



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ  
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΟΡΕΙΝΩΝ  
ΠΕΡΙΟΧΩΝ

## **ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
(Δ.Π.Μ.Σ.) «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»  
2<sup>Η</sup> ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ  
ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΟΡΕΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ  
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΙΚΡΟΥ  
ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ»**

**ΛΕΥΚΟΘΕΑ ΜΑΡΗ**  
ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΥΧΟΣ ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ  
ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2015

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΑΜΑΣΗΣ**  
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Επίκουρο Καθηγητή κ. Νικόλαο Μαμάση για την καθοδήγηση του στην διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

## Περιεχόμενα

1.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	7
1.1	Ορισμός Υδροηλεκτρικής Ενέργειας.....	8
1.2	Ορισμός Μικρής κλίμακας Υδροηλεκτρικού Συστήματος.....	8
1.3	Η Κατάσταση στην Ευρώπη .....	9
1.3.1	ΑΠΕ - Υφιστάμενη κατάσταση.....	9
1.3.2	ΜΥΗΕ - Υφιστάμενη κατάσταση.....	10
1.3.3	ΜΥΗΕ - Πολιτικό πλαίσιο.....	11
1.3.4	ΜΥΗΕ με Οικονομικούς Όρους.....	12
2.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΜΥΗΕ - Κύρια Χαρακτηριστικά - Αρχές λειτουργίας.....	13
2.1	Αρχή αξιοποίησης της υδραυλικής ενέργειας.....	13
2.2	Τεχνικά έργα υδροληψίας.....	17
2.3	Το σύστημα προσαγωγής.....	19
2.4	Ο σταθμός παραγωγής.....	20
2.5	Είδη στροβίλων κατάλληλοι για ΜΥΗΕ.....	21
2.5.1	Κριτήρια επιλογής στροβίλου.....	24
2.5.2	Αποδοτικότητα του υδροστροβίλου.....	26
3.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα των ΜΥΗΕ και επιπτώσεις στο Περιβάλλον.....	28
3.1	Θετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ΜΥΗΕ.....	28
3.2	Ενδεχόμενες αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από ΜΥΗΕ.....	30
3.3	Πλεονεκτήματα των ΜΥΗΕ.....	35
3.4	Μειονεκτήματα των ΜΥΗΕ.....	36
4.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ Αδειοδότηση και μελέτη ΜΥΗΕ.....	37
4.1	Μικρά υδροηλεκτρικά έργα - τα βήματα μιας μελέτης.....	37
4.2	Διαδικασία αδειοδότησης ΜΥΗΕ.....	45
5.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ανάλυση κόστους.....	47
5.1	Μελέτη σκοπιμότητας - σύντομη περιγραφή.....	47
5.2	Μελέτη σκοπιμότητας - ΜΥΗΕ στην Πελοπόννησο.....	48
5.2.1	Τεχνικά χαρακτηριστικά του έργου.....	49
5.2.2	Τα οικονομικά στοιχεία του έργου.....	51
5.3	ΜΥΗΕ με οικονομικούς όρους στην Ευρώπη.....	54
5.3.1	Το κόστος των έργων Πολιτικού Μηχανικού.....	54
5.3.2	Συνολικό κόστος επένδυσης σε σχέση με την παραγόμενη ισχύ.....	58
5.3.3	Μέσο κόστος λειτουργίας και συντήρησης.....	61
5.3.4	Μέση διάρκεια ζωής του μηχανολογικού εξοπλισμού.....	64
5.3.5	Μέσο κόστος συναρτήσεως παραγόμενης kWh.....	67
5.4	Συμπεράσματα.....	70

## Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1	:Εύρος υψών πτώσης.....	25
Πίνακας 2	Περιβαλλοντικοί, τεχνικοί, οικονομικοί και κοινωνικοί δείκτες των ΜΥΗΕ πηγή E.C, Scientific and technological references. Energy Technology Indicators, DG RTD, ( <a href="http://www.cordis.lu/eesd/scr/indicators.htm">http://www.cordis.lu/eesd/scr/indicators.htm</a> ), September 2002.....	28
Πίνακας 3	Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του έργου.....	51
Πίνακας 4	Ποσοστό επί της συνολικής επένδυσης εργασιών Πολιτικού Μηχανικού ΜΥΗΕ χαμηλής και υψηλής στέψης.....	56
Πίνακας 5	Μέσο κόστος επένδυσης ανά παραγόμενη KW.....	59
Πίνακας 6	Μέσο κόστος λειτουργίας και συντήρησης ως % της συνολικής επένδυσης.....	62
Πίνακας 7	Μέση διάρκεια ζωής του μηχανολογικού εξοπλισμού σε έτη.....	65
Πίνακας 8	Μέσο κόστος συναρτήσεως παραγόμενης kWh σε €.....	68

### Περιεχόμενα Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: μερίδιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στη ΕΕ27 2005 - 2009 πηγή: EREC based on EYROSTAT.....	9
Διάγραμμα 2 :κατανομή ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 2020 πηγή: EREC based on the NREAPs national renewable energy national plans.....	10
Διάγραμμα 3: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς μικρών υδροηλεκτρικών έργων για την περίοδο 2007-2008-2009 πηγή esha.be .....	10
Διάγραμμα 4: total small hydropower generation 2009 and 2020 projections πηγή: <a href="http://streammap.esha.be">http://streammap.esha.be</a> .....	11
Διάγραμμα 5 Εύρος λειτουργίας των διαφόρων τύπων των στροβίλων.....	25
Διάγραμμα 6 Αποδοτικότητες υπό μερικές παροχές διαφόρων τύπων υδροστροβίλων.....	27
Διάγραμμα 7 Βήματα μελέτης μιας micro/ricουδροηλεκτρικής εγκατάστασης .....	44
Διάγραμμα 8 Διάγραμμα μελέτης σκοπιμότητας.....	48
Διάγραμμα 9 Κατανομημένο κόστος του έργου .....	53
Διάγραμμα 10 Ποσοστό επί της συνολικής επένδυσης εργασιών Πολιτικού Μηχανικού ΜΥΗΕ χαμηλής και υψηλής στέψης. ....	57
Διάγραμμα 11 Μέσο κόστος επένδυσης ανά παραγόμενη KW.....	60
Διάγραμμα 12 Μέσο κόστος λειτουργίας και συντήρησης ως % της συνολικής επένδυσης ..	63
Διάγραμμα 13 Μέση διάρκεια ζωής του μηχανολογικού εξοπλισμού σε έτη .....	66
Διάγραμμα 14 Μέσο κόστος ανά παραγόμενη kWh.....	69

### Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1: Αρχή διαμόρφωσης υδροηλεκτρικού έργου εκτροπής (Παπαντώνης, 2008).....	15
Εικόνα 2: Αρχή διαμόρφωσης μικρού ΥΗΕ με διώρυγα (ανοικτό αγωγό), δεξαμενή φόρτισης και αγωγό πτώσεως (κλειστό αγωγό προσαγωγής) (Παπαντώνης, 2008) .....	16
Εικόνα 3: Αρχή διαμόρφωσης μικρού ΥΗΕ με κλειστό αγωγό προσαγωγής (Παπαντώνης, 2008).....	16
Εικόνα 4 :Τυπική διάταξη μικρού ΥΗΕ ροής χαμηλής υδραυλικής πτώσης, στο οποίο ο ΥΗΣ είναι ενσωματωμένος στο φράγμα εκχειλιστή (Παπαντώνης, 2008).....	17
Εικόνα 5 Τυπική τομή υδροληψίας ορεινού τύπου (αριστερά) και τύπου σίφωνα (δεξιά) Πηγή: ESHA, 1998 .....	18
Εικόνα 6 Σχηματικές αναπαραστάσεις των κυρίων τύπων υδροστροβίλων.....	24

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια οι αρνητικές επιπτώσεις που προκαλούν οι συμβατικές μορφές ενέργειας στο περιβάλλον όπως η μεγάλη συσσώρευση ρύπων και CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα και η άύξηση της μέσης θερμοκρασίας στη γη, έχουν στρέψει το ενδιαφέρον τόσο των επιστημόνων όσο και των κυβερνήσεων στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Το συγκριτικό τους πλεονέκτημα έναντι των συμβατικών πηγών είναι ότι οι ΑΠΕ είναι ανεξάντλητες, φιλικές προς το περιβάλλον και συμβάλλουν μακροπρόθεσμα στη μείωση του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Μία τέτοια μορφή ενέργειας είναι και η υδροηλεκτρική. Το σύνολο των έργων και εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ).

Στην παρούσα διπλωματική εξετάζονται τα Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα (Μ.Υ.Η.Ε). Στόχος είναι να αναλυθεί και να αξιολογηθεί το κόστος κατασκευής ενός Μ.Υ.Η.Ε. και να συνδεθούν τα τμήματα που απαρτίζουν τον προϋπολογισμό κατασκευής ενός τέτοιου έργου με τα χαρακτηριστικά του.

Στο κεφάλαιο 1 περιγράφεται η υπάρχουσα κατάσταση των ΑΠΕ και των ΜΥΗΕ στην Ευρώπη καθώς και το νομοθετικό πλαίσιο που διέπει την κατασκευή και λειτουργία τους. Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται η περιγραφή των τεχνικών έργων υδροληψίας, του συστήματος προσαγωγής, των υδροστροβίλων και του σταθμού παραγωγής. Αναφέρονται ακόμη οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον θετικές και αρνητικές καθώς και τα πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα των ΜΥΗΕ. Αναλύονται τα απαιτούμενα στάδια μελέτης καθώς και το νομοθετικό πλαίσιο που διέπει την κατασκευή και λειτουργίας μιας τέτοιας μονάδας στην Ελλάδα. Στο κεφαλαίο 5 αναλύεται οικονομικά ένα ΜΥΗΕ στην Πελοπόννησο. Τέλος παραθέτονται και αξιολογούνται χρήσιμα στατιστικά οικονομικά δεδομένα ΜΥΗΕ στην Ευρώπη.

**ABSTRACT**

In the last years the negative consequences that are caused by the conventional forms of energy, such as the large accumulation of pollutants and CO<sub>2</sub> in the atmosphere and the rise in the average temperature on earth, have led the scientists and the governments to take an interest in renewable energy sources (R.E.S). Their comparative advantages over the conventional sources are that RES are unlimited, friendly to the environment and in the long term they can assist to reduce the production cost of the electric power. A fine example of a renewable energy source is hydropower and the process which allows the hydraulic energy to turn to electric takes place in a Hydroelectric Power Plant.

The subject of the current thesis is the small hydropower plants (S.H.P) and its objective is to analyze and evaluate their production costs and also to connect the parts composing the construction budget of such a work with their characteristics.

Chapter 1 consists of a description concerning the current status of RES and SHP in Europe as well as the legal framework for their construction and operation. In the next chapter there is a description of different parts that consists a SHP such as, intake, conduit channel, hydro turbines and powerhouse. Also the environmental implications are indicated - positives and negatives – in addition to the advantages/disadvantages of the small hydropower plants. There is an analysis of the necessary stages of the study and of the legal framework regarding the construction and operation of such a unit in Greece. In chapter 5 you may find an economical analysis of a small hydropower plants in Peloponissos. Finally there are listed and evaluated important statistical financial data about small hydropower plants from Europe.

## 1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν βασική τους προέλευση τον Ήλιο. Η ακτινοβολούμενη απ' τον ήλιο ενέργεια, που φτάνει στη Γη, εκτός από τη γενικότερη συμβολή της στη δημιουργία, ανάπτυξη και διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας, δίνει ακατάπαυστα ενέργεια, που την αξιοποιούμε σε διάφορες μορφές. Άμεσα θερμαίνει (π.χ νερό-ηλιακοί συλλέκτες), εξατμίζει μεγάλες ποσότητες θαλασσινού νερού και συντηρεί τον γνωστό φυσικό κύκλο, δημιουργώντας τις λίμνες και τα ποτάμια, που αποτελούν πρόσθετη πηγή ενέργειας (υδατοπτώσεις, Υ/Δ ενέργεια). Θέτει σε κίνηση τις αέριες μάζες της ατμόσφαιρας (Αιολική ενέργεια), δημιουργεί τα κύματα (Ενέργεια κυμάτων). Απορροφούμενη από συνδυασμένα υλικά παράγει ηλεκτρισμό (Φωτοβολταϊκό φαινόμενο). Συμβάλλει στην ανάπτυξη της χλωρίδας, η καύση δε των φυτικών προϊόντων παράγει ενέργεια (βιομάζα).

Οι ήπιες μορφές ενέργειας ή "Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας" (ΑΠΕ) είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Ο όρος "ήπιες" αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχήν, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση, καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερο, πρόκειται για "καθαρές" μορφές ενέργειας, πολύ φιλικές στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Τα τελευταία χρόνια η Ευρωπαϊκή Ένωση υιοθετεί πολιτικές προώθησης των ΑΠΕ, με άλλες χώρες ανά τον κόσμο όπως πχ η Αμερική να ακολουθούν το παράδειγμα της Ευρώπης.

Οι κύριες μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι:

- Η Ηλιακή
- Η Αιολική
- Η Γεωθερμική
- Η Υδροηλεκτρική

Όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρουσιάζουν κάποια κοινά πλεονεκτήματα, με κυριότερα από αυτά, τη δυναμική συμβολή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο και στον περιορισμό της εξάρτησης από τα συμβατικά καύσιμα, την προστασία του περιβάλλοντος, το

μηδενικό κόστος πρώτης ύλης, το οποίο, σε συνδυασμό με τις μικρές απαιτήσεις συντήρησης που εμφανίζουν, συνεπάγεται περιορισμένο κόστος λειτουργίας. Έτσι, αντισταθμίζεται σε μεγάλο βαθμό το μέχρι σήμερα μειονέκτημα του αυξημένου κόστους που απαιτείται για την εγκατάσταση των μονάδων εκμετάλλευσης τους. Τέλος, συμβάλλουν στην αποκέντρωση και την ανάπτυξη της τοπικής οικονομίας σε κάθε περιοχή όπου εγκαθίστανται τέτοιου είδους μονάδες.

### **1.1 Ορισμός Υδροηλεκτρικής Ενέργειας**

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκμεταλλευόμενοι την ενέργεια του νερού καλείται υδροηλεκτρική ενέργεια. Το νερό εβρισκόμενο σε μεγάλα υψόμετρα έχει δυναμική ενέργεια η οποία μετατρέπεται σε κινητική κατά την ροή σε χαμηλότερα υψόμετρα, στην συνέχεια με την χρήση των υδροστροβίλων παράγεται μηχανική ενέργεια η οποία τελικά μετατρέπεται σε ηλεκτρική μέσω γεννητριών. Το σύνολο των έργων και εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ).

### **1.2 Ορισμός Μικρής κλίμακας Υδροηλεκτρικού Συστήματος**

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

Σύμφωνα με το Ν.2773/1999 η υδροηλεκτρική ενέργεια θεωρείται Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας (ΑΠΕ) όταν προέρχεται από Μικρής κλίμακας Υδροηλεκτρικά Συστήματα (ΜΥΗΣ) ονομαστικής ισχύς έως 10 MW. Δεν υφίσταται κάποιος διεθνής κανόνας για την κατάταξη των υδροηλεκτρικών φραγμάτων σε μικρά και μεγάλα. Το όριο των 10 MW είναι γενικά αποδεκτό όπως άλλωστε περιγράφεται και από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Ανανεώσιμης Ενέργειας (EREC). Στις Ηνωμένες Πολιτείες το όριο αυτό είναι τα 30 MW αντίστοιχα. Τα ΜΥΗΣ υποδιαιρούνται ακόμη σε μίνι υδροηλεκτρικά και σε μικρο υδροηλεκτρικά με τα όρια αντίστοιχης ανώτατης ονομαστικής ισχύς να είναι συνήθως 500 KW και 100 KW.

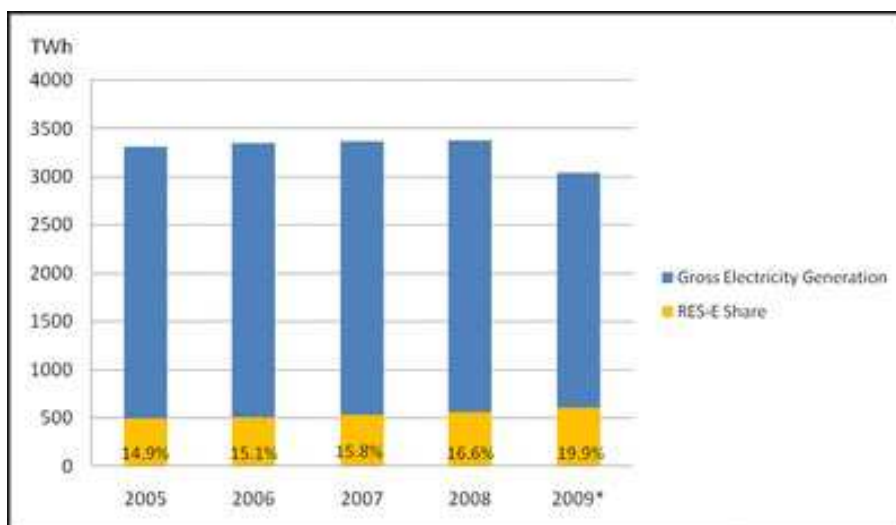


### 1.3 Η Κατάσταση στην Ευρώπη

#### 1.3.1 ΑΠΕ - Υφιστάμενη κατάσταση

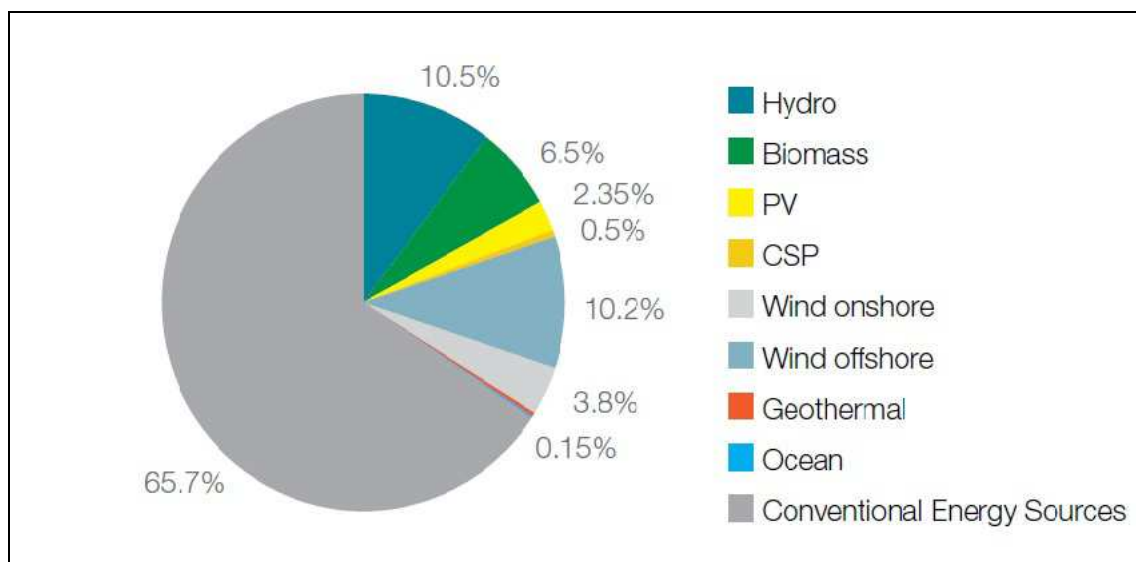
Η επιτακτική ανάγκη απεξάρτησης της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) από τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων, συγκεκριμένα από το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο αλλά και μείωσης των εκπομπών αερίων που προξενούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου οδήγησε το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο να θέσει τις παρακάτω απαιτήσεις γνωστές και ως στόχοι 20-20-20. Συμφωνήθηκε από τους αρχηγούς των κρατών και κυβερνήσεων η μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 20% κάτω από τα επίπεδα του 1990, η απαίτηση το 20% της κατανάλωσης της ενέργειας της ΕΕ να προέρχεται από ΑΠΕ και η μείωση κατά 20% στη χρήση πρωτογενούς ενέργειας σε σύγκριση με τα προβλεπόμενα επίπεδα μέσω βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

Η συμμετοχή των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι συνεχώς αυξανόμενη (Διάγραμμα 1) με το ποσοστό συμμετοχής το 2009 να είναι στο 19,9% με τις προβλέψεις να εκτιμούν ότι το 2020 το ποσοστό θα ανέλθει στο 34,3%.



Διάγραμμα 1: μερίδιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργεια από ΑΠΕ στη ΕΕ27 2005 - 2009 πηγή: EREC based on EYROSTAT

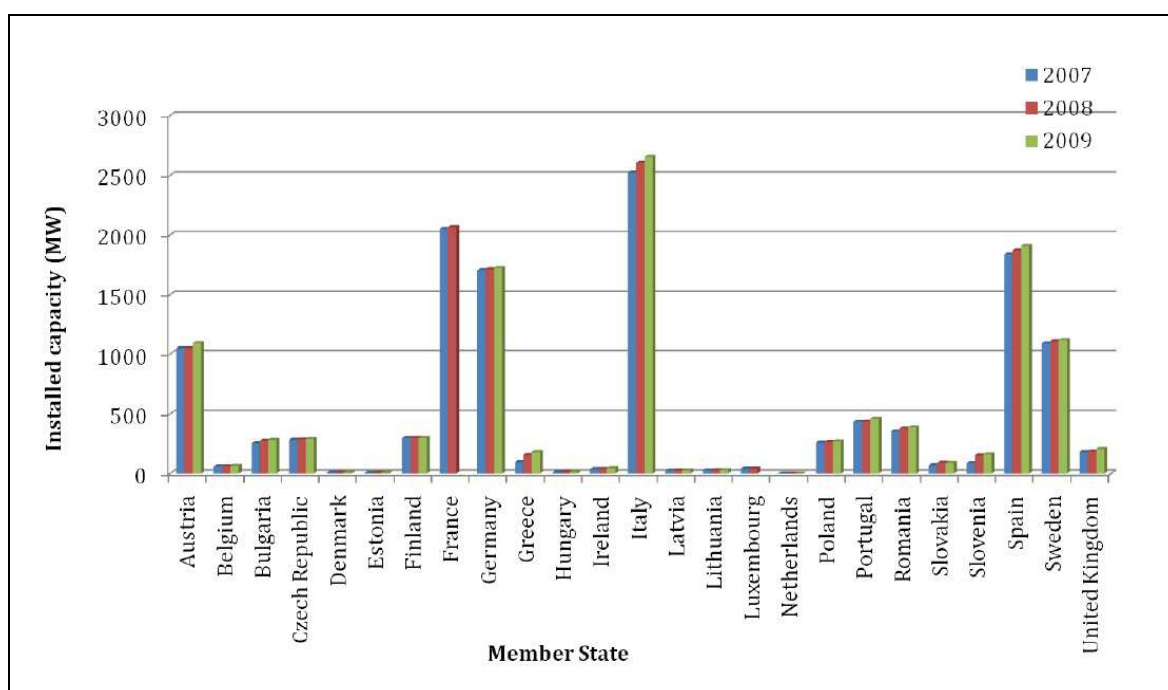
Σύμφωνα με τις προβλέψεις το 2020 μετά τις συμβατικές πηγές για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεύτερη θέση καταλαμβάνει η αιολική ενέργεια (Διάγραμμα 2) με 14% και ακολουθεί η υδραυλική ενέργεια με 10,5%.



