



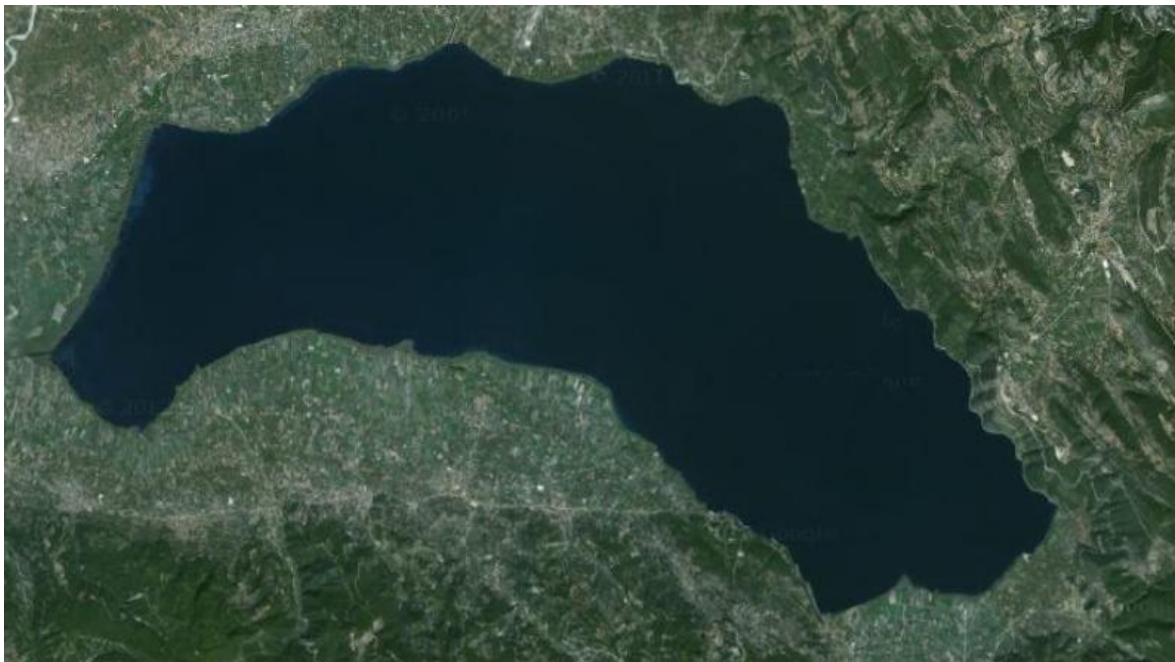
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

Αντλησοταμίευση από τη Λίμνη Τριχωνίδα



**Ρεντζής Κωνσταντίνος**

Επιβλέπων

Ιωάννης Στεφανάκος

Λέκτορας ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2013

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

Αντλησοταμίευση από τη Λίμνη Τριχωνίδα

**Ρεντζής Κωνσταντίνος**

Επιβλέπων

Ιωάννης Στεφανάκος

Λέκτορας ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2013

## Πρόλογος

Καταρχήν, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Ιωάννη Στεφανάκο, Λέκτορα της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. και επιβλέπων της διπλωματικής μου εργασίας, για την δυνατότητα που μου προσέφερε και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, ώστε να εκπονήσω ένα τόσο ενδιαφέρον διπλωματικό θέμα..

Επίσης πρέπει να ευχαριστήσω τον Δήμο Θέρμου Αιτωλοακαρνανίας για την παραχώρηση των απαραίτητων τοπογραφικών και γεωλογικών χαρτών της εξεταζόμενης περιοχής.

Ακόμη, ευχαριστώ πολύ τον κύριο Παπαντώνη για τις πληροφορίες που μου έδωσε σχετικά με το μηχανολογικό εξοπλισμό.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένεια μου, τους γονείς μου Θανάση και Γεωργία και τον αδερφό μου Νίκο, καθώς και τους φίλους μου, για την αμέριστη συμπαράσταση και υπομονή που έδειξαν κατά τη διάρκεια της φοίτησης μου στο Πολυτεχνείο.

Αθήνα, Μάρτιος 2013

Κωνσταντίνος Ρεντζής

## Περίληψη

Η στρατηγική αύξηση της διείσδυσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο έχει σαν επακόλουθο την αποσταθεροποίηση του δικτύου λόγω της στοχαστικότητας των μεγεθών. Η εισχώρηση όλο και περισσότερων αιολικών πάρκων στο διασυνδεδεμένο δίκτυο κρίνεται ανεφάρμοστη αν δεν γίνουν παράλληλες κινήσεις για την ευστάθεια του συστήματος. Στην χώρα μας δεν έχουμε φτάσει ακόμα στο σημείο της μη περαιτέρω δυνατότητας ένταξης ΑΠΕ στο δίκτυο όμως θα πρέπει να μεριμνήσουμε όσο το δυνατό ταχύτερα πριν φτάσουμε στο τεχνικό όριο. Η πιο εφικτή λύση για το εν λόγω αποτέλεσμα είναι η κατασκευή συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας για την αξιοποίηση της απορριπτόμενης ενέργειας. Η συνηθέστερη επιλογή για την αποθήκευση ενέργειας μεγάλης κλίμακας είναι η κατασκευή ενός αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού έργου. Μελετήθηκε λοιπόν στην παρούσα διπλωματική εργασία η κατασκευή ενός τέτοιου έργου αξιοποιώντας το υδατικό δυναμικό της λίμνης Τριχωνίδας. Όντας η μεγαλύτερη λίμνη σε όγκο νερού στην Ελλάδα, σε συνδυασμό με την πολύ μικρή διακύμανση της στάθμης της και εύρεση κατάλληλης υψομετρικής διαφοράς εκπονήθηκε μελέτη για την κατασκευή του έργου. Παρουσιάζονται αναλυτικά η χωροθέτηση της λιμνοδεξαμενής, του αντλιοστασίου και η διαδρομή των αγωγών που συνδέουν τα μέρη του έργου. Επιλέχθηκε η ισχύς και ο αριθμός των αντλιών υπολογίζοντας τη ποσότητα ενέργειας που εξοικονομείται. Έγινε επίσης κοστολόγηση του έργου και μελετήθηκαν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την υλοποίηση του.

## **Abstract**

In an electric network, the increase of Resources of Renewable Energy (RRE) eventually leads to its destabilization, due to the vagueness of certain parameters. Wind power will be an unusable source unless measures are taken in order to increase the stability of wind farms systems, ultimately deeming wind farms, a large up-and-coming part of the electric network, unfit for use. For the time being, Greece hasn't reached the point of RRE integration in its network reaching its full maximum, but looking ahead to the technical limit is a necessity. The most attainable solution is the construction of energy storage systems, which store the wasted energy that comes along with using RRE's. For large scale energy storage, a reversible hydro-electrical system is most commonly used. In this thesis, the construction of such a system was studied based on the water potential of lake Trichonida. It is the lake with the largest volume in Greece, and combined with its infinitesimal water level fluctuation and appropriate height difference, the study of the reversible system was undertaken. What follows is an analytical description of how and where the reservoir and the pumping system will be placed, as well as the structure of the network's pipeline. The number of pumps and the power that they're able to reserve were chosen through calculating the amount of energy that is actually saved. Finally, the costing of such a project was studied, without ignoring the possible effects on nature it could possibly have.

## Περιεχόμενα

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	1
1.1	Αντικείμενο μελέτης.....	1
1.2	Διάρθρωση της εργασίας.....	1
1.3	Ενεργειακή κατάσταση στην Ελλάδα.....	2
1.4	Εθνικό σχέδιο δράσης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	3
1.5	Οικονομική ύφεση και επανακαθορισμός ενεργειακών στόχων.....	7
1.6	Ελληνική πραγματικότητα για την ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ.....	9
1.7	Αρμόδιοι φορείς του ελληνικού κράτους.....	14
1.7.1	ΡΑΕ.....	14
1.7.2	ΚΑΠΕ.....	16
1.7.3	ΛΑΓΗΕ.....	17
1.7.4	ΑΔΜΗΕ.....	19
2.	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ .....	23
2.1.	Υδροηλεκτρική ενέργεια.....	23
2.2.	Λειτουργία Υδροηλεκτρικών σταθμών.....	24
2.3.	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα υδροηλεκτρικής ενέργειας.....	27
2.4.	Υδροηλεκτρικοί σταθμοί μεγάλης κλίμακας.....	29
2.5.	Υδροηλεκτρικοί σταθμοί μικρής κλίμακας.....	29
3.	ΑΝΤΛΗΣΟΤΑΜΙΕΥΣΗ.....	32
3.1.	Η ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας.....	32
3.2.	Αποθήκευση σε υδραυλικό ταμιευτήρα.....	33
3.2.1.	Κύρια χαρακτηριστικά των αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών έργων.....	34
3.2.2.	Φάση άντλησης.....	34
3.2.3.	Φάση επαναπρόσδοσης της υδραυλικής ενέργειας.....	35
3.3.	Αποθήκευση υδάτων.....	36
3.3.1.	Αποθήκευση υδάτων σε φράγματα.....	36
3.3.2.	Αποθήκευση υδάτων σε λιμνοδεξαμενές.....	39
3.3.3.	Σύγκριση έργων αποθήκευσης υδάτων, φράγματος και λιμνοδεξαμενής, για αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά έργα.....	40
3.4.	Υπάρχοντα αναστρέψιμα στον Ελλαδικό χώρο.....	43
4.	ΤΡΙΧΩΝΙΔΑ.....	45
4.1.	Φυσικό – γεωγραφικά χαρακτηριστικά της λίμνης Τριχωνίδας.....	45
4.2.	Γεωμορφολογία της περιοχής.....	46

4.3.	Χρήσεις γης.....	48
4.4.	Υδρολογικά στοιχεία .....	50
4.5.	Λιμνολογικά στοιχεία.....	52
4.6.	Γεωλογία.....	53
4.7.	Τεκτονική.....	55
4.8.	Σεισμικότητα .....	57
5.	ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ .....	60
5.1.	Κατάλληλη θέση για διαμόρφωση έργου.....	60
5.2.	Κατάλληλη θέση για διαμόρφωση δεξαμενής .....	64
5.3.	Επιλογή θέσης εγκατάστασης αντλιοστασίου .....	70
5.4.	Υδραυλικοί και Ενεργειακοί υπολογισμοί .....	70
5.4.1.	Απώλειες ενέργειας λόγω της ροής στον αγωγό .....	71
5.4.2.	Αντλούμενοι όγκοι .....	72
5.4.3.	Απαιτούμενη ισχύς αντλιοστασίου.....	72
5.4.4.	Απαιτούμενη ενέργεια.....	74
5.4.5.	Παραγόμενη ενέργεια.....	74
5.4.6.	Απόδοση ενέργειας σε έναν πλήρη κύκλο.....	75
5.5.	Επιλογή πλήθους μονάδων και ισχύς τους.....	75
5.6.	Χαρακτηριστικά αγωγών και διαδρομή.....	79
5.7.	Κυριότερα χαρακτηριστικά του έργου.....	81
5.8.	Εκτίμηση κόστους υλοποίησης ανά κατηγορία.....	82
5.8.1.	Τιμές Μονάδας Κοστολόγησης .....	82
5.8.2.	Παραδοχές Προμέτρησης – Κοστολόγησης .....	83
5.8.3.	Κοστολόγηση έργου .....	85
5.9.	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις .....	86
5.9.1.	Επιπτώσεις στο υδατικό ισοζύγιο της λίμνης .....	86
5.9.2.	Επιπτώσεις στη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα .....	87
5.9.3.	Επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον .....	88
5.9.4.	Επιπτώσεις στο ανθρωπογενές περιβάλλον.....	89
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	91
	Βιβλιογραφικές αναφορές.....	92
	ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....	93
	ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	94
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄ ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ .....	95

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄ ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΩΝ .....	99
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ΄ ΤΕΥΧΟΣ ΣΧΕΔΙΩΝ .....	101



# **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

## **1.1 Αντικείμενο μελέτης**

Αντικείμενο της εργασίας αποτελεί η μελέτη κατασκευής αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού έργου αξιοποιώντας το υδατικό δυναμικό της λίμνης Τριχωνίδας. Η περιοχή της Δυτικής Ελλάδας και ειδικότερα ο νομός της Αιτωλοακαρνανίας φιλοξενούν πληθώρα έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η ιδέα της εκπόνησης της συγκεκριμένης μελέτης οφείλεται στην ανάγκη σταθεροποίησης του ηλεκτρικού δικτύου λόγω της υψηλής διεύθυνσης των αιολικών πάρκων.

## **1.2 Διάρθρωση της εργασίας**

Η εργασία περιλαμβάνει έξι κεφάλαια. Στο κεφάλαιο 1 παρουσιάζεται το αντικείμενο μελέτης, η διάρθρωση της εργασίας, δίνεται μία σφαιρική εικόνα για την ενεργειακή κατάσταση της Ελλάδας και παρουσιάζονται οι αρμόδιοι φορείς του ελληνικού κράτους για την διαχείριση της ενέργειας.

Στο κεφάλαιο 2 γίνεται μία σύντομη περιγραφή της υδροηλεκτρικής ενέργειας και γίνεται διάκριση των μικρών από τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα.

Στο κεφάλαιο 3 εξετάζεται η λογική των αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών έργων. Περιγράφεται αναλυτικά ένας πλήρης κύκλος του νερού και γίνεται σύγκριση των τρόπων αποθήκευσης υδάτων (φράγματα-λιμνοδεξαμενές).

Στο κεφάλαιο 4 εξετάζεται η ευρύτερη περιοχή της λίμνης Τριχωνίδας. Παρουσιάζονται τα γεωμορφολογικά, γεωγραφικά, γεωλογικά, λιμνολογικά, τεκτονικά και σεισμικά στοιχεία της λίμνης.

Στο κεφάλαιο 5 μελετάται η κατασκευή του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού έργου. Επιλέγονται οι θέσεις για την κατασκευή των μερών του έργου (δεξαμενή, αντλιοστάσιο), γίνεται η επιλογή των αντλιών με βάση τους ενεργειακούς υπολογισμούς καθώς και η χάραξη των αγωγών. Το κεφάλαιο κλείνει με της παρουσίαση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην περιοχή και την κοστολόγηση του έργου.

Στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που εξάγονται από την παρούσα διπλωματική εργασία.

### **1.3 Ενεργειακή κατάσταση στην Ελλάδα**

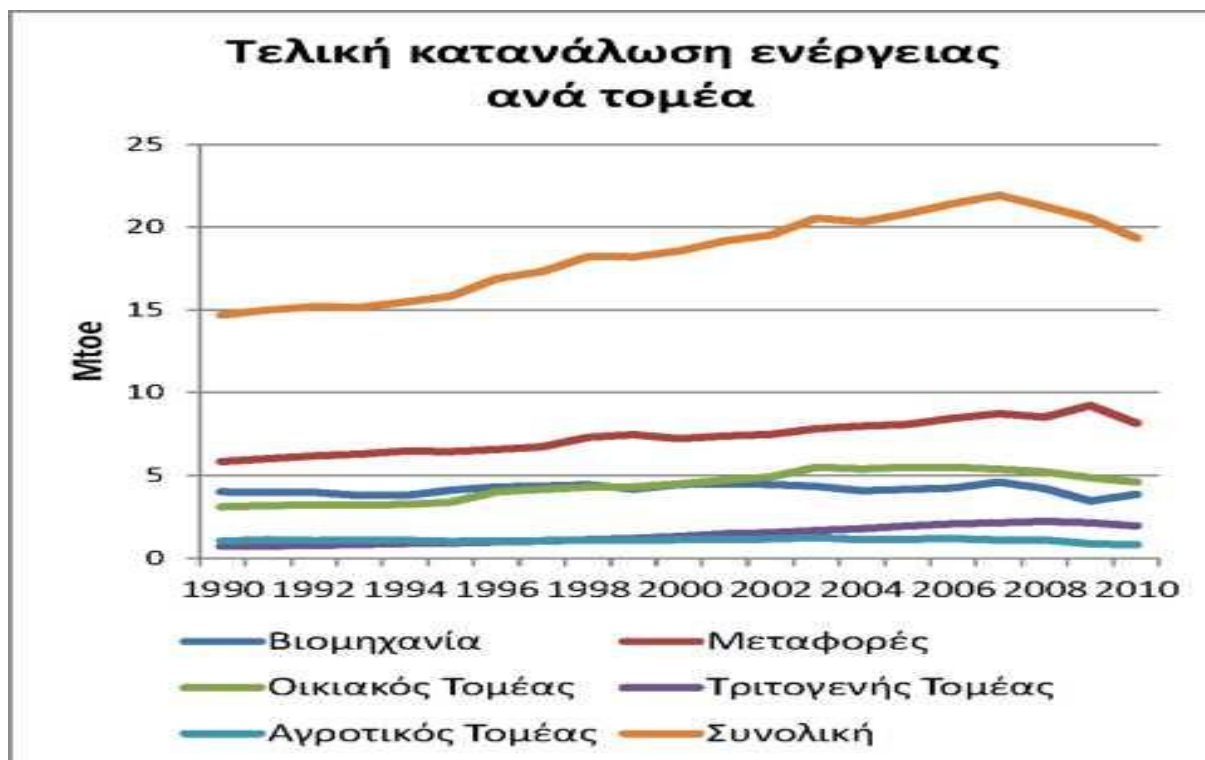
Κατά την τελευταία 20ετία, το εθνικό ενεργειακό σύστημα εξελίχθηκε σύμφωνα τόσο με τα μεγέθη της οικονομικής ανάπτυξης όσο και με τις νέες καταναλωτικές συνήθειες που υιοθετήθηκαν. Παρατηρήθηκε μια τάση για διαρκή αύξηση της ζήτησης ενέργειας σε όλους τους τομείς κατανάλωσης, η οποία επηρέασε την ανάπτυξη του ενεργειακού συστήματος.

Το υψηλό επίπεδο χρήσης συμβατικών καυσίμων τόσο για την παραγωγή ηλεκτρισμού όσο και για την κατανάλωση σε όλους ανεξαιρέτως τους τομείς αποτελεί το κύριο χαρακτηριστικό του ελληνικού ενεργειακού μίγματος. Η αξιοποίηση του λιγνίτη, αποτέλεσε στρατηγική επιλογή, παρά τις περιβαλλοντικές του επιπτώσεις, καθώς μέχρι σήμερα αποτελεί το βασικό μας εγχώριο καύσιμο. Το ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας κυριαρχείται επίσης, από εισαγόμενους υδρογονάνθρακες και κυρίως πετρελαϊκά προϊόντα και φυσικό αέριο.

Η μεγάλη εξάρτηση της χώρας από τις εισαγωγές καυσίμων και οι μη προβλέψιμες και κυρίως μη ελεγχόμενες μεταβολές στην τιμή τους, επιφέρουν ένα σημαντικό παράγοντα αβεβαιότητας στο σχεδιασμό ενεργειακών πολιτικών αλλά και στην ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού.

