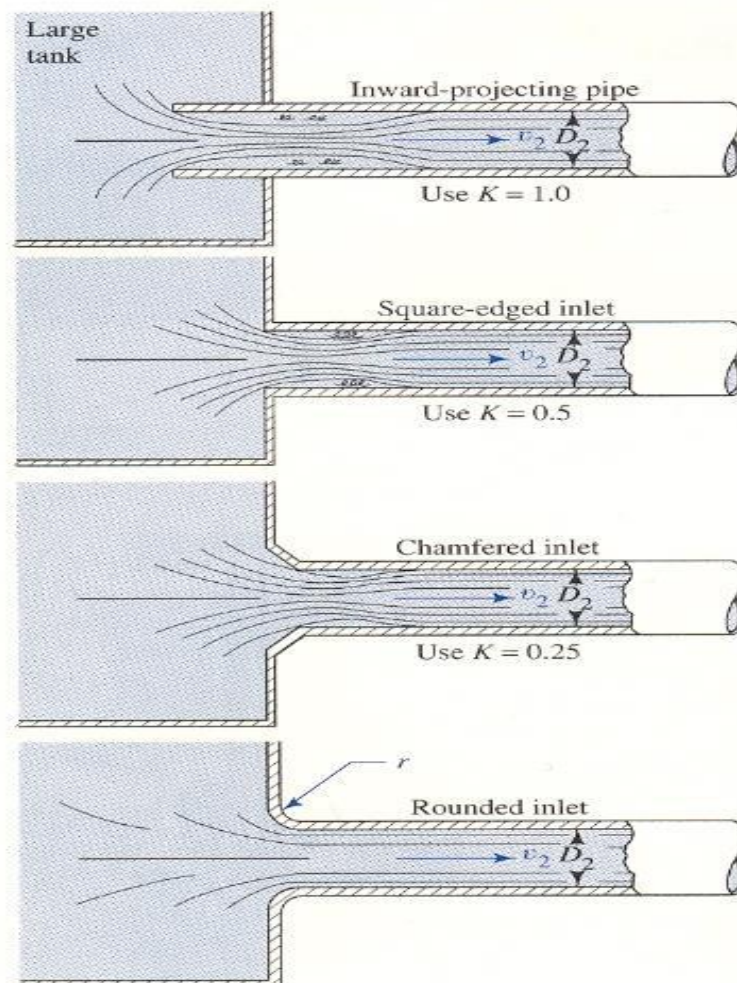
$$k_T \approx 0.42 [1 - (D_2/D_1)^2]$$

Για βαθμιαία συστολή, με χρήση κώνου συναρμογής γωνίας θ , λαμβάνεται $k_T = 0.02-0.04$, για $\theta = 30-45^\circ$ (ο συντελεστής k_T είναι ανεξάρτητος του λόγου D_2/D_1)

Η υδροληψία αποτελεί ειδική περίπτωση συστολής, λόγω της μετάβασης από αγωγό άπειρης διατομής (ταμιευτήρας ή δεξαμενή φόρτισης) στον αγωγό πτώσης, διατομής D :

- Αγωγός που εισέρχεται στη δεξαμενή: $kT = 1$
- Αγωγός που εφάπτεται στη δεξαμενή: $kT = 0.50$
- Συστολή με απλό κώνο συναρμογής: $kT = 0.25$
- Βαθμιαία συστολή, με χρήση στρογγυλεμένου κώνου συναρμογής, ακτίνας r :

r/D	0.00	0.02	0.04	0.06	0.10	>0.15
kT	0.50	0.28	0.24	0.15	0.09	0.04



Εικόνα 3.2: Συστολές αγωγών.

Ειδικές διατάξεις: Διαστολές αγωγών και στροφές

Για συνήθεις ταχύτητες, ο συντελεστής απωλειών για απότομη διαστολή ροής, με μετάβαση από αγωγό διαμέτρου D_1 σε διάμετρο $D_2 > D_1$, εκτιμάται σε:

$$kT = [1 - (D_1/D_2)^2]^2$$

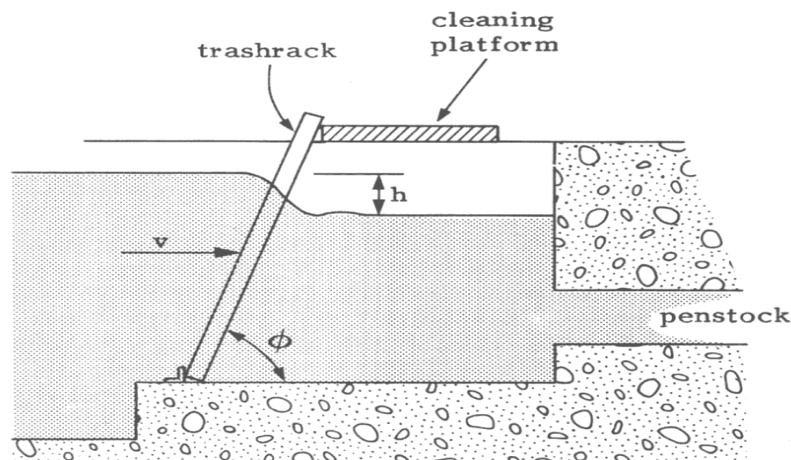
Ειδική μορφή διαστολής αποτελεί η έξοδος αγωγού σε δεξαμενή (απότομη διαστολή, με $D_1/D_2=0$), για την οποία λαμβάνεται $k_T = 1$ (περίπτωση αγωγού φυγής).

Σε αλλαγές διεύθυνσης (στροφή αγωγού), η τιμή του συντελεστή τοπικών απωλειών εξαρτάται από την γωνία θ , τον λόγο r/D (όπου r η καμπυλότητα και D η διάμετρος του αγωγού), και την τραχύτητα των τοιχωμάτων.

r/D θ (deg)	1	1.5	2	4	6	
15	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	λεία επιφάνεια
30	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	
45	0,14	0,11	0,09	0,08	0,075	
60	0,19	0,16	0,12	0,10	0,09	
90	0,21	0,18	0,14	0,11	0,09	
15	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	τραχεία επιφάνεια
30	0,23	0,19	0,14	0,11	0,08	
45	0,34	0,27	0,20	0,15	0,12	
60	0,41	0,33	0,24	0,19	0,15	
90	0,51	0,41	0,30	0,23	0,18	

Εικόνα 3.3: Διαστολές αγωγών.

Ειδικές διατάξεις: Εσχάρες

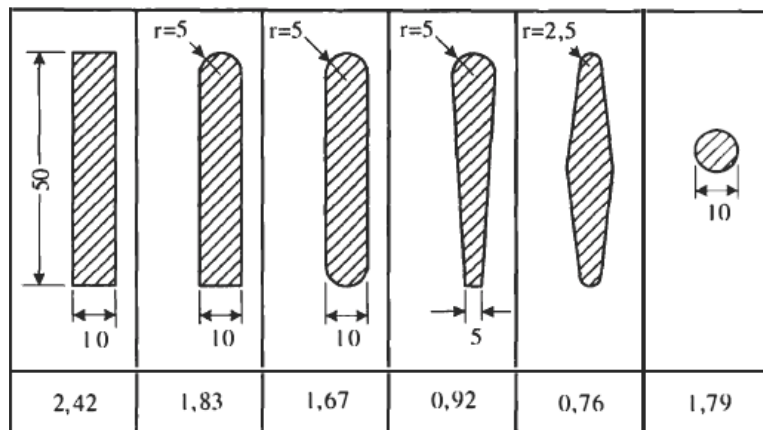


Εικόνα 3.4: Εσχάρες.

Η παρεμβολή της εσχάρας στην είσοδο της υδροληψίας δημιουργεί απώλειες ενέργειας και αντίστοιχη πτώση στάθμης:

$$h_T = \theta \left(\frac{s}{b} \right)^{4/3} \frac{V^2}{2g} \sin \varphi$$

όπου s το πάχος ή η διάμετρος των ράβδων της εσχάρας, b το καθαρό διάκενο μεταξύ δύο διαδοχικών ράβδων, φ η οριζόντια κλίση της εσχάρας, και β συντελεστής μορφής των ράβδων της εσχάρας.



Εικόνα 3.5: Συντελεστές εσχάρων.

Η καθαρή διατομή A_t της εσχάρας (ολική διατομή μείον τη διατομή των ράβδων) υπολογίζεται ώστε η μέση ταχύτητα ροής V να κυμαίνεται μεταξύ 0.75 ως 1.5 m/s. Για παροχή Q και καλά καθαριζόμενες εσχάρες, εφαρμόζεται η σχέση:

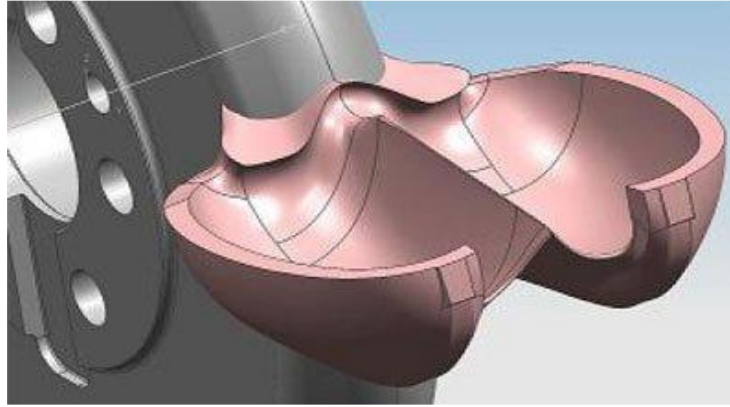
$$\frac{Q}{V} = 0.8 A_t \frac{s}{s+b} \sin\varphi$$

Στρόβιλοι δράσης (impulse turbines)

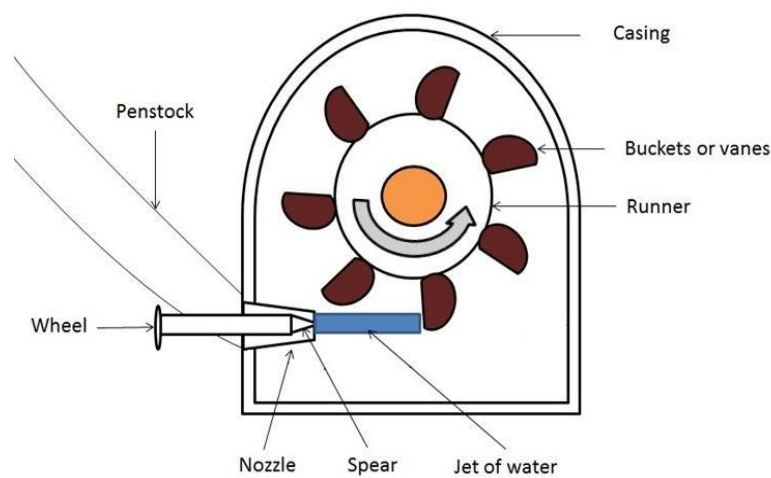
Η στροβιλομηχανή περιλαμβάνει έναν δρομέα (runner) με σκαφίδια (buckets), που τίθενται σε κίνηση μέσω του νερού, το οποίο εκτοξεύεται από ακροφύσια (nozzles) με πολύ μεγάλη ταχύτητα (η ταχύτητα εκτόξευσης μπορεί να φτάσει στα 100 ως 150 m/s, ενώ η ταχύτητα στον αγωγό προσαγωγής δεν υπερβαίνει τα 4 ως 6 m/s).

Η δυναμική ενέργεια (ύψος πτώσης) του νερού μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια στην έξοδο του ακροφυσίου, η οποία μετατρέπεται σε περιφερειακή ταχύτητα του τροχού στα σκαφίδια (ταχύτητα περιστροφής = $0.5 \cdot$ ταχύτητα νερού). Ο στρόβιλος εγκιβωτίζεται σε κάλυμμα και εκτίθεται στην ατμοσφαιρική πίεση.

Επειδή τροφοδοτείται και λειτουργεί ένα μόνο τμήμα του δρομέα (δύο ως τρία από τα ~20 σκαφίδια), ο στρόβιλος δράσης αναφέρεται και ως μερικής προσβολής. Η τυπικότερη κατηγορία είναι οι τύπου Pelton, που είναι κατάλληλοι για μεγάλα ύψη πτώσης (>250 m) και σχετικά μικρές παροχές.



Εικόνα 3.6: Bucket.



Εικόνα 3.7: Στρόβιλος.

Υπολογισμός ύψους πτώσης σε στρόβιλο δράσης

Οι ενεργειακές απώλειες εκτιμώνται από τη σχέση:

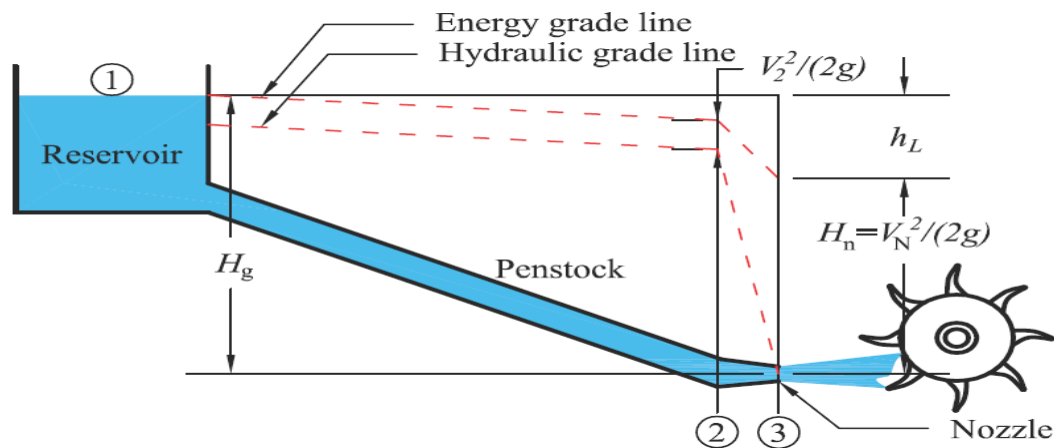
$$h_L = \frac{V^2}{2g} \left[f \frac{L}{D} + \sum k_{1-2} + k_N \left(\frac{D}{D_N} \right)^2 \right]$$

όπου Q η παροχή, D η διάμετρος του αγωγού πτώσης, L το μήκος του αγωγού, f ο συντελεστής γραμμικών απωλειών, $\sum k_{1-2}$ ο συνολικός συντελεστής τοπικών απωλειών μεταξύ των διατομών 1 και 2, D_N η διάμετρος του ακροφυσίου, και k_N συντελεστής τοπικών απωλειών, που σε τυπικούς στρόβιλους Pelton κυμαίνεται από 0.02 έως 0.04.

Ο λόγος των ταχυτήτων στον αγωγό πτώσης και τον στρόβιλο είναι: $V_N/V = (D/D_N)^2$

Η θεωρητικά μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να αναπτυχθεί στην έξοδο του ακροφυσίου (για μηδενικές απώλειες, συνεπώς $H_n = H_g$) είναι: $V_{N,max} = (2g H_g)^{1/2}$

Βασικό στοιχείο του σχεδιασμού είναι η ελαχιστοποίηση των απωλειών νερού, που επηρεάζουν τον βαθμό απόδοσης του στροβίλου.



Εικόνα 3.8: Σύστημα πτώσης νερού και στροβίλου.

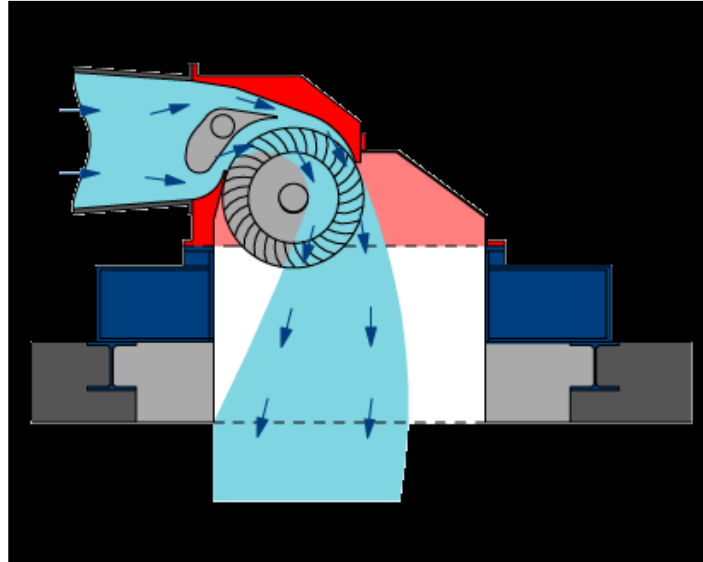
Άλλοι τύποι στροβίλων δράσης

Στρόβιλος Turgo: Η δέσμη του νερού προσπίπτει στον δρομέα υπό κλίση. Οικονομικότερη επιλογή σε σχέση με τον τύπο Pelton, καθώς χρησιμοποιεί ένα αντί για δύο πτερύγια (άρα η ειδική ταχύτητα διπλασιάζεται), τα οποία είναι στενότερα σε σχέση με τον στρόβιλο Pelton. Ενδείκνυεται για ύψη πτώσης 15-300 m και μεγάλος εύρος παροχών, γιατί εμποδίζεται η αλληλεπίδραση του εκτοξευόμενου νερού μεταξύ των διαδοχικών πτερυγίων. Ο βαθμός απόδοσής του είναι λίγο μικρότερος από του Pelton (~ 87%).



Εικόνα 3.9: Στρόβιλος Turgo.

Στρόβιλος cross-flow: Το νερό διέρχεται δύο φορές από τον δρομέα, εξασφαλίζοντας υψηλότερο βαθμό απόδοσης, και επιτρέποντας τον αυτοκαθαρισμό του στρόβιλου από λάσπη, φύλλα, κτλ. Σημαντικό πλεονέκτημα είναι ο πρακτικά σταθερός βαθμός απόδοσης, που καθιστά τον στόβιλο κατάλληλο για μικρά ΥΗΕ, τα οποία δεν έχουν δυνατότητα αποθήκευσης και άρα ρύθμισης της ροής.