Διάγραμμα 2 :κατανομή ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 2020 πηγή:EREC based on the NREAPs national renewable energy national plans

### 1.3.2 ΜΥΗΕ - Υφιστάμενη κατάσταση

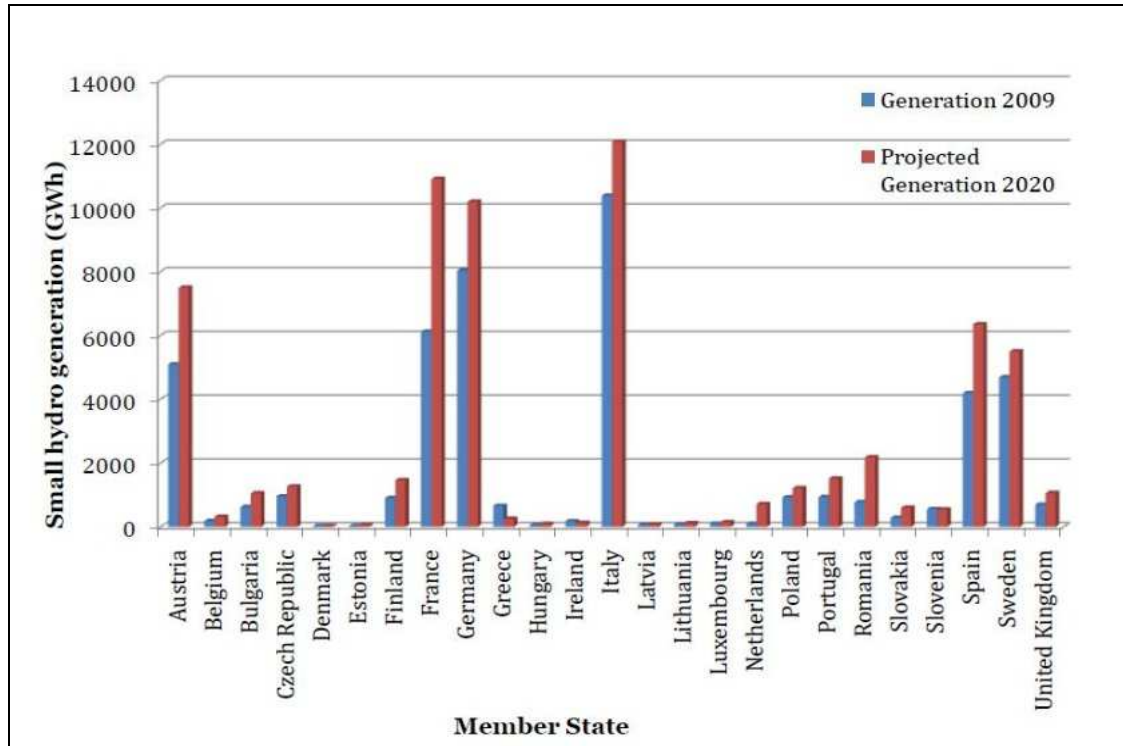
Το 2006 στην ΕΕ-27 καταμετρήθηκαν περίπου 21.000 ΜΥΗΕ, με συνολική εγκατεστημένη ισχύ πάνω από 13.000 MW. Την ίδια χρονιά η συνολική παραγωγή από ΜΥΗΕ ήταν πάνω από 41.000 GWh. Το 90% των ΜΥΗΕ βρίσκονται συγκεντρωμένα στην Αυστρία, την Γαλλία, Την Γερμανία, την Ιταλία, την Ισπανία και την Σουηδία (Διάγραμμα 3).



Διάγραμμα 3: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς μικρών υδροηλεκτρικών έργων για την περίοδο 2007-2008-2009 πηγή esha.be

Πολλά από αυτά είναι κατασκευασμένα εδώ και πολλά χρόνια, μόνο το 45% είναι μικρότερα των 60 χρόνων ενώ το 32% είναι μικρότερα των 40 χρόνων. Στην Ανατολική Ευρώπη το 38% είναι μικρότερα των 20 χρόνων.

Οι εκτιμήσεις για το 2020 δείχνουν σημαντική αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΜΥΗΕ στην Αυστρία, Γαλλία, Ιταλία και Ισπανία (Διάγραμμα 4) ενώ οι προβλέψεις για την Ελλάδα είναι μάλλον απογοητευτικές.



Διάγραμμα 4: total small hydropower generation 2009 and 2020 projections πηγή: <http://streammap.esha.be>

### 1.3.3 ΜΥΗΕ - Πολιτικό πλαίσιο

Η εκμετάλλευση της υδραυλικής ενέργειας υπόκειται στους κανονισμούς της εκάστοτε χώρας. Οι διαδικασίες αδειοδότησης και εγκατάστασης ΜΥΗΕ πολλές φορές αποτελούν ανασταλτικούς παράγοντες για την υλοποίηση μια τέτοιας επένδυσης. Αυτό συμβαίνει γιατί ο αριθμός των αρμόδιων φορέων είναι μεγάλος με συχνό χαρακτηριστικό την έλλειψη συντονισμού μεταξύ τους, με αποτέλεσμα μεγάλοι χρόνοι αναμονής για την έκδοση αποφάσεων. Σε έρευνα που διεξήχθη από την ESHA ο εκτιμώμενος χρόνος αδειοδότησης για ένα ΜΥΗΕ κυμαίνεται από 12 μήνες (Αυστρία) μέχρι και 12 χρόνια (Πορτογαλία).

Οι επί μέρους άδειες που συνήθως απαιτούνται αφορούν στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Απαιτείται ακόμη οικοδομική άδεια και άδεια για σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Όλες οι παραπάνω διαδικασίες διαφέρουν όχι μόνο μεταξύ των χωρών αλλά και μεταξύ διαφορετικών περιοχών της ίδιας χώρας.

Χαρακτηριστικά σε κάποιες περιοχές της Ιταλίας απαιτούνται 58 εγκρίσεις από διαφορετικούς φορείς. Ο πιθανός επενδυτής επιβαρύνεται επιπλέον με το κόστος σύνταξης του φακέλου που περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες προμελέτες προκειμένου να αιτηθεί της αδειοδότησης, το οποίο κυμαίνεται από 10.000€ έως 30.000€. Στην πράξη η χρονοβόρα και γραφειοκρατική διαδικασία αδειοδότησης ενός ΜΥΗΕ απέχει πολύ από την έννοια "fast track" που τελευταία ευρέως χρησιμοποιείται.

#### **1.3.4 ΜΥΗΕ με Οικονομικούς Όρους**

Το αρχικά απαιτούμενο κεφάλαιο για την κατασκευή ενός ΜΥΗΕ αφορά την αδειοδότηση και την συνολική κατασκευή της εγκατάστασης. Το ύψος του κεφαλαίου εξαρτάται από το μέγεθος της εγκατάστασης, την παροχή του ποταμού, την τοποθεσία, τον μηχανολογικό εξοπλισμό, τα έργα πολιτικού μηχανικού καθώς και την διακύμανση της παροχής σε σχέση με την εποχή. Φράγματα με χαμηλή στέψη και μεγάλη παροχή έχουν μεγαλύτερο κόστος καθώς απαιτείται μεγαλύτερος μηχανολογικός εξοπλισμός και έργα πολιτικού μηχανικού προκειμένου να διαχειριστούν την αυξημένη ροή του νερού. Η αναλογική αύξηση του κόστους με την αύξηση της στέψης σταθεροποιείται όταν το ύψος της στέψης είναι γύρω στα 25μ. Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης μπορεί να διαφέρει σημαντικά μεταξύ των χωρών καθώς τα επιβαλλόμενα τέλη ποικίλουν. Ο σωστός σχεδιασμός και κατασκευή μπορούν να συνεισφέρουν θετικά στην μείωση αυτού του κόστους. Τέλος το διοικητικό κόστος περιλαμβάνει τους επιβαλλόμενους φόρους αλλά και την απαιτούμενη ασφάλιση της εγκατάστασης.

## 2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΜΥΗΕ - Κύρια Χαρακτηριστικά - Αρχές λειτουργίας

### 2.1 Αρχή αξιοποίησης της υδραυλικής ενέργειας

Το Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ) είναι ένα σύνθετο έργο που περιλαμβάνει στη μαντικά τμήματα πολιτικού μηχανικού καθώς και σημαντικό ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό. Βασικός σκοπός των έργων πολιτικού μηχανικού είναι η συγκέντρωση της επιφανειακής ροής, η οδήγηση της μέσω του υδροστροβίλου ώστε να γίνει μετατροπή της ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια και η απαγωγή και οδήγηση της παροχής στην φυσική κοίτη όπου συνεχίζει την ελεύθερη ροή της κατάντι. Στα έργα πολιτικού μηχανικού περιλαμβάνονται και έργα που αφορούν την ασφάλεια των υπόλοιπων έργων τόσο κατά την φάση της κατασκευής όσο και κατά την κανονική εκμετάλλευση, καθώς και των έργων που σκοπό έχουν την στέγαση και ασφάλεια του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό περιλαμβάνονται: ο υδροστρόβιλος, η γεννήτρια, ο μετασχηματιστής, οι αυτοματισμοί, οι ηλεκτρικοί πίνακες, ο βοηθητικός εξοπλισμός όπως η γερανογέφυρα κλπ. Σε πολλές περιπτώσεις ένα υδροηλεκτρικό έργο είναι εξοπλισμένο με περισσότερους υδροστροβίλους έτσι ώστε να αυξάνεται η ευελιξία λειτουργίας του και να βελτιώνεται η αξιοποίηση της διαθέσιμης υδραυλικής ενέργειας.

Οι υδροστρόβιλοι είναι οι μηχανές μέσω των οποίων μετατρέπεται η ενέργεια του υγρού σε μηχανική ενέργεια, δηλαδή σε κινητήρια ροπή στην στρεφόμενη άτρακτο του δρομέα. Σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις, εκτός ειδικών περιπτώσεων (κυρίως περιπτώσεων ανάκτησης ενέργειας), το διακινούμενο υγρό είναι το φυσικό νερό της επιφανειακής απορροής ενός υδατορεύματος και η ενέργεια την οποία διαθέτει είναι η δυνητική ενέργεια που εκφράζεται από την στάθμη του  $Z$  ως προς την στάθμη της θάλασσας. Η ενέργεια του υγρού την οποία καλείται να μετατρέψει σε μηχανική ενέργεια ο υδροστρόβιλος είναι ανανεώσιμη δεδομένου ότι η επιφανειακή απορροή είναι αποτέλεσμα του υδρολογικού κύκλου. Η επιφανειακή απορροή υδατορεύματος ρέει συνεχώς, υπό την επίδραση της βαρύτητας, προς χαμηλότερες στάθμες μέχρι την στάθμη της θάλασσας. Κατά την φυσική αυτή ροή η δυνητική ενέργεια του νερού υποβαθμίζεται ανάλογα προς την μείωση της στάθμης, και μετατρέπεται σε θερμότητα και μηχανικό έργο μέσω μηχανισμών υδραυλικών απωλειών, τύρβης και μεταφοράς υλικών (φερτών).

Εάν το νερό μίας φυσικής ροής συλλεγεί σε μία υψηλότερη στάθμη  $Z_E$  και οδηγηθεί σε μία χαμηλότερη στάθμη  $Z_A$  μέσω αγωγού προσαγωγής, γίνεται δυνατή η μετατροπή από τον υδροστρόβιλο της ανά μονάδα μάζας ενέργειας  $g(Z_E - Z_A)$  της διερχόμενης παροχής σε

μηχανική ενέργεια. αφού αφαιρεθούν οι πάσης φύσεως απώλειες. Επειδή η παραγόμενη με τον τρόπο αυτό μηχανική ενέργεια, δηλαδή κινητήρια ροπή στην στρεφόμενη άτρακτο, δεν είναι δυνατόν να μεταφερθεί ικανοποιητικά στον τόπο κατανάλωσής της μετατρέπεται επί τόπου σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω γεννήτριας κατ' ευθείαν συζευγμένης με την άτρακτο του υδροστρόβιλου. Για τον λόγο αυτό το σύνολο των έργων και εξοπλισμού μέσω των οποίων μετατρέπεται η υδραυλική ενέργεια σε μηχανική και στην συνέχεια σε ηλεκτρική ονομάζεται υδροηλεκτρικό έργο (ΥΗΕ). Γίνεται ήδη φανερό ότι για να είναι δυνατή η αξιόλογη παραγωγή μηχανικής-ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να υπάρχουν σημαντική ποσότητα επιφανειακών υδάτων, δηλαδή σημαντικές βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις, καθώς και υψομετρικές διαφορές, δηλαδή έντονο ανάγλυφο (βουνά) ώστε να είναι μεγάλη η ανά μονάδα μάζας ενέργεια του νερού.

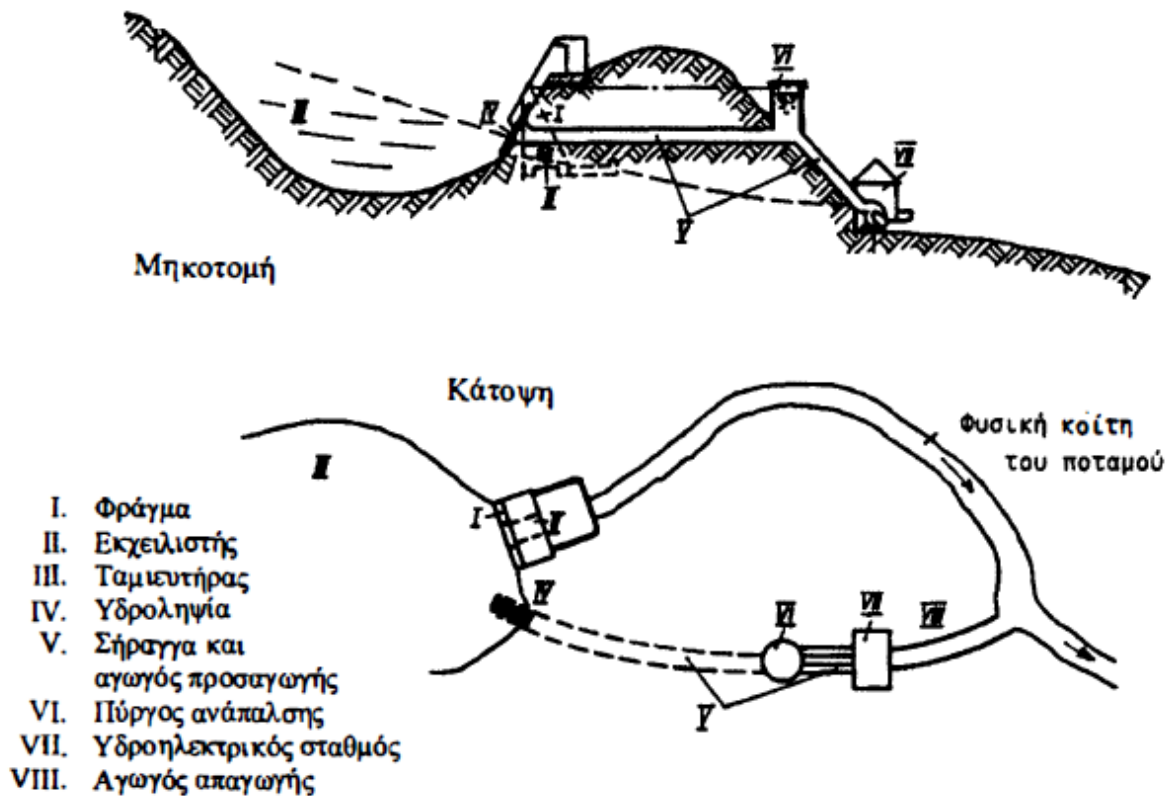
Το σύνολο σχεδόν του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού στεγάζεται στον υδροηλεκτρικό σταθμό (ΥΗΣ) ο οποίος μπορεί να είναι υπόγειος ή υπέργειος, να έχει δηλ. την μορφή οικίσκου. Η επιλογή αυτή είναι αποτέλεσμα οικονομοτεχνικής μελέτης και σ' αυτή σημαντικό ρόλο παίζει ο υδροστρόβιλος και η μορφολογία του εδάφους. Ο ΥΗΣ των μικρών ΥΗΕ είναι πολύ σπάνια υπόγειος για λόγους κόστους.

Διακρίνονται δύο διαφορετικές βασικές διαμορφώσεις υδροηλεκτρικών έργων: αυτά στα οποία η υδραυλική πτώση  $h=(ZE-ZA)$  είναι σημαντική και αυτά στα οποία η υδραυλική πτώση είναι μικρή (μικρότερη των 20 m περίπου). Στην πρώτη περίπτωση ο ΥΗΣ διαμορφώνεται συνήθως σε θέση διακριτή από αυτή των έργων συλλογής και προσαγωγής του νερού (φράγμα και υδροληψία), ενώ στην περίπτωση μικρής υδραυλικής πτώσης ο ΥΗΣ μπορεί, εάν είναι ευνοϊκές οι συνθήκες, να ενσωματωθεί στο φράγμα ή το έργο υδροληψίας και να αποτελέσει ενιαίο συγκρότημα με αυτό.

Στην περίπτωση μεσαίας ή μεγάλης υδραυλικής πτώσης ο ΥΗΣ βρίσκεται αρκετά χαμηλότερα από το φράγμα-υδροληψία οπότε η αξιοποίηση της υψομετρικής διαφοράς γίνεται δυνατή με την εκτροπή ολόκληρης της παροχής ή μέρους αυτής μέσω του αγωγού προσαγωγής (ή πτώσεως). Η παροχή αυτή οδηγείται στον υδροστρόβιλο ο οποίος μετατρέπει την υδραυλική ενέργεια σε μηχανική. Στην συνέχεια η παροχή επανέρχεται στη φυσική κοίτη του ποταμού και συνεχίζει την φυσική ροή της. Σε ένα μικρό ΥΗΕ και με σκοπό την μείωση του κόστους κατασκευής ο κλειστός αγωγός προσαγωγής είναι δυνατόν να μην ξεκινάει από την υδροληψία αλλά το νερό να οδηγείται από την υδροληψία σε μία δεξαμενή φόρτισης μέσω ανοικτού αγωγού (διώρυγα ή κανάλι). Η θέση της δεξαμενής φόρτισης καθορίζεται έτσι ώστε η απόστασή της από τον ΥΗΣ να είναι η μικρότερη δυνατή. Από την δεξαμενή φόρτισης τροφοδοτείται ο κλειστός αγωγός προσαγωγής (ή πτώσεως) μέσω του οποίου το νερό οδηγείται στον υδροστρόβιλο. Το ενδιαφέρον της διάταξης αυτής είναι καθαρά

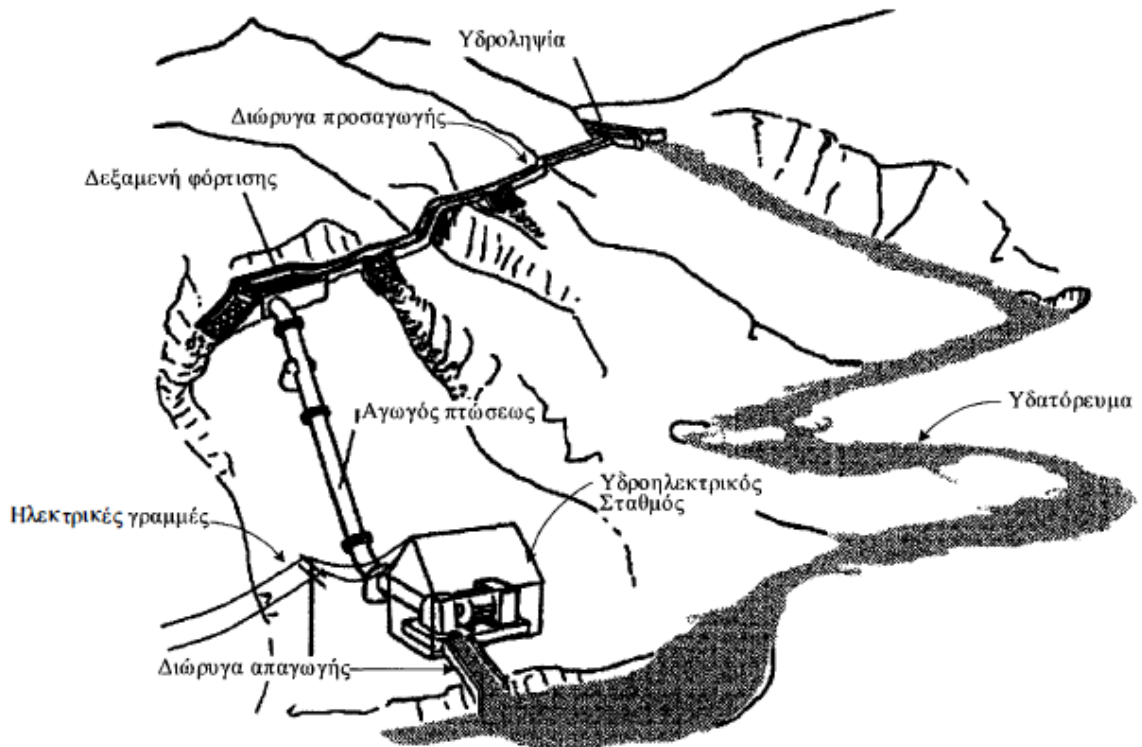
οικονομικό καθώς το κόστος κατασκευής μίας διώρυγας είναι πολύ μικρότερο από αυτό του αντίστοιχου αγωγού πτώσεως (το κόστος διώρυγας είναι περίπου το 1/2 1/3 του κόστους του αγωγού πτώσεως). Η διαμόρφωση διώρυγας δεν είναι πάντοτε εφικτή για λόγους κατασκευαστικούς ή επιφανειακής διαμόρφωσης.

Στην Εικόνα 1 δίνεται σχηματικά η αρχή διαμόρφωσης ΥΗΕ έργου εκτροπής στο οποίο το σύστημα προσαγωγής αποτελείται από σήραγγα και αγωγό προσαγωγής, ενώ στην Εικόνα 2 δίνεται η σχηματική διάταξη μικρού ΥΗΕ το σύστημα προσαγωγής του οποίου περιλαμβάνει ανοικτό αγωγό (διώρυγα), δεξαμενή φόρτισης στο άκρο της διώρυγας και αγωγό πτώσεως. Η διαμόρφωση σήραγγας στα έργα προσαγωγής μικρού ΥΗΕ προκύπτει συνήθως αντιοικονομική καθώς η ελάχιστη διάμετρος σήραγγας δεν μπορεί να είναι μικρότερη του 1,5 m, δηλ. η διάμετρος της σήραγγας θα είναι πολύ μεγαλύτερη από τον αγωγό προσαγωγής που θα διέλθει από αυτήν.



Εικόνα 1: Αρχή διαμόρφωσης υδροηλεκτρικού έργου εκτροπής (Παπαντώνης, 2008)

Εάν το μήκος του αγωγού προσαγωγής δεν είναι υπερβολικό ή εάν η διαμόρφωση διώρυγας είναι δύσκολη ή αδύνατη, τότε η προσαγωγή του νερού από την υδροληψία μέχρι τον υδροστρόβιλο γίνεται με κλειστό αγωγό (σωλήνα), όπως σχηματικά δίνεται στην Εικόνα 3.



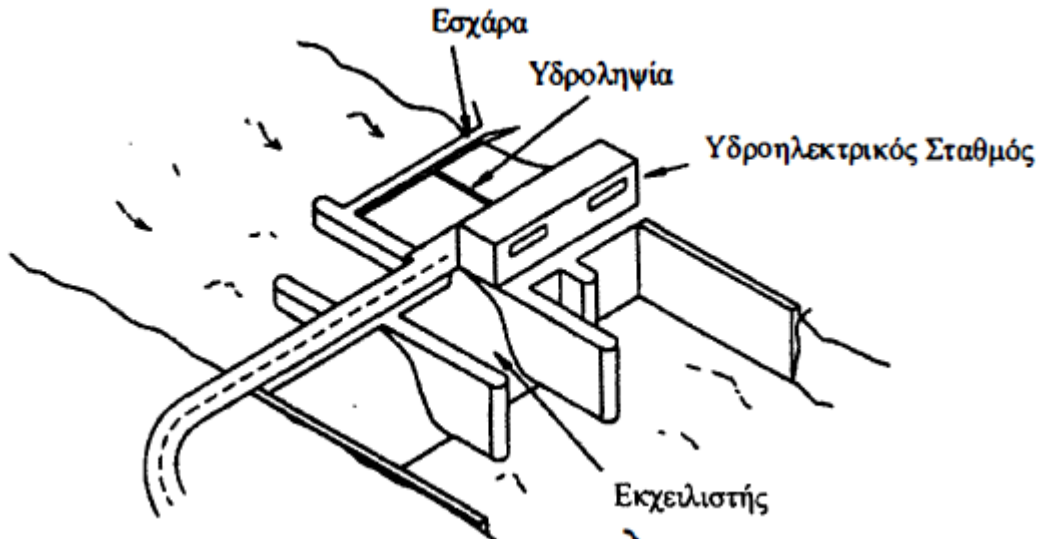
Εικόνα 2: Αρχή διαμόρφωσης μικρού ΥΗΕ με διώρυγα (ανοικτό αγωγό), δεξαμενή φόρτισης και αγωγό πτώσεως (κλειστό αγωγό προσαγωγής) (Παπαντώνης, 2008)



Εικόνα 3: Αρχή διαμόρφωσης μικρού ΥΗΕ με κλειστό αγωγό προσαγωγής (Παπαντώνης, 2008)

Στην περίπτωση μικρής κλίσης του εδάφους κατασκευάζονται έργα χαμηλού ύψους όπου ο ΥΗΣ ενσωματώνεται στο φράγμα (Εικόνα 4).