Η υιοθέτηση κοινών ευρωπαϊκών πολιτικών στον τομέα της ενέργειας και κυρίως σε σχέση με τις απαιτήσεις για περιορισμό των εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου έχει ήδη επηρεάσει το εθνικό ενεργειακό σύστημα. Ειδικότερα, τα τελευταία χρόνια επιτυγχάνεται μια ολοένα και αυξανόμενη διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας τόσο στην ηλεκτροπαραγωγή, όσο και στην τελική χρήση ενέργειας, ενώ ήδη έχουν εφαρμοστεί μέτρα και πολιτικές για την επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας.

Εξωγενείς παράγοντες όπως η αύξηση στις τιμές καυσίμων και η οικονομική κρίση επηρεάζουν άμεσα και δραστικά την ενεργειακή κατανάλωση, διαμορφώνοντας ένα δυναμικό πεδίο που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό του ενεργειακού συστήματος. Αυτό φαίνεται ξεκάθαρα στο Σχήμα 1.1, όπου η τελική κατανάλωση αρχίζει να μειώνεται ήδη από το 2007 και μετά καταλήγοντας σε συνολική μείωση 12% για την περίοδο 2007-2010, πλησιάζοντας έτσι τα επίπεδα των αρχών της προηγούμενης δεκαετίας.



Σχήμα 1.1 Διακύμανση κατανάλωσης ενέργειας ανά τομέα από το 1990 έως το 2010

Παρά τη μείωση που έχει σημειωθεί στη ζήτηση ενέργειας λόγω των εξωγενών αυτών παραγόντων, υπάρχει μεγάλο δυναμικό ενεργειακής αποδοτικότητας. Κι αυτό διότι η κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα βασίζεται κατά συντριπτικό ποσοστό σε συμβατικά καύσιμα και μάλιστα ρυπογόνα, ενώ οι συνήθειες τεχνολογίες που εφαρμόζονται στους περισσότερους τομείς επιτυγχάνουν σχετικά χαμηλή ενεργειακή απόδοση. Επισημαίνεται ότι οι ΑΠΕ, παρά τη δυναμική τους παρουσία, συνεχίζουν να καταλαμβάνουν μικρό μερίδιο, ενώ η διείσδυση του φυσικού αερίου, του πιο περιβαλλοντικά φιλικού συμβατικού καυσίμου, παραμένει περιορισμένη και επικεντρώνεται κυρίως στη χρήση του για παραγωγή ηλεκτρισμού. ( Επιτροπή Εθνικού Ενεργειακού Σχεδιασμού, 2012)

#### 1.4 Εθνικό σχέδιο δράσης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης ευρωπαϊκής πολιτικής για την κλιματική αλλαγή και την ενέργεια όπου τίθενται σε επίπεδο Ε.Ε., οι στόχοι για τη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, τη διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) και την Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (γνωστοί ως στόχοι 20-20-20), υιοθετήθηκε από τα κράτη-μέλη της κοινότητας ένα ευρύ νομοθετικό «πακέτο». Εκεί περιλαμβάνεται και η Οδηγία 2009/28/ΕΚ για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές που θέτει τον νομικά δεσμευτικό στόχο 20% για συμμετοχή των Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση

ενέργειας της ΕΕ-27 μέχρι το 2020, ενώ για την Ελλάδα ο αντίστοιχος στόχος προσδιορίζεται στο 18%.

Σύμφωνα με την οδηγία:

Τίθεται νομικά δεσμευτικός ευρωπαϊκός στόχος 20% συμμετοχής των Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας μέχρι το 2020, συμπεριλαμβανομένου ποσοστού 10% συμμετοχής τους στον τομέα μεταφορών. Προβλέπεται για πρώτη φορά αξιοποίηση των Α.Π.Ε. σε όλες τις ενεργειακές χρήσεις (ηλεκτροπαραγωγή, ψύξη/ θέρμανση, μεταφορές/ βιοκαύσιμα). Η εξειδίκευση σε εθνικούς στόχους στηρίζεται στο ΑΕΠ με σημείο εκκίνησης το ποσοστό συμμετοχής των Α.Π.Ε. σε κάθε κράτος-μέλος κατά το έτος 2005, με το συγκεκριμένο ποσοστό για την Ελλάδα να προσδιορίζεται στο 18%. Προτείνεται εμπορία εγγυήσεων προέλευσης και παράλληλα δυνατότητα διατήρησης των εθνικών συστημάτων υποστήριξης (πχ feed-in tariffs). Τέλος, υποχρεώνονται τα Κράτη Μέλη να υποβάλουν Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Ανανεώσιμη Ενέργεια. (Υπηρεσία Α.Π.Ε., 2011)

Η Ελληνική Κυβέρνηση με το Νόμο 3851/2010 «*Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής*» (ΦΕΚ Α' 85), προχώρησε στην αύξηση του εθνικού στόχου συμμετοχής των Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας στο 20%, ο οποίος και εξειδικεύεται σε 40% συμμετοχή των Α.Π.Ε. στην ηλεκτροπαραγωγή, 20% σε ανάγκες θέρμανσης-ψύξης και 10% στις μεταφορές. Παράλληλα, στο πλαίσιο εφαρμογής της Οδηγίας 2009/28/ΕΚ, εκπονήθηκε και υποβλήθηκε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, που αποτελεί το κατεξοχήν εργαλείο ενεργειακού σχεδιασμού μέχρι το 2020.

Με εξουσιοδότηση του ν.3851/2010, εκδόθηκε η Υπουργική Απόφαση 19598/110-2010 (ΦΕΚ 1630 Β'/11.10.2010), με θέμα την «*Επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και την κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Α.Π.Ε.*».

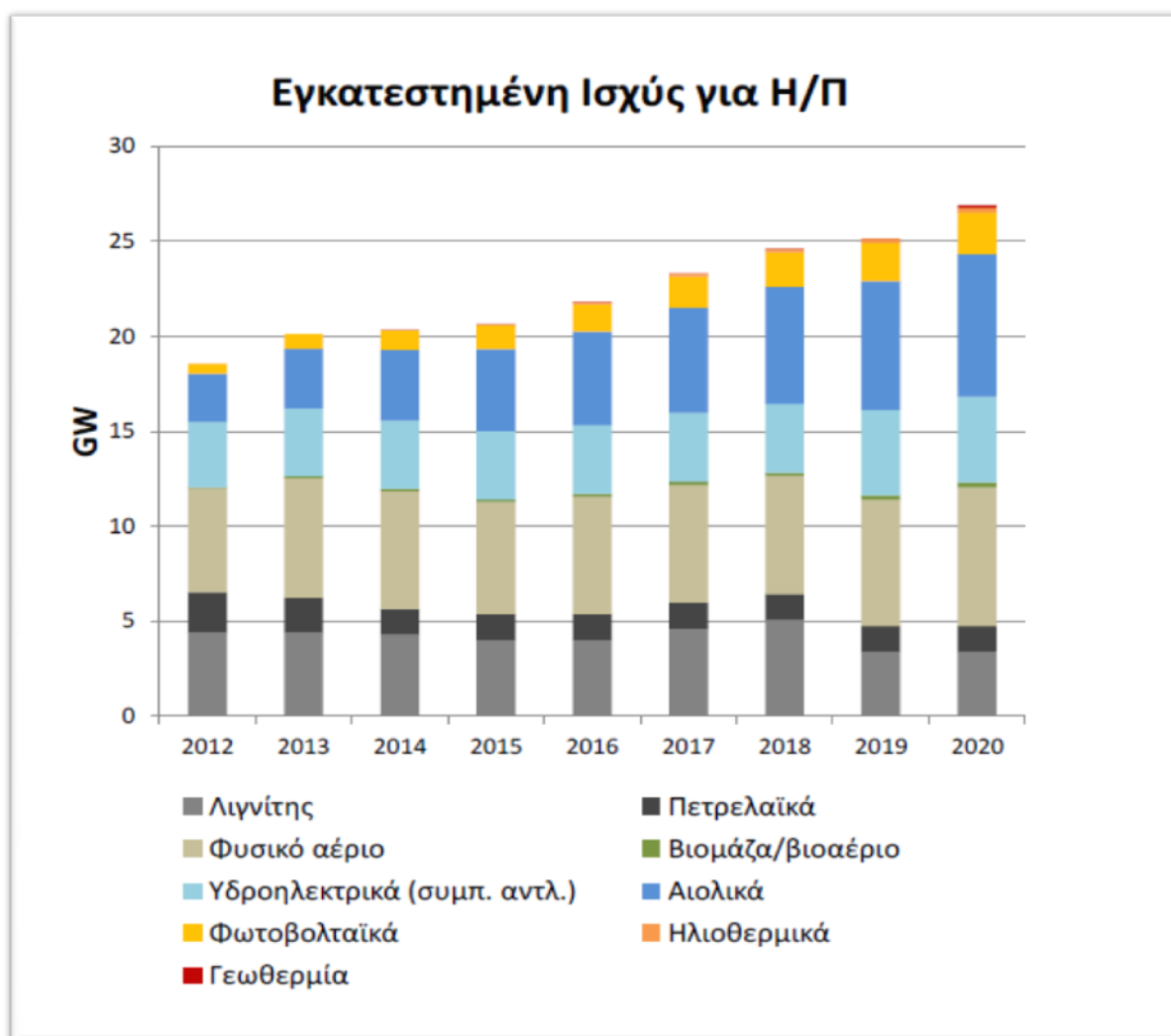
Τα παραπάνω στρατηγικά κείμενα αναφοράς διαμορφώνουν το βασικό πλαίσιο πολιτικής για την προώθηση των Α.Π.Ε. στη χώρα μας.

Στον Πίνακα 1.1 που ακολουθεί καταγράφεται το ενεργειακό μείγμα ανά τεχνολογία και κατηγορία παραγωγού όπως προσδιορίζεται στη σχετική Απόφαση:

Πίνακας 1.1 Επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Α.Π.Ε

Τεχνολογία	Χρονική περίοδος	
	2014	2020
<b>Υδροηλεκτρικά</b>	<b>3700</b>	<b>4650</b>
Μικρά (0-15MW)	300	350
Μεγάλα (>15MW)	3400	4300
<b>Φωτοβολταϊκά</b>	<b>1500</b>	<b>2200</b>
Εγκαταστάσεις από επαγγελματίες αγρότες της περίπτωσης (β) της παρ.6 του άρθ.15 του ν.3851/2010	500	750
Λοιπές εγκαταστάσεις	1000	1450
<b>Ηλιοθερμικά</b>	<b>120</b>	<b>250</b>
<b>Αιολικά</b> (περιλαμβανομένων των θαλασσίων)	<b>4000</b>	<b>7500</b>
<b>Βιομάζα</b>	<b>200</b>	<b>350</b>

Ειδικότερα, η επίτευξη του ποσοστού συμμετοχής των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή (40%) μέχρι το 2020, που βασίζεται στην αξιοποίηση του οικονομικού δυναμικού ανάπτυξης μεγάλων έργων ΑΠΕ, απαιτεί την ολοκλήρωση των αναγκαίων εργασιών επέκτασης και αναβάθμισης του ηλεκτρικού δικτύου που αφορά τη διασύνδεση των νησιών και την ενίσχυση του ηπειρωτικού δικτύου, καθώς και τη βελτίωση του θεσμικού και κανονιστικού πλαισίου λειτουργίας των μονάδων ΑΠΕ. Ήδη κατά την τελευταία διετία έχουν υλοποιηθεί πολλές και σημαντικές νομοθετικές παρεμβάσεις (Ν3851/2010 και Ν4001/2011) που αποσκοπούν σε αυτήν ακριβώς την αντιμετώπιση των εμποδίων και επιτάχυνση της αδειοδοτικής διαδικασίας των έργων ΑΠΕ, ενώ έχει προχωρήσει και ο προγραμματισμός για την ανάπτυξη του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Η υλοποίηση του Εθνικού Σχεδίου για το 2020 θα έχει σαν αποτέλεσμα την δραστική αλλαγή του μείγματος στην παραγωγή της ενέργειας (βλ. Σχήμα 1.2)

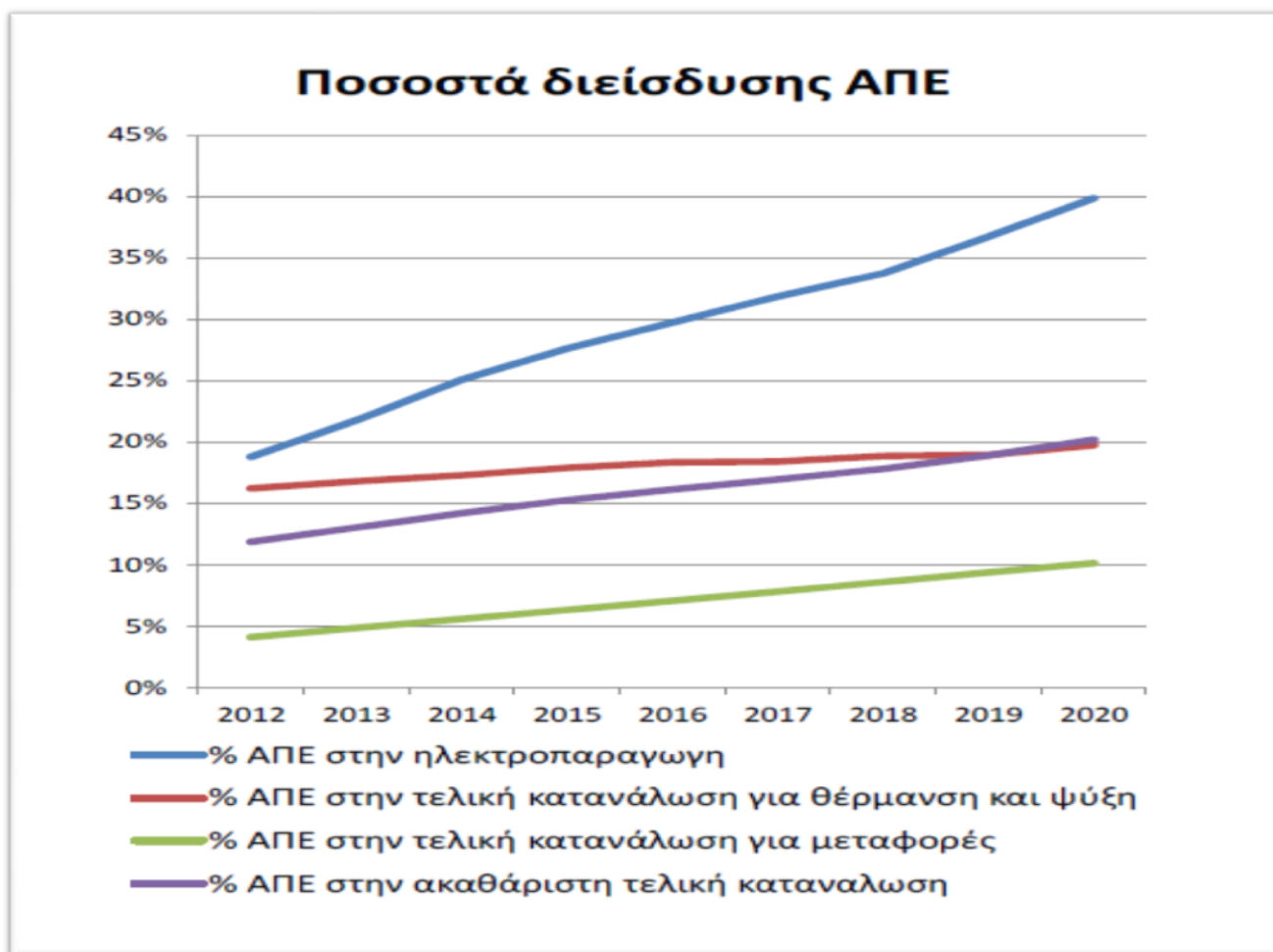


Σχήμα 1.2 Προβλεπόμενη εγκατεστημένη ισχύς ανά κατηγορία για ηλεκτροπαραγωγή

Αντίστοιχα, η επίτευξη του στόχου συμμετοχής ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη (20%) βασίζεται στην προώθηση τόσο συγκεκριμένων εργαλείων και μηχανισμών της αγοράς που αφορούν συστήματα και τεχνολογίες ΑΠΕ, όσο και στην διαμόρφωση του απαραίτητου κανονιστικού πλαισίου για τη χρήση αυτών των συστημάτων κυρίως στον κτιριακό τομέα. Ο στόχος συμμετοχής των ΑΠΕ στις μεταφορές (10%), αναμένεται κύρια να επιτευχθεί με τη μεγαλύτερη χρήση βιοκαυσίμων και τη σταδιακή αύξηση της ηλεκτροκίνησης συνολικά στον τομέα των μεταφορών και κυρίως στα μέσα σταθερής τροχιάς (βλ. Σχήμα 1.3).

Ταυτόχρονα η θέσπιση εθνικού ενδεικτικού στόχου για εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι το 2016 (9% της μέσης κατανάλωσης της περιόδου 2001-2005) με τον Ν3855/2010, συμβάλλει προς τη μείωση της κατανάλωσης με τη θέσπιση και εφαρμογή μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης που περιλαμβάνονται στον νόμο αυτό.

Το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για το 2020, για την επίτευξη των εθνικών στόχων, οδηγεί σε μείωση της έντασης πρωτογενούς ενέργειας κατά 20% και μείωση εκπομπών του ενεργειακού τομέα κατά 20% ως προς το 2005. (Επιτροπή Εθνικού Ενεργειακού Σχεδιασμού, 2012)



Σχήμα 1.3 Ποσοστά διείσδυσης ΑΠΕ ανά κατηγορία

### 1.5 Οικονομική ύφεση και επανακαθορισμός ενεργειακών στόχων

Μετά την υποβολή του Εθνικού Σχεδίου Δράσης για τις ΑΠΕ τον Ιούνιο του 2010, οι οικονομικές συνθήκες στην Ελλάδα αλλά και διεθνώς ακολούθησαν αρκετά διαφορετικούς ρυθμούς από αυτούς που είχαν χρησιμοποιηθεί ως βάση για τις εκτιμήσεις εξέλιξης κρίσιμων μεγεθών του ενεργειακού τομέα, με κύρια αυτή της εξέλιξης του ΑΕΠ, βασική παράμετρο προσδιορισμού της ζήτησης. Έτσι κρίθηκε απαραίτητο να επαναληφθούν οι υπολογισμοί με τις νέες εκτιμήσεις του ΑΕΠ, αλλά και άλλων στοιχείων όπως η αύξηση της

εγκατεστημένης ισχύος των ΑΠΕ. Η σύγκριση των εκτιμήσεων του 2010 και των πλέον προσφάτων (Ιανουάριος 2012) βασικών μεγεθών παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.2.