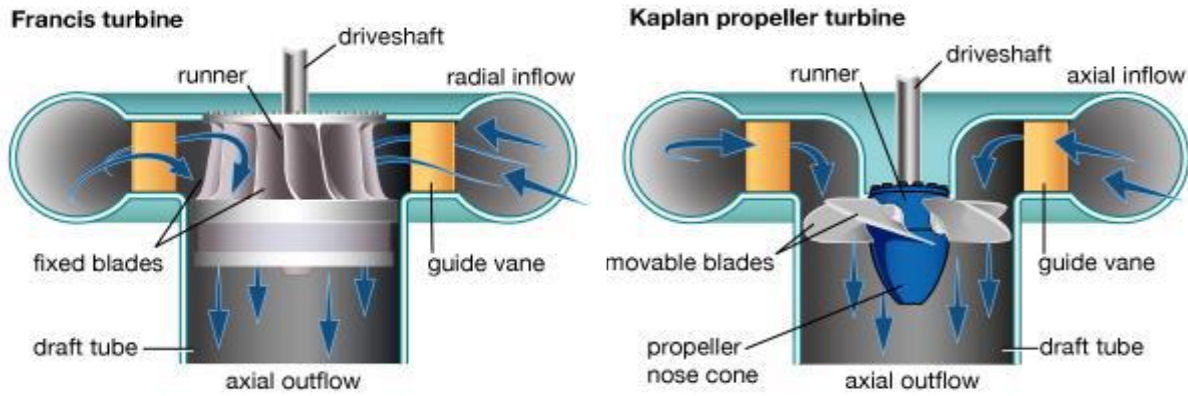
Εικόνα 3.10: Στρόβιλος cross-flow.

Στρόβιλοι αντίδρασης (reaction turbines)

Η ροή, μέσω του αγωγού πτώσης, κατευθύνεται μέσα από σταθερά πτερύγια στον δρομέα του στρόβιλου και εισέρχεται με ακτινική και εφαπτομενική συνιστώσα. Ο δρομέας και τα πτερύγια τοποθετούνται σε περίβλημα που είναι πλήρως καλυμμένο με νερό, και συνεπώς ο στρόβιλος βρίσκεται συνεχώς υπό πίεση. Η δυναμική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια και πίεση, που αποδίδονται στον δρομέα, εξασφαλίζοντας υψηλότερο βέλτιστο βαθμό απόδοσης σε σχέση με τους στρόβιλους δράσης (για μικρή όμως περιοχή φορτίου).

Ο άξονας είναι συνήθως κατακόρυφος και το νερό εξέρχεται κατακόρυφα προς τα κάτω μέσα στον αγωγό φυγής (draft tube). Οι κύριοι τύποι στρόβιλων αντίδρασης είναι:

- Στρόβιλοι Francis, ακτινικής ή μικτής ροής, που είναι κατάλληλοι για μέτρια ύψη πτώσης (60 ως 150 m) και μέτριες παροχές.
- Στρόβιλοι Kaplan, αξονικής ροής, που είναι κατάλληλοι για μικρά ύψη πτώσης (<30 m) και μεγάλες παροχές.



© Encyclopædia Britannica, Inc.

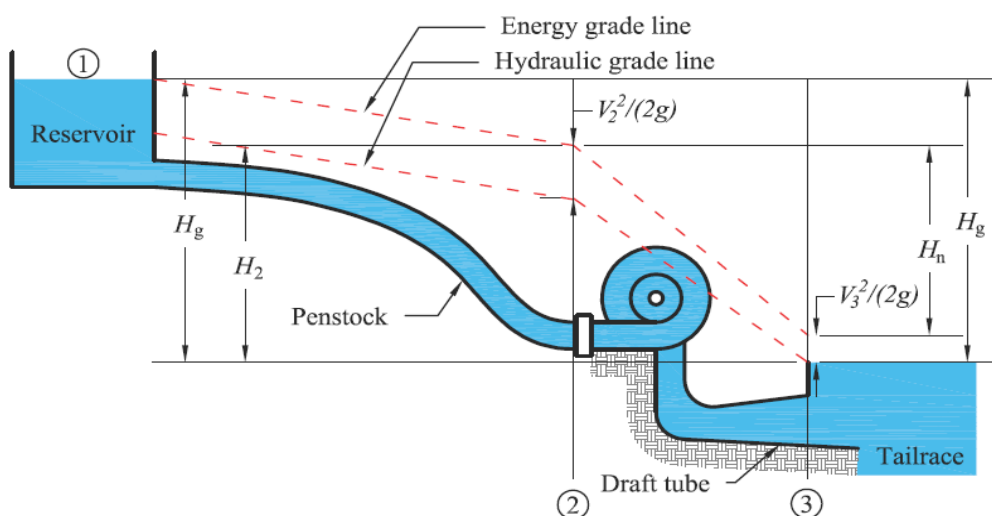
Εικόνα 3.11: Στρόβιλοι Francis και Kaplan.

Υπολογισμός ύψους πτώσης σε στρόβιλο αντίδρασης

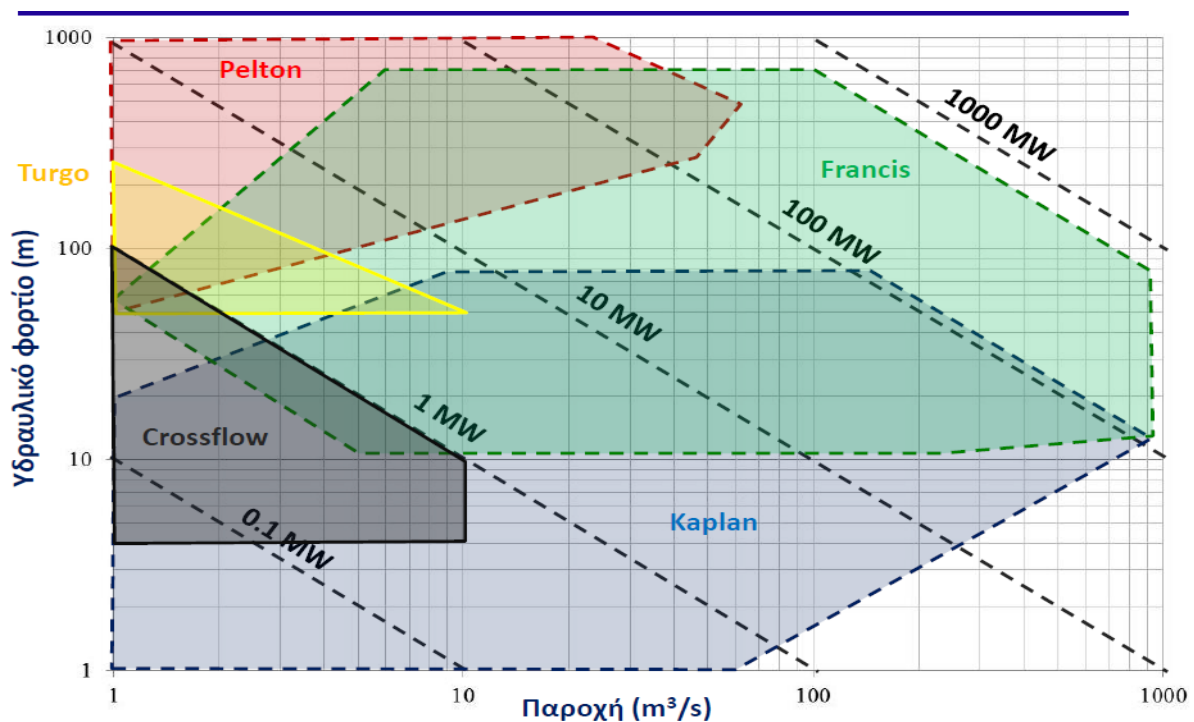
Γενική σχέση υπολογισμού ενεργειακών απωλειών:

$$h_L = \frac{V^2}{2g} \left[f \frac{L}{D} + \sum k_{1-2} + \left(\frac{D}{D_d} \right)^2 \right]$$

όπου D_d η διάμετρος του αγωγού φυγής (η διάμετρος πρέπει να είναι μεγάλη, ώστε να ελαχιστοποιείται το ύψος κινητικής ενέργειας). Για τον υπολογισμό του ενεργειακού υψομέτρου στην είσοδο της διώρυγας φυγής, λαμβάνεται μια επιπλέον διατομή ελέγχου κατάντη, στην οποία θεωρείται ότι έχουν αποκατασταθεί συνθήκες ομοιόμορφης ροής.



Εικόνα 3.11: Ύψος πτώσης σε στρόβιλο αντίδρασης.



Εικόνα 3.12: Εύρος εφαρμογής διαφορετικών τύπων στροβίλων.

Βασικά ενεργειακά μεγέθη: Βαθμός απόδοσης

Ως βαθμός απόδοσης των στροβίλων, η_{TB} , νοείται ο λόγος της παραγόμενης μηχανικής ενέργειας προς τη διαθέσιμη υδραυλική ενέργεια (καθαρό ύψος πτώσης). Η διαφορά των δύο μεγεθών οφείλεται σε απώλειες ενέργειας, που περιλαμβάνουν:

- Υδραυλικές απώλειες, λόγω τριβών κατά μήκος της ροής (π.χ. στον αγωγό φυγής) και κρούσης, κατά την πρόσπτωση του νερού στα πτερύγια του δρομέα.
- Ογκομετρικές απώλειες, που οφείλονται σε διαρροές νερού μέσω των διάκενων που σχηματίζονται στο κέλυφος της μηχανής, ενώ περιορίζονται δραστικά με τη διαμόρφωση λαβυρίνθων (αφορά μόνο σε στροβίλους δράσης).
- Μηχανικές απώλειες, που αναπτύσσονται στα έδρανα και τον στρεφόμενο δίσκο.

Κατ' αντιστοιχία, ο συντελεστής η_{TB} εκτιμάται ως γινόμενο τριών συνιστωσών, δηλαδή του υδραυλικού (η_h), ογκομετρικού (η_q) και μηχανικού (η_m) βαθμού απόδοσης, με τυπικές τιμές $\eta_h = 0.90-0.96$, $\eta_q = 0.97-0.98$ (στρόβιλοι δράσης), και $\eta_m = 0.97-0.99$.

Ο συνολικός βαθμός απόδοσης του υδροδυναμικού συστήματος λαμβάνει υπόψη και τις απώλειες κατά τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική, καθώς και τη μεταφορά της τελευταίας μέσω του δικτύου υψηλής τάσης, και ορίζεται ως το γινόμενο:

$$\eta = \eta_{TB} \times \eta_{GN} \times \eta_{TF} \times \eta_{TP}$$

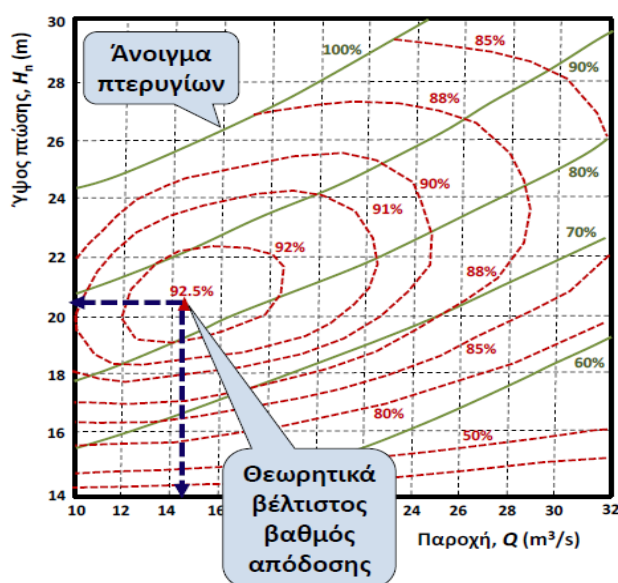
όπου η_{GN} ο βαθμός απόδοσης της γεννήτριας, η_{TF} ο βαθμός απόδοσης του μετασχηματιστή, και η_{TP} ο βαθμός απόδοσης της γραμμής μεταφοράς, με τυπικές τιμές 0.96, 0.98 και 0.98, αντίστοιχα.

Χαρακτηριστικές καμπύλες στροβίλων

Ο βαθμός απόδοσης ενός Υ/Η έργου δεν είναι σταθερός, αλλά μεταβάλλεται συναρτήσει των χαρακτηριστικών της ροής (καθαρό ύψος πτώσης, παροχή) και των χαρακτηριστικών μεγεθών του στροβίλου (ταχύτητα περιστροφής, άνοιγμα πτερυγίων).

Η ταχύτητα περιστροφής διατηρείται σταθερή, ώστε να παράγεται ρεύμα σταθερής συχνότητας (είναι ωστόσο πλέον τεχνικά εφικτή η λειτουργία των Υ/Η μονάδων με μεταβλητή ταχύτητα).

Οι χαρακτηριστικές καμπύλες ενός υδροστροβίλου απεικονίζουν τη σχέση μεταβολής του βαθμού απόδοσης η , συναρτήσει του διαθέσιμου ύψους πτώσης H_n , της παροχής Q και του ανοίγματος των πτερυγίων A , για δεδομένη ταχύτητα περιστροφής. Οι καμπύλες αυτές προσδιορίζονται εργαστηριακά, μετρώντας την ισχύ που παράγεται για διάφορους συνδυασμούς H_n , Q και A , σε υδραυλικά ομοιώματα.



Εικόνα 3.13: Χαρακτηριστικές καμπύλες ενός υδροστροβίλου.

3.3 Υδροηλεκτρικοί ταμιευτήρες

Τα μεγάλα Υ/Η έργα έχουν οφέλη αλλά και επιπτώσεις.

Οφέλη ως έργα πολλαπλού σκοπού:

- Αποθήκευση και παραγωγή Υ/Η ενέργειας
- Απολήψεις νερού για άλλες χρήσεις (με αξιοποίηση νερού που διέρχεται από τους στροβίλους)
- Αντιπλημμυρική προστασία
- Έμμεσα οφέλη από τουριστική αξιοποίηση
- Συνδυαστική λειτουργία με άλλες ΑΠΕ (υβριδικά)

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις:

- Σημαντική διαφοροποίηση της φυσικής υδρολογικής διαίτας του ποταμού (εξομάλυνση ροής, σημαντικά μειωμένη συχνότητα και μέγεθος πλημμυρικών αιχμών, διακοπή ροής στο τμήμα μεταξύ του φράγματος και του ΥΗΣ)
- Συγκράτηση φερτών (μη αναστρέψιμη επίπτωση)

- Παρεμπόδιση κυκλοφορίας ψαριών
- Αλλαγή οικοσυστήματος από ποτάμιο σε λιμναίο
- Αισθητική όχληση σε περίπτωση έντονων διακυμάνσεων της στάθμης

Η κατηγοριοποίηση των Υ/Η έργων γίνεται:

Με βάση την εγκατεστημένη ισχύ:

- Μικρά έργα, για $P < 15$ MW (όριο που εφαρμόζεται τώρα και στην Ελλάδα – σε άλλες χώρες εφαρμόζονται επίσης όρια από 5 έως 15 MW)
- Επιπλέον κατηγοριοποίηση, με βάση τα όρια των 100 kW (mini) και 1 MW (micro)
- Μεγάλα έργα, για $P > 15$ MW

Με βάση το ύψος πτώσης:

- Έργα μικρού ύψους, για $H < 30$ m
- Έργα μεσαίου ύψους, για $30 < H < 200-300$ m
- Έργα μεγάλου ύψους, για $H > 200-300$ m

Με βάση τη θέση του Υ/Η σταθμού:

- Σταθμός στον πόδα του φράγματος ή σε κοντινή θέση
- Σταθμός σε κατάντη θέση, μακριά από το φράγμα
- Σταθμός σε γειτονική λεκάνη, για αξιοποίηση της υψομετρικής διαφοράς με τη λεκάνη του φράγματος (έργο εκτροπής)

Με βάση τον τύπο των στροβίλων:

- Στρόβιλοι δράσης (εκροή στην ατμόσφαιρα)
- Στρόβιλοι αντίδρασης (ροή υπό πίεση)
- Αντλιοστρόβιλοι (αντιστρεπτή λειτουργία, δηλ. άντληση-ταμίευση)

Με βάση τη χωρητικότητα του ταμιευτήρα:

- Με ταμιευτήρα μεγάλης ωφέλιμης χωρητικότητας, που εξασφαλίζει υπερετήσια ή εποχιακή ρύθμιση των εισροών, επιτρέποντας σημαντική διακύμανση της στάθμης
- Με ταμιευτήρα μικρής ρυθμιστικής ικανότητας (ο ταμιευτήρας δημιουργεί το αναγκαίο ύψος πτώσης, ενώ η στάθμη του διατηρείται πρακτικά σταθερή)
- Χωρίς ταμιευτήρα (run-of-river), με αξιοποίηση μέρους της ροής του ποταμού (αναφέρονται κυρίως ως μικρά υδροηλεκτρικά έργα, ΜΥΗΕ)

Με βάση τη χρονική κατανομή της παραγόμενης ενέργειας:

- Έργα βάσης (συνεχής λειτουργία στροβίλων)
- Έργα αιχμής (λειτουργία στροβίλων τις ώρες αιχμής της ενεργειακής ζήτησης)
- Έργα αντιστρεπτής λειτουργίας (παραγωγή ενέργειας τις ώρες αιχμής της ζήτησης, άντληση τις ώρες περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας από άλλες πηγές, π.χ. ΑΠΕ)

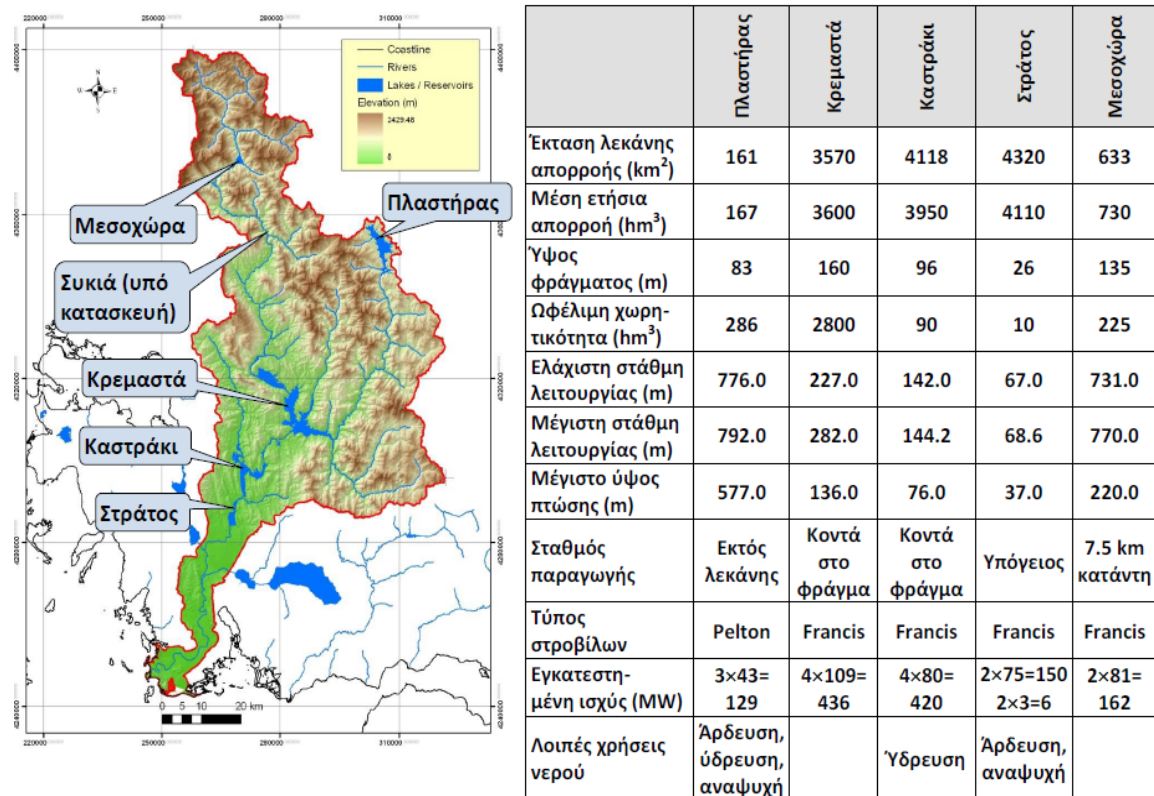
Με βάση τη διάταξη του ταμιευτήρα:

- Μεμονωμένα έργο
- Έργο ενταγμένο σε σύστημα ταμιευτήρων (υδροσύστημα)

Με βάση τις χρήσεις νερού του ταμιευτήρα:

- Έργα απλού σκοπού (αποκλειστική λειτουργία για παραγωγή Υ/Η ενέργειας)

- Έργα πολλαπλού σκοπού (αξιοποίηση του νερού για άρδευση, ύδρευση, κτλ.)