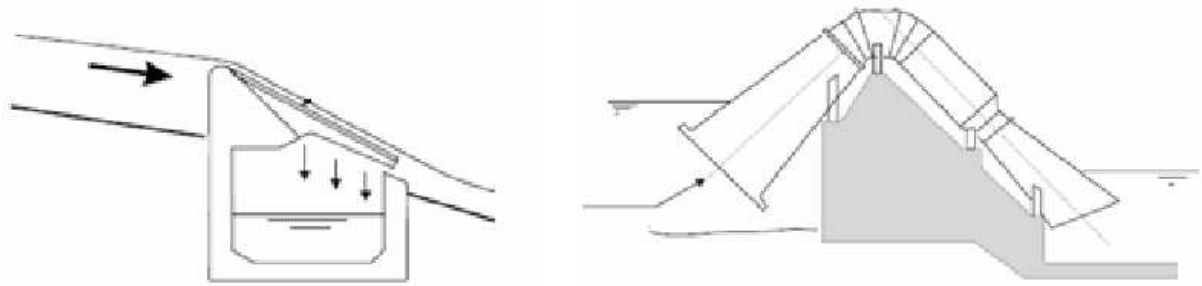




Εικόνα 4 :Τυπική διάταξη μικρού ΥΗΕ ροής χαμηλής υδραυλικής πτώσης, στο οποίο ο ΥΗΣ είναι ενσωματωμένος στο φράγμα εκχειλιστή (Παπαντώνης, 2008)

## 2.2 Τεχνικά έργα υδροληψίας

Το πρώτο εν σειρά, από ανάντη, έργο είναι το τεχνικό υδροληψίας με το οποίο αποσπάται η ενεργειακά εκμεταλλεύσιμη παροχή από το φυσικό υδατόρευμα ή γενικότερα από την πηγή ύδατος. Οι κύριοι τύποι υδροληψίας είναι η ορεινή (tyrolean intake), η πλευρική (side intake) και η υδροληψία τύπου σίφωνα (siphon intake). Οι δύο πρώτοι τύποι εφαρμόζονται συνήθως όταν το νερό προέρχεται από φυσικό υδατόρευμα, ενώ ο τρίτος εφαρμόζεται σε περιπτώσεις αξιοποίησης νερού από υφιστάμενο ταμιευτήρα ή κανάλι. Στην Εικόνα 5 παρουσιάζεται μία τυπική τομή υδροληψίας ορεινού τύπου και τύπου σίφωνα. Μία σημαντική ειδοποιός διαφορά των Μ.Υ.Η.Ε. από τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα, εκτός του τυπικού ορίου των 10 MW εγκατεστημένης ισχύος, έγκειται στον τρόπο λειτουργίας της υδροληψίας. Ο αναβαθμός που κατασκευάζεται στις υδροληψίες των Μ.Υ.Η.Ε. έχει πολύ μικρό ύψος και δε στοχεύει στην αναρρύθμιση της φυσικής απορροής με τη δημιουργία ταμιευτήρα, αλλά στη διαμόρφωση κατάλληλων συνθηκών για τη διοχέτευση της απαιτούμενης παροχής στο σύστημα προσαγωγής.



Εικόνα 5 Τυπική τομή υδροληψίας ορεινού τύπου (αριστερά) και τύπου σίφωνα (δεξιά) Πηγή: ESHA, 1998

Η υδροληψία είναι σχεδιασμένη ώστε ένα μέρος της παροχής (οικολογική παροχή) να αποδίδεται απευθείας στο φυσικό υδατόρευμα, προκειμένου να διατηρούνται ικανές συνθήκες επιβίωσης για το παρόχθιο οικοσύστημα. Ο υπολογισμός της οικολογικής παροχής βάσει της ΚΥΑ 49828/2008 (ΦΕΚ Β2464 // 03.12.2008) περί του «Ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας» του (πρώην) Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε, λαμβάνεται / θεωρείται ως το μέγιστο από τα παρακάτω μεγέθη:

- 30% της μέσης παροχής των θερινών μηνών (Ιουνίου - Ιουλίου – Αυγούστου)
- 50% της μέσης παροχής του μήνα Σεπτεμβρίου ή
- 30 litre/s σε κάθε περίπτωση.

Όπου απαιτείται κατασκευάζεται ειδικό τεχνικό για τη διευκόλυνση της μετακίνησης των ψαριών κατά μήκος της κοίτης (ιχθυόσκαλα, fish ladder). Στις πλευρικές υδροληψίες προβλέπεται η ενσωμάτωση θυροφραγμάτων στον αναβαθμό για την εκκένωση των φερτών, ώστε σε κάθε περίπτωση να μη παρεμποδίζεται η στερεομεταφορά κατά μήκος της κοίτης. Με επίπεδο αναφοράς την υφιστάμενη κοίτη, κυμαίνεται στο διάστημα 0-5 m.

Αφού αποσπαστεί από την κοίτη το νερό διοχετεύεται με ελεύθερη ροή στη δεξαμενή καθίζησης ή εξαμμωτή (desilter), με εξαίρεση τις υδροληψίες τύπου σίφωνα, όπου δεν απαιτείται τεχνικό εξάμμοσης. Η δεξαμενή καθίζησης έχει κατάλληλες διαστάσεις ώστε να εξασφαλίζεται η κατακράτηση της ελάχιστης διάστασης κόκκου φερτών, η οποία καθορίζεται από τις προδιαγραφές του στροβίλου.

Σε συνέχεια του εξαμμωτή βρίσκεται η δεξαμενή φόρτισης (forebay), η οποία σχεδιάζεται ώστε να εξασφαλίζονται οι κατάλληλες υδραυλικές συνθήκες εισόδου στον υπό πίεση αγωγό προσαγωγής. Βασικό κριτήριο για το σχεδιασμό της δεξαμενής φόρτισης είναι η μη εισροή αέρα στον αγωγό προσαγωγής, που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα σπηλαίωσης.



ΤΣΙΒΛΟΣ υδροληψία



ΓΚΟΥΡΑΣ κατασκευή υδροληψίας

### 2.3 Το σύστημα προσαγωγής

Το βασικό τεχνικό έργο του συστήματος προσαγωγής είναι ο αγωγός, μέσω του οποίου μεταφέρεται η παροχή στο στρόβιλο. Το υλικό κατασκευής και οι διαστάσεις του αγωγού επιλέγονται με τεχνοοικονομικά κριτήρια, επιδιώκεται δηλαδή η βέλτιστη οικονομικά λύση που πληροί συγκεκριμένα τεχνικά κριτήρια σχεδιασμού. Η όδευση του αγωγού εξαρτάται από τη θέση της δεξαμενής φόρτισης και του σταθμού παραγωγής, την υφιστάμενη τοπογραφία και τις γεωλογικές συνθήκες της περιοχής. Το μήκος του μπορεί να είναι από μερικές εκατοντάδες μέτρα έως μερικά χιλιόμετρα.

Τα συνήθη υλικά που χρησιμοποιούνται είναι ο χάλυβας, συνθετικά υλικά (PVC, GRP), οπλισμένο ή άοπλο σκυρόδεμα (σήραγγες) και, σπανιότερα, ξύλο. Η επιλογή του κατάλληλου υλικού σχετίζεται με τις επιτόπου συνθήκες εγκατάστασης, τις αναμενόμενες καταπονήσεις και τα διατιθέμενα μέσα και κατασκευαστικές δυνατότητες. Βασικά κριτήρια για την επιλογή διαμέτρου είναι ο περιορισμός των υδραυλικών απωλειών και του κόστους, καθώς και η διατήρηση της ταχύτητας σε συγκεκριμένα επίπεδα<sup>1</sup> (1~5 m/s). Προκειμένου να μειωθεί το κόστος μεταφοράς συχνά επιλέγονται δύο ή τρεις διαφορετικές κατηγορίες διαμέτρου και οι μικρότεροι σωλήνες τοποθετούνται μέσα στους μεγαλύτερους κατά τη μεταφορά (nesting).

Η εγκατάσταση του αγωγού μπορεί να είναι υπόγεια ή επιφανειακή, με πιο συνηθισμένη την πρώτη. Ο αγωγός τοποθετείται συνήθως σε σκάμμα και επανεπιχώνεται, τόσο για περιβαλλοντικούς λόγους, όσο και για προστασία από φυσική ή ανθρωπογενή φθορά. Παράλληλα στον αγωγό προσαγωγής τοποθετούνται και οι απαραίτητες καλωδιώσεις

για τον τηλεέλεγχο των θυροφραγμάτων της υδροληψίας από το σταθμό παραγωγής.

Απαραίτητα συνοδευτικά τεχνικά έργα του αγωγού είναι οι εξαεριστικές βαλβίδες και οι βαλβίδες εκκένωσης φερτών, στα ψηλά και χαμηλά σημεία της χάραξης αντίστοιχα και το σύστημα αντιπληγματικής προστασίας, εφόσον είναι απαραίτητο. Σε συνθήκες απότομης εκκίνησης ή παύσης της λειτουργίας (απόρριψη φορτίου) μπορεί να αναπτυχθούν στον αγωγό υποπίεσεις ή υπερπίεσεις πολλαπλάσιες της στατικής, λόγω μεταβατικών δυναμικών φαινομένων που συνοψίζονται στον όρο υδραυλικό πλήγμα. Η ένταση του πλήγματος, που μπορεί να είναι καταστρεπτικό, εξαρτάται από τον τύπο στροβίλου, το μήκος, τη διατομή και το υλικό του αγωγού και τις συνθήκες εκκίνησης και παύσης. Οι συνήθεις κατασκευές περιορισμού του πλήγματος είναι οι βαλβίδες ανακούφισης, οι δεξαμενές και οι πύργοι ανάπλασης.

Οι μεγάλες πιέσεις που αναπτύσσονται στον αγωγό, συμπεριλαμβανομένων των υπερπίεσεων λόγω πλήγματος, έχουν σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη σημαντικών ωστικών δυνάμεων (thrust forces) στις θέσεις όπου υπάρχουν γωνίες ή αλλαγές διαμέτρου. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η ευστάθεια του αγωγού και, εφόσον είναι αυτοφερόμενος, να περιοριστούν οι τάσεις στα τοιχώματα, κατασκευάζονται σώματα αγκύρωσης (thrust blocks) από σκυρόδεμα με τα οποία μεταφέρονται οι ωθήσεις στο έδαφος. Οι διαστάσεις των σωμάτων αγκύρωσης εξαρτώνται από την εσωτερική πίεση σχεδιασμού, τη διάμετρο του αγωγού και τις υφιστάμενες εδαφικές συνθήκες.

## 2.4 Ο σταθμός παραγωγής

Ο σταθμός παραγωγής είναι ο χώρος όπου τερματίζει το σύστημα προσαγωγής και εγκαθίσταται ο ηλεκτρομηχανολογικός (Η/Μ) εξοπλισμός, δηλαδή οι στρόβιλοι, οι γεννήτριες, οι μετασχηματιστές και ο εξοπλισμός παρακολούθησης και ελέγχου του έργου. Ο τύπος και το πλήθος των στροβίλων επιλέγεται ανάλογα με τα μεγέθη σχεδιασμού (παροχή, ύψος πτώσης) και το βέλτιστο σενάριο λειτουργίας του σταθμού. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι στροβίλων είναι οι Francis, Kaplan, Pelton και Turgo. Από αυτούς οι δύο πρώτοι χρησιμοποιούνται κυρίως για μικρά και μεσαία ύψη πτώσης και μεγάλες παροχές, ενώ οι δύο τελευταίοι για μεγάλα ύψη πτώσης και έχουν μεγάλο εύρος παροχών λειτουργίας.

Η διάταξη του σταθμού παραγωγής εξαρτάται από την υφιστάμενη τοπογραφία, τις συνθήκες ροής του φυσικού υδατορεύματος και τον τύπο του Η/Μ εξοπλισμού. Η χωροθέτηση του εξοπλισμού είναι διαφορετική για στρόβιλο οριζοντίου, κατακόρυφου και διαγώνιου άξονα. Ο σταθμός παραγωγής μπορεί να είναι υπόγειος ή επιφανειακός. Στη

δεύτερη περίπτωση ο όγκος και η χωροθέτηση του σταθμού υπόκεινται στους όρους δόμησης της περιοχής και πρέπει να τηρούνται συγκεκριμένες αποστάσεις από τα όρια του οικοπέδου και την οριογραμμή του υδατορεύματος.

Μετά την έξοδο από το στρόβιλο το νερό αποδίδεται στη φυσική ροή του υδατορεύματος μέσω της διώρυγας φυγής (outlet channel). Η διώρυγα φυγής είναι σχεδιασμένη ώστε να διατηρούνται ομαλές συνθήκες ελεύθερης ροής και να αποφεύγεται το φαινόμενο της σπηλαίωσης, όταν πρόκειται για στροβίλους αντίδρασης (Kaplan, Francis).

## 2.5 Είδη στροβίλων κατάλληλοι για ΜΥΗΕ

Οι περισσότεροι υφιστάμενοι υδροστροβίλοι μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες ως εξής:

- Τύπου Kaplan και έλικας (propeller)
- Τύπου Francis
- Τύπου Pelton και άλλοι υδροστροβίλοι ώσης.

Οι στροβίλοι τύπου Kaplan και τύπου έλικας είναι στροβίλοι αντίδρασης αξονικής ροής που γενικά χρησιμοποιούνται για μικρά ύψη πτώσης (συνήθως κάτω από 16m). Ο στρόβιλος Kaplan έχει ρυθμιζόμενα πτερύγια δρομέα και μπορεί να διαθέτει ή όχι ρυθμιζόμενα οδηγία πτερύγια. Εάν είναι ρυθμιζόμενα και τα πτερύγια του δρομέα και τα οδηγία ο στρόβιλος αναφέρεται ως «διπλής ρύθμισης», ενώ εάν είναι σταθερά τα οδηγία πτερύγια τότε λέγεται «μονής ρύθμισης».

Στην συμβατική του έκδοση ο Kaplan έχει ένα σπειροειδές περίβλημα (είτε από χάλυβα είτε από σιδηροπαγές σκυρόδεμα). Η ροή εισάγεται ακτινικά προς το εσωτερικό και εκτελεί μια στροφή ορθής γωνίας προτού εισέλθει στον δρομέα με αξονική κατεύθυνση. Όταν ο δρομέας έχει σταθερά πτερύγια, ο στρόβιλος είναι γνωστός ως τύπου έλικας. Οι στροβίλοι τύπου έλικας μπορούν να έχουν κινητά ή σταθερά πτερύγια. Οι μη ρυθμιζόμενοι στροβίλοι τύπου έλικας χρησιμοποιούνται μόνο όταν τόσο η ροή όσο και το ύψος πτώσης παραμένουν πρακτικώς σταθερά.

Από τους στροβίλους τύπου έλικας και Kaplan έχουν προκύψει οι βολβοειδείς και οι σωληνωτές μονάδες, όπου η ροή εισέρχεται και εξέρχεται με ελάχιστες αλλαγές στη διεύθυνση. Στον βολβοειδή στρόβιλο ο πολλαπλασιαστής και η γεννήτρια εγκλείονται μέσα σε ένα βολβό βυθισμένο στη ροή. Οι σωληνωτοί στροβίλοι επιτρέπουν ποικίλες διαρρυθμίσεις, όπως τη μετάδοση κίνησης υπό ορθή γωνία, στροβίλους Straflo με αγωγούς σχήματος S, γεννήτριες με ιμαντοκίνηση, κλπ. Τα συστήματα μετάδοσης κίνησης υπό ορθή

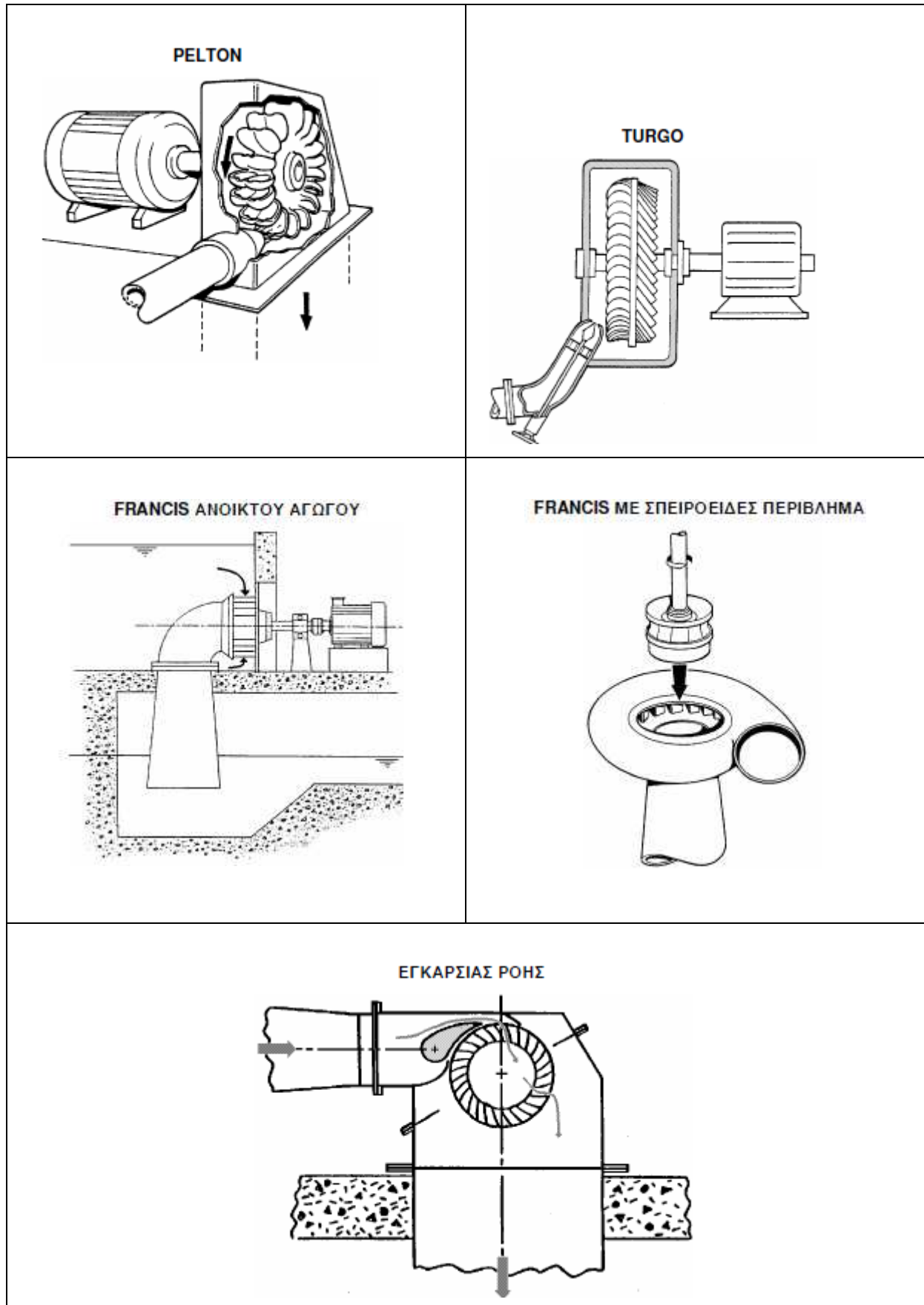
γωνία αποτελούν μια πολύ ελκυστική λύση, αλλά κατασκευάζονται μόνο μέχρι ένα μέγιστο όριο της τάξης των 2 MW.

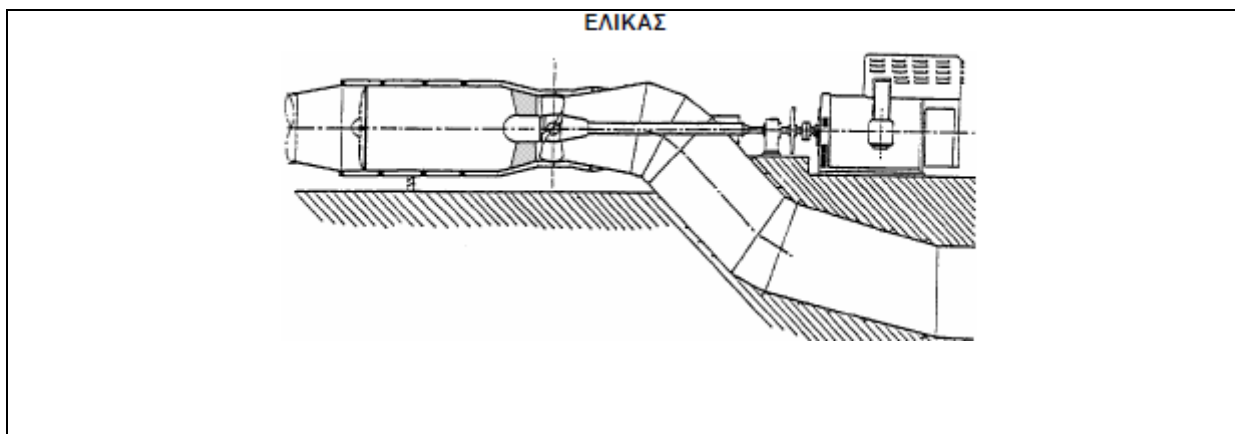
Οι στρόβιλοι Francis είναι στρόβιλοι αντίδρασης ακτινικής ροής, με σταθερά πτερύγια δρομέα και ρυθμιζόμενα οδηγία πτερύγια, που χρησιμοποιούνται για μεσαία ύψη πτώσης. Ο δρομέας αποτελείται από κάδους που διαμορφώνονται από σύνθετες καμπύλες. Ένας στρόβιλος Francis περιλαμβάνει συνήθως ένα χυτοσίδηρο ή χαλύβδινο σπειροειδές περίβλημα για τη διανομή του νερού γύρω από ολόκληρη την περίμετρο του δρομέα και αρκετές σειρές πτερυγίων που καθοδηγούν και ρυθμίζουν την ροή του νερού προς το δρομέα. Στην Εικόνα 6 δίνεται η σχηματική παράσταση του στρόβιλου αυτού του τύπου.

Οι στρόβιλοι Pelton είναι στρόβιλοι ώσης με μία ή πολλαπλές δέσμες, καθεμιά από τις οποίες εκρέει μέσα από ένα ακροφύσιο με μια βελονοβαλβίδα για τον έλεγχο της ροής. Αυτοί χρησιμοποιούνται για μεσαία και μεγάλα ύψη πτώσης. Στην Εικόνα 6 απεικονίζεται ένα κατακόρυφος στρόβιλος Pelton και ο άξονας των ακροφυσίων που κείνται στο ίδιο επίπεδο με τον δρομέα. Ορισμένοι κατασκευαστές έχουν αναπτύξει ειδικούς τύπους αυτών των μηχανών, με περιορισμένο εύρος παροχής και ισχύος, οι οποίοι όμως μπορεί να είναι συμφέροντες υπό ορισμένες συνθήκες.

Ο στρόβιλος εγκάρσιας ροής συχνά καλούμενος ως στρόβιλος Ossberger από την ομώνυμη εταιρία που τον κατασκευάζει για παραπάνω από 50 χρόνια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ευρύ φάσμα υψών πτώσης επικαλύπτοντας αυτά των στρόβιλων Kaplan, Francis και Pelton. Είναι ιδιαίτερα κατάλληλος για ένα ρεύμα με μεγάλη παροχή και μικρό ύψος πτώσης.

Ο στρόβιλος Turgo μπορεί να λειτουργήσει σε ύψη πτώσης από 30 έως 300 m. Είναι στρόβιλος ώσης όπως και ο Pelton αλλά οι κάδοι του διαμορφώνονται διαφορετικά και η δέσμη του νερού προσπίπτει στο επίπεδο του δρομέα υπό γωνία  $20^{\circ}$ . Το νερό εισέρχεται στον δρομέα από τη μια πλευρά του δίσκου του και εξέρχεται από την άλλη. Η μεγαλύτερη ταχύτητα του δρομέα του Turgo, λόγω της μικρότερης διαμέτρου του σε σύγκριση με τους άλλους τύπους καθιστά πιο πιθανή την άμεση σύζευξη του στρόβιλου και της γεννήτριας. Ένας στρόβιλος Turgo μπορεί να είναι κατάλληλος σε μεσαία ύψη πτώσης, όπου διαφορετικά θα χρησιμοποιούνταν στρόβιλος Francis. Πάντως σε αντίθεση με έναν Pelton το νερό που ρέει μέσω του δρομέα παράγει μια αξονική δύναμη με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η εγκατάσταση ενός ωστικού εδράνου στον άξονα του.