Πίνακας 1.2 Σύγκριση εκτιμήσεων 2010 και των πλέον πρόσφατων (2012) βασικών μεγεθών

		2005	2011	2015	2020
Ρυθμός αύξησης ΑΕΠ	Εκτίμηση 2010	2.9%	-2.6%	2.7%	2.9%
	Εκτίμηση 2012		-5.0%	3.0%	3.3%
Τελική κατανάλωση ενέργειας σύμφωνα με οδηγία ΑΕΠ (ΜΤΟΕ)	Εκτίμηση 2010	21.6	21.96	22.25	24.11
	Εκτίμηση 2012		21.10	21.31	22.93
Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας- και σε παρένθεση παραγωγή από ΑΠΕ (TWh)	Εκτίμηση 2010	57.8	60.65(9.51)	61.47(16.97)	68.46(27.27)
	Εκτίμηση 2012		53.56(7.88)	54.02(12.03)	60.83(23.40)
Εκπομπές CO2 ενεργειακού τομέα (Mton)	Εκτίμηση 2010	110.9	109	102	93
	Εκτίμηση 2012		104	105	95

Η επιδείνωση της οικονομίας φαίνεται να έχει ως αποτέλεσμα την αντίστοιχη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 1,2 ΜΤΟΕ το 2020 αλλά και της ζήτησης ηλεκτρισμού, όχι



όμως της γενικής τάσης. Αποτέλεσμα αυτού είναι η μείωση σε απόλυτα μεγέθη και της αναγκαίας ισχύος των ΑΠΕ κατά 1300 MW για την επίτευξη του στόχου του 20-20-20. Αντίθετα, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από τον ενεργειακό τομέα αυξάνονται λόγω μεγαλύτερης παραγωγής από λιγνιτικούς σταθμούς αξιοποιώντας περισσότερο μία εγχώρια πηγή ενέργειας. ( Επιτροπή Εθνικού Ενεργειακού Σχεδιασμού, 2012)

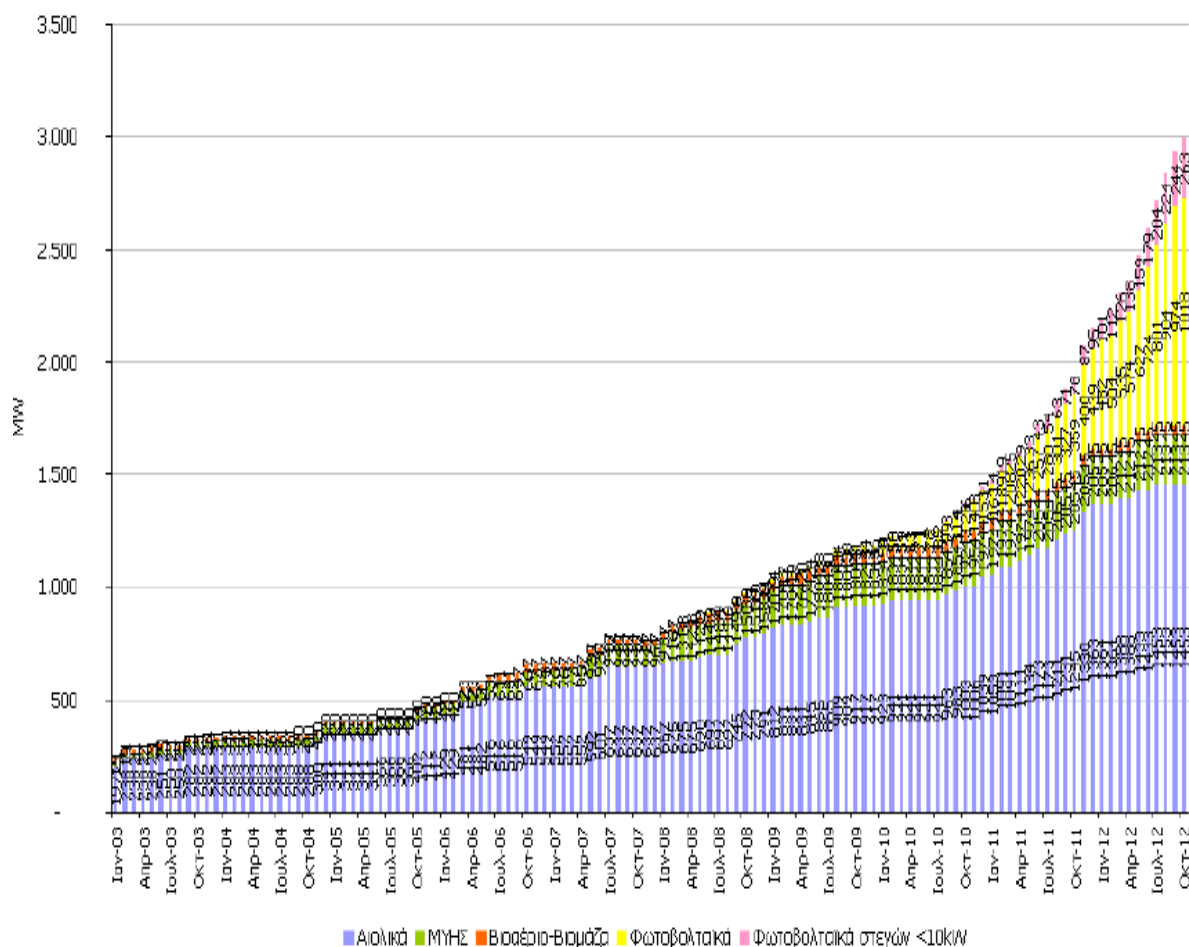
Η μείωση της απαιτούμενης ισχύος των ΑΠΕ αφορά κυρίως στην αιολική ενέργεια αφού τα φωτοβολταϊκά αντί να μειώνονται αυξάνονται από 2,2GW σε 2,5GW το 2020. Όμως ο στόχος αυτός των φωτοβολταϊκά αναμένεται να καλυφθεί ήδη από το 2014 με αποτέλεσμα την ανάγκη αναθεώρησης των διετών στόχων ανά τεχνολογία ΑΠΕ και σε άμεσο συνδυασμό με την εξέλιξη των τιμών του εξοπλισμού.

Οι πρόσφατες δυσμενείς εξελίξεις όμως δεν επηρεάζουν τις γενικότερες τάσεις και αποτελέσματα στον μεσομακροχρόνιο ορίζοντα του 2030-2050 ούτε ανατρέπουν τα συμπεράσματα του Οδικού Χάρτη εφόσον οι εκτιμήσεις που παρουσιάζονται στον ανωτέρω Πίνακα για την πορεία της οικονομίας στην επόμενη δεκαετία επαληθευθούν όσον αφορά στην διάρκεια και το βάθος της ύφεσης και την επακόλουθη ανάπτυξη.

Ένας άλλος παράγοντας που θα επηρεάσει τις εξελίξεις στην επόμενη δεκαετία αλλά και μετά είναι η τιμή δικαιωμάτων εκπομπών. Στις προηγούμενες αλλά και τις πλέον πρόσφατες εκτιμήσεις η τιμή είχε ληφθεί να υπερβαίνει τα €20/τον CO<sub>2</sub> γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση της τιμής ηλεκτρισμού μετά το 2012. Όμως πρόσφατες τάσεις αλλά και προβλέψεις από εξειδικευμένους φορείς κατατείνουν σε μικρότερες τιμές αν η δέσμευση της ΕΕ για μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> παραμείνει στο 20% μέχρι το 2020 και δεν αναθεωρηθεί στο 30% όπως τώρα συζητείται. ( Επιτροπή Εθνικού Ενεργειακού Σχεδιασμού, 2012)

## **1.6 Ελληνική πραγματικότητα για την ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ**

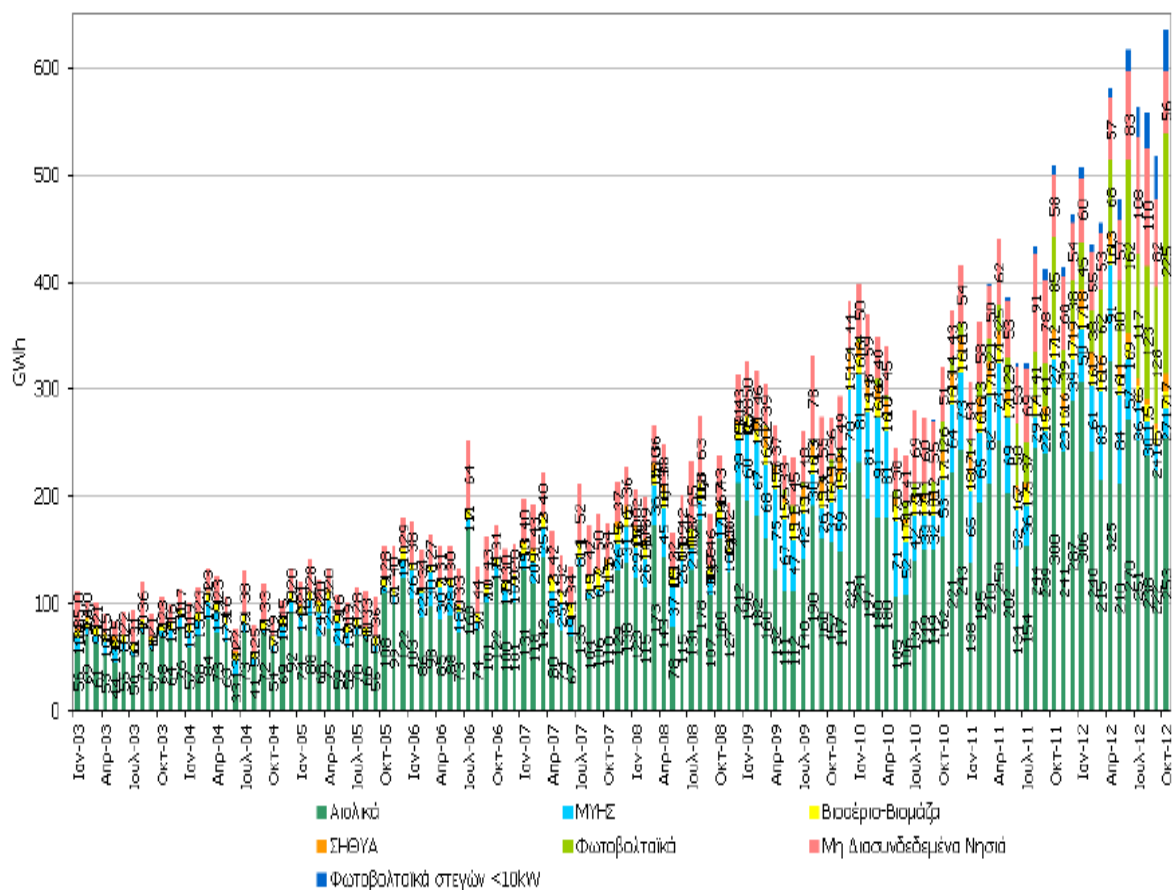
Από το συνοπτικό πληροφοριακό δελτίο του ΛΑΓΗΕ για τον Δεκέμβρη του 2012 λαμβάνονται στοιχεία για την εγκατεστημένη ισχύ μονάδων ΑΠΕ σε λειτουργία στο διασυνδεδεμένο σύστημα από τον Ιανουάριο του 2003 έως και τον Οκτώβρη του 2012.



**Σχήμα 1.4 2003-2012 Εγκαταστημένη ισχύς μονάδων ΑΠΕ διασυνδεδεμένα στο δίκτυο**

Διακρίνεται από το παραπάνω σχήμα και από τον Πίνακα 1.3 πως η εγκατεστημένη ισχύς μονάδων ΑΠΕ σε λειτουργία στο διασυνδεδεμένο σύστημα τον Φεβρουάριο του 2013 είναι διπλάσια σε σύγκριση με τον Ιούνιο του 2011. Το ύψος της ισχύος έχει φτάσει στα 3200 MW η οποία οφείλεται πρωτίστως στην ανάπτυξη αιολικών πάρκων αλλά και στη μέχρι πρότινος συνεχόμενη ένταξη στο διασυνδεδεμένο δίκτυο μεγάλων φωτοβολταϊκών πάρκων.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η εθνική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (GWh) μονάδων ΑΠΕ και ΣΥΘΥΑ (ΛΑΓΗΕ, Δεκέμβρης 2012)



Σχήμα 1.5 Εθνική παραγωγή ηλεκτρική ενέργειας (GWh) μονάδων ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ & Φ/Β στεγών <10kw

Από το σχήμα αυτό φαίνεται καθαρά η αυξημένη τους τελευταίους μήνες συμμετοχή στην παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά πάρκα όπως επίσης και από τα οικιακά φωτοβολταϊκά. Η μέγιστη βεβαίως συμμετοχή στην παραγωγή ενέργειας προκύπτει από τα εγκατεστημένα αιολικά πάρκα.

Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζεται η εγκατεστημένη ισχύς και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ κατά το έτος 2012 για το Διασυνδεδεμένο Σύστημα. Τα στοιχεία αντλήθηκαν από το Δελτίο Ειδικού Λογαριασμού ΑΠΕ&ΣΗΘΥΑ Ιανουαρίου 2013, σύμφωνα με τον ΛΑΓΗΕ (ΛΑΓΗΕ, Ιανουάριος 2013)

Πίνακας 1.3: ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW) & ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (GWh) ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ/ ΣΗΘΥΑ για το έτος 2012 στο διασυνδεδεμένο Δίκτυο

Μήνας	Αιολικά		Φ/Β		Φ/Β Στέγες **		ΜΗΥΣ		Βιοαέριο-Βιομάζα		ΣΗΘΥΑ		Σύνολο	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Ιαν	1.364	306	482	45	101	9	205	50	45	17	89	18	2.285	445
Φεβ *	1.364	240	504	38	112	7	206	61	45	16	89	17	2.321	378
Μαρ	1.388	215	535	62	126	9	212	83	45	16	89	16	2.395	400
Απρ	1.388	325	574	68	138	10	212	91	45	16	89	13	2.446	523
Μάι	1.433	210	627	80	159	19	212	84	45	16	89	11	2.564	421
Ιουν *	1.433	270	724	162	179	20	212	57	45	16	89	9	2.682	533
Ιουλ	1.453	251	801	117	204	28	213	36	45	16	89	6	2.804	454
Αυγ	1.453	238	904	123	224	34	213	30	45	17	89	5	2.927	448
Σεπ	1.453	222	972	128	244	41	213	24	45	16	89	5	3.016	436
Οκτ *	1.453	253	1.018	225	263	40	213	27	45	17	90	17	3.081	578
Νοε	1.453	319	1.057	95	284	38	213	43	45	16	90	16	3.141	528
Δεκ	1.466	312	1.126	89	298	24	213	83	45	18	90	16	3.238	541
Σύνολο Έτους		3.161		1.231		279		669		197		149		5.686

\* Μήνες εκκαθάρισης για τα Φ/Β Χαμηλής Τάσης.

\*\* Συμπεριλαμβάνονται και τα στοιχεία των Φ/Β στεγών στα ΜΔΝ

Η αποτύπωση των βασικών μεγεθών για την ενεργειακή κατάσταση που επικρατεί στη μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (ΜΔΝ) απεικονίζεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 1.4 ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW) & ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (GWh) ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ/ ΣΗΘΥΑ για το έτος 2012 για τα ΜΔΝ

Μήνας	Αιολικά		Φ/Β		Φ/Β Στέγες **		ΜΗΥΣ		Βιοαέριο-Βιομάζα		ΣΗΘΥΑ		Σύνολο	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Ιαν	277	61	84	7	-	-	0,30	0,08	-	-	-	-	362	68
Φεβ *	277	54	86	8	-	-	0,30	0,08	-	-	-	-	363	62
Μαρ	277	48	87	11	-	-	0,30	0,13	-	-	-	-	365	59
Απρ	278	46	90	17	-	-	0,30	0,11	-	-	-	-	369	63
Μάι	278	38	94	19	-	-	0,30	0,10	-	-	-	-	372	57
Ιουν *	278	61	97	21	-	-	0,30	0,08	-	-	-	-	375	83
Ιουλ	278	86	100	22	-	-	0,30	0,07	-	-	-	-	379	108
Αυγ	278	88	106	22	-	-	0,30	0,07	-	-	-	-	385	110
Σεπ	287	61	108	21	-	-	0,30	0,06	-	-	-	-	395	82
Οκτ *	287	39	109	17	-	-	0,30	0,06	-	-	-	-	396	56
Νοε	287	51	110	11	-	-	0,30	0,05	-	-	-	-	397	62
Δεκ	287	56	112	8	-	-	0,30	0,06	-	-	-	-	400	64
Σύνολο Έτους		689		184	-	-		0,94		-		-		874

\* Μήνες εκκαθάρισης για τα Φ/Β Χαμηλής Τάσης.

\*\* Τα στοιχεία των Φ/Β στεγών στα ΜΔΝ συμπεριλαμβάνονται στα στοιχεία του Διασυνδεδεμένου (Πίνακας 1.3)

Με βάση τις εκτιμήσεις της ΛΑΓΗΕ Α.Ε. στη συνέχεια παρουσιάζονται οι προβλέψεις για την εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος ανά τεχνολογία για τα έτη 2013 και 2014. Στις προβλέψεις που ακολουθούν λήφθηκε υπόψη η διείσδυση του Ιανουαρίου 2013 (στοιχεία 15.2.2013) καθώς και επικαιροποιημένες εκτιμήσεις των Διαχειριστών (ΑΔΜΗΕ και ΔΕΔΔΗΕ), όσων αφορά στα Φ/Β και της ΔΕΗ ΑΕ όσων αφορά στα Φ/Β στεγών. Τα στοιχεία αντλήθηκαν από το Δελτίο Ειδικού Λογαριασμού ΑΠΕ&ΣΗΘΥΑ Φεβρουαρίου του 2013 ,σύμφωνα με τον ΛΑΓΗΕ. (ΛΑΓΗΕ, Φεβρουάριος 2013)

Πίνακας 1.5 Προβλέψεις για την εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος ανά τεχνολογία για τα έτος 2013

ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ 2013 (MW)												
	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Αιολικά		1.476	1.486	1.496	1.506	1.516	1.526	1.536	1.546	1.556	1.566	1.576
Φ/Β		1.570	1.736	1.784	1.833	1.870	1.906	1.943	1.980	2.017	2.053	2.080
Φ/Β Στέγες		333	349	366	383	400	416	433	450	467	483	500
ΜΥΗΣ		218	218	218	218	218	218	218	220	220	220	220
Βιομάζα-Βιοαέριο		47	50	53	54	55	57	58	60	61	62	63
ΣΗΘΥΑ		90	91	92	92	92	92	92	93	95	95	95
Κατανεμόμενες ΣΗΘΥΑ		120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
ΣΥΝΟΛΟ		3.853	4.050	4.129	4.205	4.270	4.335	4.400	4.468	4.535	4.599	4.654

Πίνακας 1.6 Προβλέψεις για την εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος ανά τεχνολογία για τα έτος 2014

ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ 2014 (MW)												
	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Αιολικά	1.595	1.613	1.632	1.651	1.669	1.688	1.707	1.725	1.744	1.763	1.781	1.800
Φ/Β	2.106	2.120	2.133	2.146	2.159	2.172	2.186	2.202	2.217	2.233	2.249	2.265
Φ/Β Στέγες	505	510	515	520	525	530	535	540	545	550	555	560
ΜΥΗΣ	223	225	228	230	233	235	238	240	243	245	248	250
Βιομάζα-Βιοαέριο	70	77	85	92	99	106	114	121	128	135	143	150
ΣΗΘΥΑ	95	96	96	97	97	98	98	98	99	99	100	100
Κατανεμόμενες ΣΗΘΥΑ	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
ΣΥΝΟΛΟ	4.714	4.761	4.808	4.855	4.902	4.949	4.996	5.046	5.096	5.146	5.195	5.245

## **1.7 Αρμόδιοι φορείς του ελληνικού κράτους**

### **1.7.1 ΡΑΕ**

Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), η οποία συγκροτήθηκε τον Ιούλιο του 2000, αποτελεί ανεξάρτητη διοικητική αρχή, στην οποία έχει ανατεθεί η παρακολούθηση της αγοράς ενέργειας, όπως αυτή αναπτύσσεται – τόσο μονοσήμαντα στην Ελληνική αγορά - όσο και όπως αυτή λειτουργεί και αναπτύσσεται σε σχέση με τις ξένες αγορές ενέργειας, και ιδίως με αυτές με τις οποίες διασυνδέεται.