Εικόνα 3.14: Σύστημα Υ/Η έργων Αχελώου.

Βασικές έννοιες και συνοδά έργα Υ/Η φραγμάτων

Φράγμα (dam): Τεχνικό έργο μορφής αναχώματος που κατασκευάζεται εγκάρσια στην κοίτη ενός ποταμού, με σκοπό την διαμόρφωση αποθηκευτικού χώρου (ταμιευτήρας) για τη ρύθμιση της ροής και την δημιουργία τεχνητής υψομετρικής διαφοράς.

Ταμιευτήρας (reservoir): Λεκάνη κατάκλισης που δημιουργείται από τη συγκέντρωση νερού ανάντη του φράγματος, τα όρια της οποίας μεταβάλλονται ανάλογα με την αποθηκευμένη ποσότητα νερού.

Λεκάνη απορροής (river basin): Περιοχή δεδομένης έκτασης που συνεισφέρει στην παραγωγή επιφανειακής απορροής, ο υδροκρίτης της οποίας διέρχεται από την θέση του φράγματος (ο ταμιευτήρας καλύπτει, συνήθως, μικρό τμήμα της λεκάνης).

Συνοδά υδραυλικά έργα:

Πρόφραγμα (συντά ενσωματωμένο στο κυρίων φράγμα).

Σήραγγα ή αγωγός εκτροπής (προσωρινό έργο ασφαλείας, κατά την κατασκευή, κατά περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μόνιμη χρήση).

Εκκενωτής πυθμένα (έργο ασφαλείας).

Υπερχειλιστής, σύστημα απαγωγής (συνήθως διώρυγα) και έργα καταστροφής ενέργειας (έργα ασφαλείας).

Θυροφράγματα, για έλεγχο των πλημμυρών.

Υδροληψίες και αγωγοί προσαγωγής (έργα συνεχούς λειτουργίας).

Σταθμός παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας.



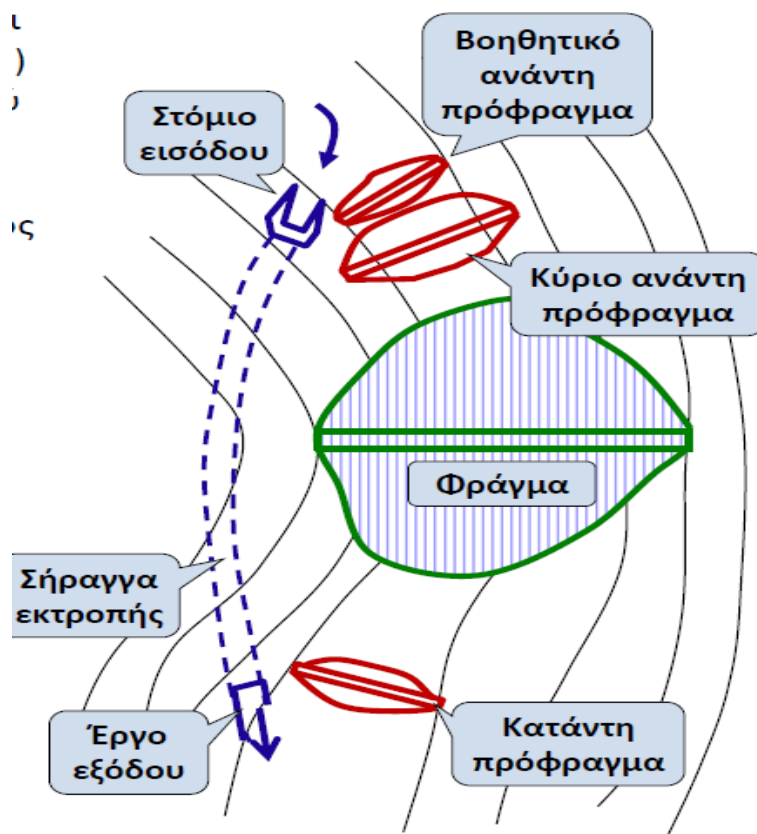
Εικόνα 3.15: Υδροηλεκτρικό έργο Καστρακίου.

Έργα ασφάλειας κατά την κατασκευή φράγματος

Κατά τη φάση κατασκευής του φράγματος και των συναφών έργων (τυπική διάρκεια 2-8 έτη) εξασφαλίζεται διακοπή της ροής του ποταμού με την κατασκευή προσωρινών έργων παρεμπόδισης της ροής (προφράγματα, ανάντη και κατόντη) και διοχέτευσής της εκτός της ευρύτερης περιοχής των εργασιών. Σε ευρείες κοίτες ποταμών η εκτροπή γίνεται μέσω έργων διευθέτησης εντός της κοίτης (διώρυγα εκτροπής), ενώ η κατασκευή του φράγματος προχωρά παράλληλα στην κοίτη (συνήθως σε δύο φάσεις).

Η εκτροπή εκτός της κοίτης γίνεται:

- Μέσω επιφανειακού αγωγού που διέρχεται από τη θεμελίωση του φράγματος (ποτέ από το σώμα).
- Μέσω υπόγειου αγωγού (σήραγγα) που διέρχεται από το αντέρεισμα (μεγάλες παροχές, υψηλό κόστος).



Εικόνα 3.16: Έργα ασφάλειας κατά την κατασκευή φράγματος.

Ο σχεδιασμός των προσωρινών έργων γίνεται για πλημμύρα περιόδου επαναφοράς 20 ως 50 ετών, που εξασφαλίζει ικανοποιητικό επίπεδο διακινδύνευσης κατά τη διάρκεια κατασκευής των έργων (υδραυλική λειτουργία με ελεύθερη επιφάνεια και υπό πίεση).

Το κυρίως ανάντη πρόφραγμα έχει μικρό σχετικά ύψος (μικρότερο όσο αυξάνει η διατομή του αγωγού εκτροπής), εκτός και αν ενσωματώνεται στο σώμα του κυρίως φράγματος (οπότε το ύψος του ενδέχεται να είναι σχετικά μεγάλο).

Μετά την ολοκλήρωση των έργων η σήραγγα εκτροπής φράζεται (προσωρινή έμφραξη με δοκούς στο στόμιο εισόδου, μόνιμη έμφραξη με πώμα σκυροδέματος σε ενδιάμεση θέση, όπου τοποθετείται το πέτασμα τσιμεντενέσεων), ώστε να υλοποιηθεί η πλήρωση του ταμιευτήρα.

Η σήραγγα εκτροπής (ή τμήμα της) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τμήμα του εκχειλιστή, ως εκκενωτής πυθμένα ή για τη διοχέτευση της περιβαλλοντικής παροχής (σε συνδυασμό με ΜΥΗΕ).

Εκκενωτής πυθμένα

Έργο ασφαλείας, για (βραδεία) εκκένωση του ταμιευτήρα σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Συνήθως αποτελεί ανεξάρτητη διάταξη ή συνδυάζεται με τη σήραγγα εκτροπής, αλλά με διαμόρφωση διαφορετικού έργου εισόδου που τοποθετείται ψηλότερα από την είσοδο της σήραγγας (η τελευταία φράσσεται, μετά την ολοκλήρωση του φράγματος). Στις σύγχρονες κατασκευές χρησιμοποιείται μόνιμα, για διοχέτευση της οικολογικής παροχής.



Εικόνα 3.17: Έξοδος εκκενωτή φράγματος Ταυρωπού.

Υπερχειλιστής-εκχειλιστής (spillway)

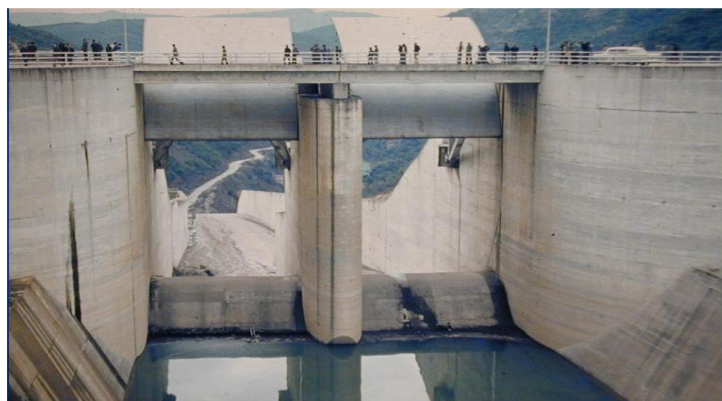
Επειδή δεν είναι επιτρεπτή η υπερπήδηση του φράγματος, κατασκευάζεται πάντοτε ένα έργο υπερχείλισης χαμηλότερα από τη στέψη του φράγματος, που μπορεί να διοχετεύσει με ασφάλεια πλημμύρες εξαιρετικά μεγάλης περιόδου επαναφοράς. Διακρίνονται δύο τύποι υπερχειλιστών:

- Ελεύθεροι υπερχειλιστές.
- Εκχειλιστές (ρύθμιση της ροής με θυροφράγματα, που σε περιόδους χαμηλών εισροών διατηρούνται κλειστά ώστε να αυξηθούν η ωφέλιμη χωρητικότητα του ταμιευτήρα και το διαθέσιμο ύψος πτώσης).

Διάκριση υπερχειλιστών, ανάλογα με τη θέση τοποθέτησης:

- Μετωπικοί, στο σώμα του φράγματος (δυνατότητα μεγάλου μήκους στέψης και ευνοϊκός προσανατολισμός, αλλά υψηλότερος κίνδυνος υποσκαφής και περιορισμοί στην τοποθέτηση του ΥΗΣ).
- Πλευρικοί, στα αντερείσματα (προϋποθέσεις γεωλογικής καταλληλότητας).
- Φρεατοειδείς (σε σήραγγα).
- Χοανοειδείς.
- Σιφωνοειδείς (συνήθως σε ΜΥΗΕ).

Στο πέρας του υπερχειλιστή συνήθως διαμορφώνεται λεκάνη ηρεμίας-αποτόνωσης για την καταστροφή της ενέργειας της πλημμύρας.



Εικόνα 3.18: Μετωπικός εκχειλιστής Κρεμαστών.

Υδροληψία (intake)

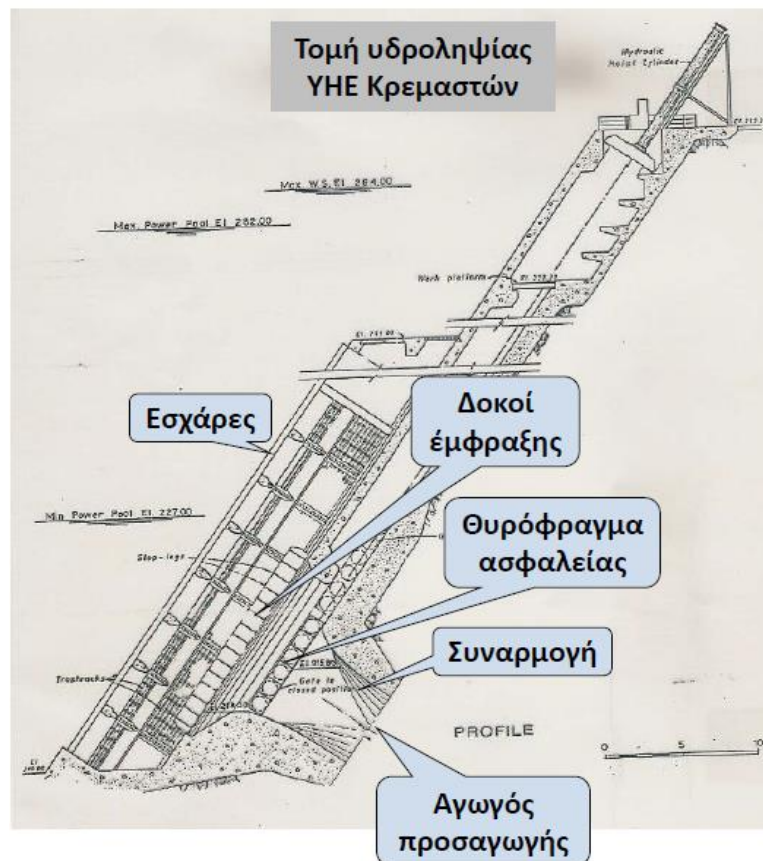
Τεχνικό έργο εισόδου του νερού, σε ανοιχτό ή κλειστό αγωγό, που περιλαμβάνει:

- εσχάρες (trash racks), κατάλληλου ανοίγματος και κλίσης, που εμποδίζουν την είσοδο επιπλεόντων αντικειμένων.
- δεξαμενή καθίζησης των φερτών (σε ΜΥΗΕ, με μείωση της ταχύτητας του νερού).
- διάταξη προστασίας για απομάκρυνση των ψαριών.
- εξοπλισμό ρύθμισης της ροής.
- μηχανισμό καθαρισμού.
- θυροφράγματα ασφαλείας (π.χ. για τη συντήρηση της υδροληψίας).

Διακρίνονται δύο τύποι, κατάλληλες για ΜΥΗΕ και ταμιευτήρες, αντίστοιχα:

- Επιφανειακές υδροληψίες, στις οποίες η παροχή ρυθμίζεται από το υδραυλικό φορτίο (ύψος νερού πάνω από το στόμιο της υδροληψίας).
- Βυθισμένες υδροληψίες, στις οποίες η παροχή ρυθμίζεται από τον χρήστη με κατάλληλο μηχανισμό (π.χ., δικλίδες, θυροφράγματα).

Σε υδροληψίες υδροηλεκτρικών έργων, η παροχή ελέγχεται με τα ρυθμιστικά πτερύγια του υδροστροβίλου. Για την μείωση των τοπικών απωλειών ενέργειας, σχεδιάζεται ένα μεταβατικό τμήμα (συναρμογή) μεταξύ του ορθογωνικού ανοίγματος της υδροληψίας και του κυκλικού αγωγού πτώσης, με σταδιακή μείωση της διατομής.



Εικόνα 3.19: Τομή υδροληψίας ΥΗΕ Κρεμαστών.

Αγωγός προσαγωγής ή πτώσης (penstoke)

Ένας ή περισσότεροι αγωγοί, που μεταφέρουν νερό υπό πίεση από την υδροληψία ή τη δεξαμενή ανάπαλσης μέχρι στους στροβίλους. Για μεγάλες Υ/Η μονάδες και μεγάλες παροχές, το πλήθος των αγωγών ισούται με το πλήθος των στροβίλων (δαπανηρή διάταξη), διαφορετικά διαμορφώνεται ένας αγωγός με διακλαδώσεις στο πέρας του (αυξημένες απώλειες ενέργειας).

Διάταξη αγωγών προσαγωγής-πτώσης:

- Μέσα στο σώμα του φράγματος, για φράγματα σκυροδέματος, στα οποία ο σταθμός παραγωγής βρίσκεται στον πόδα του φράγματος.
- Αγωγοί υπαίθριοι (απότομα πρηνή, απαιτείται στήριξη σε βάθρα και αγκύρωση), επιφανειακοί σε τάφρο (ήπια πρηνή), ή υπόγειοι σε σήραγγα, με ή χωρίς μεταλλική επένδυση, για χωμάτινα ή λιθόρριπτα φράγματα .

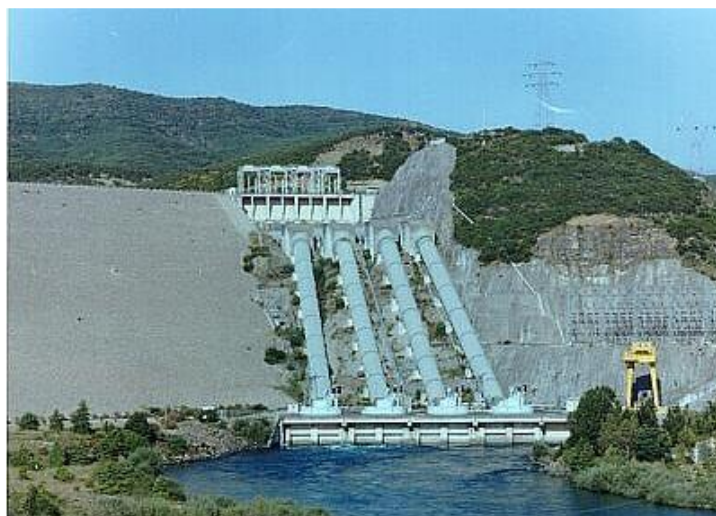
Υλικά: χάλυβας, σκυρόδεμα, ενισχυμένο πλαστικό, βράχος (σήραγγες).