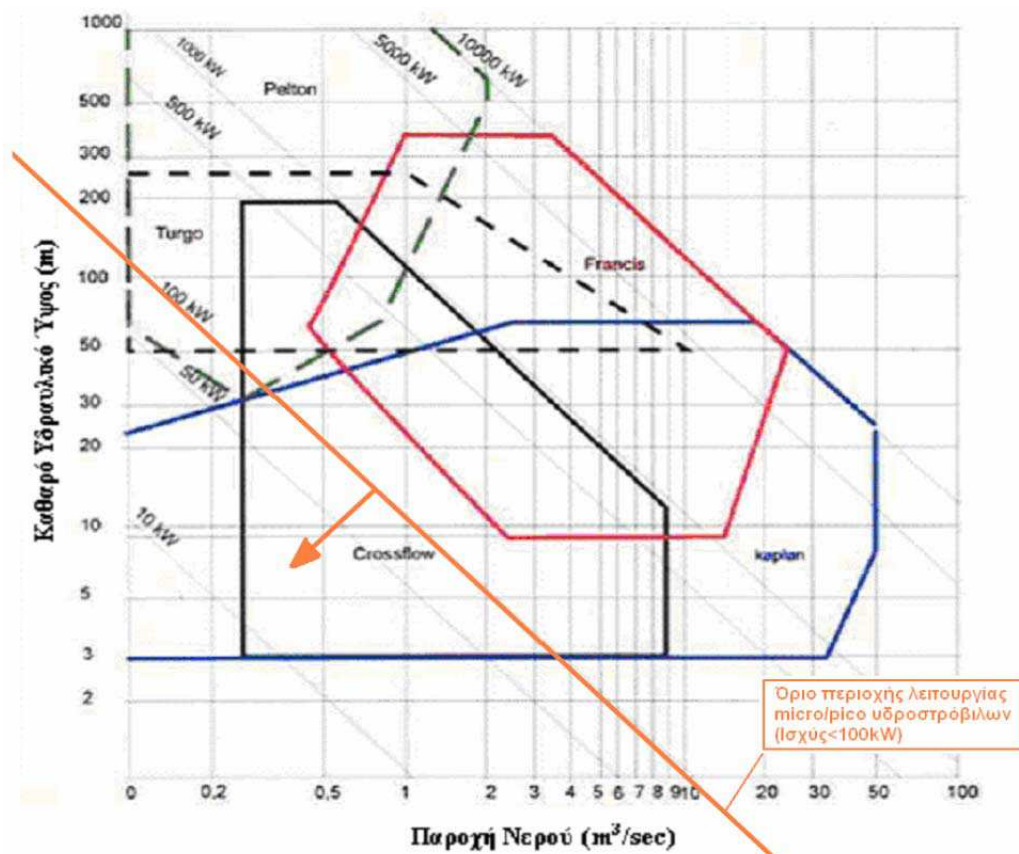
Εικόνα 6 Σχηματικές αναπαραστάσεις των κυρίων τύπων υδροστροβίλων

### 2.5.1 Κριτήρια επιλογής στροβίλου

Ο τύπος, η γεωμετρία και οι διαστάσεις του στροβίλου καθορίζονται κατά κύριο λόγο από τα ακόλουθα κριτήρια:

- ✓ Το καθαρό ύψος πτώσης
- ✓ Το εύρος των παροχών του νερού που διέρχεται από τον στρόβιλο
- ✓ Την ταχύτητα περιστροφής
- ✓ Προβλήματα σπηλαιώσης
- ✓ Το κόστος





Διάγραμμα 5 Εύρος λειτουργίας των διαφόρων τύπων των στροβίλων

Στο Διάγραμμα 5 Εύρος λειτουργίας των διαφόρων τύπων των στροβίλων παρουσιάζεται το εύρος λειτουργίας των διαφόρων τύπων υδροστροβίλων σε συνάρτηση με το ύψος πτώσης και την παροχή. Το ύψος πτώσης από μόνο του αποτελεί το πρώτο κριτήριο για την επιλογή του κατάλληλου τύπου στροβίλου. Ο επόμενος πίνακας δείχνει το εύρος του κατάλληλου ύψους πτώσης για τους διάφορους τύπους στροβίλων.

Τύποι στροβίλων	Εύρος ύψους πτώσης (σε m)
Karlan και έλικας	$2 < H < 15$
Francis	$4 < H < 100$
Pelton	$30 < H < 1000$
Εγκάρσιας ροής	$1 < H < 150$
Turgo	$50 < H < 250$

Πίνακας 1 :Εύρος υψών πτώσης

Για το ίδιο καθαρό ύψος πτώσης, είναι δυσκολότερη η κατασκευή ορισμένων στροβίλων από ότι άλλων, συνεπώς είναι και ακριβότεροι. Για παράδειγμα, στα μικρά ύψη πτώσης, ένας στροβίλος τύπου έλικας είναι φθηνότερος από ένα στροβίλο Kaplan που έχει σχεδιασθεί για την ίδια ονομαστική παροχή. Σε ένα σύστημα μέσου ύψους πτώσης, ένας στροβίλος

εγκάρσια ροής θα είναι φθηνότερος από ένα τύπου Francis, του οποίου ο δρομέας είναι πιο περίπλοκος όμως η απόδοση του υψηλότερη. Όσον αφορά στην παροχή πρέπει να υπενθυμισθεί ότι οι στρόβιλοι δεν μπορούν να λειτουργούν από μηδενική ροή μέχρι την ονομαστική παροχή τους.

### 2.5.2 Αποδοτικότητα του υδροστροβίλου

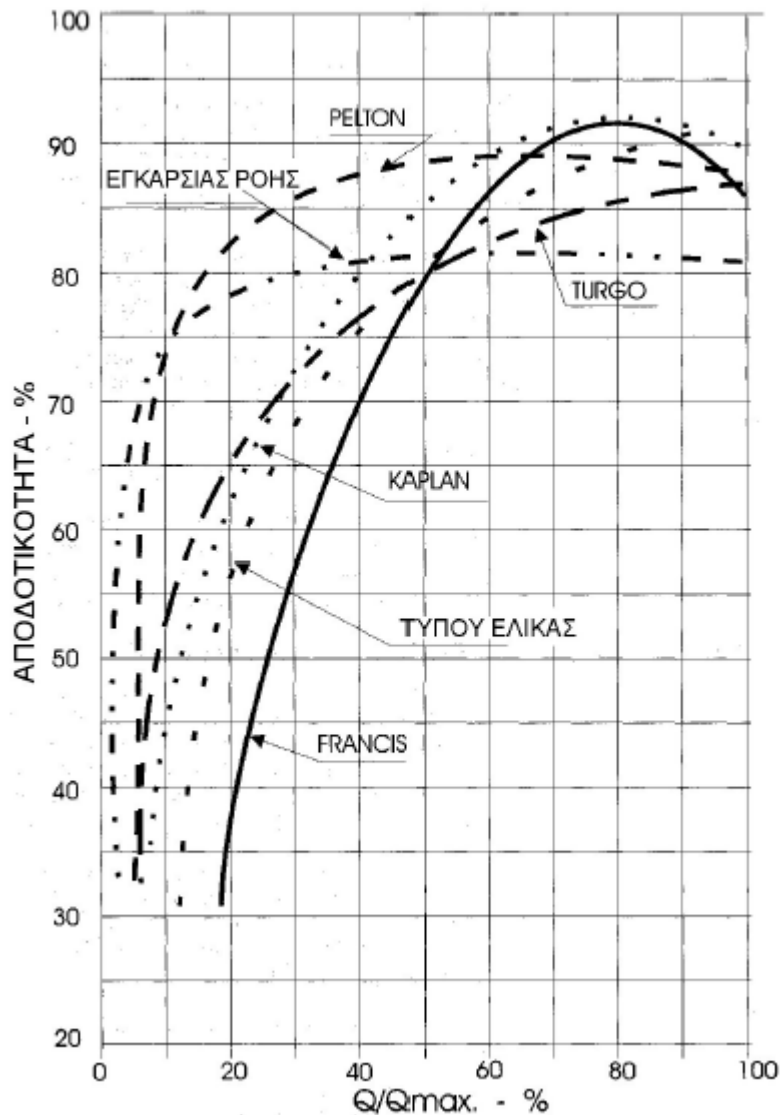
Ως αποδοτικότητα ενός υδροστροβίλου ορίζεται ο λόγος της ισχύος που παρέχει ο στρόβιλος (μηχανική ισχύς μεταδιδόμενη από τον άξονα του στροβίλου) προς την απορροφούμενη ισχύ (υδραυλική ισχύς η οποία ισοδυναμεί με την μετρούμενη παροχή υδάτων βάσει του καθαρού ύψους πτώσης). Για τον υπολογισμό της συνολικής αποδοτικότητας του συστήματος, η αποδοτικότητα του στροβίλου πολλαπλασιάζεται με αυτές του πολλαπλασιαστή στροφών (εάν χρησιμοποιείται) και της ηλεκτρογεννήτριας.

Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 6, η αποδοτικότητα μειώνεται ραγδαία κάτω από ένα συγκεκριμένο ποσοστό της ονομαστικής παροχής. Ο υδροστρόβιλος προορίζεται από κατασκευής του να λειτουργεί στο ή κοντά στο σημείο της καλύτερης απόδοσης του, συνήθως στο 80% της μέγιστης παροχής. Καθώς η ροή αποκλίνει από αυτήν τη συγκεκριμένη τιμή, αποκλίνει και η υδραυλική αποδοτικότητα του στροβίλου.

Το εύρος των παροχών που θα πρέπει να χρησιμοποιούνται, και συνακόλουθα η παραγόμενη ενέργεια, διαφέρει εάν:

- η μονάδα θα πρέπει να παρέχει ηλεκτρισμό σε ένα μικρό δίκτυο ή
- η μονάδα προορίζεται για σύνδεση με ένα μεγάλο δίκτυο διανομής.

Στην πρώτη περίπτωση, θα πρέπει να επιλεγεί μια παροχή που να επιτρέπει την παραγωγή ηλεκτρισμού καθ' όλο το έτος. Στην δεύτερη περίπτωση, η ονομαστική παροχή θα πρέπει να επιλεγεί έτσι ώστε να μεγιστοποιούνται τα καθαρά έσοδα από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας.



Διάγραμμα 6 Αποδοτικότητες υπό μερικές παροχές διαφόρων τύπων υδροστροβίλων

Οι στρόβιλοι Καρλάν και Πελτον διπλής ρύθμισης λειτουργούν ικανοποιητικά σε ένα ευρύ φάσμα ροών (πάνω από το ένα πέμπτο της ονομαστικής παροχής). Οι στρόβιλοι Καρλάν μονής ρύθμισης έχουν αποδεκτή αποδοτικότητα πάνω από το ένα τρίτο και οι στρόβιλοι Francis από το ήμισυ της ονομαστικής παροχής. Κάτω του 40% της ονομαστικής παροχής, οι στρόβιλοι Francis μπορεί να παρουσιάσουν αστάθεια που οδηγεί σε κραδασμούς ή μηχανικές δονήσεις. Οι στρόβιλοι τύπου έλικας με σταθερά πτερύγια μπορούν να λειτουργήσουν ικανοποιητικά μόνο σε ένα περιορισμένο εύρος κοντά στην ονομαστική παροχή. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η αποδοτικότητα των στροβίλων έλικας μονής ρύθμισης είναι εν γένει καλύτερη από αυτή των μηχανών με ρυθμιζόμενο δρομέα.

### 3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα των ΜΥΗΕ και επιπτώσεις στο Περιβάλλον

#### 3.1 Θετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ΜΥΗΕ

Η συμβατική παραγωγή ενέργειας επηρεάζει το περιβάλλον προκαλώντας επιπτώσεις σε όλες σχεδόν τις παραμέτρους του όπως είναι ο αέρας, η θάλασσα, το τοπίο και γενικά συντελεί στην επιδείνωση των κλιματικών αλλαγών του πλανήτη μας. Η χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) όπως είναι οι ΜΥΗΕ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, υποκαθιστώντας τη χρήση των συμβατικών μορφών ενέργειας, προσφέρει πολλά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα (Πίνακας 2) και κυρίως:

- Δεν εκπέμπονται αέριοι ρύποι (π.χ. CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) που συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, όπως συμβαίνει κατά τη χρήση των συμβατικών καυσίμων.
- Δεν καταναλώνονται φυσικοί πόροι, όπως τα ορυκτά καύσιμα.
- Με προσεκτικές παρεμβάσεις των κατασκευαστών ΜΥΗΕ μπορούν να δημιουργηθούν νέοι τεχνητοί υδροβιότοποι.

Δείκτης	ΜΥΗΕ
CO <sub>2</sub> μείωση εκπομπών (t/έτος/MW)	3.200
SO <sub>2</sub> μείωση εκπομπών (t/έτος/MW)	20
Υποκατάσταση συμβατικών καυσίμων (t/έτος/MW)	280
Βαθμοί απόδοσης (%)	75-80
Οικονομικός χρόνος ζωής (έτη)	15-20
Χρόνος ζωής σχεδιασμού (έτη)	10-50
Παράγωγή ηλ. Ενέργειας (€/kWh)	0,05-0,15
Κόστος επένδυσης (€/kWh)	600-2000
Εξωτερικό κόστος (€/kWh)	0,03-1,0

Πίνακας 2 Περιβαλλοντικοί, τεχνικοί, οικονομικοί και κοινωνικοί δείκτες των ΜΥΗΕ πηγή E.C, Scientific and technological references. Energy Technology Indicators, DG RTD, (<http://www.cordis.lu/eesd/scr/indicators.htm>), September 2002.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, εστιασμένες σε δώδεκα μεγάλες κατηγορίες επιπτώσεων, που αφορούν κυρίως στην διαχείριση φυσικών πόρων, τις εκπομπές των αέριων ρύπων και διαχείριση των υγρών και στερεών αποβλήτων, από τις συμβατικές μορφές ενέργειας, είναι πολλές φορές μεγαλύτερες από αυτές των ΑΠΕ και συγκεκριμένα όσον αφορά τις

περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την παραγωγή 1 kWh ηλεκτρικής ενέργειας από ένα ΥΗΣ ισοδύναμης ισχύος. Αυτές είναι:

- 300 φορές μικρότερες από ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση λιγνίτη.
- 250 φορές μικρότερες από ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση πετρελαίου.
- 125 φορές μικρότερες από ένα πυρηνικό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- 50 φορές μικρότερες από ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση φυσικού αερίου.

Στα παραπάνω περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των ΜΥΗΣ, έρχονται να προστεθούν και αρκετά τεχνικοοικονομικά και κοινωνικά οφέλη από την χρήση τους όπως :

- Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις ζητηθεί επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια, σε αντίθεση με τους θερμικούς σταθμούς.
- Πολύ υψηλή απόδοση (>90%).
- Μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Άριστη διαχρονική συμπεριφορά.
- Μικρό κόστος λειτουργίας και συντήρησης.
- Δυνατότητα χρήσης του νερού για άρδευση-ύδρευση και για άλλες χρήσεις όπως αναψυχή.
- Εκμετάλλευση εγχώριων ανανεώσιμων φυσικών πόρων, γεγονός που απαιτείται για την ικανοποίηση της απαίτησης της Πράσινης Βίβλου της Ε.Ε. (Οδηγία ΕΕ/2001/77), η οποία υποχρεώνει τα κράτη - μέλη να έχουν παραγωγή από ΑΠΕ σε ποσοστό 20,1 % μέχρι το 2010 (από 8,6 % που ήταν το 1997).
- Αποτελούν κομβικό σημείο συνάντησης πολλών επιστημονικών περιοχών όπως η μηχανική, η μετεωρολογία, η γεωλογία, η φυσική, η χημεία, η γεωγραφία, η βιολογία κ.ά.
- Συμβάλλουν σημαντικά στην εκτέλεση περιφερειακών έργων, στη διάνοιξη καινούργιων δρόμων, στην ανάπτυξη δικτύων, στην οικιστική, βιομηχανική ανάπτυξη και εξασφαλίζουν νέες θέσεις εργασίας.

Συνοψίζοντας, αξίζει να αναφερθεί το εξής αριθμητικό παράδειγμα: ένα μικρό υδροηλεκτρικό εργοστάσιο με παραγόμενη ισχύ 5 MW ετησίως υποκαθιστά 1.376 ΤΠΠ (Τόνος Ισοδύναμου Πετρελαίου), μειώνει αντίστοιχα κατά 16.000 t / έτος τις εκπομπές του CO<sub>2</sub>, παράγει την ετήσια ηλεκτρική ενέργεια για 5.300 οικογένειες, δημιουργεί εργασία για 23 άτομα κατά την κατασκευή του και για 15 άτομα περίπου κατά τη λειτουργία του.

### 3.2 Ενδεχόμενες αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από ΜΥΗΣ.

Η παράθεση των προαναφερθέντων πλεονεκτημάτων δεν συνεπάγεται ότι οι ΜΥΗΣ έχουν ασήμαντες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επιπλέον, ο όρος «μικρό» αναφέρεται στο μέγεθος της παραγόμενης ενέργειας και όχι στο μέγεθος των ενδεχόμενων περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων, οι οποίες εξαρτώνται κυρίως από τα ειδικά χαρακτηριστικά του έργου και του χώρου στον οποίο θα κατασκευαστεί.

Με βάση όλες τις πιο πάνω παρατηρήσεις μπορούμε να αναλύσουμε τις ενδεχόμενες περιβαλλοντικές επιπτώσεις των διαφόρων ΜΥΗΣ ανά παράμετρο του περιβάλλοντος, θεωρώντας τη δυσμενέστερη πάντα περίπτωση :

#### Έδαφος

Όταν η κατασκευή ΜΥΗΣ συνδυάζεται και με τη κατασκευή υδροταμιευτήρα, ισχύουν τα εξής

- Με τη δημιουργία του φράγματος και των λοιπών συνοδευτικών έργων κατακλύζονται εκτάσεις γης (συνήθως γεωργικές) και έτσι μεταβάλλονται οι χρήσεις γης της περιοχής
- Παρατηρείται σημαντική ποιοτική μεταβολή, όπου μια χερσαία έκταση και ένας ποτάμιος υγρότοπος μετατρέπονται σε λιμναίο βιότοπο, ενώ το προηγούμενο φυσικό περιβάλλον μετατρέπεται κατά μεγάλο ποσοστό σε ανθρωπογενές.
- Αναμένεται πιθανή αλλοίωση του εδάφους από τη διάνοιξη δανειοθάλαμου για την απόληψη υλικών.
- Μεταβολή στη μορφολογία του εδάφους από την κατασκευή τόσο του ορύγματος του ταμιευτήρα όσο και του ίδιου του φράγματος καθώς και αλλοίωση του ανάγλυφου από την κατασκευή της λίμνης και των υπόλοιπων οικοδομικών έργων.
- Κατά την πλήρωση του ταμιευτήρα μπορεί να προκληθούν κάποιες σεισμικές δραστηριότητες ή κατολισθήσεις, ενώ από την άνοδο του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα στην περιοχή του ταμιευτήρα μπορούν να προκληθούν στατικά προβλήματα.

Όταν δεν κατασκευάζεται υδροταμιευτήρας, τότε επίσης αναμένεται

- Αλλοίωση του εδάφους από την κατασκευή πιθανού αποθεσιοθάλαμου για την επακόλουθη απόθεση των υλικών που θα προκύψουν από την κατασκευή του ορύγματος που θα δημιουργηθεί από τον αγωγό μεταφοράς και πτώσης του νερού καθώς και από όλα τα υπόλοιπα βοηθητικά κατασκευαστικά έργα.
- Μεταβολή της μορφολογίας του εδάφους από τις προαναφερθείσες κατασκευές.

#### Νερό

(i) ποσότητα

Όταν η κατασκευή ΜΥΗΣ συνδυάζεται και με τη κατασκευή υδροταμιευτήρα, ισχύουν τα εξής

- Μεταβολή της ποσότητας του νερού στα κατάντη του φράγματος με εναλλαγές περιόδων ξηρασίας και πλημμυρών.
- Επιβράδυνση της ροής του ποταμού στο φράγμα και επιτάχυνση της ροής του κατάντη του φράγματος.
- Έντονες αυξομειώσεις της στάθμης του ταμιευτήρα, διαφορετικές από αυτές που σημειώνονται σε μια φυσική λίμνη.
- Μεταβολές στον υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής .

Οι δύο πρώτες επιπτώσεις ισχύουν με κάποιες μικρές τροποποιήσεις και στην περίπτωση που δεν κατασκευάζεται υδροταμιευτήρας συνοδευτικά με την κατασκευή του ΜΥΗΣ.

(ii) ποιότητα

- Το νερό που υπερχειλίζει από το φράγμα είναι «φτωχό» σε φερτές ύλες λόγω της κατακράτησης των υλών αυτών στο φράγμα, με αποτέλεσμα τη διάβρωση της παλιάς κοίτης του ποταμού.
- Στην περίπτωση μη αποψίλωσης της βλάστησης μέσα από το χώρο που κατακλύζεται, παρατηρείται μείωση του οξυγόνου στο νερό λόγω βιοαποδόμησης των οργανικών και έκλυση μεθανίου εξαιτίας της συνεπακόλουθης δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών στον πυθμένα.
- Τα αναπτυσσόμενα αναερόβια βακτήρια μπορούν να μετατρέψουν τον αβλαβή ανόργανο υδράργυρο, που προϋπάρχει στο έδαφος, σε μεθυλδράργυρο που είναι τοξικός και βιοσυσσωρεύσιμος καθώς μέσω της τροφικής αλυσίδας μπορεί να μεταβιβαστεί τελικά και στους ανώτερους οργανισμούς.
- Επίσης, μπορεί να παρατηρηθεί μείωση του διαλυμένου οξυγόνου και αλλαγή στη θερμοκρασία του νερού, όπου το νερό της λίμνης στα ανώτερα στρώματα είναι πιο ζεστό λόγω της στασιμότητας, ενώ το πιο κρύο νερό βυθίζεται και είναι φτωχότερο σε οξυγόνο. Αυτό έχει ως συνέπεια το νερό που απελευθερώνεται στην κοίτη του ποταμού, είτε άμεσα είτε μετά το σταθμό παραγωγής, να είναι πιο κρύο και πιο ανοξικό από το φυσικό, αν προέρχεται από το κάτω στόμιο του φράγματος, και να προκαλέσει προβλήματα διαβίωσης ή ακόμα και θανάτωση της ιχθυοπανίδας, που είναι συνηθισμένη να ζει σε θερμότερο και πιο οξυγονωμένο νερό.

Το πρόβλημα είναι σαφώς τοπικό και επικεντρώνεται στην περιοχή αμέσως κατάντη του φράγματος ή του σταθμού παραγωγής. Αν πάλι το νερό προέρχεται από το πάνω στόμιο του φράγματος, τότε θα είναι πιο θερμό από το κανονικό οπότε και πάλι θα δημιουργηθεί τοπικό πρόβλημα.

- Τέλος, μπορεί να υπάρξει μείωση του pH από την αποσύνθεση της βιομάζας που υπάρχει στον ταμιευτήρα θολότητα και αιωρούμενα στερεά από την διάβρωση του πυθμένα, καθώς και πιθανή αλάτωση του νερού.

Η πρώτη επίπτωση ισχύει και στην περίπτωση που δεν κατασκευάζεται υδροταμιευτήρας συνοδευτικά με την κατασκευή του ΜΥΗΣ.

### **Πανίδα**

#### (i) ιχθυοπανίδα

- Ευνοούνται νέα είδη ιχθυοπανίδας κυρίως λιμναίας, ενώ ταυτόχρονα δημιουργείται αναταραχή με μείωση έως και εξαφάνιση της πρότερης ποτάμιας ιχθυοπανίδας. Οι λόγοι αφορούν στις αλλαγές της θερμοκρασίας του νερού και στη συγκέντρωση των διαλυμένων αερίων κατάντη, στη μεταβολή της ποσότητας και της ποιότητας του νερού καθώς στις έντονες διακυμάνσεις της στάθμης του νερού.
- Εξαφανίζονται ή μειώνονται αισθητά τα ψάρια κατάντη του φράγματος εξαιτίας της εκεί μικρής παροχής του νερού.
- Μεγάλο πρόβλημα δημιουργείται σε όλα τα είδη των μεταναστευτικών ψαριών, τα ανάδρομα (π.χ. σολομός), τα κατάδρομα (π.χ. χέλι), τα αμφίδρομα (π.χ. κάποια είδη κεφάλων) και τα ποταμοδρομικά. Τα μεταναστευτικά ψάρια απαιτούν διαφορετικό περιβάλλον στις βασικές φάσεις της ζωής.