Η ΡΑΕ συστήθηκε με το νόμο 2773/1999, στο πλαίσιο εναρμόνισης με τις οδηγίες 2003/54/ΕΚ και 2003/55/ΕΚ για τον ηλεκτρισμό και το φυσικό αέριο.

Με τον ως άνω νόμο, τον εσωτερικό κανονισμό της (Π.Δ. 139/01), και κυρίως με τις τροποποιήσεις του νόμου 2773/1999, που ακολούθησαν στη συνέχεια, της δόθηκαν αρμοδιότητες παρακολούθησης και ελέγχου της αγοράς ενέργειας σε όλους τους τομείς, ήτοι στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα, από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και φυσικό αέριο. Περαιτέρω, η ΡΑΕ έχει συγκεκριμένες αρμοδιότητες σε σχέση με την αγορά των πετρελαιοειδών.

Αρχικά, η ΡΑΕ είχε κυρίως γνωμοδοτικές αρμοδιότητες, πλην όμως, σε συμμόρφωση με τις κοινοτικές επιταγές και τις ανάγκες της ενεργειακής αγοράς, με σειρά άλλων νομοθετικών διατάξεων, της δόθηκαν περισσότερες αποφασιστικές αρμοδιότητες.

Θεμελιώδεις στόχοι που τόσο η Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και η ελληνική νομοθεσία επιδίωξαν να καλύψουν είναι: η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού της Χώρας, η προστασία του περιβάλλοντος στο πλαίσιο και των διεθνών υποχρεώσεων της Χώρας, η ενίσχυση της παραγωγικότητας και της ανταγωνιστικότητας της εθνικής οικονομίας, η ισόρροπη περιφερειακή ανάπτυξη.

Ειδικότερα, η ΡΑΕ έχει γνωμοδοτική αρμοδιότητα στη χορήγηση αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα, με τον δε πρόσφατο νόμο 3851/2010, η ΡΑΕ έχει αποφασιστική αρμοδιότητα για τη χορήγηση αδειών από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Είναι υπεύθυνη να παρακολουθεί τη διασφάλιση πρόσβασης τρίτων στο δίκτυο της χώρας, τη λειτουργία του διασυνδεδετικού εμπορίου εισαγωγών και εξαγωγών, καθώς και για τον έλεγχο του ότι η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας - όπως αυτή λειτουργεί μέσω του ηλεκτρονικού συστήματος που εκτελεί ο Διαχειριστής του ελληνικού συστήματος

ηλεκτρικής ενέργειας, ο ΑΔΜΗΕ - λειτουργεί ομαλά. Στην ίδια βάση, γνωμοδοτεί για τη χορήγηση αδειών για τη προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας, πάντα με πρώτο γνώμονα τη προστασία του καταναλωτή. Στο πλαίσιο αυτό, παρακολουθεί την ανάπτυξη και τήρηση κανόνων υγιούς ανταγωνισμού και προστασίας του καταναλωτή και, σε συνεργασία με συναρμόδιους φορείς, δύναται να εκκινήσει διαδικασίες επιβολής κυρώσεων, όταν διαπιστώνεται ότι οι εν λόγω ειδικότερες διατάξεις παραβιάζονται.

Οι στόχοι της Ευρωπαϊκής Κοινότητας για την μεγαλύτερη δυνατή ένταξη σταθμών από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) είναι μια από τις ιδιαίτερες βαρύνουσες σημασίας αρμοδιότητες της Αρχής. Για το λόγο αυτό, ενώ έως πρόσφατα η ΡΑΕ είχε απλή γνωμοδοτική αρμοδιότητα, τώρα πλέον έχει αποφασιστική αρμοδιότητα στην χορήγηση αδειών παραγωγής από ΑΠΕ. Το γεγονός αυτό, θέτει ένα εντελώς νέο σχήμα λειτουργίας της εν λόγω αγοράς – και ιδίως σε συσχέτιση με την περιβαλλοντική αδειοδότηση – το οποίο κρίνεται αναγκαίο να λειτουργήσει αποτελεσματικά, δεδομένων των διεθνών υποχρεώσεων της χώρας μας για αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Στον τομέα του φυσικού αερίου, η Αρχή πέραν της παρακολούθησης της τήρησης των υγιών κανόνων ανταγωνισμού, γνωμοδοτεί –μεταξύ άλλων - για τη χορήγηση αδειών προμήθειας, διαχείρισης και κυριότητας ανεξάρτητων συστημάτων φυσικού αερίου. Με πρόσφατες νομοθετικές ρυθμίσεις, η ΡΑΕ είναι αρμόδια και για τη διασύνδεση του ελληνικού συστήματος φυσικού αερίου με άλλες χώρες, καθώς και για τον τρόπο δυνατότητας ανάπτυξης αυτού, σε συνεργασία με τους αντίστοιχους ρυθμιστές.

Η παρακολούθηση της τιμολόγησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και η αρμοδιότητα της ΡΑΕ είτε να θεσπίσει αρχές και κανόνες, είτε να γνωμοδοτήσει σχετικά, συνιστά μείζονος σημασίας αρμοδιότητα, η άσκηση της οποίας προϋποθέτει σφαιρική και βέβαιη αντίληψη των δεδομένων που επικρατούν στην αγορά. Στο ίδιο πλαίσιο, η αρμοδιότητα της Αρχής για οριοθέτηση των ΥΚΩ (Υπηρεσιών Κοινής Ωφέλειας) και Κοινωνικού Τιμολογίου (ΚΟΤ) , για παρακολούθηση των τιμολογίων τόσο στον τομέα του ηλεκτρισμού όσο και του φυσικού αερίου, καθίσταται μείζονος σημασίας.

Τέλος, πρέπει να τονιστεί ότι με το νέο, γνωστό ως 3ο ενεργειακό πακέτο, και ειδικότερα από το Μάρτιο του 2011, η ΡΑΕ θα έχει κυρίως αποφασιστικές αρμοδιότητες και

σημαντικότερη συνεργασία με τους λοιπούς Ρυθμιστές και Διαχειριστές, θα ενισχυθεί δε περαιτέρω η οικονομική και διοικητική της αυτοτέλεια. ([www.rae.gr](http://www.rae.gr))

### **1.7.2 ΚΑΠΕ**

Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ) είναι ο εθνικός φορέας για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), την Ορθολογική Χρήση Ενέργειας (ΟΧΕ) και την Εξοικονόμηση Ενέργειας (ΕΞΕ). Με το Νόμο 2244/94 ("Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας") και το Νόμο 2702/99 το ΚΑΠΕ ορίστηκε ως το Εθνικό Συντονιστικό Κέντρο στους τομείς δραστηριότητάς του.

Το ΚΑΠΕ ιδρύθηκε το Σεπτέμβριο του 1987 με το Προεδρικό Διάταγμα 375/87, είναι Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου και έχει οικονομική και διοικητική αυτοτέλεια. Σύμφωνα με το ΠΔ 189/09 εποπτεύεται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

Ο κύριος σκοπός του είναι η προώθηση των εφαρμογών ΑΠΕ/ΟΧΕ/ΕΞΕ σε εθνικό και διεθνές επίπεδο, καθώς και η κάθε είδους υποστήριξη δραστηριοτήτων (τεχνολογικών, ερευνητικών, συμβουλευτικών, επενδυτικών) στους παραπάνω τομείς, με γνώμονα τη μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης στην αλυσίδα παραγωγή/μεταφορά/χρήση της ενέργειας

Το ΚΑΠΕ έχει διαμορφώσει μια δυναμική παρουσία στον Ελληνικό και διεθνή χώρο, έχοντας να παρουσιάσει πρωτότυπο ερευνητικό έργο και μεγάλο αριθμό συμβολαίων που υλοποίησε για την Ελληνική Κυβέρνηση, την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και Κυβερνήσεις Τρίτων Χωρών σε θέματα υποστήριξης της σχεδίασης, αξιολόγησης και υλοποίησης επενδυτικών προγραμμάτων.

Στα πλαίσια της αποστολής του το ΚΑΠΕ:

είναι ο επίσημος σύμβουλος της πολιτείας σε θέματα εθνικής πολιτικής, στρατηγικής και προγραμματισμού των ΑΠΕ/ΟΧΕ/ΕΞΕ



εκτελεί εφαρμοσμένη έρευνα και αναπτύσσει νέες τεχνολογίες που είναι ταυτόχρονα τεχνικοοικονομικά βιώσιμες και περιβαλλοντικά φιλικές

οργανώνει, επιβλέπει και εκτελεί επιδεικτικά και πιλοτικά προγράμματα με σκοπό την προώθηση των ως άνω τεχνολογιών

υλοποιεί εφαρμογές ΑΠΕ/ΟΧΕ/ΕΞΕ σε έργα του ιδιωτικού τομέα, της Τοπικής Αυτοδιοίκησης, επαγγελματικών ενώσεων, κ.λπ.

παρέχει τεχνικές υπηρεσίες και συμβουλές με τη μορφή εξειδικευμένης τεχνογνωσίας και πληροφόρησης προς τρίτους

προβαίνει σε δράσεις διάδοσης της τεχνολογίας σε τομείς της αρμοδιότητάς του και παρέχει αντικειμενική πληροφόρηση και υποστήριξη προς κάθε ενδιαφερόμενο φορέα και επενδυτή

οργανώνει ή/και συμμετέχει σε τεχνικά και επιστημονικά σεμινάρια, εκπαιδευτικά προγράμματα, εξειδικευμένες εκπαιδευτικές εκδηλώσεις, συναντήσεις, κ.λπ. ([www.cres.gr](http://www.cres.gr))

### **1.7.3 ΛΑΓΗΕ**

Ο 'Λειτουργός της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ΑΕ' (ΛΑΓΗΕ ΑΕ) ιδρύθηκε με βάση το νόμο 4001/2011 για τη 'Λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις' (ΦΕΚ 179/22-8-2011) και ασκεί τις δραστηριότητες που ασκούνταν από τη 'Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ΑΕ' (ΔΕΣΜΗΕ ΑΕ), πλην εκείνων που κατά το άρθρο 99 του ν.4001/2011 μεταφέρονται στην 'Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ΑΕ' (ΑΔΜΗΕ ΑΕ).

Ο ΛΑΓΗΕ εφαρμόζει τους κανόνες για τη λειτουργία της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας σύμφωνα με τις διατάξεις του νόμου 4001/2011 και των κατ' εξουσιοδότηση αυτού εκδιδόμενων πράξεων και ιδίως τον Ημερήσιο Ενεργειακό Προγραμματισμό.

Στο πλαίσιο του σκοπού του, ο Λειτουργός της Αγοράς ασκεί, ιδίως, τις ακόλουθες αρμοδιότητες:

(α) Διενεργεί τον Ημερήσιο Ενεργειακό Προγραμματισμό, ως εξής:

Προγραμματίζει τις εγχύσεις ηλεκτρικής ενέργειας στο ΕΣΜΗΕ, καθώς και τις απορροφήσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτό, κατά τα προβλεπόμενα στον Κώδικα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Υπολογίζει την Οριακή Τιμή Συστήματος.

Εκκαθαρίζει τις συναλλαγές στο πλαίσιο του Ημερήσιου Ενεργειακού Προγραμματισμού.

(β) Συνεργάζεται με τον Διαχειριστή του ΕΣΜΗΕ σύμφωνα με τις ειδικότερες προβλέψεις του Κώδικα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας και του Κώδικα Διαχείρισης του ΕΣΜΗΕ.

(γ) Τηρεί ειδικό Μητρώο Συμμετεχόντων στην Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας και εγγράφει τους Συμμετέχοντες, σύμφωνα με τις ειδικότερες διατάξεις του Κώδικα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας.

(δ) Παρέχει έγκαιρα και με κάθε πρόσφορο τρόπο στους Συμμετέχοντες στην Αγορά αυτή Ηλεκτρικής Ενέργειας τις απαραίτητες πληροφορίες για τη συμμετοχή τους στην Αγορά.

(ε) Αποφεύγει κάθε διάκριση μεταξύ των Συμμετεχόντων στην Αγορά Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας και εφαρμόζει κατά την παροχή των υπηρεσιών του διαφανή, αντικειμενικά και αμερόληπτα κριτήρια.

(στ) Συμμετέχει σε κοινές επιχειρήσεις, ιδίως με διαχειριστές συστημάτων μεταφοράς, καθώς και χρηματιστήρια ηλεκτρικής ενέργειας και άλλους ανάλογους φορείς, με στόχο τη δημιουργία περιφερειακών αγορών στο πλαίσιο της εσωτερικής αγοράς ενέργειας.

(ζ) Εισπράττει από τους Συμμετέχοντες τέλη για τη διαχείριση και λειτουργία της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας και τηρεί τους αναγκαίους λογαριασμούς, σύμφωνα με τις ειδικότερες προβλέψεις του Κώδικα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας.

(η) Συμμετέχει σε ενώσεις, οργανώσεις ή εταιρείες, μέλη των οποίων είναι λειτουργοί αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και χρηματιστήρια ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες έχουν σκοπό την επεξεργασία και διαμόρφωση κανόνων κοινής δράσης που συντείνουν, στο πλαίσιο της κοινοτικής νομοθεσίας, στη δημιουργία ενιαίας εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

(θ) Συνάπτει συμβάσεις πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τα προβλεπόμενα στο άρθρο 12 του ν. 3468/2006 που παράγονται από εγκαταστάσεις ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ, εφόσον οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδέονται στο Σύστημα είτε απευθείας είτε μέσω του Δικτύου, και καταβάλλει τις πληρωμές που προβλέπονται στις συμβάσεις αυτές. Τα ποσά που καταβάλλονται στους αντισυμβαλλόμενους ανακτώνται κατά τα προβλεπόμενα στο άρθρο 143 του Ν. 4001/2011.

(ι) Διενεργεί τη διευθέτηση των χρηματικών συναλλαγών στο πλαίσιο του Ημερήσιου Ενεργειακού Προγραμματισμού σε συνεργασία με τους Διαχειριστές του ΕΣΜΗΕ και του ΕΔΔΗΕ. Για τη διενέργεια της διευθέτησης των χρηματικών συναλλαγών, ο Λειτουργός της Αγοράς δύναται:

Να συστήνει ή να συμμετέχει σε εταιρείες με εξειδικευμένο σκοπό την παροχή χρηματοοικονομικών υπηρεσιών.

Να αναθέτει σε τρίτους, μετά από σύμφωνη γνώμη της ΡΑΕ, την ως άνω διευθέτηση, ιδίως αναφορικά με τη διαχείριση και εκκαθάριση χρηματικών συναλλαγών και τη διαχείριση πιστωτικού και συναλλακτικού κινδύνου, στο πλαίσιο της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Κατά την εκτέλεση των καθηκόντων του, ο Λειτουργός της Αγοράς διευκολύνει κατά κύριο λόγο την ολοκλήρωση της ενιαίας εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και για το σκοπό αυτόν αναλαμβάνει κάθε αναγκαία ενέργεια, στο πλαίσιο των αρμοδιοτήτων που του ανατίθενται με τον νόμο 4001/2011, προκειμένου να διασφαλίζεται η εφαρμογή των προβλέψεων του Κανονισμού 714/2009, της Οδηγίας 72/2009 και όλων των σχετικών κατευθύνσεων και αποφάσεων που εκδίδονται από τα αρμόδια όργανα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. ([www.lagie.gr](http://www.lagie.gr))

#### **1.7.4 ΑΔΜΗΕ**

Ο ΑΔΜΗΕ ως Διαχειριστής του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ) εκτελεί όλα τα καθήκοντα που ορίζονται στο Άρθρο 94 του Νόμου 4001/2011. Τα καθήκοντα αυτά είναι:

Διασφάλιση ότι η μακροχρόνια ικανότητα του Συστήματος ανταποκρίνεται σε εύλογες ανάγκες για μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας, υπό οικονομικά βιώσιμες συνθήκες, λαμβάνοντας υπόψη την προστασία του περιβάλλοντος. Παροχή πρόσβασης στο Σύστημα στους κατόχους άδειας παραγωγής, προμήθειας ή εμπορίας ηλεκτρικής ενέργειας, σε όσους έχουν νόμιμα εξαιρεθεί από την υποχρέωση κατοχής τέτοιων αδειών και στους Επιλεγέντες Πελάτες.

Παροχή της δυνατότητας σύνδεσης του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΔΔΗΕ) με το ΕΣΜΗΕ, σύμφωνα με όσα καθορίζονται στον Κώδικα Διαχείρισης του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (Κώδικας Διαχείρισης ΕΣΜΗΕ).

Διαχείριση των ροών της ηλεκτρικής ενέργειας στο Σύστημα, συνεκτιμώντας τις ανταλλαγές με άλλα διασυνδεδεμένα συστήματα μεταφοράς.

Μέριμνα για την ασφαλή, αξιόπιστη και αποδοτική λειτουργία του Συστήματος, διασφαλίζοντας, μεταξύ άλλων, τη διαθεσιμότητα των αναγκαίων επικουρικών υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένων των υπηρεσιών που παρέχονται μέσω διαχείρισης της ζήτησης, στο βαθμό που η διαθεσιμότητά τους δεν εξαρτάται από άλλο διασυνδεδεμένο Σύστημα μεταφοράς.