Τύποι φορτίσεων: υδροστατικές πιέσεις, υδραυλικό πλήγμα, θερμοκρασιακές μεταβολές (υπαίθριοι αγωγοί), φορτία επιχώματος, σεισμικά φορτία

Γενικές αρχές σχεδιασμού:

- Τυπική ταχύτητα 4-6 m/s (νερό με σημαντική συγκέντρωση φερτών).
- Τυπική τιμή κλίσης ενέργειας 2-5% (εμπειρικό όριο για αρχική επιλογή διαμέτρου).

Η διαστασιολόγηση είναι πρόβλημα οικονομικής βελτιστοποίησης.



Εικόνα 3.20: Αγωγοί ΥΗΣ Καστρακίου (H = 76 m).

Δεξαμενή ή πύργος ανάπαλσης (surge tank)

Εφαρμόζεται σε μεσαίου και μεγάλου ύψους Η/Υ έργα, εφόσον ο ταμιευτήρας βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από τον σταθμό παραγωγής, και ειδικότερα όταν το μήκος του αγωγού προσαγωγής/πτώσης είναι πενταπλάσιο του ολικού ύψους πτώσης.

Η δεξαμενή (ή πύργος) τοποθετείται στην είσοδο του αγωγού πτώσης με σκοπό την εκτόνωση των πιέσεων λόγω υδραυλικού πλήγματος.

Η δεξαμενή ανάπαλσης διαθέτει νερό στον αγωγό πτώσης, όταν ο στρόβιλος ανοίγει τα ρυθμιστικά περυσία, και συνεπώς απαιτεί μεγαλύτερη παροχή, και αντίστροφα αποθηκεύει νερό όταν κλείνει ο

στρόβιλος και μηδενίζεται η παροχή. Ακόμη, παραλαμβάνει τις ταλαντώσεις που οφείλονται σε φαινόμενα υδραυλικού πλήγματος στον αγωγό πτώσης, κατά το άνοιγμα ή κλείσιμο του στρόβιλου (συνεπώς, απαιτεί ικανή χωρητικότητα, ώστε κατά την εμφάνιση του πλήγματος να μη γίνεται υπερχειλίση).



Εικόνα 3.21: Αγωγός πτώσης και πύργος ανάπασης ΥΗΣ Isawa (Ιαπωνία).

Σταθμοί παραγωγής

Κριτήρια χωροθέτησης:

- Ελαχιστοποίηση μήκους αγωγού πτώσης
- Ελαχιστοποίηση κατάντη υψομέτρου
- Λοιπά κριτήρια (τοπογραφία, κόστος, κτλ.)

Τοποθέτηση σταθμού παραγωγής:

- Στον πόδα του φράγματος, κεντρικά στην κοίτη
- Στον πόδα του φράγματος, πλευρικά στην κοίτη (στο αντέρεισμα)
- Σε αντέρεισμα – υπόγειος
- Σε απόσταση από το φράγμα

Τύποι σταθμών:

- Υπαίθριος (εξωτερικά διακρίνεται το κάλυμμα των μονάδων παραγωγής και η γερανογέφυρα)
- Ημι-υπαίθριος (εξωτερικά φαίνεται μόνο η γερανογέφυρα)
- Ημι-υπαίθριος στεγασμένος (καλύπτεται η γερανογέφυρα)
- Υπόγειος



Εικόνα 3.22: Υπαίθριος σταθμός Καστρακίου.

Αγωγός φυγής (draft tube) & διώρυγα φυγής (tailrace)

Ο αγωγός φυγής θεωρείται ενιαίο τμήμα του στροβίλου αντίδρασης, είτε αυτός είναι αξονικής ροής είτε ακτινικής ροής (στον υπολογισμό του βαθμού απόδοσης του στροβίλου, ως διατομή εξόδου λαμβάνεται η έξοδος του αγωγού φυγής). Μπορεί να είναι κατακόρυφος σωλήνας (το οποίο εξασφαλίζει μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης, αλλά απαιτεί μεγάλο χώρο ανάπτυξης) ή, συνηθέστερα, σωλήνας σε καμπύλη μορφή, με συνεχώς αυξανόμενη διατομή μέχρι τη διώρυγα (ή σήραγγα) φυγής (tailrace).

Ο αγωγός φυγής εκτελεί δύο βασικές λειτουργίες:

- επιτρέπει την αξιοποίηση ενός τουλάχιστον μέρους της υψομετρικής διαφοράς μεταξύ του στροβίλου και της διώρυγας φυγής (που ωστόσο δεν πρέπει ποτέ να υπερβαίνει τα 4-5 m, για την αποφυγή κινδύνου σπηλαιώσεως).
- επιβραδύνει τη ροή, μετατρέποντας την υψηλή κινητική ενέργεια στην έξοδο του δρομέα (μέση ταχύτητα 6-10 m/s) σε ενέργεια πίεσης, με ελάχιστες απώλειες (η ταχύτητα εξόδου περιορίζεται σε 1.0-2.5 m/s).

Στην έξοδο του αγωγού φυγής τοποθετείται θυρόφραγμα, για την συντήρησή του. Η διώρυγα φυγής σχεδιάζεται με ταχύτητα της τάξης των 1.0 m/s, ενώ σε περίπτωση σήραγγας ο σχεδιασμός συνήθως γίνεται θεωρώντας ροή με ελεύθερη επιφάνεια. Εφόσον πρέπει να σχεδιαστεί σήραγγα υπό πίεση, στην αρχή της κατασκευάζεται δεξαμενή ανάπαλσης, για την απόσβεση των από κατάντη δυναμικών φαινομένων.

Χαρακτηριστικά μεγέθη ταμιευτήρα

Νεκρός όγκος: Όγκος ταμιευτήρα, που στο πέρας της ζωής του έργου προβλέπεται να καταληφθεί από φερτά (μη απολήψιμο απόθεμα).

Κατώτατη στάθμη λειτουργίας (ΚΣΛ) ή στάθμη υδροληψίας: Ελάχιστη στάθμη για την παραλαβή νερού από την υδροληψία (γενικά τοποθετείται στη στάθμη του νεκρού όγκου, ωστόσο σε μεγάλα ΥΗΕ μπορεί να τοποθετηθεί ψηλότερα, ώστε να αυξηθεί το ύψος πτώσης).

Ανώτατη στάθμη λειτουργίας (ΑΣΛ): Μέγιστη στάθμη απολήψεων.

- υψόμετρο στέψης υπερχειλιστή (ελεύθερος υπερχειλιστής, χωρίς θυροφράγματα).
- υψόμετρο άνω παρείας θυροφραγμάτων (Υ/Η ταμιευτήρας, με εκχειλιστή).

Ανώτατη στάθμη πλημμύρας (ΑΣΠ): Μέγιστη στάθμη που εκτιμάται ότι μπορεί να ανέλθει το νερό στη διάρκεια της πλημμύρας σχεδιασμού του υπερχειλιστή.

Ελεύθερο ύψος: Υψομετρική διαφορά μεταξύ ΑΣΠ και στέψης φράγματος (περιθώριο ασφάλειας για κυματισμούς, κτλ.).

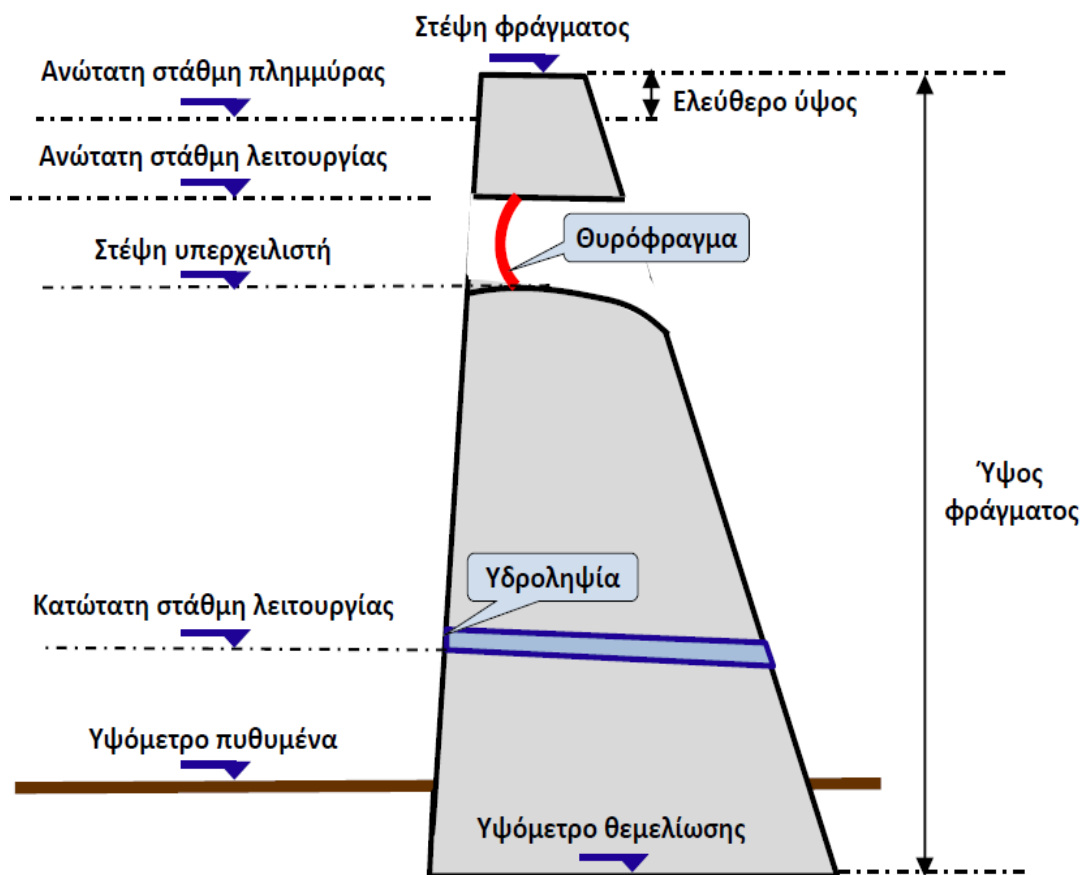
Ωφέλιμο απόθεμα: Όγκος νερού που μπορεί να αξιοποιηθεί για διάφορες χρήσεις, που υπολογίζεται αφαιρώντας τον όγκο που αντιστοιχεί στην ΚΣΛ από το τρέχον απόθεμα.

Ωφέλιμη χωρητικότητα: Μέγιστος απολήψιμος όγκος νερού (μέγιστο ωφέλιμο απόθεμα), που ορίζεται ως η διαφορά αποθέματος μεταξύ της ΑΣΛ και της ΚΣΛ.

Μικτή χωρητικότητα: Συνολική χωρητικότητα ταμιευτήρα στην ΑΣΛ.

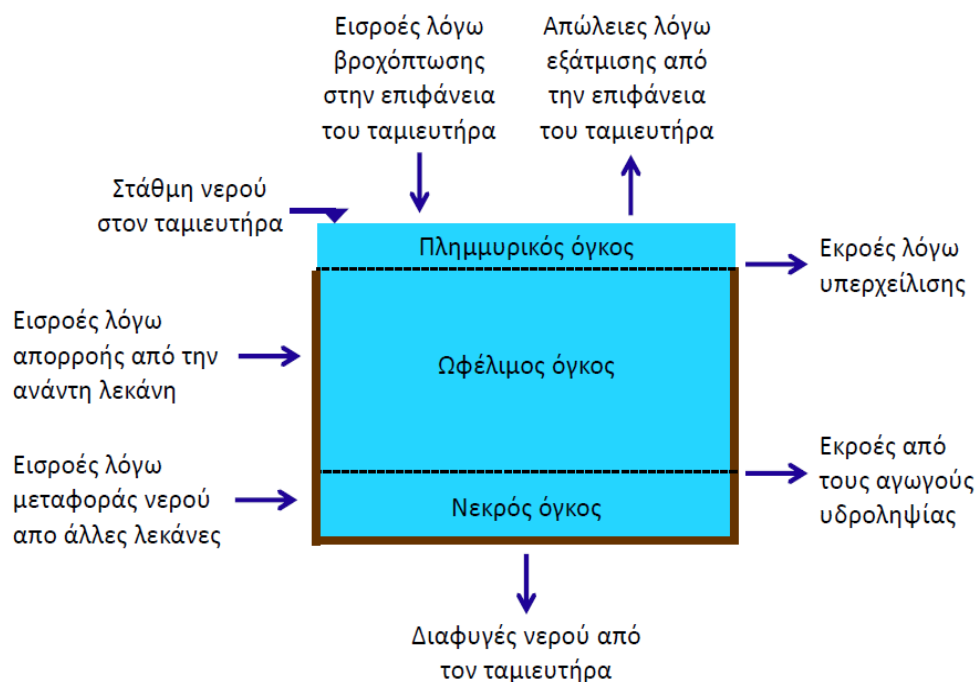
Πλημμυρικός όγκος: Μέγιστος όγκος πλημμύρας που μπορεί να ανασχεθεί στον ταμιευτήρα, που ορίζεται ως η διαφορά αποθέματος μεταξύ της ΑΣΠ και της ΑΣΛ.

Χαρακτηριστικά υψομετρικά μεγέθη ταμιευτήρα



Εικόνα 3.23: Χαρακτηριστικά υψομετρικά μεγέθη ταμιευτήρα.

Μεταβλητές υδατικού ισοζυγίου ταμιευτήρα



Εικόνα 3.24: Μεταβλητές υδατικού ισοζυγίου ταμιευτήρα.

3.4 Υδροηλεκτρική ενέργεια στον κόσμο και την Ελλάδα

Υδροηλεκτρικά έργα με δυνατότητα αποθήκευσης της ενέργειας

Λειτουργήσε το 1999 στο νησί Okinawa της Ιαπωνίας. Το πρώτο έργο άντλησης-ταμίευσης στον κόσμο που χρησιμοποιεί θαλασσινό νερό. Έχει ισχύ 30 MW, μέγιστο ύψος πτώσης 140 m και μέγιστη παροχή 26 m³/s.



Εικόνα 3.25: Okinawa.

Ολοκληρώθηκε το 2001 στην περιοχή Yamnashi-Ken της Ιαπωνίας, ισχύος 1600 MW. Αποτελείται από 2 ταμιευτήρες χωρητικότητας 19.2 και 18.4 hm³ που έχουν υψομετρική διαφορά 685 m.

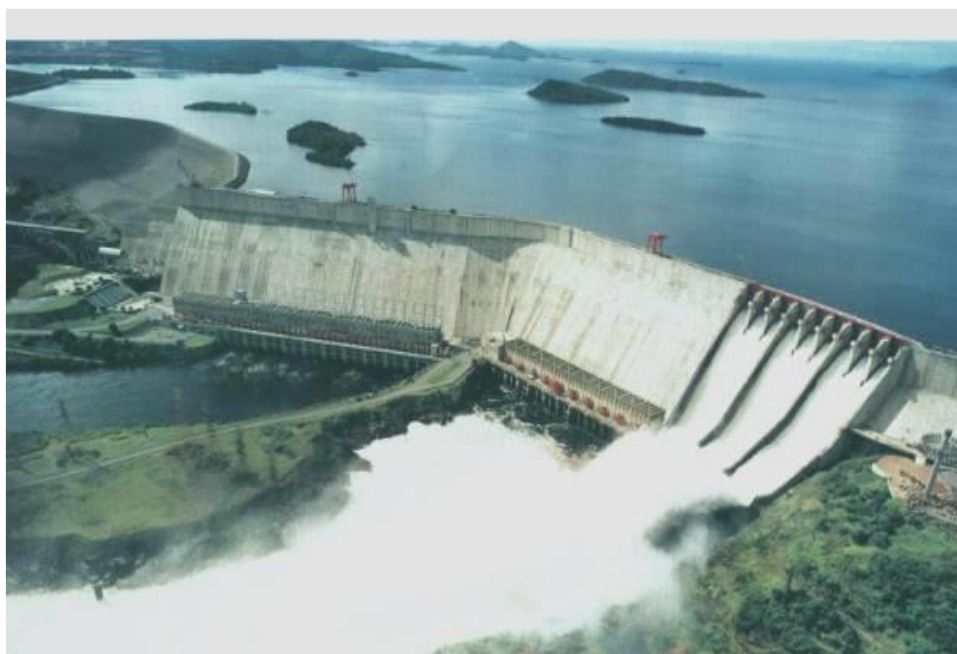


Εικόνα 3.25: Kazunogawa.

Τα 4 μεγαλύτερα υδροηλεκτρικά έργα του κόσμου



Εικόνα 3.26: Tucuruí , Βραζιλία 8.37 GW (1984).



Εικόνα 3.27: Guri (Simón Bolívar), Βενεζουέλα, 10.2 GW (1986).



Εικόνα 3.28: Itaipu, Βραζιλία-Παραγωγή 14 GW (2004).



Εικόνα 3.29: Three Gorges, Κίνα 18-22.5 GW (2011).

Η υδροηλεκτρική ενέργεια στην Ελλάδα

Στη Δυτική και Βόρεια Ελλάδα υπάρχει ιδιαίτερα πλούσιο δυναμικό υδατοπτώσεων, λόγω της διαμόρφωσης λεκανών απορροής με έντονες κλίσεις και των σημαντικών βροχοπτώσεων.

- Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι 3060 MW.
- Η μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας είναι 4000-5000 GWh.
- Η μέση συνεισφορά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι 8-10%.

Η ενέργεια που προέρχεται από ΥΗΣ καλύπτει ηλεκτρικά φορτία αιχμής. Τα τρία μεγαλύτερα υδροηλεκτρικά έργα είναι στα Κρεμαστά (437 MW), στο Θησαυρό (384 MW) και στο Πολύφυτο (375 MW). Υπάρχει μεγάλη δυνατότητα περαιτέρω ανάπτυξης υδροηλεκτρικών σταθμών.



Εικόνα 3.30: Μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα της ΔΕΗ.