Ο κύκλος ζωής τους πραγματοποιείται εν μέρει στο γλυκό νερό και εν μέρει στο αλμυρό νερό της θάλασσας. Το φράγμα και η δεξαμενή αποτελούν εμπόδιο για τη μετανάστευση των ψαριών είτε στα ανάντη είτε στα κατάντη.

Το εμπόδιο, που συναντούν τα ψάρια κατά το ταξίδι της μετανάστευσης τους, είναι πιθανό: α) να τα οδηγήσει στους στροβίλους του σταθμού παραγωγής με αποτέλεσμα τη διαταραχή τους, τον τραυματισμό τους ή και τη θανάτωσή τους, μιας και οι μηχανισμοί τραυματισμού των ψαριών μέσα σε μια τουρμπίνα, μπορεί να είναι: οι αλλαγές πιέσεων, ο στροβιλισμός, το χτύπημά τους στα μηχανικά μέρη της τουρμπίνας και ο τεμαχισμός τους ανάμεσα στα κενά και τα κινητά μέρη της τουρμπίνας, ή β) να τα καθυστερήσει, με αποτέλεσμα να συσσωρευτούν πίσω από το φράγμα, να παραμείνουν σε ακατάλληλες θερμοκές ζώνες στο βαθύτερο στρώμα του νερού και να πέσουν εύκολο θύμα παράνομης αλιείας ή θύματα άλλων ειδών ιχθυοπανίδας ή αρπακτικών ζώων.

#### (ii) λοιπή πανίδα

- Ευνοούνται από την ύπαρξη του ταμιευτήρα κάποια είδη ορνιθοπανίδας, ερπετών και θηλαστικών κυρίως αρπακτικών.
- Από το ίδιο το φράγμα ή και τον ταμιευτήρα αποκόπτονται κάποια είδη ζώων κυρίως θηλαστικών και δυσκολεύουν οι μετακινήσεις και οι μεταναστεύσεις τους.



### **Οικοσυστήματα-Χλωρίδα-Βλάστηση**

- Με την κατασκευή του φράγματος και την κατάκλιση του ταμιευτήρα χάνεται όλο το χερσαίο οικοσύστημα. Αλλοιώνεται έτσι το ποτάμιο και παραποτάμιο οικοσύστημα, ανάντη και κατάντη του φράγματος, ενώ ταυτόχρονα αντικαθίσταται με μια ομοιόμορφη δεξαμενή, με έντονες και αφύσικες διακυμάνσεις της στάθμης με πιθανό αποτέλεσμα την απώλεια ενός μέρους της φυσικής παρόχθιας βλάστησης και πανίδας. Είναι δυνατόν, επίσης, να επέλθουν ολέθριες υποβιβάσεις ακτών, με προβλήματα τόσο στην αλιεία, όσο και στα υδρόβια πουλιά.
- Με την κατασκευή του φράγματος συγκρατείται πίσω του όλο το φορτίο των φερτών ιζημάτων που μετέφερε το νερό του ποταμού με αποτέλεσμα να μην μεταφέρεται το φορτίο αυτό στα κατάντη και να αλλοιώνεται έτσι το εκεί περιβάλλον, κυρίως στο στόμιο της εκβολής (δέλτα) του ποταμού ή ακόμα και αρκετά μέτρα πιο μακριά στις γειτονικές ακτές. Επιβεβαιώνεται έτσι αυτό που υποστηρίζουν πολλοί ότι τα «φράγματα δεν παγιδεύουν μόνο το νερό των ποταμών αλλά και το περιεχόμενό τους».
- Η εναλλαγή περιόδων ξηρασίας ή πλημμυρών μπορεί να επιφέρει τη διάβρωση του εδάφους και την εξαφάνιση της βλάστησης, παρόχθιας ή μη.

Η τελευταία επίπτωση ισχύει και στην περίπτωση που δεν κατασκευάζεται υδροταμιευτήρας συνοδευτικά με την κατασκευή του ΜΥΗΣ.

### **Τοπίο**

- Παρατηρείται σημαντική σημειακή αλλαγή και τομή του τοπίου, όπου από φυσικό τοπίο μετατρέπεται σε κάποια σημεία του σε ανθρωπογενές. Το διαμήκες, δαιδαλώδες και άγριο ποτάμιο τοπίο, μετατρέπεται σε λιμναίο, συνήθως ήπιο και ομαλό. Τα δάση και η όποια βλάστηση προϋπάρχει, δίνουν τη θέση τους στη λίμνη, σε διώρυγες, κανάλια και στο σταθμό παραγωγής, σε νέους δρόμους πρόσβασης καθώς και σε νέα δίκτυα κοινής ωφέλειας.
- Με τη μειωμένη ροή του νερού στα κατάντη του φράγματος και με την πολλές φορές διαβρωμένη κοίτη του ποταμού αλλοιώνεται σημαντικά το τοπίο μέχρι και το σημείο της εκβολής του.

Η τελευταία επίπτωση ισχύει και στην περίπτωση που δεν κατασκευάζεται υδροταμιευτήρας συνοδευτικά με την κατασκευή του ΜΥΗΣ.

### **Μικροκλίμα**

- Η κατασκευή ταμιευτήρα συνεπάγεται αλλαγή του τοπικού υδρολογικού κύκλου με συνέπεια την αύξηση της υγρασίας. Είναι δε σύνηθες το φαινόμενο της πρωινής ομίχλης στη λίμνη.
- Το κλίμα γίνεται ηπιότερο καθώς παρατηρείται σχετική άνοδος της θερμοκρασίας και αλλαγή στους τοπικούς ανέμους, αφού πλέον δεν συναντούν στο πέρασμά τους έδαφος, βλάστηση, δέντρα αλλά μια επίπεδη υγρή επιφάνεια.

### **Θόρυβος**

Οι παρακάτω επιπτώσεις ισχύουν και στις δύο περιπτώσεις ΜΥΗΣ με ή χωρίς υδροταμιευτήρα.

- Σύμφωνα με τους περισσότερους κατασκευαστές οι μόνιμοι θόρυβοι των στροβίλων μέσα στο εργοστάσιο είναι συνήθως κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια, οπότε δεν αναμένεται κάποια όχληση στον περιβάλλοντα χώρο εξωτερικά του εργοστασίου.
- Απεναντίας, αναμένεται αύξηση των επιπέδων θορύβου κατά την κατασκευή του ΜΥΗΣ από την κίνηση των μηχανημάτων και των οχημάτων του εργοταξίου.

### **Αέριες Εκπομπές**

- Έχει παρατηρηθεί ότι στα υδροηλεκτρικά όπου δεν έχει απομακρυνθεί η βλάστηση στη λεκάνη του ταμιευτήρα, αυτή αποσυντίθεται προκαλώντας τη συσσώρευση και την απελευθέρωση μεθανίου, που είναι ανεπιθύμητο αέριο του θερμοκηπίου, λόγω της δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών.
- Κατά την κατασκευή του έργου αναμένονται, επίσης, κάποιες μικρές εκλύσεις αέριων ρύπων και σκόνης από τα μηχανήματα και τα οχήματα του εργοταξίου.

Η τελευταία επίπτωση ισχύει και στην περίπτωση που δεν κατασκευάζεται υδροταμιευτήρας συνοδευτικά με την κατασκευή του ΜΥΗΣ.

### **Απόβλητα**

Οι παρακάτω επιπτώσεις ισχύουν και στις δύο περιπτώσεις ΜΥΗΣ με ή χωρίς υδροταμιευτήρα.

- Στη φάση της κατασκευής του ΜΥΗΣ δημιουργούνται κάποια απόβλητα, κυρίως από εξαρτήματα, λάδια ή και από τους εργαζομένους, τα οποία όμως είναι μικρής κλίμακας όγκου.
- Από τη λειτουργία ενός ΥΗΣ δεν δημιουργούνται ιδιαίτερης επικινδυνότητας απόβλητα. Συνήθως αυτά είναι οικιακής μορφής και διατίθενται εύκολα.
- Για τη λειτουργία του στροβίλου και της γεννήτριας απαιτούνται κάποια λιπαντικά, όπως υδραυλικό έλαιο λειτουργίας, λιπαντικό για τον αξονικό τριβέα της ηλεκτρογεννήτριας και άλλα για τα οποία απαιτείται ιδιαίτερη μέριμνα για τη συλλογή και τη διαχείριση τους σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία περί διάθεσης χρησιμοποιούμενων ορυκτέλαιων (ΥΑ 72751/3054/85 και ΥΑ 98012/2001).

### **Κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις**

(i) εργασία

- Οι επιπτώσεις οφείλονται στη μετακίνηση των ανθρώπων και των κατοικιών τους, που βρίσκονται εγκατεστημένοι στις περιοχές, που κατασκευάζεται ο ταμιευτήρας και τα υπόλοιπα οικοδομικά έργα, στην αλλαγή του αντικειμένου εργασίας τους και στην απώλεια

των γεωργικών εκτάσεων που εκμεταλλεύονταν οικονομικά και πλέον κατακλύζονται από τα νερά που συγκεντρώνονται στον ταμιευτήρα. Σαφώς αλλάζουν κάποιοι παραγωγικοί τομείς δραστηριότητας των κατοίκων της περιοχής. Κάποιοι από αυτούς επωφελούνται βρίσκοντας εργασία στο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο είτε κατά την κατασκευή είτε κατά τη λειτουργία του, κάποιοι άλλοι όμως χάνουν τις γεωργικές τους εκτάσεις, που απαλλοτριώνονται και αλλάζουν εργασία.

(ii) υγεία

- Οι μεταβολές του κλίματος και κυρίως της υγρασίας μπορούν να επιφέρουν μεταβολές στην υγεία των κατοίκων της τοπικής κοινωνίας.
- Ενδεχόμενοι κίνδυνοι αναμένονται από σεισμικές δονήσεις ή και κατολισθήσεις κατά τη φάση κατασκευής και λειτουργίας του ΜΥΗΣ.
- Ενδεχόμενοι πολύ μικροί κίνδυνοι αναμένονται, επίσης, από επαφή των λιπαντικών του στροβίλου και της γεννήτριας με το νερό ή από διαρροή ελαίων του μετασχηματιστή.

### 3.3 Πλεονεκτήματα των ΜΥΗΕ

- Οι υδατοπτώσεις είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και έτσι δεν αντιμετωπίζουν ορατό κίνδυνο εξαντλήσεώς τους. όπως αντιμετωπίζεται το ενδεχόμενο αυτό για τα συμβατικά καύσιμα.
- Τα ΥΗΕ δεν έχουν απόβλητα ή κατάλοιπα, δεν μολύνουν το περιβάλλον και (ουσιαστικά) δεν αυξάνουν την θερμοκρασία του νερού των ποταμών.
- Η κατασκευή τους συνδυάζεται συχνά και με άλλες διευθετήσεις όπως άρδευση, ύδρευση, ρύθμιση πλημμύρας, αλιεία, αναψυχή, κλπ.
- Το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας δεν παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις και αντιστοιχεί ουσιαστικά στις αποσβέσεις του έργου. Το λειτουργικό κόστος των ΥΗΕ (το κόστος συντήρησης και προσωπικού ) είναι μικρό.
- Οι υδροστροβίλοι είναι στιβαρές και αξιόπιστες μηχανές που απαιτούν μικρή συντήρηση και επίβλεψη (ο προληπτικός έλεγχος γίνεται μετά από 5000 ώρες λειτουργίας περίπου) και για τον λόγο αυτό το προσωπικό των ΥΗΕ είναι πολύ μικρό σε σύγκριση με την εγκατεστημένη ισχύ (περίπου 25 άτομα για ΥΗΕ συνολικής ισχύος 300 MW) ή ένας τεχνίτης με μερική απασχόληση για την επίβλεψη ενός ΜΥΗΕ
- Για τις ανάγκες κατασκευής του ΥΗΕ κατασκευάζονται έργα υποδομής (δρόμοι, γέφυρες) που βοηθούν στην αξιοποίηση απομακρυσμένων περιοχών.

- Η διάρκεια ζωής των ΥΗΕ είναι μεγάλη, της τάξεως των 50 ετών για τα μεγάλα και 20-30 ετών για τα μικρά. Η διάρκεια ζωής τους μπορεί να γίνει μεγαλύτερη με ανανέωση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.
- Το πλέον σημαντικό και αναντικατάστατο πλεονέκτημα των υδροηλεκτρικών έργων (ΥΗΕ) είναι η δυνατότητα πολύ γρήγορης παραλαβής και απόρριψης φορτίου έτσι ώστε να γίνεται δυνατή η παρακολούθηση της μεταβολής της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και η κάλυψη των αιχμών ζήτησης του διασυνδεδεμένου δικτύου. Τον ρόλο αυτό αναλαμβάνουν τα μεγάλης ισχύος υδροηλεκτρικά έργα αποθήκευσης, δηλ. αυτών των οποίων φράγμα δημιουργεί δεξαμενή (ταμιευτήρα) μεγάλης χωρητικότητας. Η δυνατότητα κάλυψης των αιχμών ισχύος του δικτύου είναι πολύ σημαντική από τεχνικής και οικονομικής άποψης επειδή η αξία της KWh αιχμής είναι πολλαπλάσια της αξίας της KWh βάσεως. Σ' αυτό ακριβώς το πλεονέκτημα των ΥΗΕ βασίζεται η κατασκευή αναστρέψιμων μονάδων οι οποίες κατά την διάρκεια της χαμηλής ζήτησης (νύχτα) λειτουργούν αντλώντας νερό από τον κάτω ταμιευτήρα προς τον άνω δηλ. αποταμιεύοντας ενέργεια την οποία είναι έτοιμα να αποδώσουν κατά τις ώρες αιχμής. Τα ΜΥΗΕ, λόγω ακριβώς της μικρής ισχύος τους, δεν μπορούν να συνεισφέρουν στην κάλυψη των αιχμών ενός διασυνδεδεμένου δικτύου και για τον λόγο αυτό δεν υπάρχει σε αυτά ενδιαφέρον κατασκευής ταμιευτήρα.

### 3.4 Μειονεκτήματα των ΜΥΗΕ

- Έχουν μεγάλη διάρκεια κατασκευής (της τάξεως των 5-10 ετών για μεγάλο ΥΗΕ και 1-2 χρόνια για ΜΥΗΕ) ενώ επίσης μεγάλη είναι η διάρκεια των μελετών και συλλογής-επεξεργασίας υδρολογικών και γεωλογικών κλπ. στοιχείων, τα οποία πρέπει να είναι τόσο πιο πλήρη και αξιόπιστα όσο μεγαλύτερο είναι το έργο.
- Η ετήσια παραγωγή ενέργειας υφίσταται διακυμάνσεις που σχετίζονται με την υδραυλικότητα της χρονιάς, δηλ. την ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (βροχοπτώσεων και χιονοπτώσεων).
- Έχουν πολύ υψηλό κόστος κατασκευής (της τάξεως των 2000-4000 Ε/ΚW) και γι' αυτό απαιτούν την διάθεση μεγάλων σχετικά κεφαλαίων.
- Η κατασκευή τους προϋποθέτει την ύπαρξη κατάλληλων υδατοπτώσεων και μεγάλων παροχών. Για τον λόγο αυτό η θέση τους είναι πολλές φορές πολύ μακριά από την κατανάλωση με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται σημαντικά το κόστος κατασκευής τους από το κόστος των έργων μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

#### 4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ Αδειοδότηση και μελέτη ΜΥΗΕ

##### 4.1 Μικρά υδροηλεκτρικά έργα - τα βήματα μιας μελέτης

Η μελέτη μίας μικρής υδροηλεκτρικής εγκατάστασης περιλαμβάνει διάφορες φάσεις, η έκταση και η εμβάθυνση των οποίων εξαρτάται σημαντικά από το χαρακτήρα και το μέγεθος της εγκατάστασης. Οι φάσεις αυτές, εμπίπτουν σε τρεις κατηγορίες, όσες είναι δηλαδή και οι μελέτες που απαιτούνται για την ολοκλήρωση ενός υδροηλεκτρικού έργου.

##### Είδη μελετών

Πρώτα γίνεται η **μελέτη σκοπιμότητας**. Σκοπός της μελέτης αυτής είναι η διαπίστωση του εάν η εξεταζόμενη θέση χρίζει περισσότερης διερεύνησης. Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει τα εξής:

- Προσδιορισμό του ύψους πτώσης και αρχική επιλογή της θέσης υδροληψίας και της θέσης του σταθμού παραγωγής.
- Χάραξη της καμπύλης διάρκειας παροχής της θέσης, για την εκτίμηση της ετήσιας παραγωγής ενέργειας και τον υπολογισμό των ετήσιων εσόδων του έργου.
- Εκτίμηση του κόστους κατασκευής του έργου με βάση τη μορφολογία της περιοχής, το μήκος του αγωγού πτώσης, τον τύπο του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και την απόσταση της διασύνδεσης με το δίκτυο της ΔΕΗ.
- Προσδιορισμό της οικονομικής βιωσιμότητας του έργου, με τον υπολογισμό των απαραίτητων οικονομικών δεικτών και εξαγωγή συμπερασμάτων.

Στην περίπτωση που το αποτέλεσμα της μελέτης σκοπιμότητας αποβεί θετικό και ο ενδιαφερόμενος επιθυμεί να προχωρήσει στην εκπόνηση του έργου, πραγματοποιείται στη συνέχεια η **προμελέτη εγκατάστασης**. Σκοπός της μελέτης αυτής είναι η διαμόρφωση και διαστασιολόγηση του έργου, όπως προκύπτει από την εξέταση και ανάλυση διαφόρων εναλλακτικών λύσεων. Το επίπεδο ανάλυσης της προμελέτης είναι τέτοιο ώστε να είναι επαρκές για την έκδοση των διαφόρων αδειών που απαιτούνται για την κατασκευή του έργου. Η σχεδίαση η οποία και στηρίζεται στα αποτελέσματα της μελέτης σκοπιμότητας περιλαμβάνει:

- Την επιλογή των υδροστροβίλων, και τον καθορισμό των υδραυλικών χαρακτηριστικών τους.
- Την επιλογή των γεννητριών με τα χαρακτηριστικά τους και όλο τον συνακόλουθο ηλεκτρολογικό εξοπλισμό.
- Τον καθορισμό των χαρακτηριστικών του συστήματος αυτοματισμού και λειτουργίας της εγκατάστασης.
- Τον καθορισμό του συστήματος προσαγωγής του νερού στον σταθμό, δηλαδή την υδροληψία, τον αγωγό προσαγωγής, ανοικτό ή κλειστό, την δεξαμενή φόρτισης και τις υπόλοιπες βοηθητικές εγκαταστάσεις.
- Την κτηριακή υποδομή για την εγκατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού με τη διάταξη των υδροστροβίλων – γεννητριών, για εύκολη πρόσβαση και συντήρηση χωρίς διακοπή της λειτουργίας των υπολοίπων μονάδων, των αυτοματισμών και όλου του βοηθητικού εξοπλισμού, του υποσταθμού, καθώς και τη διασύνδεση με το δίκτυο.

Αν και το αποτέλεσμα της προμελέτης εγκατάστασης είναι θετικό, τότε γίνεται πλέον η **τελική μελέτη εγκατάστασης**, στην οποία συντάσσονται όλα τα σχέδια, οι υπολογισμοί, τα αποτελέσματα της οικονομικής ανάλυσης και οι προδιαγραφές του απαραίτητου εξοπλισμού, καθώς επίσης και η μελέτη περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων. Με το τέλος της μελέτης εγκατάστασης, αρχίζει πλέον και η κατασκευή του έργου.

### **Διαδικασία μελέτης μιας micro/ricουδροηλεκτρικής εγκατάστασης**

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται αναλυτικά τα βήματα που ακολουθούνται για την εκπόνηση της μελέτης μιας micro/ricουδροηλεκτρικής εγκατάστασης. Υπενθυμίζεται, ότι η έκταση και η εμβάθυνση κάθε βήματος εξαρτάται σημαντικά από το χαρακτήρα και το μέγεθος της εγκατάστασης.

#### **Βήμα 1: Αναγνώριση της περιοχής**

Η αναγνώριση της περιοχής περιλαμβάνει την αρχική διάταξη και χωροθέτηση του έργου, την καταγραφή των τοπικών συνθηκών, των δυσκολιών, της υποδομής, των άλλων ανταγωνιστικών χρήσεων του νερού (π.χ. ύδρευση, άρδευση) και τη μελέτη των γεωλογικών συνθηκών. Στο βήμα αυτό καταγράφονται οι μείζονες δυσκολίες, εφόσον υπάρχουν, που θα

μπορούσαν να οδηγήσουν ακόμα και στη ματαίωση του έργου.

Επίσης καθορίζεται το κατά πόσο υπάρχει ζήτηση ηλεκτρικού ρεύματος στην περιοχή, πιθανοί καταναλωτές/αγοραστές (στην περίπτωση π.χ. ηλεκτροδότησης μίας κοινότητας) και το αν είναι διαθέσιμο ή όχι κάποιο εξωτερικό δίκτυο ηλεκτρικής ισχύος.

### **Βήμα 2:** Συλλογή υπαρχόντων υδρολογικών στοιχείων

Συλλέγονται και αξιολογούνται τα υπάρχοντα υδρολογικά στοιχεία και χαράσσεται η καμπύλη διάρκειας παροχής. Όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα επαρκή υδρολογικά στοιχεία (η συνήθης περίπτωση), γίνεται προσεγγιστική εκτίμηση αυτών, συνεκτιμώντας στοιχεία από τη συγκεκριμένη λεκάνη απορροής, από γειτονικές λεκάνες, καθώς και από σχόλια και παρατηρήσεις κατοίκων της περιοχής.

### **Βήμα 3 :** Έρευνα αγοράς και διαθεσιμότητα

Στο στάδιο αυτό δεν είναι δυνατόν να γίνει ακόμα πλήρης τεχνικοοικονομική ανάλυση της εγκατάστασης. Γίνεται απλά μία έρευνα αγοράς ως προς το κόστος του υδροστροβίλου, της γεννήτριας, του ελεγκτή της γεννήτριας και των σωλήνων της εγκατάστασης, αφού αυτά θα αποτελέσουν σίγουρα τα πιο ακριβά της στοιχεία.

### **Βήμα 4 :** Υπολογισμός της παραγόμενης ισχύος

Ανάλογα με τους δυνατούς συνδυασμούς των υδραυλικών υψών και παροχών, που είναι δυνατόν να επιτευχθούν, υπολογίζεται η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς της εγκατάστασης και κρίνεται αν είναι επαρκής ή όχι για τη λειτουργία μιας micro/pico υδροηλεκτρικής εγκατάστασης. Η ισχύς της εγκατάστασης υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$P = n\rho gQH$$

όπου :

P: η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς λειτουργίας (kW).

n: ο ολικός βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης.

$\rho$ : η πυκνότητα του νερού ( $\approx 1.0 \text{ t/m}^3$ ).

g: η επιτάχυνση της βαρύτητας ( $\approx 9.81 \text{ m/s}^2$ ).

Q: η διερχόμενη εκ του στροβίλου παροχή (m<sup>3</sup>/s).

H: το διαθέσιμο ύψος πτώσης (m).

Ο υπολογισμός με τον παραπάνω τύπο γίνεται προσεγγιστικά. Θεωρείται, δηλαδή, ένας συνολικός βαθμός απόδοσης για την εγκατάσταση (μια τιμή μέσα στο εύρος 55 – 75% είναι αρκετά κοντά στην πραγματικότητα), και στη συνέχεια, με γνωστές τις τιμές της παροχής και του ύψους, υπολογίζεται η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς. Πρέπει να τονιστεί στο σημείο αυτό, ότι ο συνολικός βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης εξαρτάται από τους βαθμούς απόδοσης των επιμέρους στοιχείων που την απαρτίζουν και ο οποίος υπολογίζεται ως εξής:

$$\eta = \eta_{\text{υδροστροβίλου}} \times \eta_{\text{γεννήτριας}} \times \eta_{\text{μετασχηματιστή}}$$

Ακόμη, σημειώνεται, ότι ο βαθμός απόδοσης του υδροστροβίλου, αποτελείται και αυτός από επιμέρους βαθμούς απόδοσης και προκύπτει από την εξής σχέση:

$$\eta_{\text{υδροστροβίλου}} = \eta_{\text{μηχανικός}} \times \eta_{\text{υδραυλικός}} \times \eta_{\text{πογκομετρικός}}$$

Τα δεδομένα που συνήθως είναι διαθέσιμα κατά τους υπολογισμούς, είναι ο ονομαστικός βαθμός απόδοσης του υδροστροβίλου και η ονομαστική απόδοση της γεννήτριας και του μετασχηματιστή, συνεπώς μπορεί να υπολογιστεί ο ολικός ονομαστικός βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης.