Κατάρτιση του προγράμματος κατανομής των μονάδων παραγωγής που συνδέονται με το Σύστημα, προσδιορισμός της χρήσης των διασυνδέσεων με άλλα συστήματα μεταφοράς και κατανομή σε πραγματικό χρόνο του φορτίου ηλεκτρικής ενέργειας στις διαθέσιμες εγκαταστάσεις παραγωγής.

Παροχή στους Διαχειριστές άλλων Συστημάτων μεταφοράς και δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, με τα οποία συνδέεται το Σύστημα, επαρκών πληροφοριών για την ασφαλή και αποδοτική λειτουργία, καθώς και τη συντονισμένη ανάπτυξη και τη διαλειτουργικότητα του Συστήματος και των παραπάνω συστημάτων και δικτύων.

Παροχή στους Χρήστες του Συστήματος κάθε αναγκαίας πληροφορία για την εξασφάλιση της αποτελεσματικής πρόσβασής τους στο Σύστημα.

Παροχή των πάσης φύσεως υπηρεσιών του εφαρμόζοντας διαφανή, αντικειμενικά και αμερόληπτα κριτήρια, ώστε να αποτρέπεται κάθε διάκριση μεταξύ των Χρηστών ή των

κατηγοριών Χρηστών του Συστήματος και ιδίως κάθε διάκριση υπέρ των συνδεδεμένων με αυτόν επιχειρήσεων.

Είσπραξη των τελών πρόσβασης στο Σύστημα και διευθέτηση των χρεοπιστώσεων που του αναλογούν στο πλαίσιο του μηχανισμού αντιστάθμισης μεταξύ διαχειριστών συστημάτων μεταφοράς, σύμφωνα με το άρθρο 13 του Κανονισμού (ΕΚ) 714/2009.

Χορήγηση και διαχείριση της πρόσβασης τρίτων στο Σύστημα και παροχή ειδικά αιτιολογημένων επεξηγήσεων σε περίπτωση άρνησης πρόσβασης.

Συμμετοχή σε ενώσεις, οργανώσεις ή εταιρείες, οι οποίες έχουν σκοπό την επεξεργασία και διαμόρφωση κανόνων κοινής δράσης που συντείνουν, στο πλαίσιο της κοινοτικής νομοθεσίας, στη δημιουργία ενιαίας εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και ειδικότερα στον καταμερισμό και την εκχώρηση δικαιωμάτων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των αντίστοιχων διασυνδέσεων, καθώς και στη διαχείριση των δικαιωμάτων αυτών για λογαριασμό των ως άνω διαχειριστών και ιδίως στο Ευρωπαϊκό Δίκτυο Διαχειριστών Συστημάτων Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ENTSO-E).

Εκπόνηση σε ετήσια βάση, κατόπιν διαβούλευσης με όλους τους υφιστάμενους και μελλοντικούς Χρήστες του ΕΣΜΗΕ, Δεκαετούς Προγράμματος Ανάπτυξης του ΕΣΜΗΕ

Τήρηση των αναγκαίων διαχειριστικών λογιστικών λογαριασμών για την είσπραξη των εσόδων από τη διαχείριση συμφόρησης των διασυνδέσεων, ή άλλων χρεώσεων που προκύπτουν από τη λειτουργία και τη διαχείριση του ΕΣΜΗΕ

Δημοσίευση στην ιστοσελίδα του καταλόγου όλων των εγκεκριμένων από τη ΡΑΕ τιμολογίων με τα οποία χρεώνει τους Χρήστες του Συστήματος.

Υπολογισμός της Οριακής Τιμής Αποκλίσεων.

Εκκαθάριση των Αποκλίσεων Παραγωγής – Ζήτησης και διευθέτηση των χρηματικών συναλλαγών στο πλαίσιο της διευθέτησης των Αποκλίσεων Παραγωγής – Ζήτησης σε συνεργασία με το ΛΑΓΗΕ και το Διαχειριστή του ΕΔΔΗΕ.

Σύναψη, κατόπιν διαγωνισμού, συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας, περιλαμβανομένων συμβάσεων διαχείρισης της ζήτησης, μόνον εφόσον αυτό απαιτείται για την παροχή των επικουρικών υπηρεσιών και για τις ανάγκες εξισορρόπησης των

αποκλίσεων παραγωγής – ζήτησης κατά τη λειτουργία του συστήματος σε πραγματικό χρόνο και στο πλαίσιο των ρυθμίσεων του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος.

Συνεργασία με το ΛΑΓΗΕ, σύμφωνα με τις διατάξεις του Κώδικα Συναλλαγών και του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος.

Προσφορά συμβουλευτικών υπηρεσιών τεχνικής φύσεως σε θέματα της αρμοδιότητάς του σε διαχειριστές ή κυρίους συστημάτων μεταφοράς έναντι αμοιβής, καθώς και συμμετοχή σε ερευνητικά προγράμματα, καθώς και σε προγράμματα χρηματοδοτούμενα από την Ε.Ε., εφόσον δεν παρακωλύεται η άρτια εκτέλεση των καθηκόντων του. ([www.admie.gr](http://www.admie.gr))

## **2. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ**

### **2.1.Υδροηλεκτρική ενέργεια**

Η Υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του νερού των ποταμών και της μετατροπής της σε ηλεκτρική ενέργεια, με τη βοήθεια στροβίλων και ηλεκτρογεννητριών. Η ενέργεια αυτή διαχέεται στη φύση από δίνες και ρεύματα, καθώς το νερό ρέει κατηφορικά σε ρυάκια, χείμαρρους και ποτάμια μέχρι να φτάσει στη θάλασσα. Πιο αναλυτικά, η δυναμική (λόγω βαρύτητας) ενέργεια που συνδέεται με το νερό το αναγκάζει να διατηρεί μία καθοδική ροή. Αυτή η προς τα κάτω κίνηση του ύδατος περιέχει την κινητική ενέργεια, η οποία μπορεί να μετατραπεί σε μηχανική ενέργεια, και έπειτα από τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική στους σταθμούς υδροηλεκτρικής παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.

Η δυνατότητα αποταμίευσης ενέργειας ως υδροδυναμικής καθώς επίσης η ανανεωσιμότητά της καθιστούν την υδροηλεκτρική ενέργεια σημαντική εναλλακτική λύση στο ενεργειακό-περιβαλλοντικό πρόβλημα, δεδομένης και της "καθαρότητάς" της. Αποτελεί δικαίως μια ανανεώσιμη, και αποκεντρωμένη πηγή ενέργειας που υπηρέτησε και υπηρετεί πιστά τον άνθρωπο στο δρόμο της ανάπτυξης. Πολυάριθμοι υδραυλικοί τροχοί, νερόμυλοι, υδροτριβεία και άλλοι μηχανισμοί υδροκίνησης συνεχίζουν ακόμη και σήμερα να χρησιμοποιούν τη δύναμη του νερού, συμβάλλοντας σημαντικά στην πρόοδο της τοπικής οικονομίας πολλών περιοχών, με φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο.

Η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική, όπως αναφέρθηκε παραπάνω δεν είναι μια καινούργια ιδέα. Οι ξύλινοι υδρόμυλοι χρησιμοποιήθηκαν πριν 2000 χρόνια για να την επεξεργασία διαφόρων αγαθών. Η ακριβής προέλευση αυτών των υδραυλικών τροχών δεν είναι γνωστή, αλλά η παλιότερη αναφορά, ως προς τη χρήση τους, προέρχεται από την αρχαία Ελλάδα. Οι πρώτες σύγχρονες υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις χτίστηκαν το 1882 στις Ηνωμένες Πολιτείες. Αυτές οι πρώτες εγκαταστάσεις χρησιμοποίησαν έναν ρέοντα ποταμό ως πηγή ενέργειας. Μερικά έτη αργότερα, άρχισαν να χρησιμοποιούνται τα φράγματα ως τεχνητές περιοχές αποθήκευσης ύδατος στις καταλληλότερες θέσεις. Αυτά τα φράγματα ελέγχουν επίσης το ποσοστό ροής του νερού στους στροβίλους των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.

Αρχικά, οι σταθμοί υδροηλεκτρικής παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος ήταν μικρής κλίμακας και ιδρύονταν δίπλα σε καταρράκτες κοντά στις πόλεις καθώς δεν ήταν δυνατό, εκείνη την περίοδο, να μεταφερθεί η ηλεκτρική ενέργεια σε μεγάλες αποστάσεις. Πλέον, η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις είναι εφικτή με αποτέλεσμα να έχει υπάρξει μεγάλης κλίμακας χρήση της υδροηλεκτρικής ενέργειας καθιστώντας την οικονομικά βιώσιμη. Η μετάδοση σε μεγάλες αποστάσεις πραγματοποιείται με τη βοήθεια της υψηλής τάσης σε εναέρια ηλεκτροφόρα καλώδια αποκαλούμενα γραμμές μεταφοράς.

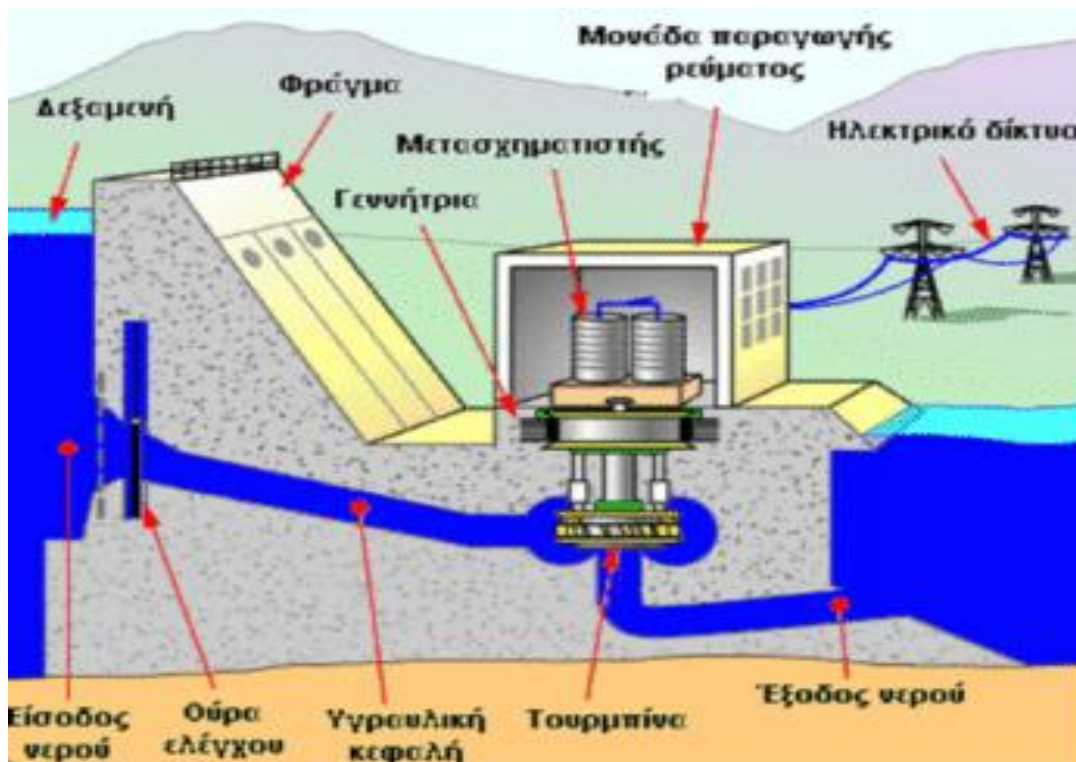
Αντίθετα από τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, που χρειάζονται αρκετό χρόνο για να ξεκινήσουν την παραγωγή ενέργειας, οι σταθμοί υδροηλεκτρικής παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος μπορούν να παρέχουν την ηλεκτρική ενέργεια πολύ γρήγορα και αυτό τους καθιστά ιδιαίτερα χρήσιμους στις ξαφνικές αυξήσεις για ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας .

## **2.2. Λειτουργία Υδροηλεκτρικών σταθμών**

Η λειτουργία των υδροηλεκτρικών μονάδων βασίζεται στην κίνηση του νερού λόγω διαφοράς μανομετρικού ύψους μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου (Σχήμα 2.1)

Το υδροηλεκτρικό έργο είναι ένα σύνθετο έργο που περιλαμβάνει σημαντικά 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 στη φυσική κοίτη όπου συνεχίζει την ελεύθερη ροή της κατόπιν. Στα έργα πολιτικού μηχανικού περιλαμβάνονται και έργα που αφορούν την ασφάλεια των υπολοίπων έργων τόσο κατά τη φάση της κατασκευής όσο και κατά την κανονική εκμετάλλευση, καθώς και των έργων που σκοπό έχουν τη 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 υδροστρόβιλους έτσι ώστε να αυξάνεται η ευελιξία λειτουργίας του και να βελτιώνεται η αξιοποίηση της διαθέσιμης υδραυλικής ενέργειας. (Παπαντώνης, 2008)





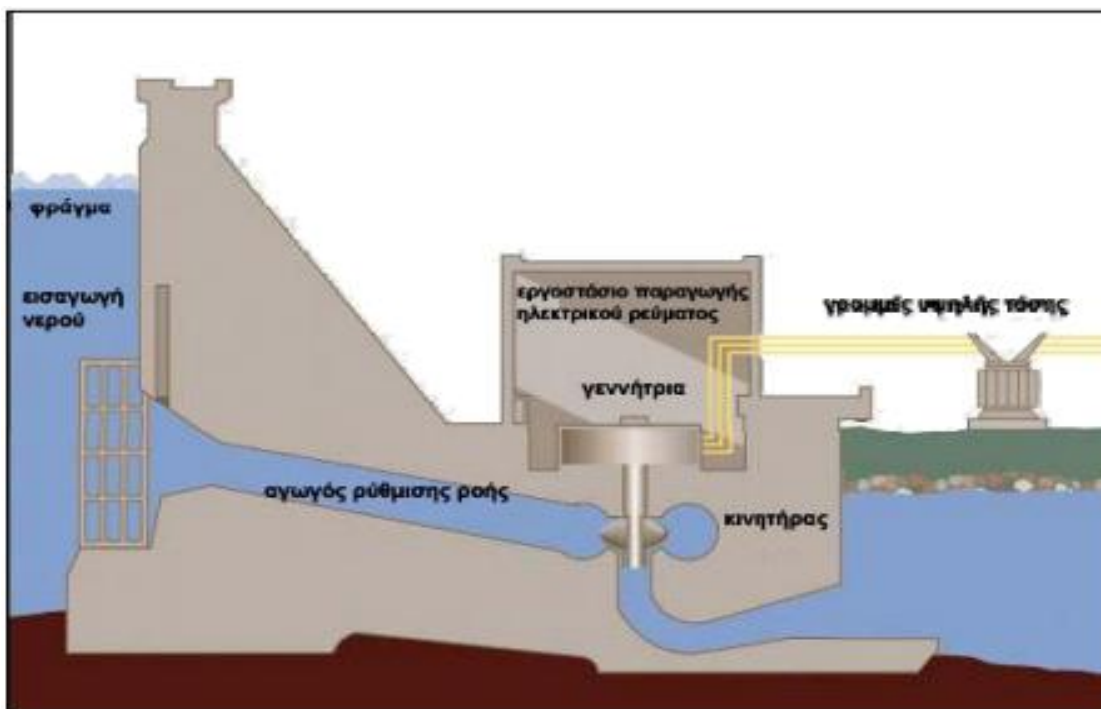
Σχήμα 2.1 Απεικόνιση της λειτουργίας ενός υδροηλεκτρικού σταθμού

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 περιστάσεων (κυρίως περιστάσεων ανάκτησης ενέργειας), το διακινούμενο υγρό είναι το φυσικό νερό της επιφανειακής απορροής ενός υδατορεύματος και η ενέργεια την οποία διαθέτει είναι η δυναμική 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 τις χαμηλότερες στάθμες μέχρι την στάθμη της θάλασσας. Κατά τη φυσική αυτή ροή η δυναμική ενέργεια του νερού υποβαθμίζεται, ανάλογα προς τη μείωση της στάθμης, και μετατρέπεται σε θερμότητα και μηχανικό έργο μέσω μηχανισμών υδραυλικών απωλειών, τύρβης και μεταφοράς υλικών. (Παπαντώνης, 2008)

Η ποσότητα του ηλεκτρισμού που παράγεται καθορίζεται από αρκετούς παράγοντες. Δύο από τους σημαντικότερους είναι ο όγκος του νερού που ρέει και η διαφορά μανομετρικού ύψους μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας του ταμιευτήρα και του στροβίλου. Η ποσότητα ηλεκτρισμού που παράγεται είναι ανάλογη των δύο αυτών μεγεθών. Συνεπώς, ο

παραγόμενος ηλεκτρισμός εξαρτάται από την ποσότητα του νερού του ταμιευτήρα. Για το λόγο αυτό μόνο σε περιοχές με σημαντικές βροχοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευαστούν υδροηλεκτρικά έργα. Συνήθως η ενέργεια που τελικώς παράγεται, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά ως προς άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, καλύπτοντας φορτία αιχμής.

Το ποσό ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να παραχθεί από μια περιοχή εξαρτάται από δύο συντελεστές: την υψομετρική διαφορά της στάθμης του νερού μεταξύ του φράγματος και του ποταμού (ή της λίμνης) όπου καταλήγει το νερό και την ποσότητα ροής του νερού. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος είναι επομένως τοποθετημένοι όπου μπορούν να εκμεταλλευθούν τη μέγιστη πτώση μιας μεγάλης ποσότητας νερού, στο χαμηλότερο σημείο μιας βαθιάς και απότομα διαμορφωμένης κοιλάδας ή ενός φαραγγιού, ή κοντά στη βάση ενός φράγματος. Το νερό συλλέγεται και αποθηκεύεται σε ένα φράγμα, επάνω από το σταθμό παραγωγής, για να χρησιμοποιηθεί όταν απαιτείται (Σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.2 Μονάδα υδροηλεκτρικής παραγωγής

Μερικά φράγματα δημιουργούν μεγάλες δεξαμενές για αποθήκευση νερού (αυξάνοντας παράλληλα τη στάθμη του ποταμού ή δημιουργώντας τεχνητή λίμνη), με σκοπό να αυξήσουν τη δυναμικότητά τους. Άλλα φράγματα συλλαμβάνουν απλά τη ροή των ποταμών και εκτρέπουν το νερό στο σταθμό παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος μέσω των

σωληνώσεων. Ενώ ένας υδροστρόβιλος είναι πιο περίπλοκος από τους παλαιούς υδραυλικούς τροχούς, οι αρχές λειτουργίας του παραμένουν ίδιες: τα πτερύγια του στροβίλου είναι ενωμένα με έναν άξονα ο οποίος περιστρέφεται λόγω της ροής του νερού που ασκεί πίεση στα πτερύγια. Όταν το νερό έχει μεταφέρει όλη του την κινητική ενέργεια στον υδροστρόβιλο, απομακρύνεται μέσω των αποχετεύσεων ή των διωρύγων φυγής του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και συνεχίζει κανονικά τη ροή του στο ποτάμι, ενώ δεν παύει να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για σκοπούς άρδευσης ή ύδρευσης.