25 υδροηλεκτρικά έργα της ΔΕΗ σε λειτουργία

16 ΜΕΓΑΛΑ ΥΗ ΕΡΓΑ

(έτος ένταξης-ωφέλιμος όγκος ταμειυτήρα hm³)

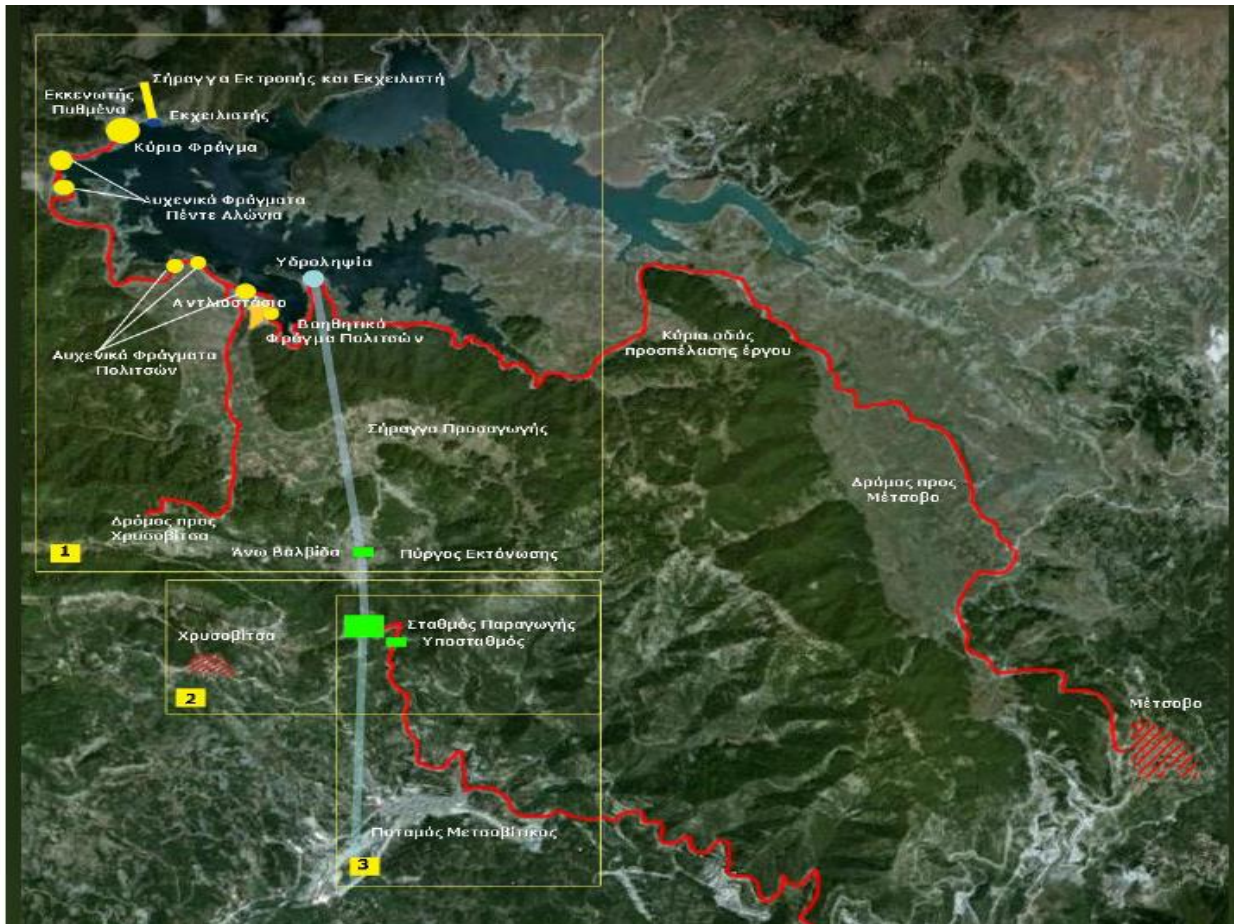
- ΛΟΥΡΟΣ (1954-0,035)
- ΑΓΡΑΣ (1954- 3,8)
- ΛΑΔΩΝΑΣ (1955- 46,2)
- ΠΛΑΣΤΗΡΑΣ (1960- 300)
- ΚΡΕΜΑΣΤΑ (1966- 2805)
- ΚΑΣΤΡΑΚΙ (1969- 53)
- ΕΔΕΣΣΑΙΟΣ (1969- 0,46)
- ΠΟΛΥΦΥΤΟ (1974- 1020)
- ΠΟΥΡΝΑΡΙ (1981- 303)
- ΑΣΩΜΑΤΑ (1985-10)
- ΣΦΗΚΙΑ (1985-16)
- ΣΤΡΑΤΟΣ (1989-11)
- ΠΗΓΕΣ ΑΩΟΥ (1990-145)
- ΘΗΣΑΥΡΟΣ (1997-570)
- ΠΟΥΡΝΑΡΙ ΙΙ (1999- 3,6)
- ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗ (1999- 12)

11 ΜΙΚΡΑ ΥΗ ΕΡΓΑ

- ΓΛΑΥΚΟΣ (1927)
- ΒΕΡΜΙΟ (1929)
- ΑΓΙΑ ΚΡΗΤΗΣ (1929)
- ΑΛΜΥΡΟΣ ΚΡΗΤΗΣ (1931)
- ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΕΡΡΩΝ (1931)
- ΓΚΙΩΝΑ (1988)
- ΣΤΡΑΤΟΣ ΙΙ (1988)
- ΜΑΚΡΟΧΩΡΙ (1992)
- ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ (2008)
- ΣΜΟΚΟΒΟ (2008)
- ΠΑΠΑΔΙΑ (2010)

ΥΗΕ Πηγών Αώου (210 MW)

Λειτουργεί με εκτροπή των νερών από τον ποταμό Αώο (εκβάλλει στην Αδριατική), στον Μετσοβίτικο (παραπόταμο του Αράχθου).



Εικόνα 3.31: ΥΗΕ Πηγών Αώου.

- Μεγαλύτερη πτώση υδάτων (685 m).
- Τα περισσότερα φράγματα (επτά).
- Η υψηλότερη τεχνητή λίμνη στην Ελλάδα (1.343 m).
- Ο βαθύτερος υπόγειος σταθμός παραγωγής (130 m).
- Άντληση υδάτων για προσθήκη στον ταμιευτήρα (οροπέδιο Πολιτσών).
- Η χαμηλότερη θερμοκρασία νερών.
- Μεγαλύτερος εκκενωτής πυθμένα (παροχή 80 m³/sec).
- Ο μόνος ΥΗΣ ο οποίος εκτρέπει διασυνοριακό ποτάμι (Αώο) προς τον Άραχθο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΙΚΡΩΝ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

4.1 Κατηγορίες Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων (ΜΥΗΕ)

Σύμφωνα με την Ελληνική Νομοθεσία Μικρό είναι ένα Υδροηλεκτρικό Έργο εγκατεστημένης ισχύος μέχρι 15 MWp. Ένας τυπικός Μικρός Υδροηλεκτρικός Σταθμός (ΜΥΗΣ), εκμεταλλεύεται τη δυναμική ενέργεια του νερού με μετατροπή της αρχικά σε κινητική ενέργεια και στη συνέχεια σε ηλεκτρική. Η εγκατάσταση ενός ΜΥΗΣ, αξιοποιεί την υψομετρική διαφορά της φυσικής πτώσης των νερών και μέσω ενός υπό πίεση υδραυλικού συστήματος, διοχετεύει το νερό σε ένα στρόβιλο. Ένα μικρό υδροηλεκτρικό έργο, συνήθως διαθέτει απλά μία ορεινή υδροληψία, ή και ένα μικρό ταμιευτήρα, για περιορισμένη ρύθμιση της ροής.

Ως προς την ονομαστική ισχύ:

- micro (< 0.1 MW)
- mini (0.1-1 MW)
- μικρό (1-10 MW)

Ως προς το ύψος πτώσης

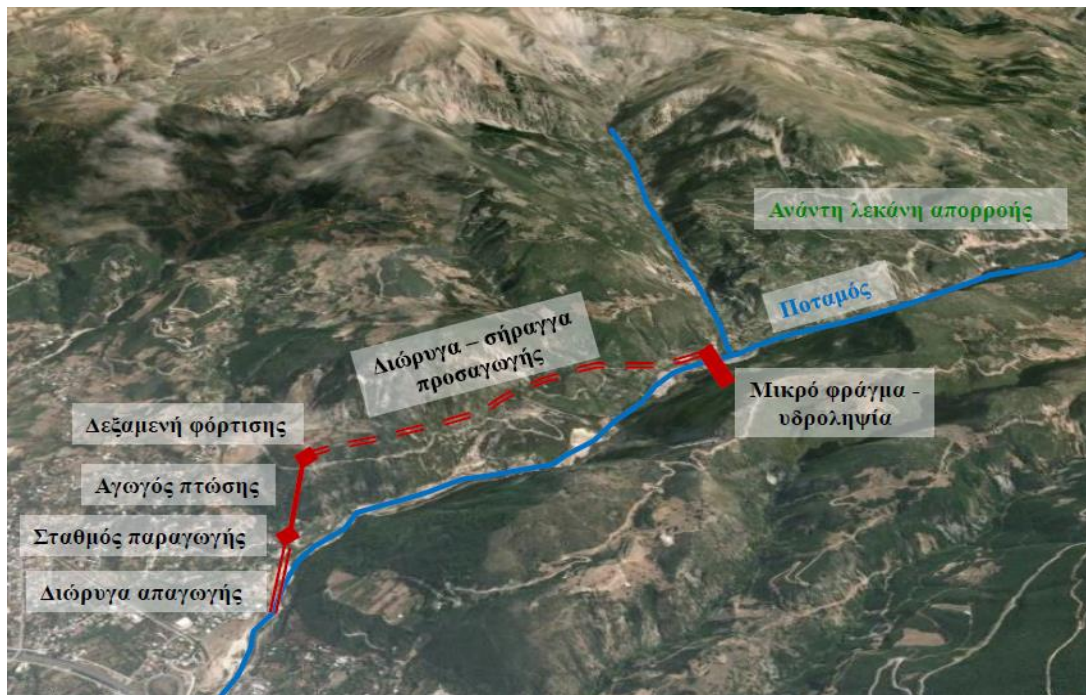
- μικρού ύψους (< 20 m)
- μέσου ύψους (20 - 150 m)
- μεγάλου ύψους (> 150 m)

Οι βασικοί νόμοι που διέπουν την ανάπτυξη των ΜΥΗΕ:

- ν. 1739/1987 περί διαχείρισης των υδατικών πόρων
- ν. 3199/2003 περί διαχείρισης των υδατικών πόρων
- ν. 3468/2006 περί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ
- ν. 3614/2007 Αναπτυξιακός-Ειδικό χωροταξικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ



Εικόνα 4.1: Συνιστώσες ενός τυπικού ΜΥΗΕ.



Εικόνα 4.2: Γλαύκος.

Το υδροηλεκτρικό έργο του Γλαύκου κατασκευάστηκε την περίοδο 1922-1926 από τη δημοτική επιχείρηση Γλαύκος και είναι το πρώτο στην Ελλάδα. Το έργο προοριζόταν για την ύδρευση και ενεργειακή κάλυψη της πόλης των Πατρών από τα νερά του ομώνυμου χειμάρρου. Ο Γλαύκος παρουσιάζει μεγάλη στερεοαπορροή ειδικά κατά τους χειμερινούς μήνες, λόγω σαθρού εδάφους και των μεγάλων κλίσεων.

Την μελέτη του έργου ανέλαβε πολυτεχνείο της Γενεύης την κατασκευή όμως ολοκλήρωσαν τοπικοί εργολάβοι. Το έργο κόστισε 145.000 λίρες. Το πρώτο φράγμα που κατασκευάστηκε είχε ένα θυρόφραγμα και τελείως διαφορετική μορφή από την σημερινή. Το 1928 καταστράφηκε, από ογκόλιθους που κατέβηκαν μαζί με το νερό από τους ορεινούς όγκους. Η καταστροφή αυτή επηρέασε τον σχεδιασμό του δεύτερου έργου στην ίδια θέση το οποίο λειτουργεί έως σήμερα.

Το 1968 η ΔΕΗ αγόρασε από το δήμο Πατρών το ΥΗΕ και το ενέταξε στο δίκτυο των υδροηλεκτρικών σταθμών. Ο Γλαύκος παράγει πλέον πολύ μικρή ενέργεια (περίπου 10 GWh ετησίως) σε σχέση με τις ανάγκες της Πάτρας, αλλά καλύπτει ένα σημαντικό μέρος των αναγκών της πόλης σε ύδρευση.

Το ΥΗΕ του Γλαύκου δεν αποταμιεύει νερό παρά μόνο εκτρέπει την κανονική παροχή του χειμάρρου. Οι στρόβιλοι δεν λειτουργούν στις μικρές αλλά και στις μεγάλες παροχές από το κίνδυνο έμφραξης τους με φερτά. Το επιπλέον νερό παροχετεύεται στα κατάντη με το άνοιγμα των θυροφραγμάτων καθώς η ικανότητα ανάσχεσης πλημμύρας του έργου είναι μηδαμινή.

Στη σημερινή του μορφή, το ΥΗΕ του Γλαύκου αποτελείται από 2 θυροφράγματα, διαστάσεων 4x4 και 9x4 m, μία διώρυγα που οδηγεί το νερό στην υδροληψία και έναν αγωγό μήκους 1700 m που οδηγεί το νερό στο εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας.

Στο σταθμό εγκαταστάθηκαν αρχικά 3 μονάδες Francis των 750 kW. Το 1936 τοποθετήθηκε μια ακόμα μονάδα τύπου Pelton ισχύος 1.5 MW. Όμως λόγω του μικρού μεγέθους των μονάδων Francis, της παλαιάς τεχνολογίας τους και των φθορών που υπέστησαν, η απόδοσή τους έπεσε σταδιακά κατά 60% και τελικά αποξηλώθηκαν. Από το 1996 η εγκατεστημένη ισχύς είναι 3.8 MW (1 στρόβιλος Francis 2.2 MW, και 1 στρόβιλος Pelton 1.6 MW).

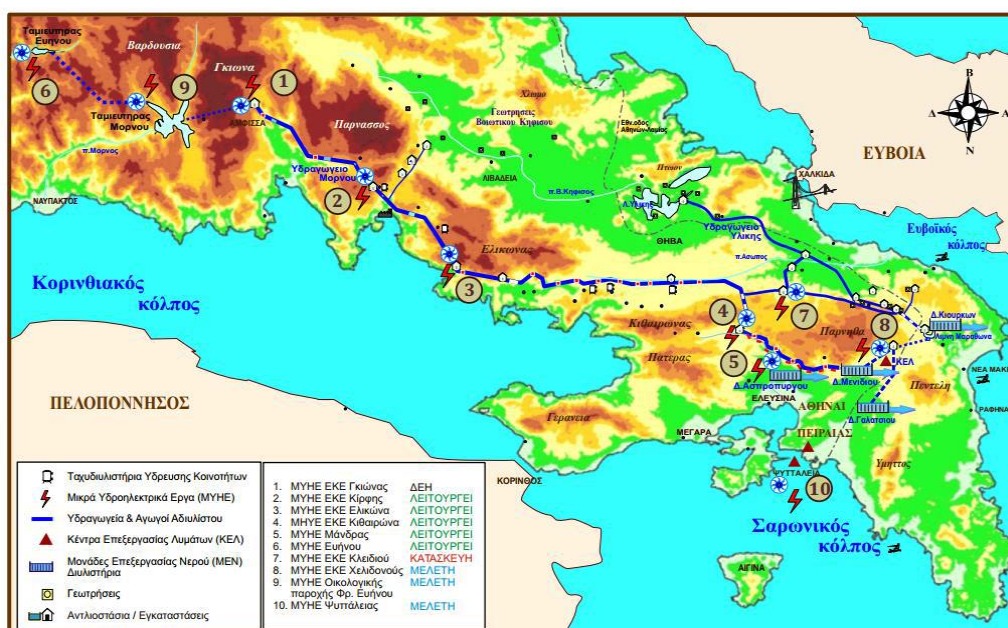
ΜΥΗΕ ως προσθήκη

Έχει κατασκευαστεί στον πόδα του αναρρυθμιστικού φράγματος Αγίας Βαρβάρας της ΔΕΗ και αξιοποιεί την οικολογική παροχή του ποταμού Αλιάκμονα. Περιλαμβάνει μία μονάδα Kaplan S-type οριζοντίου άξονα. Είναι σε λειτουργία από το Μάρτιο του 2008 και έχει μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 4 GWh.



Εικόνα 4.5: Αγία Βαρβάρα.

Η ΕΥΔΑΠ έχει αξιοποιήσει τα εξωτερικά υδραγωγεία, κατασκευάζοντας Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα κατά μήκος τους. Συγκεκριμένα, το νερό των υδραγωγείων εκτρέπεται σε παράπλευρο κανάλι, όπου με τη λειτουργία υδροστροβίλου και γεννήτριας παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Στη συνέχεια, το νερό διοχετεύεται ξανά στο κεντρικό υδραγωγείο, συνεχίζοντας τη ροή του.

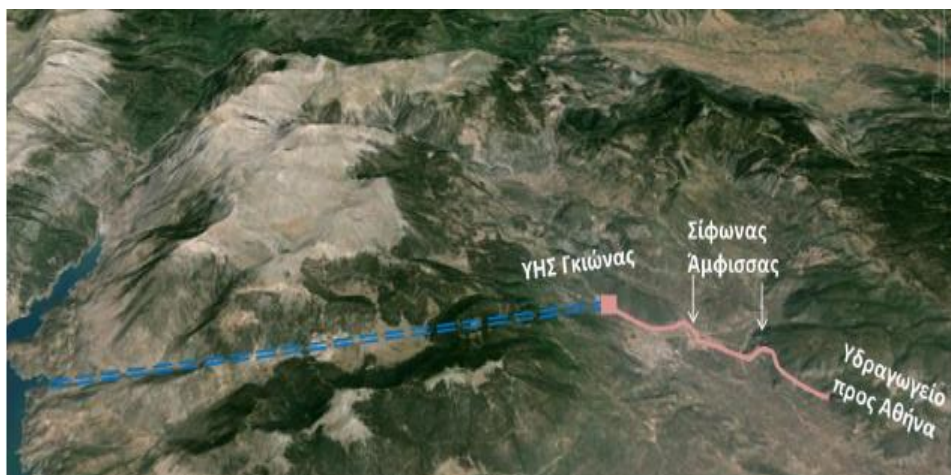


Εικόνα 4.6: Φράγμα Ευήνου (820 kW), Κίρφη (760 kW), Ελικώνα (650 kW), Κιθαίρινα (1.200 kW), Μάνδρα (630 kW), Κλειδί (590 kW).

Σε πολλές περιπτώσεις μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την υδραυλική ενέργεια που προέρχεται από άλλες χρήσεις. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το υδραγωγείο που μεταφέρει το νερό από τον ταμιευτήρα Μόρνου για την ύδρευση της Αθήνας. Σε συγκεκριμένα σημεία υπάρχουν μικρά υδροηλεκτρικά έργα με σημαντικότερο τον ΥΗΣ Γκιώνας.