### **Βήμα 5 :** Υπολογισμός απαιτήσεων εγκατάστασης

Στο στάδιο αυτό υπολογίζονται οι απαιτήσεις της εγκατάστασης. Υπολογίζεται δηλαδή η ελάχιστη ηλεκτρική ισχύς που πρέπει να παράγεται από τη γεννήτρια της εγκατάστασης, ώστε να λειτουργούν στο επιθυμητό επίπεδο όλες οι συσκευές, οι οποίες σχεδιάζεται να συνδεθούν και να τροφοδοτηθούν από αυτή.

### **Βήμα 6 :** Μέγεθος και κόστος γεννήτριας

Ανάλογα με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης που υπολογίστηκαν στο προηγούμενο βήμα επιλέγεται το μέγεθος της γεννήτριας και στη συνέχεια – με τη βοήθεια της έρευνας που έγινε στο βήμα 3 – υπολογίζεται το αναμενόμενο της κόστος.



**Βήμα 7 :** Προκαταρκτικός έλεγχος οικονομικής βιωσιμότητας

Ανάλογα με την εκτίμηση της παραγόμενης ισχύος (βήμα 4) και των απαιτήσεων της εγκατάστασης (βήμα 5), επιλέγεται ο βέλτιστος σχεδιασμός και συγκρίνονται τα ετήσια έσοδα με το κόστος του κεφαλαίου της επένδυσης. Εάν οι ετήσιες αποδοχές είναι λιγότερες από το 10% του κόστους του αρχικού κεφαλαίου, τότε η επένδυση κρίνεται ως μη βιώσιμη. Εάν τα έσοδα κυμαίνονται από το 10% έως το 25% του αρχικού κεφαλαίου, τότε η επένδυση είναι μάλλον εφικτή. Τέλος, εάν οι ετήσιες αποδοχές ξεπερνούν το 25% του αρχικού κεφαλαίου, τότε η επένδυση κρίνεται ανεπιφύλακτα ως βιώσιμη.

**Βήμα 8 :** Υδραυλικό ύψος και παροχή

Σε αυτό το σημείο, επιλέγεται ο κατάλληλος συνδυασμός (ή συνδυασμοί) των τιμών της παροχής και του υδραυλικού ύψους, ώστε να παράγεται η απαιτούμενη ισχύς από το σύστημα υδροστρόβιλου – γεννήτριας. Επίσης, πρέπει να γίνουν εκτιμήσεις για το βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης. Ένα σύνηθες εύρος τιμών είναι μεταξύ 55 – 75%. Εάν υπάρχουν αμφιβολίες τίθεται ολικός βαθμός απόδοσης (συνολική μετατροπή ισχύος από υδραυλική σε ηλεκτρική) ίσος με 45%.

**Βήμα 9 :** Επιλογή τελικής τιμής ισχύος εξόδου

Εκτιμάται το οριστικό μέγεθος της γεννήτριας που θα χρησιμοποιηθεί, βάσει των δεδομένων του υδραυλικού δυναμικού και της παροχής της εγκατάστασης που υπολογίστηκαν με ακρίβεια. Σημειώνεται εδώ, ότι μερικές φορές, είναι προτιμότερο να διατηρηθεί το μέγεθος της γεννήτριας μικρότερο, από ότι είχε εκτιμηθεί αρχικά, παρόλο που οι δυνατότητες της εγκατάστασης μπορεί να φαίνονται μεγαλύτερες. Αυτό γίνεται επειδή το κόστος της μικρότερης εγκατάστασης είναι κατά πολύ ελαττωμένο σε σχέση με αυτό κάποιας μεγαλύτερης και σε περίπτωση που έχει γίνει κάποιο λάθος στους υπολογισμούς, έως τώρα, είναι πιο εύκολο να διορθωθεί.

**Βήμα 10 :** Σχεδιασμός της εγκατάστασης

Κατασκευάζονται τα σχέδια και ο χάρτης της εγκατάστασης. Συμπεριλαμβάνονται όλα τα στοιχεία της εγκατάστασης, οι διαστάσεις τους και η διάταξή τους, όπως τα μήκη των αγωγών, τα κανάλια νερού και οι θέσεις τους, το κτίριο της μονάδας κλπ.

**Βήμα 11 :** Εναλλακτικές λύσεις

Στο βήμα αυτό ελέγχεται το εάν κάποιες εναλλακτικές λύσεις – στον σχεδιασμό της εγκατάστασης – θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε χαμηλότερο κόστος ή σε ευνοϊκότερη λειτουργία. Για παράδειγμα η τοποθέτηση ενός αγωγού νερού σε κάποια άλλη θέση ίσως να μείωνε το μήκος του, γεγονός που συνεπάγεται χαμηλότερο κόστος. Το βήμα αυτό μπορεί να έχει ως συνέπεια την επανατοποθέτηση των αγωγών, των καναλιών, του κτιρίου της μονάδας και γενικά κάθε στοιχείου της εγκατάστασης.

**Βήμα 12 :** Λεπτομερής υπολογισμός κόστους

Υπολογίζεται αναλυτικά το κόστος κάθε στοιχείου της micro/pico υδροηλεκτρικής εγκατάστασης και βρίσκεται στη συνέχεια το συνολικό αρχικό της κόστος. Το κόστος του κάθε στοιχείου καλό είναι να αυξάνεται κατά ένα ποσοστό της τάξης του 5%, για να καλυφθούν έτσι οποιαδήποτε απρόβλεπτα έξοδα προκύψουν.

**Βήμα 13 :** Έλεγχος οικονομικής βιωσιμότητας

Βάσει της νέας τιμής του κόστους της εγκατάστασης, η οποία προέκυψε από το προηγούμενο βήμα της διαδικασίας της μελέτης, υπολογίζεται εάν η επένδυση εξακολουθεί να είναι οικονομικά βιώσιμη. Αν δεν είναι, πρέπει να αλλαχθούν τα στοιχεία της εγκατάστασης που προκάλεσαν την επιπλέον οικονομική επιβάρυνση (π.χ. σωλήνες νερού, καλώδια κτλ) με νέα φθηνότερα.

**Βήμα 14 :** Παραγγελία υλικών, απαραίτητου εξοπλισμού και εγκατάσταση

Πλέον, μπορεί να γίνει η παραγγελία και η παραλαβή των υλικών και γενικά ολόκληρου του

απαραίτητου εξοπλισμού για τη λειτουργία του έργου. Τα στοιχεία παραγγέλλονται με βάση τους υπολογισμούς που έχουν γίνει στα προηγούμενα βήματα της διαδικασίας μελέτης και εγκαθίστανται σύμφωνα με το σχεδιασμό της εγκατάστασης.

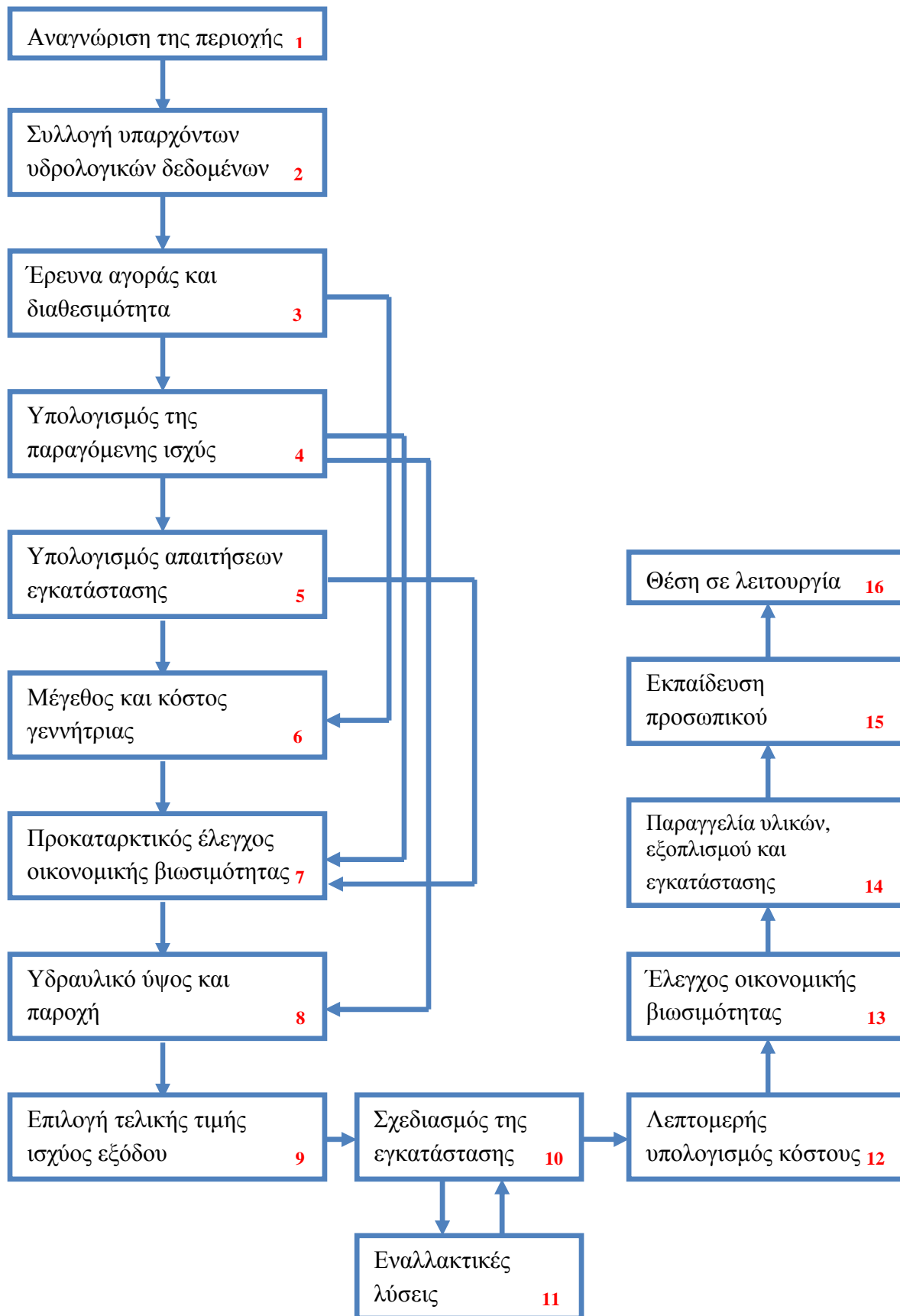
#### **Βήμα 15 :** Εκπαίδευση του προσωπικού

Εκπαιδεύεται το προσωπικό (ένας ή περισσότεροι χειριστές) που θα αναλάβει την επίβλεψη, συντήρηση και γενικά τη λειτουργία της μονάδας.

#### **Βήμα 16 :** Θέση σε λειτουργία

Αφού ελεγχθεί η σωστή τοποθέτηση και σύνδεση όλων των επιμέρους στοιχείων, τίθεται σε λειτουργία η μονάδα.

Τέλος, η διαδικασία που περιγράφηκε στα παραπάνω βήματα, φαίνεται συνολικά στο σχήμα που ακολουθεί.



Διάγραμμα 7 Βήματα μελέτης μιας micro/ριουδροηλεκτρικής εγκατάστασης

## 4.2 Διαδικασία αδειοδότησης ΜΥΗΕ

Στην παρούσα παράγραφο παρουσιάζονται οι διαδικασίες αδειοδότησης των ΜΥΗΕ σύμφωνα με τον ΔΕΣΜΗΕ (Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας). Ο διαχωρισμός των διαδικασιών πραγματοποιείται βάσει της εγκατεστημένης ισχύς και απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα.

$P_{\text{installed}} \leq 50 \text{ kW}$	$50 \text{ kW} < P_{\text{installed}} \leq 15 \text{ MW}$
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 Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ). Η αίτηση πρέπει να συνοδεύεται από Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ).
Απαιτείται Άδεια Χρήσης Νερού (ενεργειακή χρήση, ΥΑ.43504/2005, αρθ.1, §1).	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.	

<p>Δεν απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης ή Άδεια Εκτέλεσης Έργων Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων.</p>	<p>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.</p>
<p>Δεν απαιτείται Δοκιμαστική Λειτουργία. Δεν απαιτείται ούτε Άδεια Λειτουργίας (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.3, §2).</p>	<p>Απαιτείται Προσωρινή Σύνδεση για Δοκιμαστική Λειτουργία που γίνεται κατόπιν αιτήσεως προς τον αρμόδιο Διαχειριστή. Εφόσον επιτευχθεί απροβλημάτιστη λειτουργία 15 ημερών, ο Διαχειριστής εκδίδει βεβαίωση επιτυχούς περάτωσης των δοκιμών (ΥΑ.13310/2007, ΦΕΚ.Β' 1153, άρθ.14). Απαιτείται Άδεια Λειτουργίας.</p>

## 5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ανάλυση κόστους

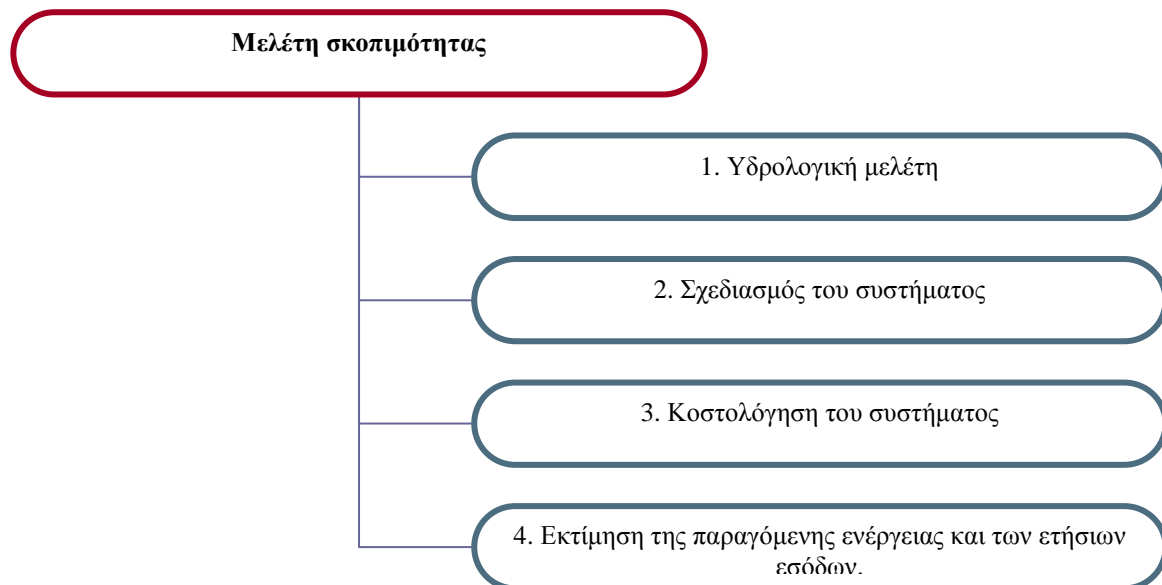
### 5.1 Μελέτη σκοπιμότητας - σύντομη περιγραφή

Μια μελέτη σκοπιμότητας χρησιμοποιεί ακριβή δεδομένα και εξετάζει προσεκτικά τα κόστη. Μπορεί να περιγράψει το σχέδιο από την αρχική ιδέα μέχρι την τελική σχεδίαση και θα συνοδεύει τις αιτήσεις για χρηματοδότηση του έργου και τις απαραίτητες άδειες. Οι ακόλουθες βασικές εργασίες θα πρέπει να αποτελούν στοιχεία μιας μελέτης σκοπιμότητας.

1. **Υδρολογική μελέτη.** Συνήθως μια υδρολογική μελέτη θα παράγει μία καμπύλη διάρκειας της ροής. Αυτή θα βασίζεται σε μακροχρόνια στοιχεία για τις βροχοπτώσεις και/ ή τη ροή, σε συνδυασμό με τη γνώση της γεωλογίας της λεκάνης απορροής και των τύπων του εδάφους. Αυτή η μακροχρόνια πληροφορία μπορεί να ενισχυθεί από μετρήσεις της ροής μικρής χρονικής διάρκειας. Η μελέτη θα πρέπει να περιλαμβάνει επίσης μια εκτίμηση της απαιτούμενης ροής αντιστάθμισης.
2. **Σχεδιασμός του συστήματος.** Αυτή θα πρέπει να περιλαμβάνει την περιγραφή της γενικής διάταξης του έργου, συμπεριλαμβανομένου ενός σχεδίου που θα δείχνει την γενική διάταξη της θέσης. Θα πρέπει να περιγράφονται λεπτομερώς τα βασικότερα στοιχεία των εργασιών, που θα καλύπτουν
  - τα έργα πολιτικού μηχανικού (υδροληψία, φράγμα, αγωγός πτώσης, κτήριο στροβίλου, κανάλι υπερχείλισης, πρόσβαση στην τοποθεσία, κατασκευαστικές λεπτομέρειες)
  - τον εξοπλισμό ηλεκτροπαραγωγής (στρόβιλος, κιβώτιο ταχυτήτων, γεννήτρια, σύστημα ελέγχου)
  - την σύνδεση με το δίκτυο
3. **Κοστολόγηση του συστήματος.** Μία σαφής κοστολόγηση του συστήματος θα πρέπει να περιλαμβάνει μια λεπτομερή εκτίμηση του αρχικού κεφαλαίου που θα χρειαστεί για το έργο, το οποίο χωρίζεται σε
  - κόστος των έργων πολιτικού μηχανικού
  - κόστος της σύνδεσης στο δίκτυο
  - κόστος ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού
  - αμοιβές μηχανικού και έξοδα διαχείρισης του έργου
4. **Εκτίμηση της παραγόμενης ενέργειας και ετήσιων εσόδων.** Στο σημείο αυτό και συνοψίζοντας τα βασικά δεδομένα (ροή του ποταμού, υδραυλικές απώλειες, ύψος

πτώσης, αποδόσεις στροβίλων και μέθοδοι υπολογισμοί) υπολογίζεται η απόδοση του συστήματος από την άποψη της μέγιστης δυνατικής ισχύος εξόδου (σε Kw) και η μέση ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (kWh/έτος) η οποία μετατρέπεται σε ετήσια έσοδα (€έτος).

Μία πρόσθετη εργασία η οποία μπορεί να αποτελεί μέρος της κύριας μελέτης σκοπιμότητας, αλλά συνήθως γίνεται χωριστά είναι η αξιολόγηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων του συστήματος.



Διάγραμμα 8 Διάγραμμα μελέτης σκοπιμότητας

## 5.2 Μελέτη σκοπιμότητας - ΜΥΗΕ στην Πελοπόννησο

Η παρούσα μελέτη αφορά σε ένα έργο ενεργειακής αξιοποίησης του υδατικού δυναμικού του ποταμού Λούσιου. Το υπό μελέτη έργο βρίσκεται στην Περιφέρεια της Πελοποννήσου, στην περιοχή του δήμου Τρικολώνων (νομός Αρκαδίας).

Ο υπό μελέτη ΜΥΗ σταθμός είναι φυσικής ροής, χωρίς δηλαδή εγκαταστάσεις αποταμίευσης του νερού, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την εκμετάλλευση του σημαντικού ύψους πτώσης που δημιουργείται τοπικά. Ο σταθμός προβλέπεται να αποτελείται από μία διάταξη υδροληψίας και τον αντίστοιχο αγωγό προσαγωγής του νερού, ο οποίος θα καταλήγει στο εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπου θα εδράζονται οι υδροστροβίλοι, και τις συναφείς ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις.

Η εγκατεστημένη ισχύς του μικρού υδροηλεκτρικού σταθμού θα είναι 9,674 MW, θα παράγει ετησίως 30 GWh και θα αποτελείται από 2 στροβίλους τύπου FRANCIS.



### 5.2.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά του έργου

Τύπος: Κατά τον ρου του ποταμού

Συνολική εγκατεστημένη ισχύς = 9,674 MW

Ετήσια παραγόμενη ενέργεια = 30,025 GWh

Χρόνος ζωής του έργου = 50 έτη

Το συνολικό κόστος ενός μικρού ΥΗΕ αναλύεται σε:

1. Κόστος έργων πολιτικού μηχανικού,
2. Κόστος ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (εγκατεστημένου), και
3. Κόστος σύνδεσης με το δίκτυο.

Η περαιτέρω ανάλυση των 3 αυτών συνιστωσών του συνολικού κόστους του ΜΥΗ σταθμού έχει ως εξής:

1. Το κόστος των έργων πολιτικού μηχανικού (Κ<sub>G</sub>) προκύπτει ως άθροισμα του κόστους των ακόλουθων κύριων συνιστωσών :
  - κόστος υδροληψίας,
  - κόστος εκχειλιστή,
  - κόστος διώρυγας προσαγωγής,
  - κόστος αγωγού προσαγωγής,
  - κόστος δεξαμενής φόρτισης,
  - κόστος οδών προσπέλασης,
  - κόστος κτηρίου ΥΗΣ.
2. Το κόστος του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (Κ<sub>M</sub>) προκύπτει ως άθροισμα του κόστους των ακόλουθων κύριων συνιστωσών:
  - κόστος υδροστροβίλων,
  - κόστος ρυθμιστή στροφών,
  - κόστος του μετασχηματιστή ισχύος,
  - κόστος γεννήτριας,

- κόστος των ηλεκτρικών πινάκων.

3. Το κόστος σύνδεσης με το δίκτυο ( $K_{\sigma}$ ) αποτελεί μία γνωστή (προσυμφωνημένη) τιμή, η οποία καθορίζεται από τον διαχειριστή του δικτύου μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

Το συνολικό κόστος επένδυσης  $K$  προκύπτει ως:  $K = K_G + K_M + K_{\sigma}$

#### Προϋπολογισμός του έργου

Για την προγραμματιζόμενη επένδυση θα απαιτηθούν οι παρακάτω συνοπτικά περιγραφόμενες επενδύσεις σε κύριες και βοηθητικές μονάδες:

- ✓ υδροστρόβιλοι (2) τύπου Francis,
- ✓ υδραυλική μονάδα ελέγχου και υδραυλική βάννα φραγής,
- ✓ σχάρες για τη συγκράτηση των φύλλων και φερτών υλικών στην είσοδο της ορεινής υδροληψίας, και μηχανισμός καθαρισμού τους.
- ✓ τριφασική γεννήτρια, μετασχηματιστής μέσης τάσης, μετασχηματιστής χαμηλής τάσης,
- ✓ ηλεκτρολογική εγκατάσταση, αλεξικέραυνο,
- ✓ δοκιμές εγκατάστασης,
- ✓ θέση σε λειτουργία του εξοπλισμού.

Ακόμα θα γίνουν χωματουργικές εργασίες, διάνοιξη θεμελίων των πακτώσεων, επικάλυψη του αγωγού μετά την τοποθέτηση, κατασκευή οικίσκου (ο «σταθμός») για την τοποθέτηση του εξοπλισμού, χωματουργικά του κτηρίου, διαμόρφωση και περίφραξη του γηπέδου, γερανο- γέφυρα στο κτήριο, ενώ θα χρειαστεί οπλισμένο σκυρόδεμα για την κατασκευή της υδροληψίας και των πακτώσεων του αγωγού προσαγωγής. Επίσης, προβλέπεται η σύνταξη μελετών και η επίβλεψη της εκτέλεσης του έργου, καθώς και η σύνδεση του σταθμού με το δίκτυο μέσης τάσης.

Συνολική παροχή	m <sup>3</sup> /s	12,0
Ύψος πτώσης	m	95,7
Αριθμός στροβίλων	-	2
Τύπος	-	Francis
Ροή ανά στρόβιλο	m <sup>3</sup> /s	6,0
Μέγιστες υδραυλικές απώλειες	%	5,0%
Λοιπές απώλειες	%	1,0%
Έργα οδοποιίας		
Μήκος	km	3
Αυλάκι απαγωγής		
Μήκος	m	50
Αγωγός πτώσης		
Μήκος	m	600
Αριθμός	-	1
Επιτρεπόμενη απώλεια μανομετρικού στον αγωγό πτώσης	%	1,0%
Διάμετρος	m	2,50
Μέσο πάχος τοιχώματος σωλήνα (αγωγού)	mm	9,65
Γραμμή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας		
Τύπος δικτύου	-	Κεντρικό δίκτυο
Μήκος	km	6,0
Τάση	kV	110,0

Πίνακας 3 Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του έργου

### 5.2.2 Τα οικονομικά στοιχεία του έργου

Για την εκτίμηση της οικονομικότητας (δηλ. όλων των χρηματοοικονομικών χαρακτηριστικών του έργου) έγιναν ορισμένες υποθέσεις (σενάρια). Αυτά έχουν ως εξής:

Ανάλυση προβλεπόμενων πρώτων υλών: Η λειτουργία της μονάδας δεν απαιτεί πρώτες ύλες, αφού το νερό είναι μια μορφή πρωτογενούς ενέργειας που παρέχεται δωρεάν και αξιοποιείται έτσι ώστε να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια. Συνεπώς, δεν υπολογίζονται πρώτες ύλες στο κόστος «τροφοδοσίας» της μονάδας.