### **2.3. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα υδροηλεκτρικής ενέργειας**

Η σημαντική θέση της υδροηλεκτρικής ενέργειας στην παραγωγή ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο είναι αποτέλεσμα των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν τα υδροηλεκτρικά έργα από τεχνικής, οικονομικής και οικολογικής πλευράς τα σημαντικότερα των οποίων είναι:

Οι υδατοπτώσεις είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και έτσι δεν αντιμετωπίζουν κίνδυνο εξάντλησής τους, όπως αντιμετωπίζεται αυτό το ενδεχόμενο για τα συμβατικά καύσιμα.

Τα υδροηλεκτρικά έργα δεν έχουν απόβλητα ή κατάλοιπα, δεν μολύνουν το περιβάλλον και δεν αυξάνουν τη θερμοκρασία του νερού των ποταμών.

Η κατασκευή τους συνδυάζεται συχνά και με άλλες διευθετήσεις όπως άρδευση, ύδρευση, ρύθμιση πλημμύρας, αλιεία κ.α.

Το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας δεν παρουσιάζει διακυμάνσεις και αντιστοιχεί ουσιαστικά στις αποσβέσεις του έργου (το κόστος συντήρησης και λειτουργίας είναι σημαντικά μικρότερο).

Οι υδροστρόβιλοι είναι στιβαρές και αξιόπιστες μηχανές που απαιτούν μικρή συντήρηση και επίβλεψη 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).

Για τις ανάγκες κατασκευής του ΥΗΕ κατασκευάζονται έργα υποδομής (δρόμοι, γέφυρες) που βοηθούν στην αξιοποίηση απομακρυσμένων περιοχών.

Η διάρκεια ζωής των υδροηλεκτρικών έργων είναι μεγάλη, της τάξεως των 50 ετών για τα μεγάλα υδροηλεκτρικά και 20-30 ετών για τα μικρά. Η διάρκεια ζωής τους μπορεί να γίνει μεγαλύτερη με ανανέωση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Θα πρέπει να

αναφερθεί ότι τα ΥΗΕ ταξινομούνται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας. Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα διαφέρουν σημαντικά από της μεγάλης κλίμακας σε ότι αφορά τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. Οι μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών. Αντίθετα, τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά εγκαθίστανται δίπλα σε ποτάμια ή κανάλια και η λειτουργία τους παρουσιάζει πολύ μικρότερη περιβαλλοντική όχληση. Για το λόγο αυτό, οι υδροηλεκτρικές μονάδες μικρότερης δυναμικότητας των 30 MW χαρακτηρίζονται ως υδροηλεκτρικά έργα μικρής κλίμακας.

Το πλέον σημαντικό και αναντικατάστατο πλεονέκτημα των υδροηλεκτρικών έργων 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 μεγάλα ισχύος υδροηλεκτρικά έργα αποθήκευσης (αυτών που το φράγμα δημιουργεί δεξαμενή μεγάλης χωρητικότητας). Από οικονομικής πλευράς η δυνατότητα αυτή είναι πολύ σημαντική επειδή το κόστος της KWH αιχμής είναι πολλαπλάσιο της KWH βάσεως. Σ αυτό ακριβώς το πλεονέκτημα των ΥΗΕ βασίζεται η κατασκευή αναστρέψιμων μονάδων οι οποίες κατά τη διάρκεια της χαμηλής ζήτησης (νύχτα) λειτουργούν αντλώντας νερό από τον κάτω ταμιευτήρα προς τα άνω.

Από την άλλη πλευρά,

το υψηλό κόστος κατασκευής φραγμάτων και εγκατάστασης

ο συνήθως μεγάλος χρόνος που απαιτείται για την αποπεράτωση του έργου λόγω της μεγάλης διάρκειας των μελετών και της συλλογής - επεξεργασίας υδρολογικών και γεωλογικών στοιχείων

η έντονη περιβαλλοντική αλλοίωση της περιοχής του έργου (συμπεριλαμβανομένων της γεωμορφολογίας, της πανίδας και της χλωρίδας), και η ενδεχόμενη μετακίνηση πληθυσμών, η υποβάθμιση περιοχών, οι απαιτούμενες αλλαγές χρήσης γης αποτελούν τα κυριότερα μειονεκτήματα των υδροηλεκτρικών έργων.

η ετήσια παραγωγή ενέργειας υφίσταται διακυμάνσεις που σχετίζονται με την υδραυλικότητα της χρονιάς δηλαδή την ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Για τους λόγους αυτούς, η διεθνής τάση στις μέρες μας προσανατολίζεται κυρίως στην κατασκευή έργων μικρότερης κλίμακας, όπως η δημιουργία μικρότερων φραγμάτων, συστοιχίες μικρών υδροηλεκτρικών έργων και μονάδες μικρής κλίμακας (Παπαντώνης, 2002).

#### **2.4.Υδροηλεκτρικοί σταθμοί μεγάλης κλίμακας**

Τα συστήματα υδροηλεκτρικής ενέργειας μεγάλης κλίμακας έχουν εγκατασταθεί σε όλο τον κόσμο, με το μεγαλύτερο να έχει δυναμικότητα 10.000 MW (10 GW). Κάθε ένα από αυτά τα συστήματα μεγάλης κλίμακας απαιτεί ένα πολύ μεγάλο φράγμα, ή μια σειρά φραγμάτων, για να αποθηκεύσει τις τεράστιες ποσότητες νερού που απαιτούνται από το σύστημα. Το φράγμα Kariba στη Ζάμπια της Αφρικής συγκρατεί 160 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερό, και παράγει 1.300 MW ηλεκτρικό ρεύμα. Ενώ η παραγωγή ενέργειας από το νερό έχει τα οφέλη της, από την άποψη των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, έχει επίσης σημαντικές αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι εγκαταστάσεις υδροηλεκτρικής ενέργειας έχουν μια καταστρεπτική επίδραση στις ροές των ποταμών και στις παροχές νερού. Για την κατασκευή μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικών έργων χρειάζεται συνήθως να πλημμυρίσουν μεγάλες εκτάσεις εδάφους, οδηγώντας στη μετατόπιση των ανθρώπων που ζουν στην περιοχή, και στις αρνητικές επιδράσεις στην τοπική πανίδα και χλωρίδα. Τα προτεινόμενα σχέδια παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας αντιμετωπίζουν συχνά την έντονη αντίδραση από ομάδες ανθρώπων σχετικές με το περιβάλλον και τα ανθρώπινα δικαιώματα καθώς προβληματίζονται για τις κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιδράσεις αυτών των αναπτυξιακών προγραμμάτων

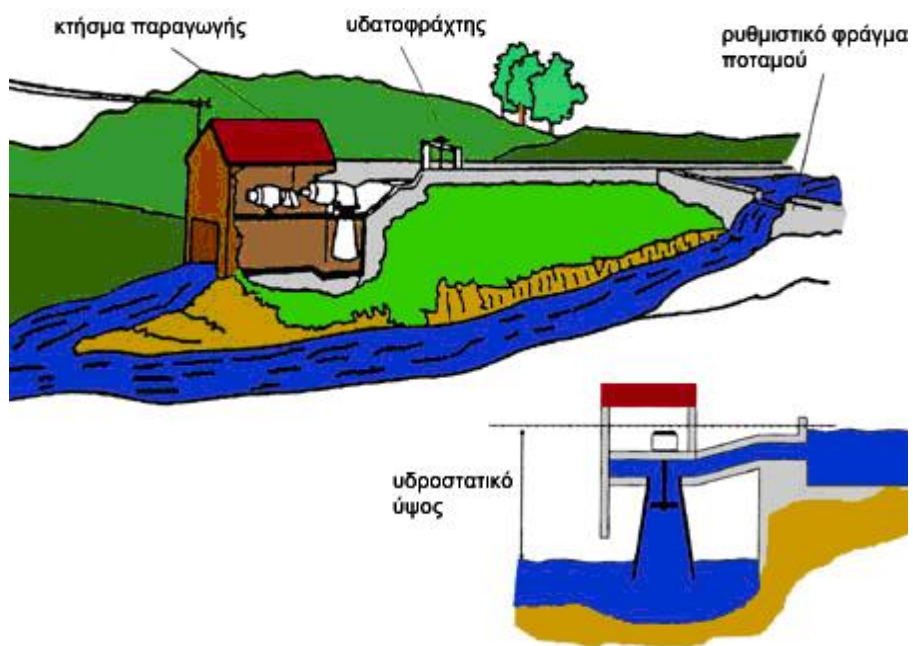
#### **2.5.Υδροηλεκτρικοί σταθμοί μικρής κλίμακας**

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι διαθέσιμη από μερικές εκατοντάδες Watt μέχρι και 10GW. Στο χαμηλό σημείο αυτού του φάσματος, η υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις κατηγορίες. Οι ορισμοί των κατηγοριών ποικίλλουν, αλλά συνήθως διακρίνονται στους: μικρο (δυναμικό λιγότερο από 100kW), μίνι (100kW-1MW) και μικρό (1MW-5MW) υδροηλεκτρικός σταθμός.

Μια άλλη διάκριση των ΥΗΕ έργων αναφέρεται στο ύψος της διαθέσιμης υδραυλικής πτώσης H, η τιμή της οποίας εκφράζει την ανά μονάδα μάζας υδραυλική ενέργεια του

νερού και την τάξη μεγέθους της στατικής πίεσης στον αγωγό προσαγωγής και το τμήμα εισόδου του υδροστροβίλου. Σημειώνεται ότι από την τιμή της διαθέσιμης υδραυλικής πτώσης εξαρτάται κυρίως η επιλογή του τύπου του υδροστροβίλου.

Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά συστήματα λειτουργούν με την καθοδήγηση μέρους της ροής κάποιου ποταμού στον ρυθμιστή ροής και στον υδροστρόβιλο, ο οποίος κινεί μια γεννήτρια και παραγάγει την ηλεκτρική ενέργεια (Σχήμα 2.3). Το νερό ρέει έπειτα πίσω στον ποταμό. Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά συστήματα λειτουργούν συνήθως παράλληλα στη ροή του ποταμού, και έτσι δεν διακόπτεται η ροή του. Αυτό είναι προτιμότερο από περιβαλλοντική άποψη, καθώς οι εποχιακές αυξομειώσεις νερού δεν επηρεάζουν την ροή του ποταμού στην κατεύθυνση του ρεύματος, ενώ δεν πλημμυρίζουν κοιλάδες σε υψηλότερα από το σύστημα επίπεδα. Μια περαιτέρω επίπτωση είναι ότι η παραγωγή ενέργειας δεν καθορίζεται με κάποιο έλεγχο της ροής του ποταμού, αλλά αντίθετα ο στρόβιλος λειτουργεί όταν υπάρχει κάποια ροή και σε παραγωγή ενέργειας εξαρτάται αποκλειστικά από αυτή. Αυτό σημαίνει ότι το μηχανικό σύστημα ρύθμισης της ροής του νερού δεν απαιτείται με αποτέλεσμα να μειώνεται το κόστος και οι απαιτήσεις συντήρησης. Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά συστήματα είναι ιδιαίτερα κατάλληλα ως μακρινές παροχές ηλεκτρικού ρεύματος για τις αγροτικές και απομονωμένες κοινότητες, ως οικονομική εναλλακτική λύση στην επέκταση ή αναβάθμιση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Τα συστήματα παρέχουν μια πηγή φτηνής, ανεξάρτητης και συνεχούς ενέργειας, χωρίς υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Υπολογίζεται ότι το 1990 υπήρξε παγκοσμίως εγκατεστημένη ισχύς μικρής υδροηλεκτρικής κλίμακας (λιγότερο από 10MW) της τάξεως των 19.5GW. (Παπαντώνης, 2008)



Σχήμα 2.3 Μικρής κλίμακας υδροηλεκτρική εγκατάσταση

### 3. ΑΝΤΛΗΣΟΤΑΜΙΕΥΣΗ

#### 3.1. Η ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας

Σε κάθε ηλεκτρικό δίκτυο, είτε πρόκειται για το διασυνδεδεμένο δίκτυο της ηπειρωτικής χώρας είτε για αυτόνομο, όπως αυτό των μη διασυνδεδεμένων νήσων, πρέπει να ικανοποιείται κάθε στιγμή το ισοζύγιο της ισχύος. Πρέπει δηλαδή η προς κατανάλωση ισχύς να είναι ίση με την παραγόμενη. Ο διαχειριστής του ηλεκτρικού δικτύου (ΑΔΜΗΕ) έχει τη δυνατότητα μέσω στατιστικών μεθόδων να προβλέψει με ακρίβεια την διακύμανση του φορτίου για κάθε ημέρα του ημερολογιακού έτους.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος από τους σταθμούς παραγωγής (θερμικούς, ηλεκτρικούς κλπ.) προσαρμόζεται σύμφωνα με τη προβλέψιμη χρονική διακύμανση του φορτίου. Σε περιόδους χαμηλής ζήτησης όμως οι μεγάλοι θερμικοί σταθμοί λόγω της τεχνικής τους φύσης δεν έχουν τη δυνατότητα μείωσης της παραγωγής κάτω από ένα τεχνικό ελάχιστο όριο. Η αδυναμία αυτή των θερμικών σταθμών δημιουργεί περίσσεια ισχύος άρα αστάθεια στο δίκτυο.

Η αστάθεια αυτή επιδεινώνεται από την αυξημένη συμμετοχή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο. Ο άνεμος και ο ήλιος είναι μεγέθη στοχαστικά συνεπώς η παραγωγή ενέργειας από αυτά είναι χρονικά μεταβαλλόμενη και ανακόλουθη της καμπύλης ζήτησης φορτίου ενός δικτύου. Προκειμένου να εξασφαλισθεί η εύρυθμη και ασφαλής λειτουργία του δικτύου περιορίζεται η διείσδυση των ΑΠΕ ώστε να επιτυγχάνεται το ενεργειακό ισοζύγιο. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται τόσο στο δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων όπου παρά το ισχυρό αιολικό δυναμικό η απορρόφηση της ενέργειας ποικίλει λόγω της εποχιακής ζήτησης αλλά και της ανυπαρξίας παρακείμενης βιομηχανίας όσο και στο διασυνδεδεμένο δίκτυο. Σε μερικές χώρες δεν μπορεί να γίνει περαιτέρω ανάπτυξη αιολικών πάρκων καθώς το δίκτυο έχει φτάσει σε σημείο να απειλείται η βιωσιμότητα του.

Στο ηπειρωτικό διασυνδεδεμένο δίκτυο της χώρας έχουμε εγκατεστημένη ισχύ περί τα 13800 MW, η ισχύς των ΑΠΕ ανέρχεται στα 3100 MW ενώ η ισχύς των αιολικών πάρκων ανέρχεται στα 1466 MW. ([www.admie.gr](http://www.admie.gr))

Η ανισοροπία αυτή σταθμίζεται με την αποθήκευση μέρους της ενέργειας που προέρχεται από τους θερμικούς σταθμούς και από τα αιολικά πάρκα. Δίνεται με αυτόν τον τρόπο η δυνατότητα στο διαχειριστή του δικτύου να διαχειρίζεται ευχερέστερα την παραγόμενη

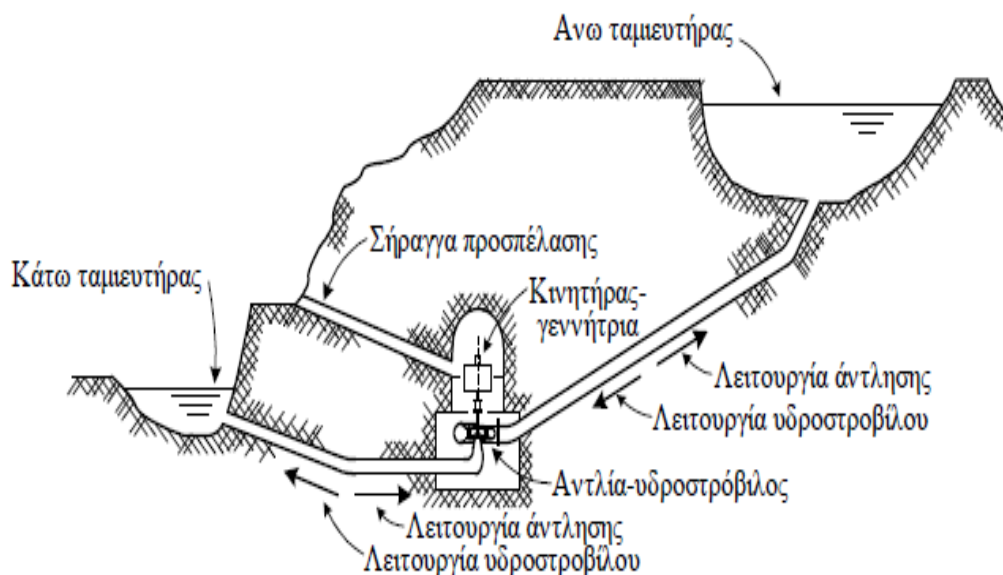


ενέργεια. Επιτυγχάνεται η αποθήκευση της κατά τις περιόδους χαμηλής ζήτησης και η επαναπρόσδοση της στο δίκτυο σε σύντομο χρόνο τις περιόδους αιχμής. (Παπαντώνης, ΤΕΕ 2009)

### 3.2.Αποθήκευση σε υδραυλικό ταμιευτήρα

Η καλύτερη λύση που διαθέτει ο διαχειριστής για την εξισορρόπηση του δικτύου είναι η αποθήκευση του νερού σε έναν υδραυλικό ταμιευτήρα. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας έχουν τη δυνατότητα γρήγορης παραλαβής και γρήγορης απόρριψης φορτίου πολύ μεγάλης ισχύος.

Ο πλήρης κύκλος περιλαμβάνει άντληση νερού από έναν κάτω ταμιευτήρα σε έναν άνω ταμιευτήρα των οποίων η υψομετρική διαφορά είναι ίση προς “h” για την φάση της αποθήκευσης ενέργειας (μετατρέπεται η ηλεκτρική ενέργεια σε υδραυλική) και για την φάση της παραγωγής διακίνηση του νερού από τον πάνω ταμιευτήρα στον κάτω μέσω υδροστροβίλων οπότε η υδραυλική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική και στην συνέχεια σε ηλεκτρική.