Ο ΥΗΣ Γκιώνας (ανήκει στη ΔΕΗ) βρίσκεται κοντά στην πόλη της Άμφισσας και αξιοποιεί μέρος της διερχόμενης παροχής νερού ύδρευσης της ΕΥΔΑΠ.

Η παροχή λειτουργίας του κυμαίνεται από 7.8 ως 14.5 m³/s, και το ύψος πτώσης του από 30.0 ως 66.1 m. Το έργο έχει ονομαστική ισχύ 8.67 MW, είναι σε λειτουργία από το 1987 και έχει μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 34 GWh.



Εικόνα 4.7: ΜΥΗΕ στο υδραγωγείο Μόρνου (ΥΗΣ Γκιώνας).

ΜΥΗΕ στην Ελλάδα

Τα 12 μεγαλύτερα το Σεπτέμβριο του 2017. Συνολικά 110 έργα με εγκατεστημένη ισχύ MW.

Όνομασία Φορέα	Ισχύς (MW)	Θέση εγκατάστασης	Περιφερειακή Ενότητα
ΔΕΗ Ανανεώσιμες	10,8	Αρδευτική Διώρυγα Α0 Αλιάκμονα - Δήμου Αποστόλου Παύλου	Ημαθίας
ΔΕΗ Ανανεώσιμες	10,4	Λεοντάριο (έξοδος φράγματος Σμοκόβου)	Καρδίτσας
ΔΕΗ Ανανεώσιμες	10,3	Ποταμός Λούρος - Φράγμα -	Πρέβεζας - Άρτας
ΤΕΡΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ	8,5	Δαφνοζωνάρα-Σανίδι του ποτ. Αχελώου	Αιτωλ/νίας - Ευρυτανίας
ΔΕΗ Ανανεώσιμες	8,5	Έξοδος σήραγγας Μόρνου - Δήμου Άμφισσας	Φωκίδας
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ	7,4	Ρέμα Βαλτσιστινό, θέση Μύλος Παλιουρή	Ιωαννίνων
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ	7,4	Ρέμα Βαλτσιστινό Δημ. Διαμέρ. Κληματιάς	Ιωαννίνων
ΔΕΗ - ΤΕΡΝΑ	6,6	Ελεούσα (φράγμα Αξιού) Δ. Χαλκηδόνας	Θεσ/νίκης
ΥΑΡΗΛ Α.Ε.	6,6	Γέφυρα Φλόκα ποταμού Αλφειού Δ. Φολοή	Ηλείας
ΑΡΓΥΡΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ	6,35	Αργύρι ποταμού Πλατανιά Δ. Αχελώου	Καρδίτσας
ΔΕΗ Ανανεώσιμες	6,2	Αχελώος - Περιοχή Στράτου	Αιτωλ/νίας
ΥΗΣ ΓΛΑΥΚΟΥ Α.Ε.	5,5	Ποταμός Γλαύκος	Αχαΐας

Εικόνα 4.8: ΜΥΗΕ στην Ελλάδα.

Σχεδιασμός ΜΥΗΕ

Οικολογική παροχή

Οι βασικές μεθοδολογίες εκτίμησης της Οικολογικής Παροχής λαμβάνουν υπόψη:

- τις ιστορικές παροχές του ποταμού
- τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των διατομών
- την διατήρηση του ποταμού ως ενδιαίτημα για συγκεκριμένα είδη, υγροβιότοπο και φυσικό τοπίο

Έτσι η οικολογική παροχή μπορεί να εκτιμηθεί με βάση

- τα στατιστικά χαρακτηριστικά της χρονοσειράς παροχών (ως ποσοστό της ετήσιας ή θερινής απορροής ή με βάση την καμπύλη διάρκειας)
- την υγρή περίμετρο σε συγκεκριμένες διατομές
- τους όγκους νερού που απαιτούνται για τη διατήρηση συγκεκριμένων ειδών και υγροβιοτόπων

Περιορισμοί

Συνήθως οι στρόβιλοι εκμεταλλεύονται παροχές κατ' ελάχιστο μέχρι 10% έως 40% της παροχής που αντιστοιχεί στην ονομαστική παροχή σχεδιασμού τους, ανάλογα με τον τύπο τους (Pelton - Francis αντίστοιχα).

Οι όγκοι V1 και V2 δεν αξιοποιούνται ενεργειακά. Ο όγκος V1 εξαρτάται από το ελάχιστο της λειτουργίας του μικρότερου στρόβιλου και ο V2 από το μέγιστο της λειτουργίας του μεγαλύτερου στρόβιλου.

Επιδιώκεται ελαχιστοποίηση των όγκων V1 και V2 επιλέγοντας στρόβιλους διαφορετικού μεγέθους. Απαιτείται η εκμετάλλευση, για την παραγωγή ενέργειας, τουλάχιστον του 75% του καθαρού διαθέσιμου υδάτινου δυναμικού της θέσης.

Ο σταθμός παραγωγής απαιτείται να έχει συντελεστή φορτίου-χρησιμοποίησης (load factor) η όχι μικρότερο του 30%, δηλαδή να λειτουργεί τουλάχιστον περί τις 2600 ώρες το χρόνο.

Αδειοδότηση ΜΥΗΕ

➔ Μικροί Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί (μΥΗΣ)

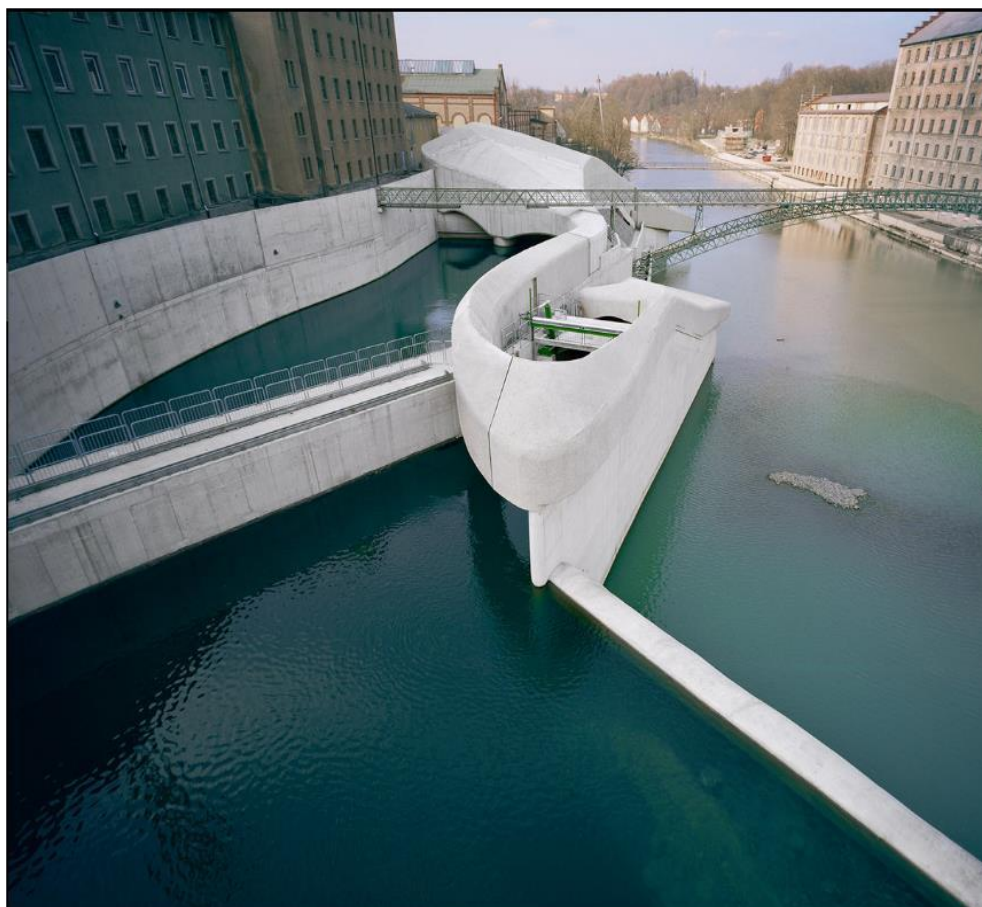
$P_{installed} \leq 50 \text{ kW}$	$50 \text{ kW} < P_{installed} \leq 15 \text{ MW}$
Δεν απαιτείται Άδεια Παραγωγής, ούτε άλλη σχετική διαπιστωτική απόφαση (Ν.3468/2006, αρθ.4, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.2, §12).	Απαιτείται Άδεια Παραγωγής. Η αίτηση προς την ΡΑΕ πρέπει να συνοδεύεται από τεκμηριωμένη υδρολογική μελέτη.
Πρέπει να υποβληθεί αίτηση για την διατύπωση Προσφοράς Σύνδεσης προς τον αρμόδιο Διαχειριστή, ο οποίος και θεωρεί τα τοπογραφικά διαγράμματα αποτύπωσης του τρόπου σύνδεσης. Χορηγείται Προσφορά Σύνδεσης καταρχήν μη δεσμευτική. Αυτή οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική μετά το τέλος της περιβαλλοντικής αδειοδότησης (έκδοση απόφασης ΕΠΟ).	
Για όλες τις κατηγορίες μΥΗΣ απαιτείται Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ). Η απόφαση έγκρισης εκδίδεται κατόπιν αιτήσεως που συνοδεύεται από Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) ή Περιβαλλοντικής Έκθεσης (εφόσον το έργο ενταχθεί στην κατηγορία Β4 κατά το αρθ.10, §1 του Ν.3468). Απαιτείται Άδεια Χρήσης Νερού (ενεργειακή χρήση, ΥΑ.43504/2005, αρθ.1, §1).	Απαιτείται Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ). Η αίτηση πρέπει να συνοδεύεται από Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ). Απαιτείται Ενιαία Άδεια Χρήσης Νερού και Εκτέλεσης Έργων Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων (ενεργειακή χρήση, ΥΑ.43504/2005, αρθ.1, §1 και αρθ.6, §3).
Εφόσον πρόκειται να εκτελεστούν δομικά έργα, απαιτούνται Οικοδομικές Άδειες. Απαιτείται Σύμβαση Σύνδεσης. Απαιτείται Σύμβαση Αγοραπωλησίας.	
Δεν απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης ή Άδεια Εκτέλεσης Έργων Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων.	Απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης. Η ΥΑ.13310/2007, δίνει την δυνατότητα υποβολής μίας αίτησης (Παράρτημα, Μέρος 1 και Μέρος 2, §2) για την έκδοση μίας άδειας που ενσωματώνει την Ενιαία Άδεια και την Άδεια Εγκατάστασης.
Δεν απαιτείται Δοκιμαστική Λειτουργία. Δεν απαιτείται ούτε Άδεια Λειτουργίας (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.3, §2).	Απαιτείται Προσωρινή Σύνδεση για Δοκιμαστική Λειτουργία που γίνεται κατόπιν αιτήσεως προς τον αρμόδιο Διαχειριστή. Εφόσον επιτευχθεί απροβλημάτιστα λειτουργία 15 ημερών, ο Διαχειριστής εκδίδει βεβαίωση επιτυχούς περάτωσης των δοκιμών (ΥΑ.13310/2007, ΦΕΚ.Β'1153, άρθ.14). Απαιτείται Άδεια Λειτουργίας.

Εικόνα 4.9: Αδειοδότηση ΜΥΗΕ.

Τα ΜΥΗ ως έργα τέχνης



Εικόνα 4.10: Ovre Forsland, Νορβηγία



Εικόνα 4.11: Kempten, Γερμανία.

4.2 Τυπικός Η/Μ εξοπλισμός ενός ΜΥΗΕ

Ως παράδειγμα θα αναφερθούμε στον ΜΥΗΕ του Γλαύκου. Ο Υ.Η.Σ Γλαύκου, μετά την ανακαίνιση που ξεκίνησε το 1995 και τελείωσε το 1997 έχει τρεις μονάδες:

- 1) Δύο PELTON ισχύος 1.4 MW η οποία ανήκει στους υδροστρόβιλους δράσης και
- 2) Την FRANCIS ισχύος 2.29 MW που ανήκει την κατηγορίας των ελικοφόρων υδροστρόβιλων αντίδρασης.

Η εγκατεστημένη ισχύς είναι της τάξης των 3.7 MW, τη στιγμή που η Πάτρα σε ώρες αιχμής χρειάζεται 80 MW. Το εργοστάσιο παραγωγής περιλαμβάνει τον παρακάτω εξοπλισμό.

Μονάδες υδροστροβίλων (PELTON-FRANCIS)

Ο σταθμός βρίσκεται σε υψόμετρο 183μ. κτίστηκε το 1926 όπου τοποθετήθηκαν τότε τρεις μονάδες GANZ τύπου FRANCIS. Ο σταθμός παραγωγής, περιλαμβάνει δύο στροβιλογεννήτριες, μια παλαιότερη τύπου Pelton και μια καινούρια τύπου Francis. Και οι δύο μονάδες, χρησιμοποιούν ίδιου τύπου συστήματα, για την ρύθμιση τόσο της τάσης, όσο και των στροφών του στροβίλου .

Οι μονάδες είναι και οι δύο οριζοντίου άξονα, αλλά χρησιμοποιούν διαφορετικό σύστημα διέγερσης. Στην Pelton, υπάρχει μια μηχανή συνεχούς ρεύματος, η οποία είναι συνδεδεμένη πάνω στον άξονα της και μέσω ψηκτρών, τροφοδοτεί με ρεύμα το τύλιγμα του δρομέα της μηχανής. Αντίθετα, στην Francis, η διέγερση παρέχεται μέσω μιας μηχανής εναλλασσόμενου ρεύματος και ενός συστήματος στρεφόμενων διόδων, οι οποίες βρίσκονται πάνω στον άξονα της γεννήτριας. Οι δίοδοι αυτοί, σχηματίζουν μια ανορθωτική γέφυρα, η οποία χρησιμοποιείται για την παροχή του απαραίτητου ρεύματος διέγερσης.



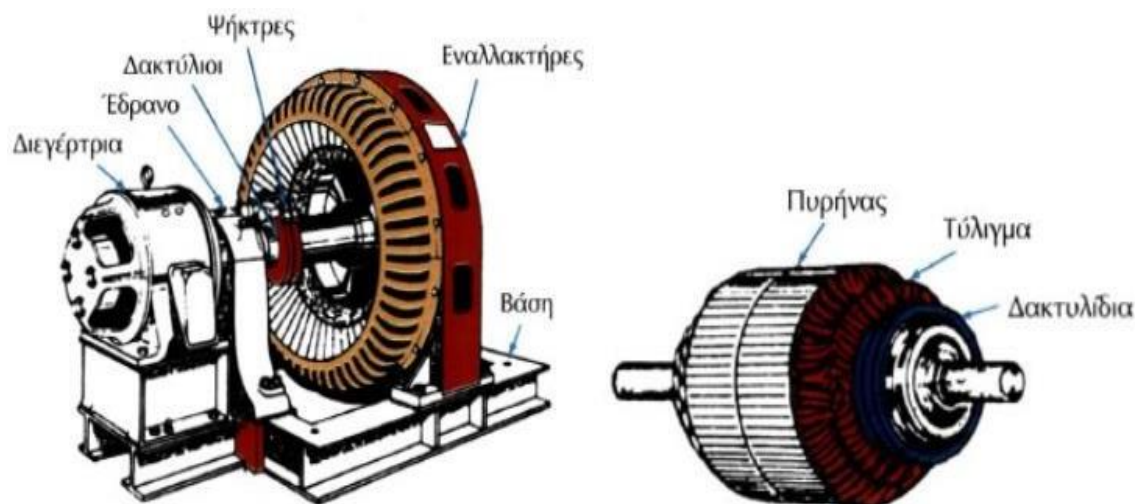
Εικόνα 4.12: Εσωτερική άποψη σταθμού. Στα δεξιά της φωτογραφίας ο πίνακας ελέγχου και στο βάθος ο στρόβιλος Pelton.

Γεννήτριες

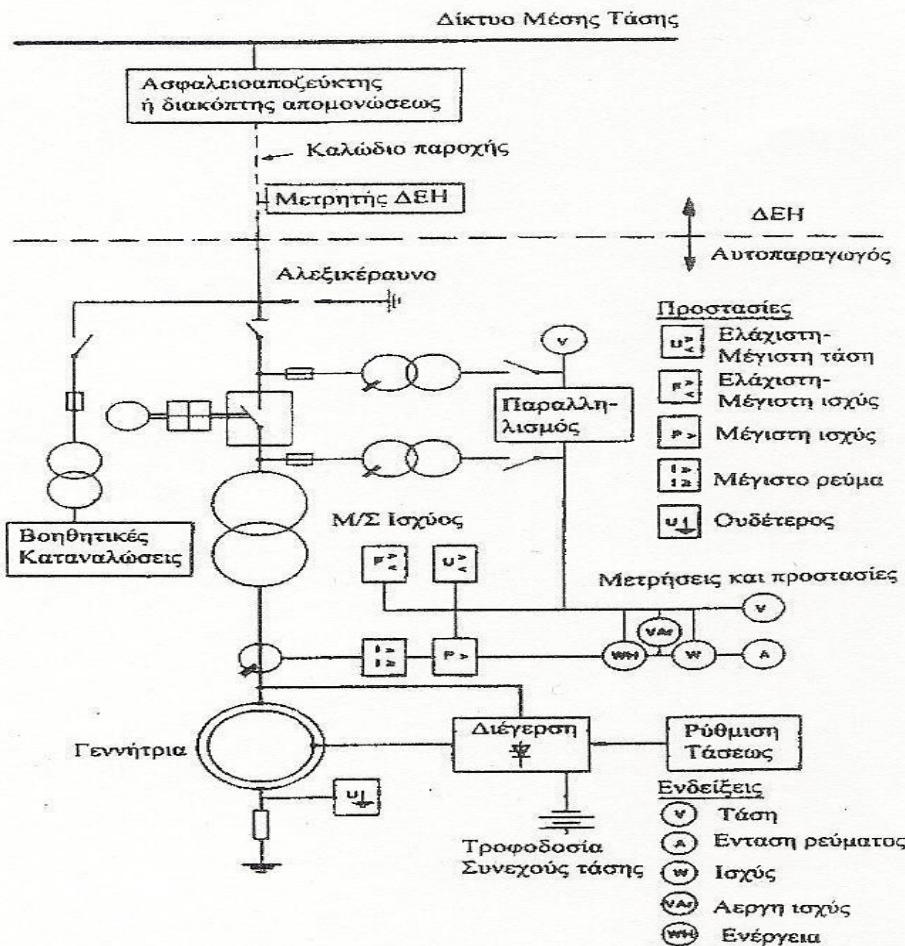
Οι γεννήτριες μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του υφιστάμενου δικτύου, ο παραγωγός έχει δύο επιλογές:

➤ Σύγχρονες γεννήτριες

Οι σύγχρονες γεννήτριες (εναλλακτήρες) μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα από το δίκτυο και να παράγουν ισχύ δεδομένου ότι η ισχύς διέγερσης δεν εξαρτάται από το δίκτυο. Για την λειτουργία των σύγχρονων γεννητριών είναι απαραίτητη προϋπόθεση η τροφοδοσία του δρομέα με συνεχές ρεύμα. Καθώς περιστρέφεται ο δρομέας του υδροστροβίλου περιστρέφεται μαζί του και το παραγόμενο μαγνητικό πεδίο, επάγοντας τριφασική τάση στο τύλιγμα του στάτη. Ο δρομέας μπορεί να είναι είτε κυλινδρικός είτε εκτύπων πόλων και είναι κατασκευασμένος από δυναμοελάσματα. Οι κυλινδρικοί δρομείς φέρουν αυλακώματα όπου τοποθετούνται τα τυλίγματα και χρησιμοποιούνται κυρίως σε γεννήτριες μέχρι τεσσάρων πόλων. Αντίθετα σε γεννήτριες με περισσότερους πόλους επιλέγονται δρομείς εκτύπων πόλων.