Αμοιβές προσωπικού: Με τις νέες εγκαταστάσεις θα δημιουργηθούν ανάγκες στην εταιρία που θα αφορούν στην ηλεκτρομηχανολογική επίβλεψη της μονάδας. Για τον λόγο αυτό προβλέπεται η πρόσληψη ενός ηλεκτρολόγου μηχανικού, ο οποίος θα ελέγχει τις εγκαταστάσεις και θα επεμβαίνει όποτε κρίνεται απαραίτητο. Η αμοιβή του προβλέπεται να ανέλθει σε 15.000 Ευρώ ετησίως.

Κατανάλωση ενέργειας: Προκειμένου να εξασφαλιστεί η ομαλή κι αδιάκοπη λειτουργία, η εγκατάσταση θα χρησιμοποιεί τριφασικό ρεύμα από το δίκτυο της ΔΕΗ. Οι ανάγκες της μονάδας σε ηλεκτρική ενέργεια για το πρώτο έτος μετά την ολοκλήρωση του νέου επενδυτικού σχεδίου και την εγκατάσταση του εξοπλισμού διαμορφώνονται στα 120€ το μήνα.

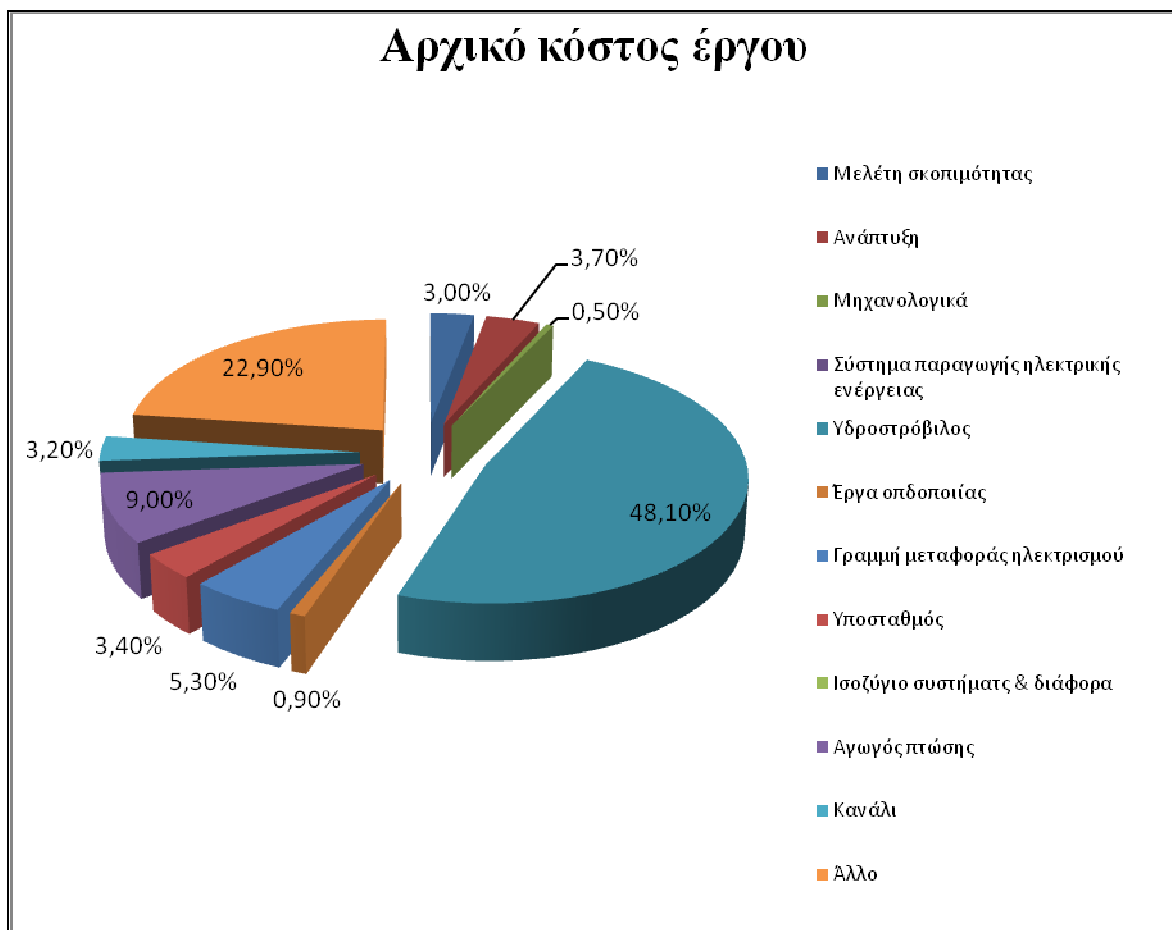
Τέλη & Δημοτικοί Φόροι: Οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ υποχρεούνται στην καταβολή τέλους 3% του κύκλου εργασιών τους στο δήμο της περιοχής εγκατάστασής τους.

Κόστος Συντήρησης: Το συγκεκριμένο κόστος (γνωστό, αλλιώς, ως κόστος «λειτουργίας και συντήρησης» - Λ&Σ) προβλέπεται προκειμένου να συμπεριληφθεί στο κόστος παραγωγής το υφιστάμενο κόστος εξαιτίας κάποιων απρόβλεπτων ζημιών και φθορών των μηχανημάτων ή των υπολοίπων λειτουργικών τμημάτων της μονάδας. Σε αυτό λαμβάνεται υπόψη και το κόστος για την προγραμματισμένη συντήρηση της εγκατάστασης, καθώς και η απώλεια εισόδων που θα έχει η «επιχείρηση» όσο η μονάδα παραμένει ανενεργή (εκτός λειτουργίας) για λόγους συντήρησης.

Τόκοι μακροπρόθεσμου δανείου επένδυσης: Προβλέπεται η σύναψη μακροπρόθεσμου δανείου από τον ιδιοκτήτη / διαχειριστή της μονάδας, προκειμένου να καλυφθεί το 40% του συνόλου της επένδυσης.

Το συνολικό κόστος του έργου είναι το άθροισμα του **αρχικού** και του **ετήσιου** κόστους.

Αρχικό κόστος έργου	Ποσό (σε €)	% συμμετοχή
Μελέτη σκοπιμότητας	370.800	3,00%
Ανάπτυξη	459.600	3,70%
Μηχανολογικά	62.400	0,50%
<b>Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας</b>		
Υδροστρόβιλος	597.1250	48,10%
Έργα οδοποιίας	111.600	0,90%
Γραμμή μεταφοράς ηλεκτρισμού	654.000	5,30%
Υποσταθμός	428.400	3,40%
<b>Ισοζύγιο συστήματος &amp; διάφορα</b>		
Αγωγός πτώσης	1.120.800	9,00%
Κανάλι	403.200	3,20%
Άλλο	2.842.161	22,90%
<b>Συνολικά αρχικά κόστη</b>	<b>12.424.211</b>	



Διάγραμμα 9 Κατανεμημένο κόστος του έργου

Το υπό μελέτη ΜΥΗ έργο συνιστά μία φθηνή επιλογή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον. Στο οικονομικό σκέλος της επένδυσης, το κόστος της εγκατάστασης είναι σχετικά υψηλό, αλλά αυτό αντισταθμίζεται από το χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Λαμβάνοντας υπόψη τις κυριότερες μεθόδους αξιολόγησης επενδύσεων, μπορεί κανείς να καταλήξει στο γεγονός ότι αποτελεί ένα επικερδές έργο. Παράλληλα η λειτουργία του ΜΥΗ Σταθμού θα συμβάλλει στη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων, με την υποκατάσταση της ενέργειας που παράγεται από τα συμβατικά καύσιμα, συμβάλλοντας έτσι στην παγκόσμια προσπάθεια μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου.

### 5.3 ΜΥΗΕ με οικονομικούς όρους στην Ευρώπη

Η Ευρωπαϊκή Ένωση Μικρών Υδροηλεκτρικών (European Small Hydropower Associaton) υπήρξε ο συντονιστής του προγράμματος "Stream Map" το οποίο συγχρηματοδοτήθηκε από το πρόγραμμα Intelligent Energy Europe της Ευρωπαϊκής επιτροπής υπό την ευθύνη του EACI (Executive Agency for Competitiveness & Innovation) το οποίο ξεκίνησε το 2009 και διήρκησε έως το 2012.

Για πρώτη φορά το πρόγραμμα "Stream Map" συγκέντρωσε λεπτομερή δεδομένα που αφορούν την ενέργεια και την πολιτική της αγοράς σε μια κεντρική βάση (Hydro Data Initiative) της οποίας η πρόσβαση είναι ελεύθερη στο κοινό. Σκοπός του προγράμματος ήταν:

- Η δημιουργία μιας κεντρικής βάσης δεδομένων που θα συγκεντρώνει πληροφορίες για τον τομέα Υδροηλεκτρική ενέργειας στην Ευρώπη των 27, αρχής γενομένης από το έτος 2007 και η οποία θα ενημερώνεται κάθε χρόνο.
- Η ανάλυση της τρέχουσας κατάστασης
- Συστάσεις για μελλοντική ανάπτυξη
- Να ασκηθεί επιρροή στα Εθνικά σχέδια για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
- Η παροχή πληροφόρησης και καθοδήγησης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο ως προς τις ανάγκες του τομέα και την ανάπτυξη του.

Παρακάτω γίνεται η παράθεση στοιχείων που αφορούν τα ΜΥΗΕ στην Ευρώπη όπως η εικόνα τους διαγράφεται με οικονομικούς όρους. Τα συλλεγόμενα στοιχεία αφορούν 5 έτη.

#### 5.3.1 Το κόστος των έργων Πολιτικού Μηχανικού

Στον Πίνακα 4 και στο Διάγραμμα 9 παρουσιάζεται το κόστος των έργων Πολιτικού Μηχανικού ως ποσοστό της συνολικής επένδυσης. Σημειώνεται ότι στα έργα Πολιτικού Μηχανικού περιλαμβάνονται τα έργα θεμελίωσης, η κατασκευή του υποσταθμού, τα έργα υδροληψίας, ο αγωγός προσαγωγής και το κανάλι του αγωγού, κλπ μετρούμενο ως ποσοστό

του συνολικού κόστους. Γίνεται ακόμη ο διαχωρισμός ως προς την στέψη σε χαμηλή, με ύψος από 20μ έως 30μ και υψηλή με ύψος πάνω από 100μ.

Country	Variable	Low head	High head
Austria	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	50	70
Belgium	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	45	NAP
Bulgaria	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	70	30
Cyprus	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	n/a	n/a
Czech Republic	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	n/a	n/a
Denmark	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	50	NAP
Estonia	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	30	NAP
Finland	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	55	NAP
France	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	60	50
Germany	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	70	70
Greece	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	50	50
Hungary	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	50	n/a
Ireland	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	60	50
Italy	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	55	45
Latvia	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	22	NAP
Lithuania	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	30	NAP
Luxembourg	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	50	NAP
Netherlands	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	50	NAP
Poland	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	80.4	NAP
Portugal	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	60	52
Romania	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	67.5	62.5
Slovakia	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	n/a	n/a
Slovenia	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	60	50

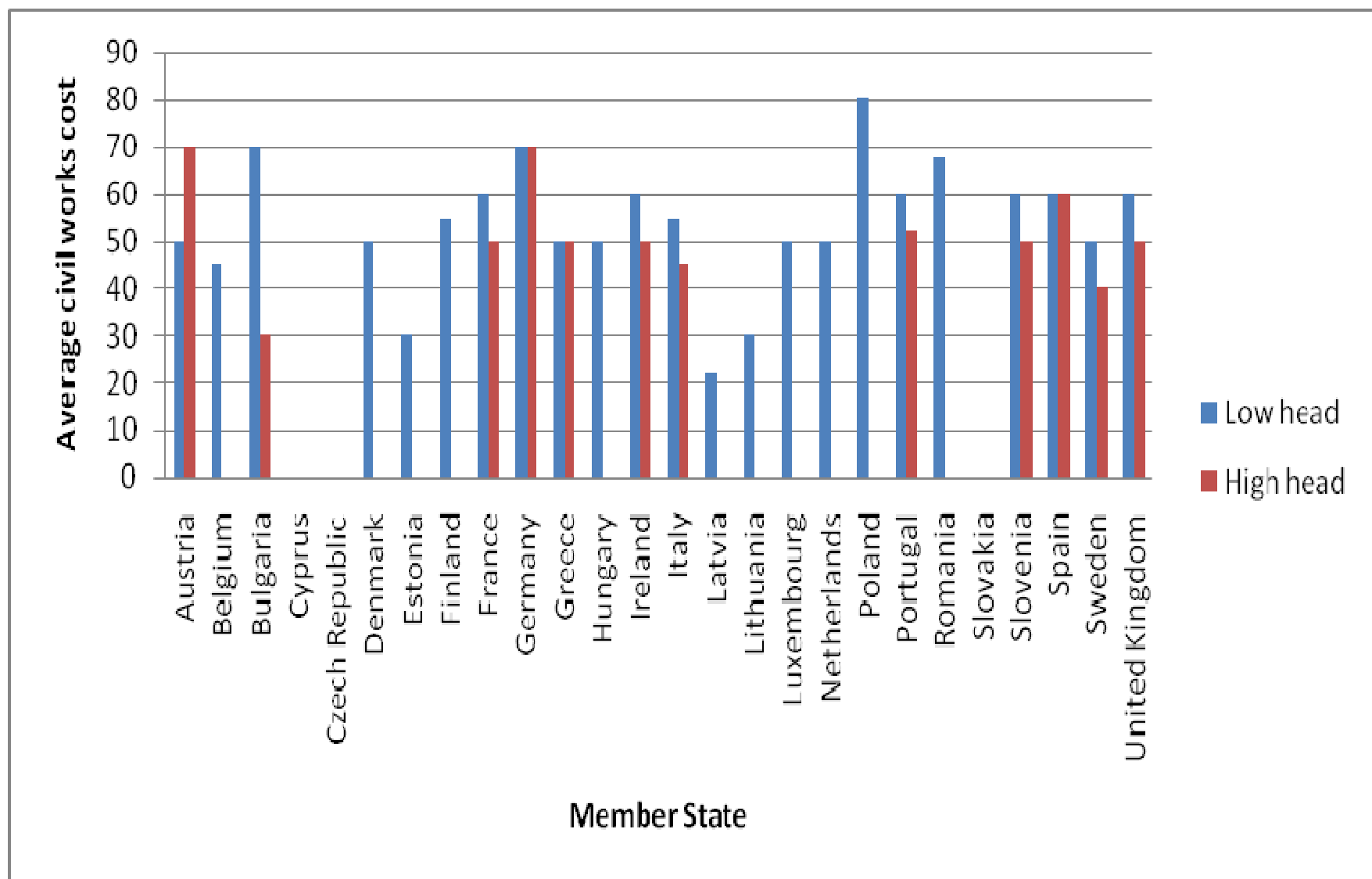
Spain	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	60	60
Sweden	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	50	40
United Kingdom	Average Civil Works Cost (as a % of total investment cost)	60	50

Πίνακας 4 Ποσοστό επί της συνολικής επένδυσης εργασιών Πολιτικού Μηχανικού ΜΥΗΕ χαμηλής και υψηλής στέψης.

*Σημείωση: Όπου αναγράφεται NAP η μεταβλητή δεν έχει εφαρμογή, ενώ όπου αναγράφεται N/A δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία.*

Το κόστος των εργασιών Πολιτικού Μηχανικού κυμαίνεται από 20% έως 80% για τα ΥΕ χαμηλής στέψης ενώ για τα υψηλής στέψης από 30% έως 70% της συνολικής επένδυσης. Κατά κανόνα το κόστος για τα υψηλής στέψης είναι ίσο ή μικρότερο από τα αντίστοιχα χαμηλής, αυτό συμβαίνει γιατί τα έργα χαμηλής πτώσης έχουν να διαχειριστούν σημαντικά μεγαλύτερες ποσότητες νερού με αποτέλεσμα να αυξάνονται σημαντικά οι ανάγκες διαμόρφωσης και υλοποίησης έργων ΠΜ, καθώς και το μέγεθος του κυρίως εξοπλισμού. Ειδικότερα, το κόστος κατασκευής είναι αντιστρόφως ανάλογο του διαθέσιμου ύψους πτώσης νερού.





Διάγραμμα 10 Ποσοστό επί της συνολικής επένδυσης εργασιών Πολιτικού Μηχανικού ΜΥΗΕ χαμηλής και υψηλής στέψης.

### 5.3.2 Συνολικό κόστος επένδυσης σε σχέση με την παραγόμενη ισχύ

Στον Πίνακα 5 και στο Διάγραμμα 11 παρουσιάζεται το μέσο κόστος επένδυσης ανά παραγόμενη KW. Σημειώνεται ότι στο κόστος επένδυσης περιλαμβάνεται το κόστος σχεδιασμού, ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, έργων Πολιτικού Μηχανικού, σύνδεσης δικτύου, αγοράς ή ενοικίασης γης καθώς και διοικητικά κόστη.

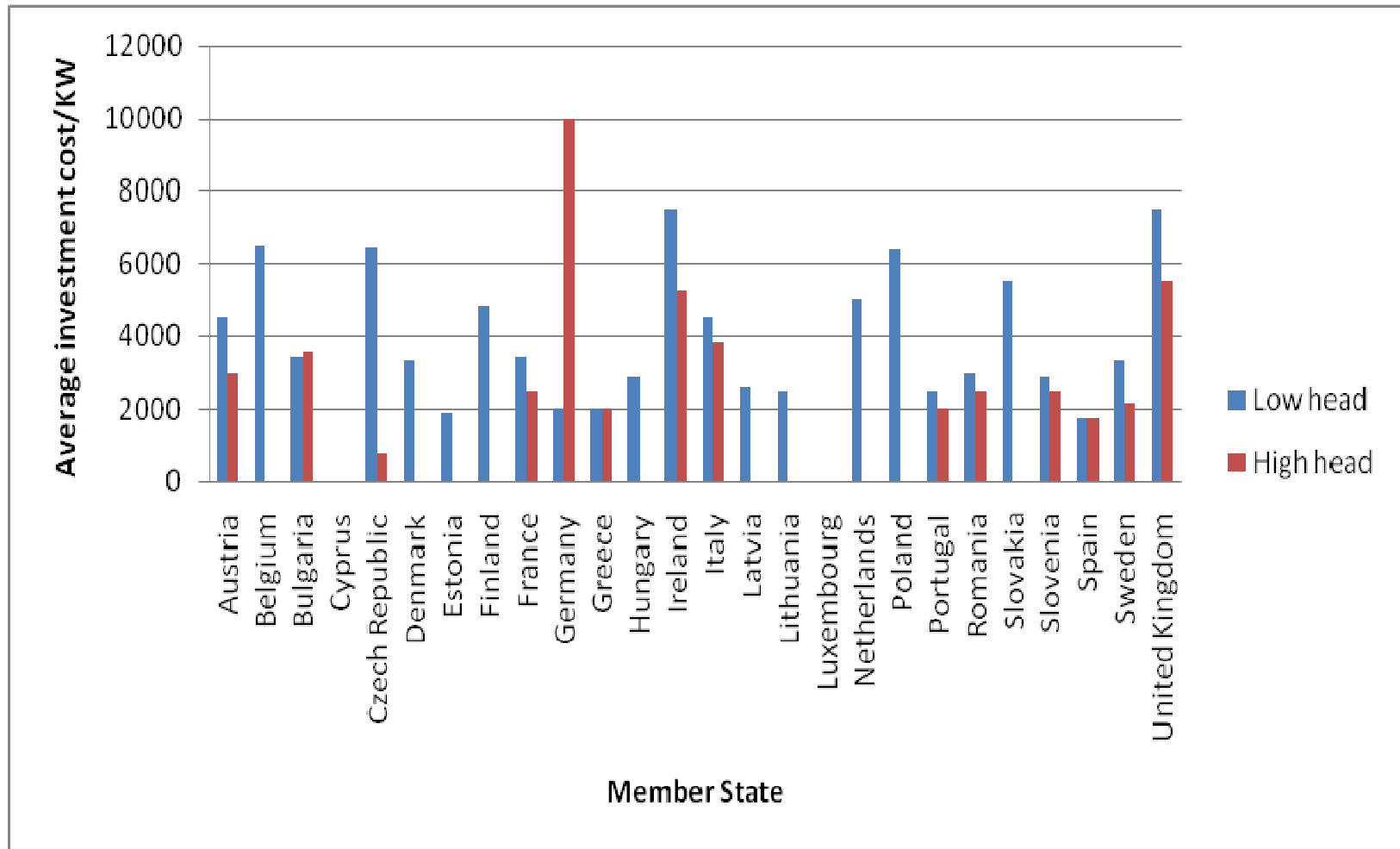
Country	Variable	Low head	High head
Austria	Average Investment cost (€/kW)	4500	3000
Belgium	Average Investment cost (€/kW)	6500	NAP
Bulgaria	Average Investment cost (€/kW)	3400	3563
Cyprus	Average Investment cost (€/kW)	n/a	n/a
Czech Republic	Average Investment cost (€/kW)	6450	800
Denmark	Average Investment cost (€/kW)	3300	NAP
Estonia	Average Investment cost (€/kW)	1900	NAP
Finland	Average Investment cost (€/kW)	4850	NAP
France	Average Investment cost (€/kW)	3400	2475
Germany	Average Investment cost (€/kW)	2000	10000
Greece	Average Investment cost (€/kW)	2000	2000
Hungary	Average Investment cost (€/kW)	2900	NAP
Ireland	Average Investment cost (€/kW)	7500	5250
Italy	Average Investment cost (€/kW)	4500	3800
Latvia	Average Investment cost (€/kW)	2600	NAP
Lithuania	Average Investment cost (€/kW)	2500	NAP
Luxembourg	Average Investment cost (€/kW)	n/a	NAP
Netherlands	Average Investment cost (€/kW)	5000	NAP
Poland	Average Investment cost (€/kW)	6400	NAP
Portugal	Average Investment cost (€/kW)	2500	2000
Romania	Average Investment cost	3000	2500

	(€/kW)		
Slovakia	Average Investment cost	5500	n/a
	(€/kW)		
Slovenia	Average Investment cost	2900	2500
	(€/kW)		
Spain	Average Investment cost	1750	1750
	(€/kW)		
Sweden	Average Investment cost	3310	2150
	(€/kW)		
United Kingdom	Average Investment cost	7500	5500
	(€/kW)		

Πίνακας 5 Μέσο κόστος επένδυσης ανά παραγόμενη KW

*Σημείωση: Όπου αναγράφεται NAP η μεταβλητή δεν έχει εφαρμογή, ενώ όπου αναγράφεται N/A δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία*

Το συνολικό κόστος επένδυσης για τα ΥΕ χαμηλής στέψης κυμαίνεται από 1750€/kW έως 7500€/kW με μέσο όρο τα 4000€/kW ενώ για τα υψηλής από 800€/kW έως 10000€/kW με μέσο όρο τα 3400€/kW.



Διάγραμμα 11 Μέσο κόστος επένδυσης ανά παραγόμενη KW

### 5.3.3 Μέσο κόστος λειτουργίας και συντήρησης

Στον Πίνακα 6 και στο Διάγραμμα 12 παρουσιάζεται το μέσο κόστος κατασκευής και λειτουργίας ως % της συνολικής επένδυσης. Σημειώνεται ότι στο μέσο κόστος λειτουργίας και συντήρησης συμπεριλαμβάνονται τα τέλη χρήσης νερού, το κόστος εργασίας, ασφάλισης, συντήρησης, επισκευής, ανταλλακτικών, ενοικίων, διοικητικά κόστη ως ποσοστό του συνολικού κόστους επένδυσης.