Σχήμα 3.1 Απεικόνιση ενός αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού έργου

### 3.2.1. Κύρια χαρακτηριστικά των αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών έργων

### 3.2.2. Φάση άντλησης

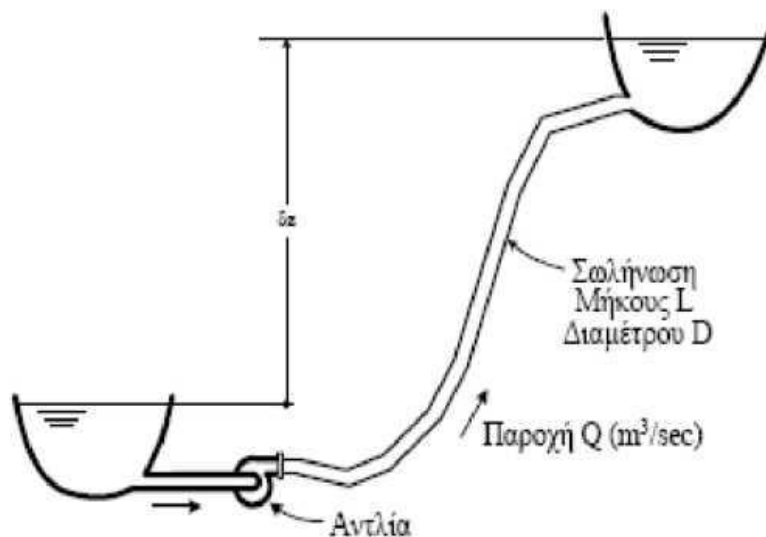
Η ενέργεια “H” του νερού, την οποία θα πρέπει να δίνει η αντλία, είναι ίση προς:  $H=h+\delta h_f$  όπου:

με “ $\delta h$ ” συμβολίζονται οι υδραυλικές απώλειες που αναπτύσσονται στην σωλήνωση που συνδέει τον κάτω με τον άνω ταμιευτήρα.

Με “h” συμβολίζεται η υψομετρική διαφορά του άνω από τον κάτω ταμιευτήρα.

Άρα η ισχύς:

$\delta N_f = (\rho g) \cdot \delta h_f \cdot Q$  αποτελεί την απώλεια ισχύος που αντιστοιχεί στην ισχύ που χάνεται στις υδραυλικές απώλειες της σωλήνωσης.



Σχήμα 3.2 Φάση Άντλησης

Εάν ληφθούν υπόψη οι ενεργειακές απώλειες του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που παρεμβαίνει (αντλία, ηλεκτροκινητήρας, μετασχηματιστές) μέσω του βαθμού απόδοσης τους, προκύπτει ο συνολικός βαθμός απόδοσης:

$$\eta = \eta_p \cdot \eta_M \cdot \eta_{Tr}$$

Άρα εάν υπάρχει ηλεκτρική ισχύς N αυτή μπορεί μέσω άντλησης να μετατραπεί σε υδραυλική ισχύ  $N_h$ , προφανώς  $N_h < N$  καθώς η διαφορά  $(N - N_h)$  αντιστοιχεί στις απώλειες ( $\delta N_f$ ) που αναπτύσσονται και αντιστοιχούν σε ενέργεια που δεν αποθηκεύεται.

### 3.2.3. Φάση επαναπρόσδοσης της υδραυλικής ενέργειας

Στην φάση αυτή η φορά της ενέργειας και της ροής του νερού αντιστρέφεται. Την λειτουργία αυτή εξασφαλίζει ο υδροστρόβιλος και η ηλεκτρική γεννήτρια που στρέφεται από αυτόν. Η ενέργεια που διατίθεται στον υδροστρόβιλο για να την μετατρέψει σε μηχανική και στην συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια είναι ίση προς:

$$H = h - \delta h_f \text{ όπου:}$$

Με “ $\delta h$ ” συμβολίζονται οι υδραυλικές απώλειες που αναπτύσσονται στην σωλήνωση που συνδέει τον κάτω με τον άνω ταμιευτήρα.

Με “ $h$ ” συμβολίζεται η υψομετρική διαφορά άνω και κάτω δεξαμενής

$$\text{Άρα η ισχύς: } \delta N_f = \rho * g * \delta h_f * Q$$

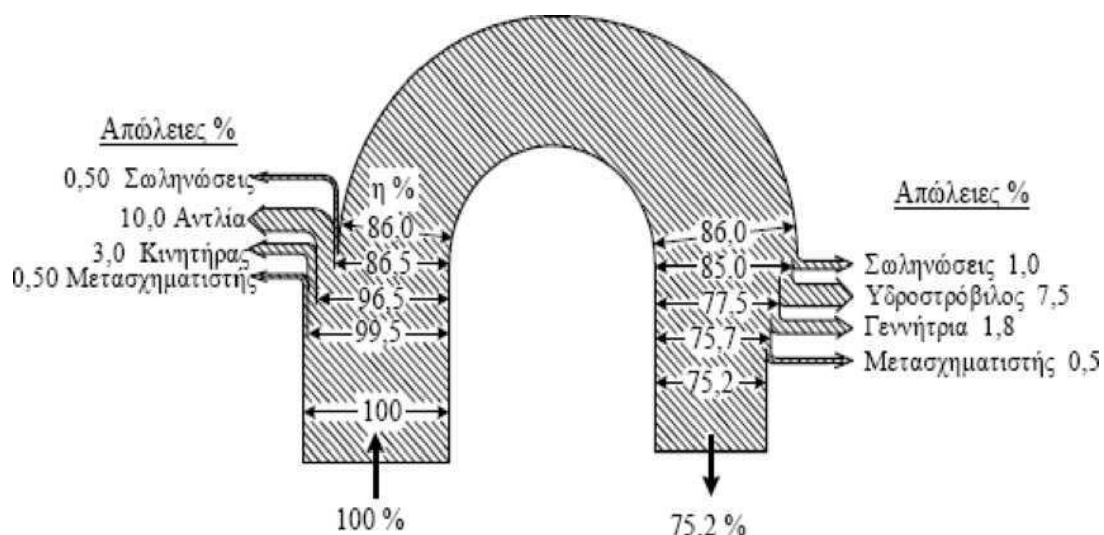
αποτελεί την απώλεια ισχύος και αντιστοιχεί στην ισχύ που χάνεται στις υδραυλικές απώλειες της σωλήνωσης.

Εάν ληφθούν υπόψη οι ενεργειακές απώλειες του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που παρεμβαίνει (υδροστρόβιλος, ηλεκτρική γεννήτρια, μετασχηματιστές) μέσω του βαθμού απόδοσης τους, προκύπτει ο συνολικός βαθμός απόδοσης:

$$\eta = \eta_T * \eta_G * \eta_{Tr}$$

Άρα από την υδραυλική ισχύ “ $N_h$ ” αυτή που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ισχύ “ $N_e$ ” και τροφοδοτεί το ηλεκτρικό δίκτυο είναι μικρότερη κατά τις ολικές απώλειες (σωληνώσεις και ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός), δηλ.  $N_e < N_h$ .

Συνολικά σε ένα πλήρη κύκλο, και ανάλογα με τον εξοπλισμό (αντλίες, υδροστρόβιλοι κλπ) ο ολικός βαθμός απόδοσης είναι της τάξεως του 65-80% (το υπόλοιπο 35-20% της ενέργειας χάνεται σε απώλειες) ανάλογα με το μέγεθος της μονάδας, την επιλογή του εξοπλισμού της κ.α.



Σχήμα 3.3 Απώλειες ενέργειας σε ένα πλήρη κύκλο

### 3.3.Αποθήκευση υδάτων

Τα κυριότερα υδραυλικά έργα αξιοποίησης των επιφανειακών υδατικών πόρων και κατά συνέχεια και αυτά που χρησιμοποιούνται και ως ταμιευτήρες στις περιπτώσεις αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών έργων είναι τα φράγματα και οι λιμνοδεξαμενές.

#### 3.3.1.Αποθήκευση υδάτων σε φράγματα

Τα φράγματα είναι κατασκευές σχεδιασμένες με σκοπό την αποθήκευση και την εκτροπή του νερού, την αλλαγή της φυσικής διανομής και το συγχρονισμό των ποτάμιων ροών προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ανθρώπινες ανάγκες. Συνήθως κατασκευάζονται στις κοίτες φυσικών ρευμάτων, σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις, με τον άξονα του φράγματος να τοποθετηθεί κάθετα προς τη ροή του νερού.

Η επιλογή της τοποθεσίας κατασκευής ενός φράγματος πρέπει να καλύπτει ορισμένα κριτήρια. Τέτοια είναι:

κριτήρια σκοπιμότητας δηλαδή χρήσης για την οποία προορίζεται το φράγμα (ύδρευση, άρδευση, υδροηλεκτρικό, αντιπλημμυρικό)

τοπογραφικά και μορφολογικά, έτσι ώστε να δημιουργείται μικρός λόγος του όγκου του φράγματος ως προς τον όγκο του νερού που αποθηκεύεται πχ. στενό φαράγγι για το φράγμα που συνεχίζει σε πλατιά κοιλάδα για τον ταμιευτήρα

γεωλογικά και γεωτεχνικά-εδαφοτεχνικά, δηλαδή συνθήκες που να εξασφαλίζουν ασφαλή θεμελίωση για το φράγμα, στεγανότητα ως προς τις διαρροές και ύπαρξη υλικών όπως άμμος και χαλίκια για την κατασκευή του φράγματος

υδραυλικά και υδρολογικά, δηλαδή ικανοποιητικές παροχές του υδατορεύματος (στην περίπτωση των αναστρέψιμων έργων τα κριτήρια αυτά δεν είναι καθοριστικής σημασίας)

οικονομικά, που σχετίζονται με το ύψος των απαλλοτριώσεων των υπό κατάκλιση περιοχών ασφαλείας, που αφορά στην ύπαρξη αραιοκατοικημένης κοιλάδας κατάντη του φράγματος επιπτώσεων στο περιβάλλον

Τα φράγματα μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο βασικές κατηγορίες με βάση το κύριο υλικό κατασκευής τους (Μουτάφης, 2006):

Φράγματα από σκυρόδεμα (δύσκαμπτα)

Βαρύτητας

Αντηριδωτό

Τοξωτό

Σύνθετο αντηριδωτό – τοξωτό

Φράγματα από γεωυλικά (εύκαμπτα)

Χωμάτινο

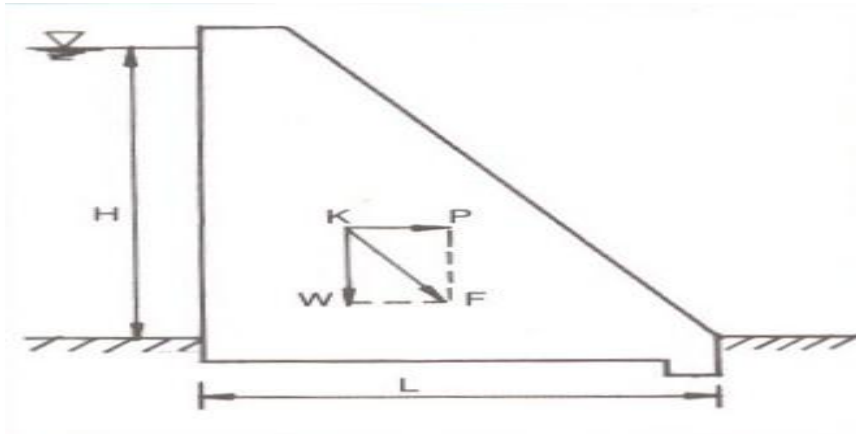
Λιθόρριπτο με πυρήνα

Λιθόρριπτο με Ανάντη Πλάκα Σκυροδέματος

Λιθόρριπτο με ανάντη ασφατικό τάπητα

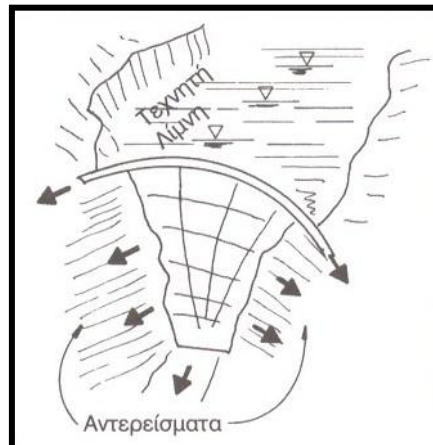
Λιθόρριπτο με κεντρικό ασφατικό διάφραγμα

Στα φράγματα βαρύτητας (Σχήμα 3.4), όπως δηλώνει και η ονομασία τους, η βασική δύναμη που αντιδρά στην υδροστατική πίεση του νερού είναι το βάρος του σώματος του φράγματος.



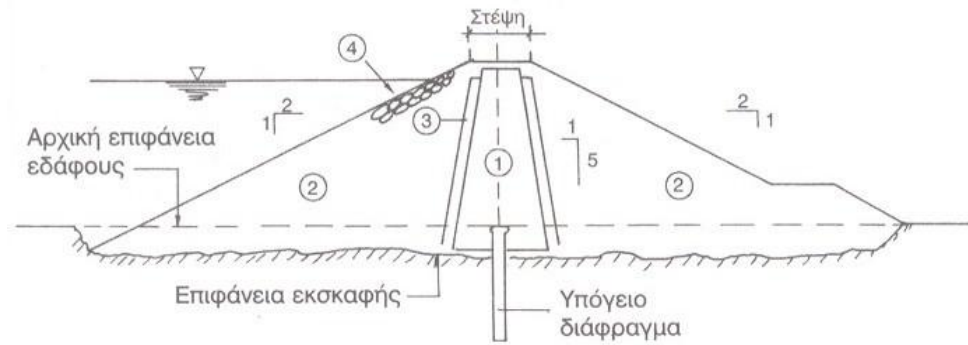
Σχήμα 3.4 Τυπική διατομή φράγματος βαρύτητας

Τα τοξωτά φράγματα (σχήμα 3.5) λειτουργούν με μεταφορά του φορτίου του νερού στα αντερείσματα λόγω καμπυλότητας του φορέα. (Μουτάφης, 2006)



Σχήμα 3.5 Τοξωτό φράγμα

Τα γεωφράγματα (σχήμα 3.6) θεωρούνται τα πιο οικονομικά και με πολύ καλή συμπεριφορά απέναντι στις δυνάμεις που αναπτύσσονται και επιδρούν στο σώμα τους, όπως είναι οι υδροστατικές πιέσεις του νερού και οι σεισμικές ωθήσεις.

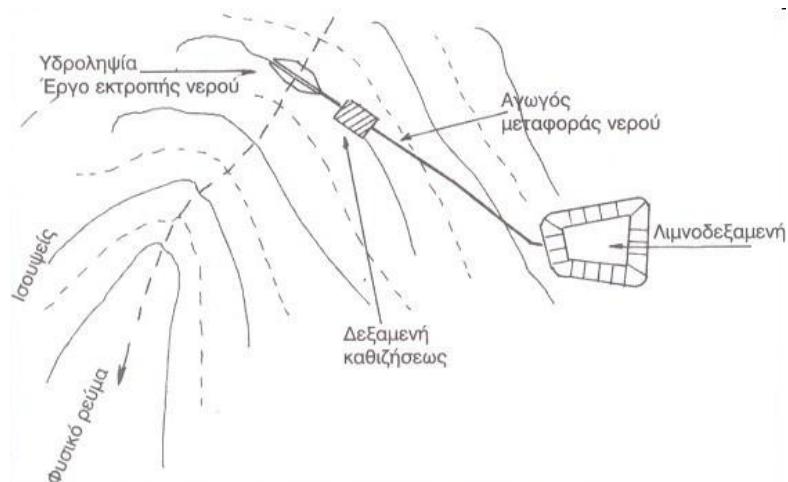


Σχήμα 3.6 Γεώφραγμα

Στο κέντρο του φράγματος κατασκευάζεται ένας πρακτικά αδιαπέρατος πυρήνας, ενώ κάτω από τον πυρήνα κατασκευάζεται ένα υπόγειο διάφραγμα που εμποδίζει την υπόγεια ροή του νερού.

### 3.3.2. Αποθήκευση υδάτων σε λιμνοδεξαμενές

Με τον όρο εξωποτάμια λιμνοδεξαμενή εννοούμε την κατασκευή ενός ταμειυτήρα έξω από την κοίτη και τη ροή του ποταμού, σε κατάλληλες φυσικές κοιλάδες που διαμορφώνονται κατά τον καλύτερο τεχνικοοικονομικό τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη συγκέντρωση νερού με το μικρότερο κόστος και με τις λιγότερες επεμβάσεις στο περιβάλλον.



Σχήμα 3.7 Εξωποτάμια λιμνοδεξαμενή

Οι δεξαμενές αυτές μπορούν να κατασκευαστούν και σε περιοχές που παρουσιάζουν διαπερατότητα, διότι στην περίπτωση αυτή η στεγανότητα εξασφαλίζεται με επένδυση της λίμνης με ειδική στεγανωτική μεμβράνη.

Λιμνοδεξαμενές, όμως, μπορούν να κατασκευαστούν και σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν φυσικές κοιλάτητες, αλλά η μορφολογία του εδάφους είναι τέτοια η οποία να επιτρέπει την κατασκευή δεξαμενής, με φυσικά υλικά (χρήση των αναγκαίων εκσκαφών που θα προκύψουν) ή εξολοκλήρου από σκυρόδεμα, με τις λιγότερες δυνατές εκσκαφές και το μικρότερο δυνατό κόστος. Μία τέτοια δεξαμενή αναλύεται στην παρούσα διπλωματική εργασία για την αποθήκευση των υδάτων που αντλούνται από τη λίμνη Τριχωνίδα.

### **3.3.3. Σύγκριση έργων αποθήκευσης υδάτων, φράγματος και λιμνοδεξαμενής, για αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά έργα**

Από τις δύο μορφές δημιουργίας τεχνητών λιμνών τα φράγματα είναι σαφές ότι:

έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν πολύ μεγάλη χωρητικότητα ταμιευτήρα

έχουν ιδιαίτερα αυξημένες απαιτήσεις ως προς τη μορφολογία του εδάφους προκειμένου να είναι δυνατή η κατασκευή τους

έχουν ιδιαίτερα αυξημένες απαιτήσεις ως προς τη γεωλογία του εδάφους στον οποίο θα θεμελιωθούν και θα σχηματιστεί ο ταμιευτήρας τους (ασφαλή θεμελίωση για το φράγμα, στεγανότητα ως προς τις διαρροές και ύπαρξη υλικών όπως άμμος και χαλίκια για την κατασκευή του)

είναι έργα πολύ μεγάλης κλίμακας που επηρεάζουν το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον, όχι όμως πάντα αρνητικά, αφού τα φράγματα (και ιδιαίτερα τα γεωφράγματα) μπορούν να εναρμονιστούν με το φυσικό περιβάλλον και εν τέλει να βελτιώσουν αισθητικά την ευρύτερη περιοχή



Στην περίπτωση των λιμνοδεξαμενών παρουσιάζονται τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν μικρότερες χωρητικότητες ταμιευτήρων σε σύγκριση με τα φράγματα

δεν έχουν τόσο αυξημένες απαιτήσεις ως προς τη μορφολογία του εδάφους προκειμένου να είναι δυνατή η κατασκευή τους όσο τα φράγματα

δεν έχουν τόσο αυξημένες απαιτήσεις ως προς τη γεωλογία του εδάφους στον οποίο θα θεμελιωθούν και θα σχηματιστεί ο ταμιευτήρας τους, καθώς στον πάτο του ταμιευτήρα θα υπάρχει μικρή στρώση σκυροδέματος

παρόλο που είναι έργα μικρότερης κλίμακας από τα φράγματα ενδέχεται να έχουν μεγαλύτερη αρνητική επίδραση στο περιβάλλον κυρίως ως προς την αισθητική, και όχι ως προς τη διατάραξη της πανίδας και της χλωρίδας, εξαιτίας της εξολοκλήρου κατασκευής τους από σκυρόδεμα

Στα πλαίσια του ερευνητικού έργου «Διερεύνηση της δυνατότητας κατασκευής έργων αποταμίευσης ενέργειας μέσω άντλησης σε περιοχές του Ελληνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας» και της διπλωματικής εργασίας «Αξιοποίηση υπαρχουσών λιμνών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με άντληση – ταμίευση για αντιμετώπιση διείσδυσης Αιολικών Πάρκων στο δίκτυο.» (Αποστολοπούλου Άννα, 2009) πραγματοποιήθηκε σύγκριση κόστους αποθήκευσης υδάτων ανάμεσα σε λιμνοδεξαμενές και φράγματα για τα διάφορα έργα που μελετήθηκαν σε αυτό.