Εικόνα 4.13: Σύγχρονη γεννήτρια με κυλινδρικό δρομέα.



Εικόνα 4.14: Μονογραμμικό διάγραμμα ΥΗΣ με το διασυνδεδεμένο δίκτυο σύγχρονη γεννήτρια.

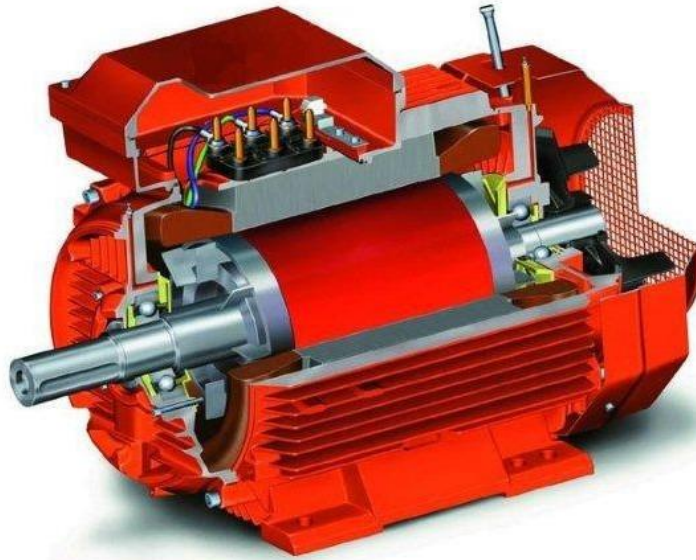
➤ Ασύγχρονες γεννήτριες

Ένα ιδιαίτερη χαρακτηριστικό των ασύγχρονων γεννητριών είναι ότι δεν μπορούν να παράγουν άεργη ισχύ. Αντίθετα καταναλώνουν άεργο ισχύ, για αυτό για την λειτουργία τους απαιτείται μια εξωτερική πηγή άεργης ισχύος μόνιμα συνδεδεμένης. Αυτή η εξωτερική πηγή είναι εκείνη που θα ρυθμίσει και την τάση στην έξοδο της γεννήτριας καθώς λόγω έλλειψης ρεύματος διέγερσης αυτό είναι αδύνατο να το καταφέρει από μόνη της η γεννήτρια.

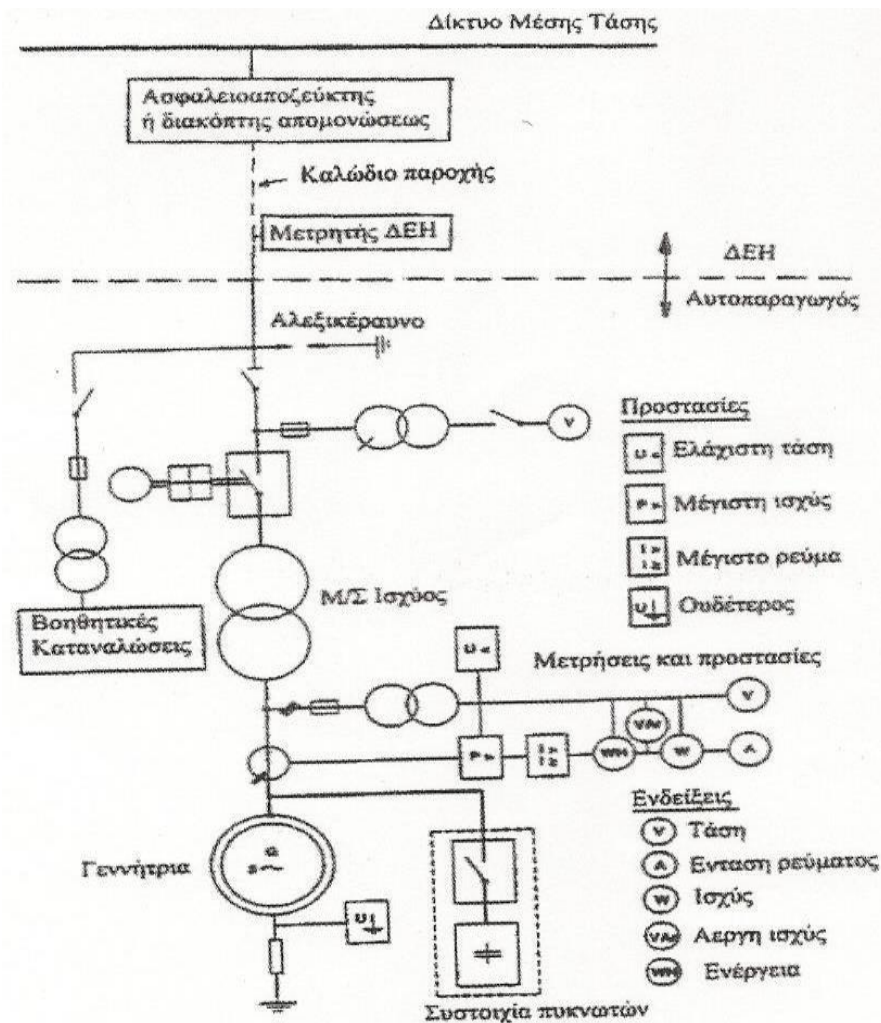
Συνεπώς οι εξωτερικοί πυκνωτές είναι αυτοί που θα παράγουν το ρεύμα μαγνήτισης που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη γεννήτρια. Επίσης, ένα ιδιαίτερο πρόβλημα που παρατηρείται είναι ότι η τάση στα άκρα της έχει άμεση και μεγάλη εξάρτηση από το φορτίο και όταν αυτό έχει ισχυρό επαγωγικό χαρακτήρα μπορεί να έχουμε μεγάλη πτώση στην τάση της γεννήτριας. Αυτός είναι και ο λόγος δυσκολίας εκκίνησης επαγωγικού κινητήρα από ασύγχρονη γεννήτρια.

Γενικά η ασύγχρονη γεννήτρια επιδεινώνει τον συντελεστή ισχύος του δικτύου και προκαλεί μεγάλες πτώσεις τάσης. Παρόλα τα μειονεκτήματα της η ασύγχρονη γεννήτρια παρουσιάζει ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα. Αυτό είναι η απλότητα της, η οποία έγκειται στο γεγονός ότι δεν απαιτείται ξεχωριστό κύκλωμα διέγερσης και ότι δεν χρειάζεται να κινείται συνεχώς με την ίδια ταχύτητα.

Έτσι όσο μεγαλύτερη ροπή εφαρμόζεται στον άξονα (δρομέα) τόσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς στην έξοδο. Οι σύγχρονες γεννήτριες ΕΡ είναι ακριβότερες από τις ασύγχρονες και χρησιμοποιούνται σε συστήματα ισχύος όπου η παραγωγή της γεννήτριας αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό ποσοστό του φορτίου του συστήματος ισχύος. Οι ασύγχρονες γεννήτριες χρησιμοποιούνται σε μεγάλα δίκτυα όπου η παραγωγή τους είναι ένα αμελητέο ποσοστό του φορτίου του συστήματος ισχύος.



Εικόνα 4.15: Ασύγχρονη γεννήτρια.



Εικόνα 4.16: Μονογραμμικό διάγραμμα ΥΗΣ με το διασυνδεδεμένο δίκτυο ασύγχρονη γεννήτρια.

Επιλογή τύπου γεννήτριας

Ένα από τα σημαντικότερα και πιο δαπανηρά τμήματα της κατασκευής ενός υδροηλεκτρικού σταθμού παραγωγής ρεύματος είναι η επιλογή της γεννήτριας που θα τοποθετηθεί στην εγκατάσταση. Για την σωστή επιλογή θα πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν τα παρακάτω. Το βασικό χαρακτηριστικό ενός επαγωγικού κινητήρα είναι ότι λειτουργεί ως γεννήτρια μόνο όταν είναι συνδεδεμένος με ένα εξωτερικό σύστημα ηλεκτρικής ισχύος. Σε αντίθεση με την σύγχρονη γεννήτρια η οποία λειτουργεί με ή χωρίς σύνδεση σε εξωτερικό κύκλωμα.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι όταν η εγκατάσταση υδροηλεκτρικής μονάδας χρειάζεται ανεξαρτησία από το εξωτερικό ηλεκτρικό δίκτυο ή όταν υπάρχει η έλλειψη του τελευταίου τότε επιλέγεται σύγχρονη γεννήτρια. Δύο λόγοι που μπορούν ακόμα να οδηγήσουν στην επιλογή της σύγχρονης γεννήτριας είναι ότι επιτυγχάνει καλύτερο βαθμό απόδοσης και το ότι έχει μεγαλύτερη εκκίνησης, σε σχέση πάντα με τον κινητήρα επαγωγής.

Οι λόγοι τώρα που μπορεί να οδηγήσουν στην επιλογή ενός κινητήρα επαγωγής (εφόσον υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης με εξωτερικό δίκτυο ηλεκτρικής ισχύος) είναι οι χαμηλές τιμές στις οποίες κυμαίνεται η ταχύτητα λειτουργίας τους, το ότι είναι ευρέως διαθέσιμοι στην αγορά και το ότι έχουν σαφώς χαμηλότερο κόστος από τις σύγχρονες γεννήτριες. Επίσης σημαντικό τους πλεονέκτημα είναι η απλή και στιβαρή τους κατασκευή, που τους καθιστά ιδιαίτερα ανθεκτικούς ακόμα και σε λειτουργίες πολύ ύψιλον ταχυτήτων.

Τέλος, όσον αφορά τις γεννήτριες συνεχούς ρεύματος (DC), αξίζει να αναφερθεί ότι είναι ακατάλληλες για την ηλεκτροδότηση περιοχών, αφού η ισχύς του συνεχούς ρεύματος (σε αντίθεση με αυτήν του εναλλασσόμενου) δε μπορεί να μεταβιβαστεί εύκολα σε αρκετά μεγάλες αποστάσεις. Χρησιμοποιούνται πιο σπάνια σε μικρές υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις και αυτό όταν γίνεται, γίνεται κυρίως λόγω του πολύ χαμηλού τους κόστους για παραγωγή πολύ μικρών τιμών ισχύος.



Εικόνα 4.17: Γεννήτρια Pelton.



Εικόνα 4.18: Γεννήτρια Francis.

Κεντρική μονάδα ελέγχου

Ο έλεγχος της λειτουργίας των μονάδων είναι πλήρως αυτοματοποιημένος και γίνεται μέσω ενός ηλεκτρονικού ρυθμιστή που βρίσκεται στην αίθουσα ελέγχου. Οι εντολές ξεκινήματος – σταματήματος, ρύθμισης ενεργού και άεργου ισχύος της μονάδας επιλέγονται από τον χειριστή του ΥΗΣ Γλαύκου.

Η κεντρική μονάδα ελέγχου ρυθμίζει την ισχύ της μονάδας, την προστασία της γεννήτριας και την τροφοδότηση των βοηθητικών της μονάδας. Η μονάδα αποτελείται από όργανα, λυχνίες, διακόπτες και κομβία πίεσης για την εποπτεία και τον έλεγχο της λειτουργίας της μονάδας (ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε.). Συγκεκριμένα τα όργανα που αποτελούν τον πίνακα ελέγχου του υδροηλεκτρικού σταθμού Γλαύκου είναι τα εξής:

- Βολτόμετρο με επιλογικό διακόπτη
- Αμπερόμετρα
- Ενδεικτικό όργανο συχνότητας
- Ενδεικτικό όργανο ταχύτητας περιστροφής
- Ενδεικτικό όργανο ενεργού ισχύος
- Ενδεικτικό όργανο άεργου ισχύος
- Ενδεικτικό όργανο συντελεστή ισχύος
- Ενδεικτικό όργανο ωρών λειτουργίας
- Ενδεικτικά όργανα ποσοστού ανοίγματος ρυθμιστικών πτερυγίων
- Ενδεικτικό όργανο ανάντη στάθμης φράγματος

Η μονάδα ελέγχου είναι η καρδιά του σταθμού και γι αυτό το λόγο θα πρέπει να προστατεύεται. Για την προστασία της μονάδας οι υπεύθυνοι λειτουργίας της μονάδας έχουν εγκαταστήσει τους παρακάτω ηλεκτρονόμους-αυτοματισμούς (H/N) προστασίας:

- H/N υπό τάσης
- H/N υπερέντασης και βραχυκυκλώματος
- H/N αντιστρόφου ροής ισχύος
- H/N ελέγχου διέγερσης γεννήτριας
- H/N ύπαρξης τάσης δικτύου
- H/N υπερθέρμανσης τυλιγμάτων στάτη και εδράνων
- H/N διαρροής στάτη προς γη
- H/N Bochohl M/Σ ανύψωσης
- H/N ουδετέρου M/Σ ανύψωσης προς γη

Ηλεκτρονικό σταθμήμετρο

Για την λειτουργία του ΜΥΗΣ έχει εγκατασταθεί, στον εξαμωτή της υδροληψίας, ηλεκτρονικό σταθμήμετρο λήψης πίεσης που συνδέεται με τον ρυθμιστή στροφών στον σταθμό παραγωγής. Το αισθητήριο του σταθμημέτρου έχει τοποθετηθεί μέσα σε σωλήνα από ανοξείδωτο χάλυβα, και φέρει αλεξικέραυνα για την προστασία του από υπερτάσεις. Τα κύρια χαρακτηριστικά των σταθμημέτρων είναι τα ακόλουθα:

- Τύπος σταθμημέτρου
- Ακρίβεια μέτρησης
- Βαθμός προστασίας
- Έξοδος

Υποσταθμός υψώσεως τάσεως – γραμμές μεταφοράς

Κοντά στο εργοστάσιο βρίσκεται ο υποσταθμός όπου υπάρχουν οι μετασχηματιστές ισχύος, διακόπτες, το κτίριο ελέγχου και άλλος βοηθητικός εξοπλισμός. Επίσης στον υποσταθμό είναι εγκατεστημένοι οι διακόπτες των γραμμών που μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια και αποτελούν τμήμα του εθνικού συστήματος μεταφοράς υψηλής τάσεως 150 KV και 380 KV. Τα βασικά χαρακτηριστικά του είναι τα παρακάτω:

- Ισχύς
- Τύπος Αερισμού
- Όργανα προστασίας
- Τάση πρωτεύοντος
- Τάση δευτερεύοντος
- Επίπεδο μόνωσης τυλιγμάτων ΜΤ
- Αλλαγή τάσης
- Συχνότητα
- Ονομαστική τάση βραχυκύκλωσης

- Σύνδεση



Εικόνα 4.19: Κολώνα μέσης τάσης (αριστερά) και πυλώνες υψηλής τάσης.

Μετασχηματιστές ανύψωσης τάσης και βοηθητικής υπηρεσίας σταθμού

Είναι υπαίθριοι, σε περιφραγμένο χώρο. Ο μετασχηματιστής ανύψωσης τάσης συνδέει τις μονάδες στο δίκτυο των 20 kV. Για λόγους προστασίας περιβάλλεται από τοίχους οπλισμένου σκυροδέματος. Υπάρχει και στεγανή δεξαμενή από οπλισμένο σκυροδέμα για την συλλογή λαδιού προερχόμενου από διαρροές. Οι μετασχηματιστές συνδέονται με τον εξοπλισμό του σταθμού με καλώδια.



Εικόνα 4.20: Μετασχηματιστής μονάδας.

Διάφορες κτιριακές εγκαταστάσεις

Υπάρχουν διάφορες κτιριακές εγκαταστάσεις για την εξυπηρέτηση των λειτουργικών αναγκών του Σταθμού:

- Κτίριο γραφείων
- Αποθήκη
- Μουσείο
- Οικίσκος παλαιού μηχανουργείου
- Οικίσκος παλαιού φυλακίου.

Αγωγός φυγής

Το νερό μετά τους στροβίλους οδηγείται σε διώρυγα και εξυπηρετεί την ύδρευση της πόλης των Πατρών και αρδευτικές ανάγκες της περιοχής η οποία ρέει δια μέσω των αγωγών φυγής. [ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε] Η διώρυγα φυγής βοηθά στην αποφυγή της διάβρωσης του πυθμένα του σημείου εξόδου του νερού. Το νερό που εξέρχεται από τις μονάδες όπου κατά τους χειμερινούς μήνες το εκμεταλλεύεται ο Δήμος 100% για πόσιμο νερό (μετά από επεξεργασία), ενώ το καλοκαίρι το 70% διατίθεται για πότισμα μέσω του ΤΟΕΒ στις περιοχές Περιβόλα, Γλαύκου και Εγλυκάδας.



Εικόνα 4.21: Νερό προς εκμετάλλευση.