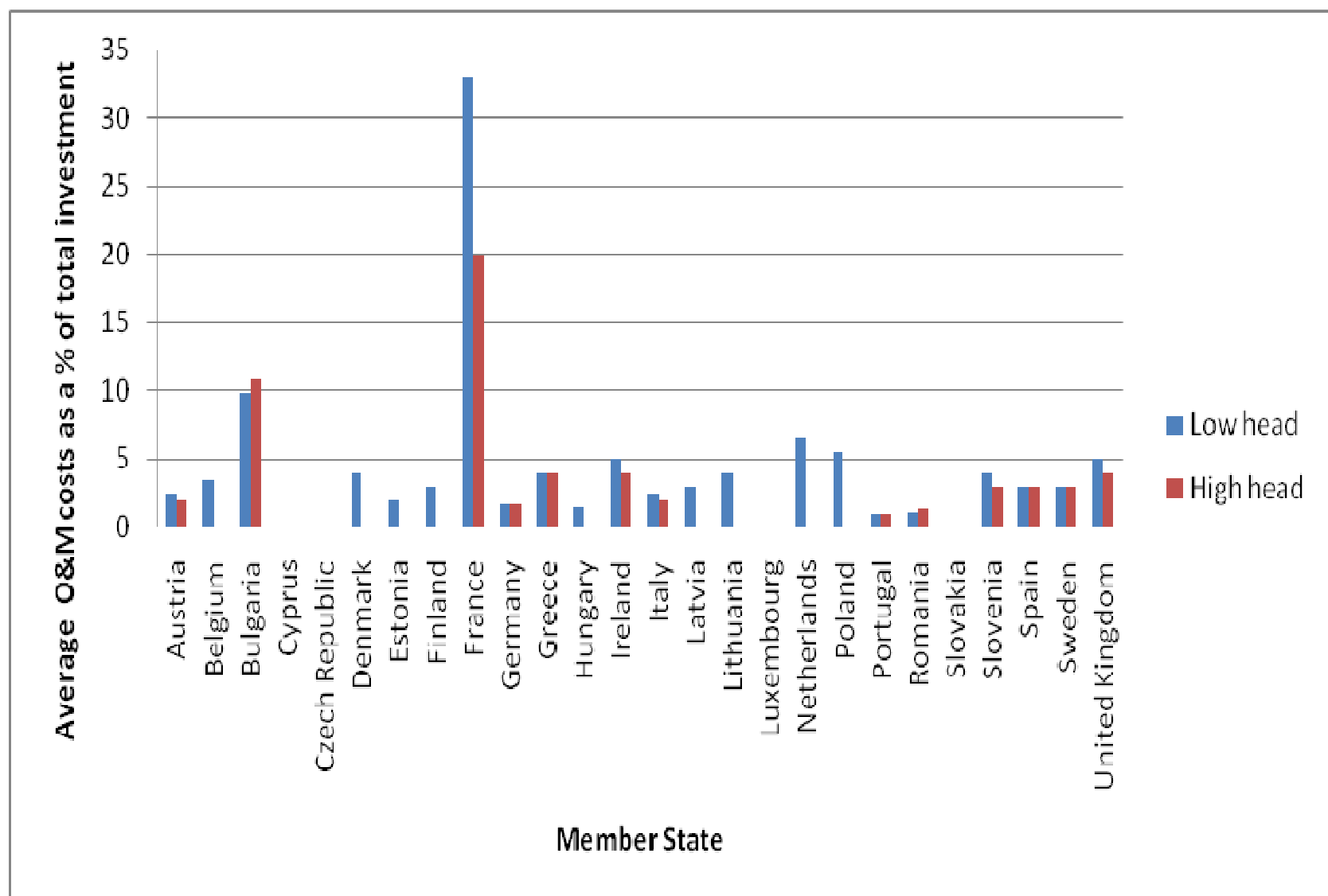
Country	Variable	Low head	High head
<b>Austria</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	2.5	2.0
<b>Belgium</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	3.5	NAP
<b>Bulgaria</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	9.91	10.82
<b>Cyprus</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	n/a	n/a
<b>Czech Republic</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	n/a	n/a
<b>Denmark</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	4	NAP
<b>Estonia</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	2.0	NAP
<b>Finland</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	3	NAP
<b>France</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	33	20
<b>Germany</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	1.75	1.75
<b>Greece</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	4	4
<b>Hungary</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	1.5	n/a
<b>Ireland</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	5	4
<b>Italy</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	2.5	2.0
<b>Latvia</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	3	NAP
<b>Lithuania</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	4.0	NAP
<b>Luxembourg</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	n/a	NAP
<b>Netherlands</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	6.5	NAP
<b>Poland</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	5.6	NAP

<b>Portugal</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	1.0	1.0
<b>Romania</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	1.1	1.3
<b>Slovakia</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	n/a	n/a
<b>Slovenia</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	4	3
<b>Spain</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	2.9	2.9
<b>Sweden</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	3	3
<b>United Kingdom</b>	Average O&M Cost (as % of total investment cost)	5	4

Πίνακας 6 Μέσο κόστος λειτουργίας και συντήρησης ως % της συνολικής επένδυσης

*Σημείωση: Όπου αναγράφεται NAP η μεταβλητή δεν έχει εφαρμογή, ενώ όπου αναγράφεται N/A δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία*

Κατά μέσο όρο για τα ΥΕ χαμηλής στέψης το κόστος λειτουργίας και συντήρησης κυμαίνεται από 1% έως 6,5% της συνολικής επένδυσης. Εξαιρέση αποτελεί η Βουλγαρία με ποσοστό 10% και η Γαλλία με ποσοστό 33%. Για τα ΥΕ υψηλής στέψης τα κόστη κυμαίνονται από 1% έως 4,0%, με εξαίρεση την Βουλγαρία και Γαλλία.



Διάγραμμα 12 Μέσο κόστος λειτουργίας και συντήρησης ως % της συνολικής επένδυσης

### 5.3.4 Μέση διάρκεια ζωής του μηχανολογικού εξοπλισμού

Στον Πίνακα 7 και στο Διάγραμμα 7 παρουσιάζεται η μέση διάρκεια ζωής του μηχανολογικού εξοπλισμού ενός ΜΥΗΕ σε έτη. Ο όρος μέση διάρκεια ζωής αναφέρεται στην χρονική περίοδο κατά την οποία ο εξοπλισμός λειτουργεί κανονικά χωρίς να απαιτηθεί αντικατάσταση των εξαρτημάτων σε ποσοστό πάνω από 50%.

Country	Variable	Low head	High head
<b>Austria</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	30	40
<b>Belgium</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	25	NAP
<b>Bulgaria</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	20	25
<b>Cyprus</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	n/a	n/a
<b>Czech Republic</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	n/a	n/a
<b>Denmark</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	40	NAP
<b>Estonia</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	40	NAP
<b>Finland</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	30	NAP
<b>France</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	30	30
<b>Germany</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	25	25
<b>Greece</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	50	50
<b>Hungary</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	n/a	n/a
<b>Ireland</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	30	30
<b>Italy</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	30	30
<b>Latvia</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	20	NAP
<b>Lithuania</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	30	NAP
<b>Luxembourg</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	50	NAP
<b>Netherlands</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	35	NAP
<b>Poland</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	32	NAP
<b>Portugal</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	42,5	50

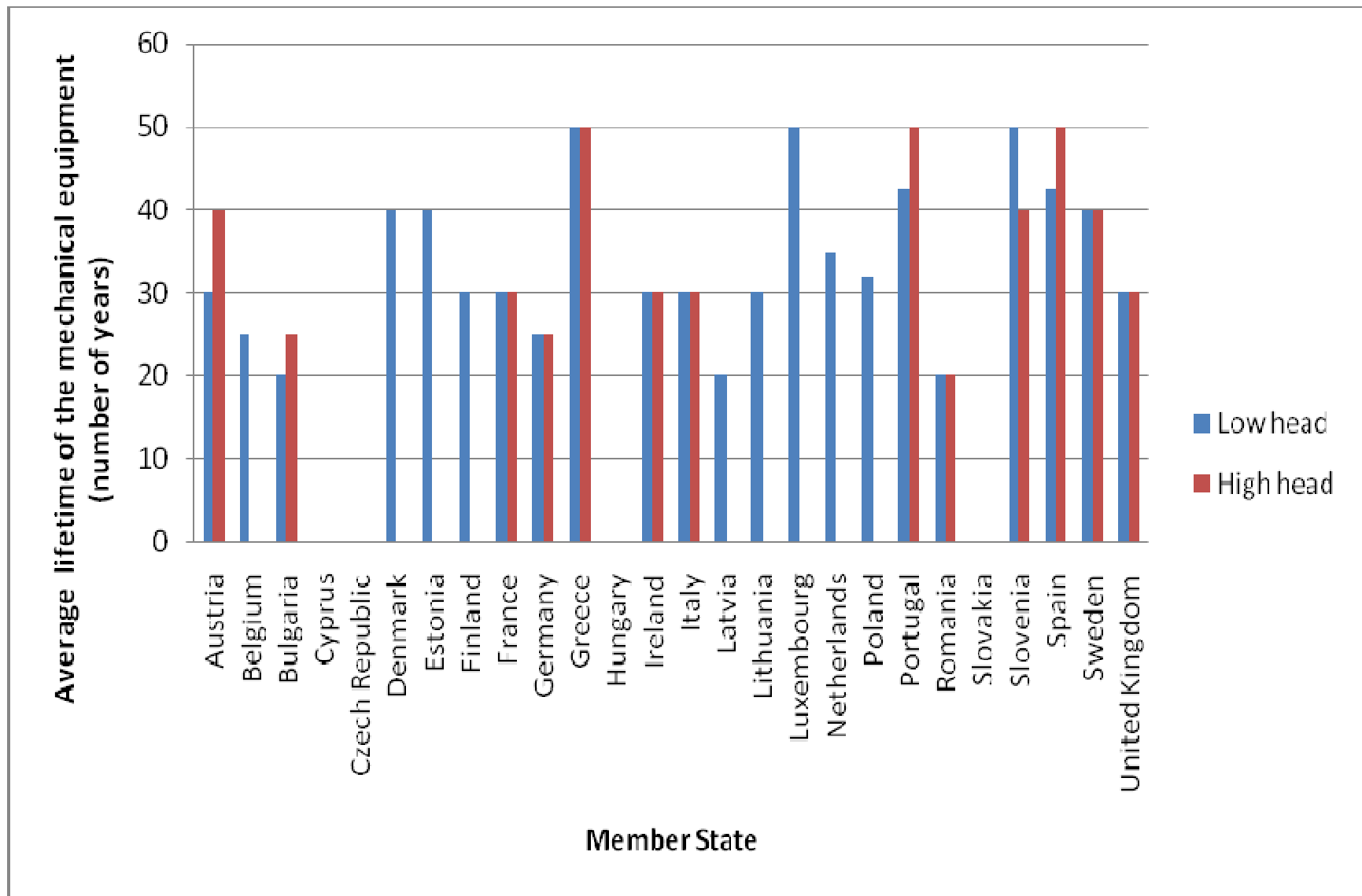


	equipment (number of years)		
<b>Romania</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	20	20
<b>Slovakia</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	n/a	n/a
<b>Slovenia</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	50	40
<b>Spain</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	42,5	50
<b>Sweden</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	40	40
<b>United Kingdom</b>	Average lifetime of the mechanical equipment (number of years)	30	30

Πίνακας 7 Μέση διάρκεια ζωής του μηχανολογικού εξοπλισμού σε έτη

*Σημείωση: Όπου αναγράφεται NAP η μεταβλητή δεν έχει εφαρμογή, ενώ όπου αναγράφεται N/A δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία*

Τόσο για τα ΥΕ χαμηλής στέψης όσο και για τα υψηλής η μέση διάρκεια ζωής κυμαίνεται από 20 έως 50 έτη. Για τη Ελλάδα η τιμή αυτή είναι τα 50 έτη.



Διάγραμμα 13 Μέση διάρκεια ζωής του μηχανολογικού εξοπλισμού σε έτη

### 5.3.5 Μέσο κόστος συναρτήσει παραγόμενης kWh

Στον Πίνακα 8 και στο Διάγραμμα 14 παρουσιάζεται το μέσο κόστος ανά παραγόμενη kWh. Σημειώνεται ότι στο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχει υπολογιστεί και ισοκαταμεμηθεί το κόστος επένδυσης, λειτουργίας και συντήρησης κατά την διάρκεια ζωής του έργου.

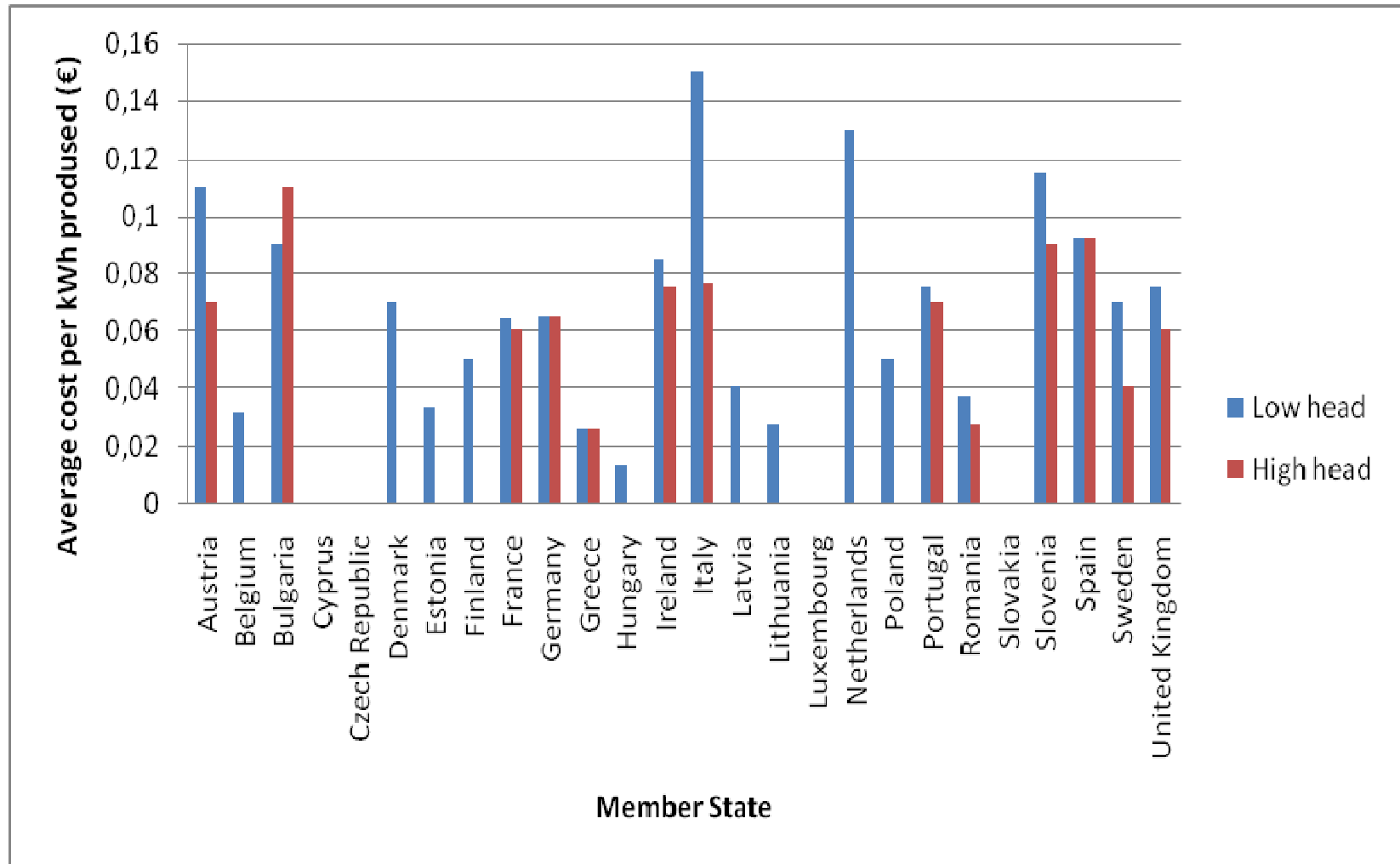
Country	Variable	Low head	High head
<b>Austria</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.11	0.07
<b>Belgium</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.03175	NAP
<b>Bulgaria</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.09	0.11
<b>Cyprus</b>	Average Cost per kWh produced (€)	n/a	n/a
<b>Czech Republic</b>	Average Cost per kWh produced (€)	n/a	n/a
<b>Denmark</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.07	NAP
<b>Estonia</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.033	NAP
<b>Finland</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.05	NAP
<b>France</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.064	0.06
<b>Germany</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.065	0.065
<b>Greece</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.026	0.026
<b>Hungary</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.013	NAP
<b>Ireland</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.085	0.075
<b>Italy</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.15	0.076
<b>Latvia</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.04	NAP
<b>Lithuania</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.0275	NAP
<b>Luxembourg</b>	Average Cost per kWh produced (€)	n/a	NAP
<b>Netherlands</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.13	NAP
<b>Poland</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.05	NAP
<b>Portugal</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.075	0.070

<b>Romania</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.0375	0.0275
<b>Slovakia</b>	Average Cost per kWh produced (€)	n/a	n/a
<b>Slovenia</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.115	0.09
<b>Spain</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.0925	0.0925
<b>Sweden</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.07	0.04
<b>United Kingdom</b>	Average Cost per kWh produced (€)	0.075	0.06

Πίνακας 8 Μέσο κόστος συναρτήσεως παραγόμενης kWh σε €

*Σημείωση: Όπου αναγράφεται NAP η μεταβλητή δεν έχει εφαρμογή, ενώ όπου αναγράφεται N/A δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία*

Το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για τα ΥΕ χαμηλής στέψης κυμαίνεται από 0,013€/kWh έως 0,15€/kWh ενώ για τα υψηλής στέψης 0,026€/kWh έως 0,11€/kWh. Στην Ελλάδα η τιμή είναι ίδια και για τις δύο περιπτώσεις με τιμή 0,026€/kWh.



Διάγραμμα 14 Μέσο κόστος ανά παραγόμενη kWh

#### 5.4 Συμπεράσματα

Η αξιοποίηση του μικρού υδροδυναμικού των χιλιάδων μικρών ή μεγαλύτερων υδατορρευμάτων και πηγών της Ελλάδος περνά από την υλοποίηση αποκεντρωμένων, αναπτυξιακών μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών πολλαπλής σκοπιμότητας, που μπορούν δηλαδή να λειτουργούν και για την ταυτόχρονη κάλυψη υδρευτικών, αρδευτικών και άλλων τοπικών αναγκών.

Οι πολύ υψηλοί βαθμοί απόδοσης των υδροστροβίλων, που μερικές φορές υπερβαίνουν και το 90%, και η πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής των υδροηλεκτρικών έργων, που μπορεί να υπερβαίνει και τα 100 έτη, αποτελούν δύο χαρακτηριστικούς δείκτες για την ενεργειακή αποτελεσματικότητα και την τεχνολογική ωριμότητα των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών.

Τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα όπως είναι η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης - απόζευξης στο δίκτυο, ή η αυτόνομη λειτουργία τους, η αξιοπιστία τους, η παραγωγή ενέργειας άριστης ποιότητας χωρίς διακυμάνσεις, η άριστη διαχρονική συμπεριφορά τους, η μεγάλη διάρκεια ζωής, ο προβλέψιμος χρόνος απόσβεσης των αναγκαίων επενδύσεων που οφείλεται στο πολύ χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας και στην ανυπαρξία κόστους πρώτης ύλης, η φιλικότητα προς το περιβάλλον με τις μηδενικές εκπομπές ρύπων και τις περιορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η ταυτόχρονη ικανοποίηση και άλλων αναγκών χρήσης νερού (ύδρευσης, άρδευσης, κλπ.), η δυνατότητα παρεμβολής τους σε υπάρχουσες υδραυλικές εγκαταστάσεις, κ.α.

Εξ' ορισμού, ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον, που μπορεί να συμβάλει ακόμη και στη δημιουργία νέων υδροβιοτόπων μικρής κλίμακας στα ανάντη των μικρών Ταμιευτήρων. Το σύνολο των επί μέρους συνιστωσών του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τα τοπικά υλικά με παραδοσιακό τρόπο και αναβαθμίζοντας το γύρω χώρο.

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

### Ελληνικές αναφορές:

Βατάλης Κ. 2010 *Συλλογή νομοθεσίας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ)* Εκδόσεις Σάκκουλα Α.Ε.

Κόλλιας Παναγιώτης Σ., Κόλλιας Β. 2009 *Τεχνητές λίμνες, λιμνοδεξαμενές, φράγματα, υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις Νέες τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας* Έκδοση ιδίου

Μπαλάρας Κ., Αργυρίου Α., Καραγιάννης Φ. 2006 *Συμβατικές και ήπιες μορφές ενέργειας* Εκδόσεις Τεκδοτική

Παπαντώνης Δημήτριος Ε. 2008 *Μικρά υδροηλεκτρικά Έργα* Εκδόσεις Συμεών

Λαμπροπούλου Β., Κορνάρος Μ., Καραγεωργόπουλος Α., Τσούτσος *Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις από Μικρούς Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς – Η Ελληνική Εμπειρία* Θ. Τεχν. Χρον. Επιστ. Εκδ. ΤΕΕ, III, τεύχ. 1-2 2004, Tech. Chron. Sci. J. TCG, III, No 1-2

### Ξένες αναφορές:

World Energy Council, Kogan Page Ltd, London, 1994 *New renewable energy resources*

European Renewable Energy Council 2011 *Mapping renewable energy pathways towards 2020*

Scottish Natural Heritage 2001 *Guidelines on the Environmental Impacts and Small Hydroelectric Schemes SNH*

ESHA, 2nd Edition, 1998 *Layman's Guidebook on How to Develop a Small Hydro Site*

Ramos, H., Betamio, A., "Small Hydropower Schemes as an Important Renewable Energy Source", HIDROENERGIA'99 - Int. Conf. on Small and Medium Hydropower, Vienna, Austria, 1999

### Διαδικτυακός ιστός:

European Renewable Energy Council

(<http://www.erec.org/renewable-energy/hydropower.html>)

Foundation for Water & Energy Education

(<http://fwee.org>)

Hydropower Sustainability Assesment Protocol

([http://www.hydrosustainability.org/IHAHydro4Life/media/PDFs/Protocol/hydropoer-sustainability-assessment-protocol\\_web.pdf](http://www.hydrosustainability.org/IHAHydro4Life/media/PDFs/Protocol/hydropoer-sustainability-assessment-protocol_web.pdf))

International Network on Small Hydro Power

(<http://www.inshp.org/news/shownews.asp?id=224>)

International Hydropower Association

([http://www.hydropower.org/sustainable\\_hydropower/Sustainable\\_Hydropower\\_Website.html](http://www.hydropower.org/sustainable_hydropower/Sustainable_Hydropower_Website.html))

Natural Resources Canada

(<http://www.retscreen.net/ang/home.php>)

The European Small Hydropower Assosiation

(<http://www.esha.be>)

Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας

([http://www.eletaen.gr/drupal/sites/default/files/MONTELO\\_RETSSCREEN.pdf](http://www.eletaen.gr/drupal/sites/default/files/MONTELO_RETSSCREEN.pdf))

Ελληνικός Σύνδεσμος Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων

(<http://www.microhydropower.gr>)

Ευρωπαϊκή Ένωση

([http://ec.europa.eu/energy/observatory/eu\\_27\\_info/doc/key\\_figures.pdf](http://ec.europa.eu/energy/observatory/eu_27_info/doc/key_figures.pdf),

[http://ec.europa.eu/energy/res/sectors/doc/small\\_hydro/guide\\_to\\_env\\_approach\\_to\\_shps.p.pdf](http://ec.europa.eu/energy/res/sectors/doc/small_hydro/guide_to_env_approach_to_shps.p.pdf))

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας

([http://www.cres.gr/kape/pdf/download/02\\_Thesmiko%20Adeiotoiko%20&%20Xrimatooikomkio%20plaisio%20ergon%20APE%20stin%20Ellada.pdf](http://www.cres.gr/kape/pdf/download/02_Thesmiko%20Adeiotoiko%20&%20Xrimatooikomkio%20plaisio%20ergon%20APE%20stin%20Ellada.pdf))

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος

([http://library.tee.gr/digital/m2380/m2380\\_brilakis.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2380/m2380_brilakis.pdf))

Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής

(<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=G3A0b8ZdmNA%3d&tabid=546&language=el-GR>

[http://www.minenv.gr/4/42/00/Meleth\\_APE/Meros\\_B.pdf](http://www.minenv.gr/4/42/00/Meleth_APE/Meros_B.pdf)

[http://www.minenv.gr/4/42/00/Meleth\\_APE/Meros\\_A.pdf](http://www.minenv.gr/4/42/00/Meleth_APE/Meros_A.pdf))

## Εγχειρίδια

Ενεργειακή αποδοτικότητα και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – υποστήριξη των ενεργειακών πολιτικών σε τοπικό επίπεδο Ener Supply