4.3 Περιγραφή λειτουργίας ΜΥΗΕ

Ως παράδειγμα θα αναφερθούμε στον ΜΥΗΕ του Στράτου. Το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο Στράτου εδρεύει στον νομό Αιτωλοακαρνανίας. Βρίσκεται βόρεια της πόλης του Αγρίνιου και δυτικά του χωριού Στράτος από όπου πήρε και το όνομα του. Η κατασκευή του άρχισε το 1980 και ολοκληρώθηκε το 1989. Ανήκει στο συγκρότημα Αχελώου μαζί με άλλα 5 σε αριθμό εργοστάσια τα οποία είναι: Καστράκι, Κρεμαστά, Στράτος II, Γκιώνα και Γλαύκος. Έχουν συνολική εγκατεστημένη ισχύ 925.6 MW.

Η ανάγκη για την κατασκευή των μονάδων παραγωγής δεν ήταν τόσο η αυξημένη ζήτηση για ενέργεια στην περιοχή αλλά η μεγάλη ζήτηση σε ενέργεια του εργοστασίου παραγωγής αλουμινίου της Ελλάδος που εδρεύει στον νομό Βοιωτίας. Ακόμα και σήμερα σε περίπτωση γενικού black out η πρώτη εντολή των σταθμών είναι παραλληλισμός των μονάδων και ηλεκτροδότηση του αλουμινίου.



Εικόνα 4.22: Φράγμα Στράτου.

Στον υδροηλεκτρικό σταθμό είναι εγκατεστημένες 2 γεννήτριες εγκατεστημένης ισχύος 2x75MW της εταιρίας Rade concar γιουγκοσλαβικής προέλευσης και κατασκευής, είναι συνδεδεμένες σε υδροστρόβιλο τύπου Francis του εργοστασίου Litostroit της ίδιας χώρας προέλευσης.

Λόγο του μικρού ύψους πτώσης ο σταθμός χρειάζεται 12 κυβικά μέτρα νερό για την παραγωγή μιας κιλοβατώρας, σε πλήρη ισχύ απαιτούνται 250 τόνοι νερό. Έτσι λόγω της μεγάλης πίεσης που ασκείται στα κινητά πτερύγια της μονάδος ο κατασκευαστής έχει επιλέξει πολλαπλά συστήματα ασφαλείας για την αποφυγή το τυχαίο άνοιγμα των πτερυγίων κ η περιστροφή της μονάδος.



Εικόνα 4.23: Υπόγειος σταθμός παραγωγής.

Εκκίνηση της μονάδος

Έχει τοποθετηθεί μια βαλβίδα απομόνωσης μεταξύ του ρυθμιστή στροφών και του αεροκώδωνα. Ο αεροκώδωνας με την πίεση των 40 bar που ασκεί στο λάδι του ρυθμιστή στροφών χρησιμοποιείται για το άνοιγμα και το κλείσιμο των πτερυγίων καθώς την παροχέτευση λαδιού στα έμβολα που ανοίγουν και κλείνουν τα πτερύγια. Υπεύθυνη είναι η βαλβίδα η οποία οδηγεί από ένα σύστημα έλεγχου ώστε η μονάδα μας να έχει τέτοιο άνοιγμα πτερυγίων διατηρώντας τις στροφές στο 100% άσχετα από το παραγόμενο έργο.

Κατά την εκκίνηση της μονάδας η βαλβίδα λειτουργίας παίρνει σήμα από έναν ελεγκτή συχνότητας και μας επιτρέπει ένα εύρος ανοίγματος πτερυγίων τέτοιο ώστε ανεξάρτητα από την στάθμη λίμνης η μονάδα να φτάσει στο 100% των στροφών, ενώ ο διακόπτης της μονάδας είναι ανοικτός και πριν ακόμα εφαρμοστεί η διέγερση στην μονάδα, τον έλεγχο των στροφών το διατηρεί ένα σύστημα που διεθνώς λέγεται SNL (speed no load).

Ο ρυθμιστής στροφών παράλληλα φροντίζει με ένα άλλο σύστημα έλεγχου το οποίο αποτελείται συνήθως από αντλίες λαδιού σε συνδυασμό με αέρα την σταθερή πίεση του λαδιού στην κεντρική αντλία έλεγχου. Ο ρυθμιστής εκτός από το μηχανικό του μέρος χρησιμοποιεί και ένα ηλεκτρονικό τμήμα το οποίο ενεργοποιείται κατά την διάρκεια λειτουργίας του σταθμού εάν ο χειρίστης έχει επιλέξει την αυτόματη λειτουργία παράλληλα όμως λειτουργούν στον ρυθμιστή στροφών ένα σύνολο αυτομάτων ελέγχων ανεξάρτητα από αυτά της επιλογής του χειρίστη. Τα συστήματα αυτά ενεργοποιούνται αυτόματα όταν για οποιοδήποτε λόγο οι στροφές της γεννήτριας αυξηθούν ή μειωθούν.

Γενικά ο ρυθμιστής στροφών φροντίζει με σημείο αναφοράς τα 50Hz την διατήρηση των στροφών της μονάδας (107,14 στροφές/λεπτό για τα 28 ζεύγη πόλων) και το γρήγορο κλείσιμο των πτερυγίων σε επείγουσες περιπτώσεις. Αφού λοιπόν έχει εξασφαλιστεί ο ονομαστικός αριθμός των στροφών κλείνοντας τον διακόπτη διεγέρσεως εφαρμόζουμε μια συνεχή τάση στο ρότορα της γεννήτριας μέσω 2 δακτυλιδιών δημιουργώντας έτσι το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. Αμέσως η γεννήτρια εμφανίζει τάση στην έξοδο της, η τάση αυτή είναι 15.000Volt.

Η τάση αυτή θεωρείται και τάση αναφοράς προς τον ρυθμιστή τάσης. Όπως ο ρυθμιστής στροφών έτσι και ο ρυθμιστής τάσης έχει 2 συστήματα το χειροκίνητο και το αυτόματο, το

αυτόματο σύστημα αυξάνει η μειώνει το ρεύμα διεγέρσεως ώστε η φόρτιση της γεννήτριας σε άεργο ισχύ να βρίσκεται μέσα στα όρια που έχουν προεπιλέγει, οι δυνατότητες του ρυθμιστή τάσης είναι η ικανότητα του εκτός από τα άεργα είναι να διατηρεί την επιλεγμένη τάση στη έξοδο της γεννήτριας.

Σε περίπτωση επείγουσας ανάγκης και ενεργοποίησης ηλεκτρονόμου 86G (πτώση της μονάδας) ο αυτόματος ρυθμιστής τάσης θα ανοίξει το διακόπτη ισχύος της μονάδος και θα μηδενίσει την τάση στην διέγερση προστατεύοντας έτσι την γεννήτρια από υπέρταση.

Παράλληλα με το αυτόματο σύστημα υπάρχει και η χειροκίνητη ρύθμιση της τάσης κατά την οποία ο χειρίστης επεμβαίνει στην τάση διέγερσης ώστε να διατηρηθεί η επιθυμητή τάση στην έξοδο της γεννήτριας.

Στο υδροηλεκτρικό σταθμό Στράτου χρησιμοποιείται στατής διέγερσης στην έξοδο της μονάδος και πριν το διακόπτη μονάδος είναι συνδεδεμένος ένας τριφασικός μετασχηματιστής (διεγέρσεως) ο οποίος τροφοδοτεί μια συστοιχία μπαταριών τριφασικής ανόρθωσης έτσι λοιπόν παράγουμε το ρεύμα διέγερσης.

Για την αρχική εκκίνηση της διέγερσης χρησιμοποιείται μια συστοιχία μπαταριών που εφαρμόζεται απευθείας στο ροτορα της μονάδας στιγμιαία που είναι 220Volt συνεχές στα 60Ampere, αυτό διεθνώς ονομάζεται “φλασινγκ” και χρησιμοποιείται μονό στις στατές διεγέρσεις, στην συνέχεια αφού η μονάδα σηκώνει τάση απενεργοποιείται το φλασινγκ και ο έλεγχος της τάσης διεγέρσεως γίνεται μέσω της πύλης των θυρίστορ. Αυτό το σύστημα μας δίνει την δυνατότητα για Black start της μονάδος.

Για να ξεκινήσει η μονάδα πρέπει να πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις, βασική προϋπόθεση η πλήρωση του αγωγού πτώσης με νερό, για να γεμίσει ο αγωγός πτώσης πρέπει να είναι ανοικτή η πόρτα υδροληψίας, ο χειρίστης στροβίλων αφού βεβαιώσει την υπάρξει πίεσης στον αγωγό πτώσης επιλέγει μέσω κατάλληλου χειριστηρίου τον τρόπο εκκίνησης του στροβίλου(αυτόματος- χειροκίνητος).

Χειροκίνητη εκκίνηση

Ο χειρίστης στροβίλου θέτει σε λειτουργία την αντλία ελαίου του ρυθμιστή στροφών στη συνέχεια ανοίγει τη βαλβίδα απομόνωσης του ρυθμιστή στροφών με τον αεροκώδωνα έτσι υπάρχει πίεση στην κύρια βαλβίδα του ρυθμιστή στροφών. Ξεκινά μια αντλία υψηλής πίεσεως η οποία φροντίζει για την λίπανση του ωστικού εδράνου, παράλληλα δε εξασφαλίζει τη σωστή λίπανση στα οδήγα έδρανα γεννήτριας και στροβίλου. στη συνέχεια ανοίγει την βαλβίδα έλεγχου των πτερυγίων και το νερό χτυπά το στροφέιο του στροβίλου. Η μονάδα περιστρέφεται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα έχει φτάσει το 100% των στροφών το άνοιγμα πτερυγίων βρίσκεται περίπου στο 20% και έχει ενεργοποιηθεί η βαλβίδα SNL.

Η αντλία υψηλής πίεσεως (Mitsel) έχει απενεργοποιηθεί λόγω της ταχύτητας περιστροφής της μονάδος το οστικό έδρανο αυτό-λιπαίνεται (βρίσκεται όλο μέσα σε λάδι) . Στην συνέχεια ενεργοποιείτε το “φλασινγκ” ώστε η γεννήτρια να εμφανίσει τάση και μετά απενεργοποιείτε και την ρύθμιση της τάσης αναλαμβάνει ο ρυθμιστής τάσης. Η SNL εξακολουθεί να είναι ενεργοποιημένη και επιτρέποντας ελάχιστα το άνοιγμα-κλείσιμο των πτερυγίων.

Σε αυτή την κατάσταση η μονάδα έχει τις προϋποθέσεις συγχρονισμού στο δίκτυο με το άνοιγμα του συγχρονιστεί ελέγχουμε εάν η συχνότητα και η τάση της μονάδος είναι ίδια με του δικτύου, αν όχι επεμβαίνουμε αντίστοιχα στον ρυθμιστή τάσης η στο ρυθμιστή στροφών. Με την επίτευξη των σωστών ρυθμίσεων κλείνουμε τον διακόπτη μονάδος. Με το κλείσιμο του διακόπτη μονάδος απενεργοποιείτε η βαλβίδα SNL και επιτρέπει πλήρως το άνοιγμα των πτερυγίων.

Ομαλή έξοδος της μονάδος από το δίκτυο

Όταν ο χειρίστης επιλέξει την ομαλή έξοδο της μονάδος από το δίκτυο ή στον αυτόματο ή στον χειροκίνητο τρόπο λειτουργίας η διαδικασία είναι η εξής:

Μηδενίσουμε ενεργό και άεργο ισχύ, ανοίγουμε τον κύριο διακόπτη μονάδος με το άνοιγμα του διακόπτη ο ρυθμιστής δεσμεύει τα πτερύγια στο 20% και ενεργοποιείτε η βαλβίδα SNL. Στην συνέχεια ανοίγουμε τον διακόπτη διεγέρσεως και η μονάδα περιστρέφεται χωρίς διέγερση, έπειτα κλείνουμε τα πτερύγια εντελώς, ενεργοποιείτε η αντλία υψηλής πίεσεως ώστε να υπάρχει λίπανση στο οστικό έδρανο, οι στροφές της μονάδος λόγω ελλείψεις πίεσεως στον στρόβιλο από μονές τους πέφτουν όταν φτάσουν οι στροφές περίπου στο 30% ενεργοποιούνται τα φρένα περιοδικά, όταν η ταχύτητα περιστροφής της μονάδος φτάσει στο 10% τα φρένα ενεργοποιούνται μόνιμα μέχρι το πλήρες σταμάτημα της μονάδος, απενεργοποιείτε η αντλία του ρυθμιστή στροφών κλείνει η βαλβίδα απομόνωσης μεταξύ αεροκώδωνα και ρυθμιστή στροφών ενεργοποιείται το σύστημα ολίσθησης άξονα απενεργοποιείται η αντλία υψηλής πίεσεως και μετά από το πέρασμα 60 δευτερόλεπτων απενεργοποιούνται τα φρένα.

Η μονάδα τώρα θεωρείται πλήρως σταματημένη.

Black start

Οι μονάδες του ΥΗΣ Στράτου έχουν τη δυνατότητα παρακάμπτοντας κάποια βήματα κατά την εκκίνηση της μονάδος να ξεκινήσουν με αυτό που αποκαλείται διεθνώς black start.

Για την εκκίνηση του σταθμού ουσιαστικά απαιτείτε η ύπαρξη πίεσης στον αεροκώδωνα του ρυθμιστή στροφών και ύπαρξη τάσης στους συσσωρευτές της διέγερσης. Ο σταθμός έχει δυο συστοιχίες μπαταριών των 220Volt και μια συστοιχία των 48Volt. Η τάση των 48Volt χρησιμοποιείτε για τον έλεγχο των ηλεκτρονόμων και των συστημάτων προστασίας της μονάδος.

Η συστοιχία των 220Volt χρησιμοποιείται σε συστήματα ψύξης και στην λειτουργία της αντλίας υψηλής πίεσεως, έτσι λοιπόν αν έχουμε 48Volt για τον έλεγχο και 220Volt για την διέγερση μπορούμε να ξεκινήσουμε την μονάδα παρακάμπτοντας την αντλία του ρυθμιστή και την αντλία υψηλής πίεσεως. Βασική επιδίωξη των χειρίστων είναι να ανοίξουν τα πτερύγια ώστε η μονάδα να στρέψει. Με την ενεργοποίηση του “φλασινγκ” και αφού η μονάδα σηκώσει τάση με ανοικτό το διακόπτη μονάδος η μονάδα έχει δυνατότητα αυτοτροφοδότησης του μετασχηματιστή εσωτερικής υπηρεσίας.

Η ύπαρξη ρεύματος στον μετασχηματιστή εσωτερικής υπηρεσίας παρέχει την δυνατότητα αυτοτροφοδότησης των βοηθητικών της μονάδας και του σταθμού.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ενθάρρυνση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η σταδιακή απεξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα θα πρέπει να αποτελέσει μελλοντικά ένα δεσμευτικό στόχο όλων των χωρών του κόσμου για ένα καλύτερο μέλλον. Αυτό προκύπτει όχι μόνο από την μείωση των αποθεμάτων στα συμβατικά καύσιμα αλλά και από την μόλυνση του περιβάλλοντος που επιφέρουν.

Στις μέρες μας η ενεργειακή ανεξαρτησία της εκάστοτε χώρας αποτελεί επιτακτική ανάγκη. Η ανάλυση των ΑΠΕ κατέδειξε ότι η αξιοποίησή τους αποβλέπει στην ενεργειακή ανεξαρτησία, την απεξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα καθώς και τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με στόχο τη προστασία του περιβάλλοντος παγκοσμίως.

Τόσο στην Ελλάδα όσο και στις χώρες του εξωτερικού έχει αρχίσει η απεξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα, ωστόσο η προσπάθεια που καταβάλλουν πρέπει να γίνει πιο δραστική αν επιδιώκουν την πλήρη απεξάρτηση από αυτά.

Γενικά είναι εύκολο να παρατηρήσει κάποιος ότι τα πλεονεκτήματα από την χρήση της υδροηλεκτρικής ενέργειας είναι σαφώς περισσότερα από τα μειονεκτήματα. Η ανάγκη για την εύρεση νέων και ανεξάντλητων πηγών ενέργειας έχει οδηγήσει στην ανακάλυψη μεθόδων που και είναι αρκετά αποδοτικές αλλά και δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον καθώς οι ΥΗΣ παράγουν “καθαρή” ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμη πηγή (νερό).

Η ΔΕΗ αξιοποίησε σημαντικό μέρος του υδροδυναμικού της Ελλάδας καθώς μελέτησε και κατασκεύασε όλα σχεδόν τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα. Λειτουργεί τους ΥΗΣ εξυπηρετώντας τις ανάγκες των άλλων χρήσεων (ύδρευση, άρδευση, αντιπλημμυρική προστασία, αναψυχή, κ.τ.λ.) αναλαμβάνοντας την οικονομική επιβάρυνση και χωρίς μέχρι τώρα να αποζημιωθεί από τους άλλους χρήστες.

Τέλος η Ελλάδα έχει ανάγκη από υδραυλικά έργα πολλαπλού σκοπού για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Η συμμετοχή της ΔΕΗ Α.Ε στη διαχείριση των υδάτινων πόρων είναι επιβεβλημένη καθώς έχει την ευθύνη της εκμετάλλευσης τόσων ΥΗΣ στους περισσότερους μεγάλους ποταμούς της χώρας. Οι ΥΗΣ ως έργα πολλαπλού σκοπού είναι απολύτως αναγκαίοι σε μια χώρα μεσογειακή όπως η Ελλάδα όπου οι βροχές είναι λίγες και η διάρκειά τους περιορίζεται στη χειμερινή περίοδο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία:

1. Αργυράκης Ι., Εκμετάλλευση των Υδροηλεκτρικών Σταθμών ως Έργων Πολλαπλού Σκοπού, ΤΕΕ, 2012.
2. Αργυράκης Ι., Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί της ΔΕΗ ΑΕ και η συμβολή τους στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας, ΤΕΕ, 2012.
3. Καπλάνης Σ., Ήπιες μορφές ενέργειας - Περιβάλλον & Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, εκδόσεις ΙΩΝ, 2003.
4. Μπιτζιώνης Β., Μπιτζιώνης Δ., Εναλλακτικές μορφές ενέργειας, εκδόσεις Τζιόλα, 2010.
5. Παπαδόπουλος Μ., Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές.
6. Παπαντώνης Δ., Μικρά υδροηλεκτρικά έργα, ΕΜΠ, Αθήνα, 2001.

Διαδίκτυο:

7. www.allaboutenergy.com
8. www.cie.org.cy
9. <http://www.ypeka.gr/>
10. <http://www.ppcr.gr/>
11. www.dei.gr