**Πίνακας 3.1 Σύγκριση κόστους ταμίευσης υδάτων για έργα που μελετήθηκαν στο ερευνητικό πρόγραμμα**

Κάτω δεξαμενή	Τύπος άνω δεξαμενής	Συνολικό Κόστος έργων φράγματος/δεξαμενής	Ωφέλιμη Χωρητικότητα λιμνοδεξαμενής	Ισχύς Άντλησης (kW)	Κόστος ταμίευσης €/m <sup>3</sup>	Κόστος ταμίευσης €/kW άντλησης
Καστράκι	Φράγμα Αλευράδα	9.389.625	5.000.000	272.000	1,88	34,52
Καστράκι	Φράγμα Σομπόρρεμα	13.590.398	2.000.000	153.000	6,80	88,83
Καστράκι	Φράγμα Δαιμονοπούργια	8.183.030	1.980.000	124.000	4,13	65,99
Καστράκι	Φράγμα Πετούλια	17.974.019	1.900.000	124.000	9,46	144,95
Πουρνάρι II	Φράγμα Συκαμινέα	6.108.551	2.000.000	85.000	3,05	71,87
Ασώματα	Δεξαμενή Πολύδενδρο	7.528.409	465.000	92.500	16,19	81,39
Καστράκι	Δεξαμενή Τσουγκάρια	9.269.828	420.000	52.000	22,07	178,27
Καστράκι	Δεξαμενή Φίλος	10.575.549	488.000	131.000	21,67	80,73
Καστράκι	Δεξαμενή Μέγας Κάμπος	4.747.236	360.000	74.000	13,19	64,15
Πουρνάρι II	Δεξαμενή Γραμμενίτσα	10.370.941	783.000	68.000	13,25	152,51
Πλατανόβρυση	Δεξαμενή Λεπτοκαρυά	3.959.569	121.200	20.360	32,67	194,48
Σφηκιά	Δεξαμενή Μικρή Σάντα	6.518.613	330.000	88.500	19,75	73,66
Σφηκιά	Δεξαμενή Αγ.Παρασκευή	6.186.013	366.000	84.300	16,90	73,38
Στράτος	Δεξαμενή Σιόλου	4.846.960	240.000	32.000	20,20	151,47
Τέμενος	Δεξαμενή Άρπα	3.767.719	111.000	11.750	33,94	320,66

Πρέπει να διευκρινιστεί ότι το συνολικό κόστος των έργων φράγματος, και κατά συνέπεια και το ανά μονάδα κόστος ταμίευσης, αναφέρεται στην προμήθεια και διάστρωση του σκληρού επιχώματος, στην προμήθεια και διάστρωση άλλων σκυροδεμάτων του φράγματος (π.χ., εκχειλιστής, πλάκα σκυροδέματος, λεκάνη ηρεμίας) και στις εκσκαφές που απαιτούνται για την κατασκευή του φράγματος. Στην περίπτωση των δεξαμενών, το συνολικό κόστος των έργων αναφέρεται στην προμήθεια και τις εργασίες σκυροδέματος της λιμνοδεξαμενής, στη στεγανοποίηση της δεξαμενής και στις εκσκαφές που απαιτούνται για τη δημιουργία της.

Από τον παραπάνω πίνακα είναι σαφές ότι το κόστος αποθήκευσης υδάτων ανά m<sup>3</sup> σε φράγμα (σκληρού επιχώματος με ανάντη πλάκα σκυροδέματος) είναι πολύ μικρότερο από εκείνο του αντίστοιχου κόστους για λιμνοδεξαμενή. Συγκεκριμένα το μέσο κόστος για τα εξεταζόμενα έργα φραγμάτων είναι της τάξης των 5 €/m<sup>3</sup>, ενώ το αντίστοιχο για τις δεξαμενές είναι της τάξης των 20 €/m<sup>3</sup>. Η διακύμανση του κόστους ταμίευσης ανά m<sup>3</sup> και ανάμεσα στα ίδια τα φράγματα (από 1,88 €/m<sup>3</sup> έως 9,46 €/m<sup>3</sup>) αλλά και στις δεξαμενές (από 13,19 €/m<sup>3</sup> έως 33,94 €/m<sup>3</sup>) οφείλεται κατά κύριο λόγο στη διαφορετική ποσότητα εκσκαφών που απαιτούνται για την κατασκευή του κάθε έργου και καθορίζεται από τη μορφολογία του εδάφους της εκάστοτε περιοχής, ενώ στην περίπτωση των φραγμάτων και

από τη μορφολογία αυτή καθαυτή που παίζει καθοριστικό ρόλο στον όγκο του φράγματος (μήκος - ύψος φράγματος).

Όσον αφορά την αναγωγή του συνολικού κόστους αποθήκευσης υδάτων (κόστους έργων φράγματος - δεξαμενής) σε κόστος αποθήκευσης ανά kW άντλησης, η πολύ μεγάλη διακύμανση των τιμών που προκύπτει ανάμεσα σε όλα τα έργα οφείλεται κυρίως στο διαφορετικό ύψος πτώσης κάθε έργου (και πάλι καθορίζεται από τη μορφολογία του εδάφους της περιοχής του κάθε έργου). Παρόλα αυτά το μέσο κόστος που προκύπτει από τα συγκεκριμένα έργα για τα φράγματα είναι και πάλι μικρότερο από εκείνο των δεξαμενών (της τάξης των 80 €/kW και 137 €/kW αντίστοιχα). (Αποστολοπούλου Άννα, 2009)

### **3.4.Υπάρχοντα αναστρέψιμα στον Ελλαδικό χώρο**

Στην ελληνική επικράτεια λειτουργούν τα δύο παρακάτω αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά έργα.

- της Σφηκιάς στον ποταμό Αλιάκμονα (1985) με 3 αναστρέψιμες μονάδες ισχύος  $3 \times 105 = 315$  MW και
- του Θησαυρού στον ποταμό Νέστο (1998) με 3 αναστρέψιμες μονάδες ισχύος  $3 \times 127 = 381$  MW, διαθέσιμη υδραυλική πτώση  $H=154$  m και ταμιευτήρα χωρητικότητας  $565 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>.

Υπό κατασκευή βρίσκεται αναστρέψιμο υβριδικό υδροηλεκτρικό έργο στην Ικαρία.

Ήδη έχει μελετηθεί και δρομολογηθεί η κατασκευή από τη ΔΕΗ υβριδικού υδροηλεκτρικού και αιολικού σταθμού στο σύστημα της Ικαρίας ο οποίος στοχεύει στη συνδυασμένη εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού και του υδροδυναμικού του νησιού. Το έργο θα συνδυάζει ανεμογεννήτριες συνολικής ισχύος 2,4 MW με το υδροηλεκτρικό έργο Κάτω Προεσπέρας, στο οποίο θα εγκατασταθεί ισχύς 4,1 MW και θα αποθηκεύει το πλεόνασμα της αιολικής ενέργειας, στις ώρες χαμηλής ζήτησης φορτίου, μέσω του υδροηλεκτρικού για να το αποδώσει στο σύστημα στις ώρες αιχμής.

Στο ερευνητικό πρόγραμμα που έχει υλοποιηθεί σε συνεργασία του Ε.Μ.Π. και της ΡΑΕ «Διερεύνηση της δυνατότητας κατασκευής έργων αποταμίευσης ενέργειας μέσω άντλησης

σε περιοχές του Ελληνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας» όπου μελετάται η δημιουργία αντλητικών έργων σε ήδη υπάρχοντες ταμειευτήρες. Έχει γίνει η μελέτη για κατασκευή αναστρέψιμων μονάδων στις παρακάτω θέσεις υπαρχόντων έργων:

Πουρνάρι II-Πουρνάρι

Στράτος-Καστράκι

Καστράκι-Κρεμαστά

Αγ. Βαρβάρα-Ασώματα

Ασώματα-Σφηκιά

Τέμενος-Πλατανόβρυση

Πλατανόβρυση-Θησαυρός

## 4. ΤΡΙΧΩΝΙΔΑ

### 4.1. Φυσικό – γεωγραφικά χαρακτηριστικά της λίμνης Τριχωνίδας

Η Τριχωνίδα είναι η μεγαλύτερη λίμνη της Ελλάδας και αποτελεί ένα σημαντικό υγρότοπο με τεράστια αισθητική, οικολογική και αλιευτική αξία. Ακόμα, είναι μια ρηχή λίμνη καθώς το μέσο υψόμετρο στάθμης περίπου +15,4m και το μέγιστο βάθος της φτάνει τα 58m ενώ το μέσο βάθος της αγγίζει τα 29 m. Είναι μια μεσοτροφική λίμνη με μεγάλη ποικιλία ψαριών και άλλων υδρόβιων οργανισμών. Η περίμετρός της είναι 52 km και η επιφάνειά της καλύπτει 97 τετραγωνικά km. Περιβάλλεται βόρεια από το Παναιτωλικό Όρος, ανατολικά από τα όρη της Ναυπακτίας και νότια από το όρος Αράκυνθος ή Ζυγός. Δυτικά της βρίσκεται η μικρότερη σε μέγεθος λίμνη Λυσιμαχία που ενώνεται με την λίμνη Τριχωνίδα μέσω μιας τεχνηκής διώρυγας. Η διώρυγα αυτή διαθέτει θυρόφραγμα, ώστε να διοχετεύει τις περίσσειες ποσότητες νερού στην υδρολογική λεκάνη της Λυσιμαχείας και να αποτρέπεται η καταστροφή παραλίμνιων καλλιεργειών. Με την διώρυγα, επιπλέον, καθίσταται δυνατή και η επικοινωνία της λεκάνης της Τριχωνίδας με το γενικότερο δίκτυο του Αχελώου, γεγονός το οποίο είναι θετικό ως προς την καλύτερη διαχείριση της περίσσειας νερού, αλλά εγκυμονεί κινδύνους για την μεγαλύτερη διασπορά των ρύπων, εκείνων που είναι πλέον ανθεκτικοί στην αποικοδόμηση τους.

Η λίμνη Τριχωνίδα τροφοδοτείται από την ανάβλυση υπόγειων νερών, συγκεντρώνει τις απορροές των ορεινών όγκων που την πλαισιώνουν και παροχετεύει το πλεόνασμα των δικών της νερών στη Λυσιμαχία. Το υψηλότερο επίπεδο της Τριχωνίδας διευκολύνει τη ροή των νερών από τη μεγάλη στη μικρή λίμνη, με αποτέλεσμα την ανανέωση των νερών της και την αναζωογόνησή της.

Γύρω από τη λίμνη υπάρχουν εκτεταμένα πλατανοδάση (*Platanus orientalis*), που αναπτύσσονται κατά μήκος της διαδρομής του νερού από το Παναιτωλικό και τον Αράκυνθο μέχρι τις όχθες της λίμνης. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από την παρουσία ενός πυκνού υδρογραφικού δικτύου, που δημιουργεί κοιλάδες, ενώ πολλοί ποτάμιοι κλάδοι με αρκετά σημεία κάμψης και μικρούς κλάδους που αποστραγγίζουν από το Παναιτωλικό, ρέουν ορμητικά καταλήγοντας στην Τριχωνίδα.

Σε αυτή εκβάλλουν περίπου 20 χείμαρροι με εποχιακή ροή ανάμεσα στους οποίους είναι ο Περιβολάρης, ο Ξεριάς, ο Μπότσαρης καθώς και οι χείμαρροι της περιοχής μελέτης μας που

είναι το Μέγα Ρέμα, το Κρηνόρεμα, το Διχαλόρρεμα, το Κουφόρρεμα και το Κουβελόρρεμα. Τα υδατορεύματα αυτά αποστραγγίζουν σημαντικές εκτάσεις και παρέχουν μεγάλες ποσότητες νερού στην λίμνη, όταν βρέχει, εξαιτίας των μεγάλων κλίσεων που παρατηρούνται ιδιαίτερα στο βόρειο και ανατολικό τμήμα της λεκάνης. Σε αντίθεση, το δυτικό τμήμα το οποίο δεν παρουσιάζει σημαντικό αριθμό υδατορευμάτων λόγω της γεωλογικής σύστασης και της μικρής μορφολογικής κλίσης του ανάγλυφου. Σημαντικό ρόλο για την μεγάλη ποσότητα νερού που αποθηκεύεται στη λίμνη Τριχωνίδα παίζει η ύπαρξη του αδιαπέραστου φλύσχη στο νότιο τμήμα της «λεκάνης» που εμποδίζει την υπόγεια αποστράγγιση του νερού της επιφανειακής απορροής προς τη γειτονική θαλάσσια περιοχή του Κορινθιακού κόλπου, όπως επίσης και το γεγονός ότι η λίμνη βρίσκεται σε κρυπτοβύθισμα, αφού το απόλυτο υψόμετρο του πυθμένα της λίμνης, δηλαδή το βαθύτερο τμήμα της λιμναίας λεκάνης, είναι περίπου 48m κάτω από την μέση στάθμη της επιφάνειας της θάλασσας το οποίο την καθιστά το "βασικό επίπεδο" της περιοχής.

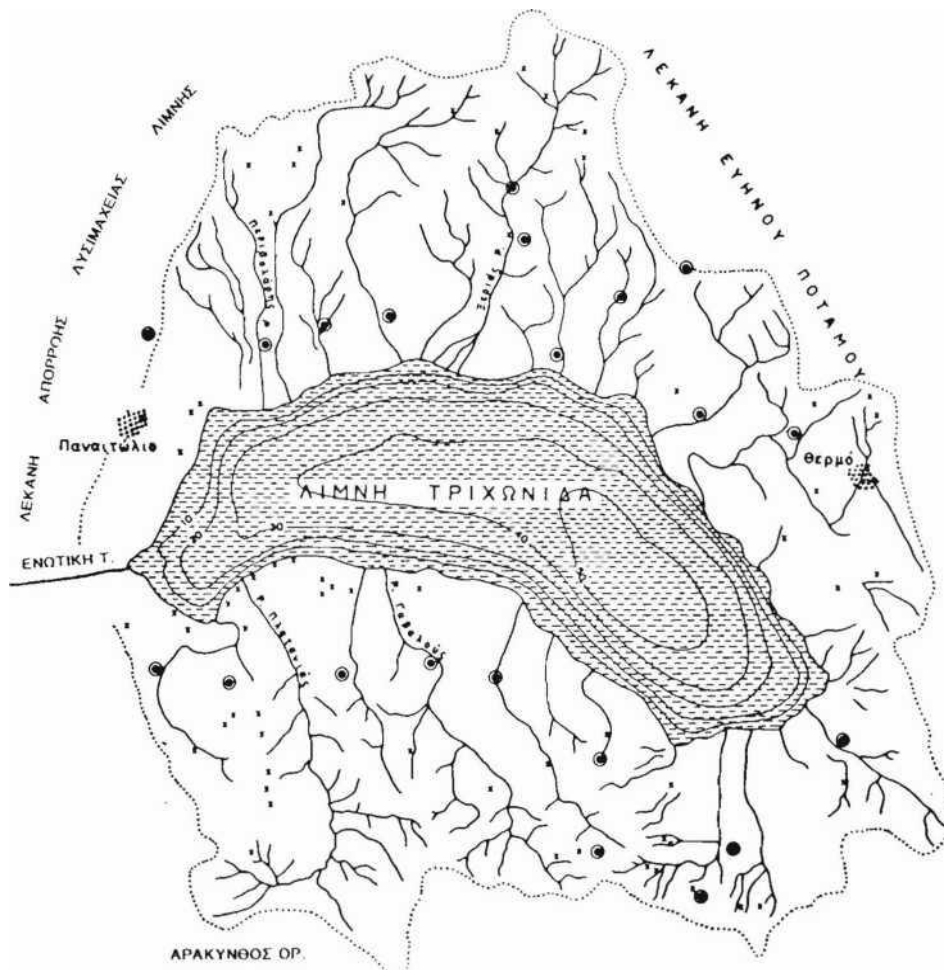
#### **4.2.Γεωμορφολογία της περιοχής**

Η Τριχωνίδα κατέχει το βαθύτερο τμήμα της ανατολικής περιοχής της τάφρου και πεδιάδας Αγρινίου μεταξύ των ορεινών όγκων του Παναιτωλικού στα βόρεια και του Αράκυνθου στα νότια. Η λεκάνη απορροής της έχει σχήμα περίπου τραπεζοειδές με συνολική έκταση 399 km<sup>2</sup> από τα οποία τα 97 km<sup>2</sup> αποτελούν τον καθρέπτη της λίμνης και 302 km<sup>2</sup> την παραλίμνια χερσαία περιοχή. Στα ανατολικά συνορεύει με τη λεκάνη απορροής του ποταμού Εύηνου, του οποίου η κοίτη βρίσκεται σε απόσταση 4-7 km από τις ακτές της λίμνης (περιβάλλει την λίμνη). Στα δυτικά επικοινωνεί με την λεκάνη απορροής της λίμνης Λυσιμαχείας, μέσω ενωτικής τάφρου.

Το υδρογραφικό δίκτυο αποτελείται από περιφερειακούς χείμαρρους που συγκλίνουν στην λίμνη, με μικρή διαδρομή και μικρές λεκάνες απορροής. Η μορφή του δικτύου είναι δενδρική. Εξάιρεση αποτελεί το δίκτυο της ανατολικής πλευράς (περιοχή Θέρμου) όπου το δίκτυο έχει ορθογώνια μορφή και υποτυπώδη ανάπτυξη λόγω του σχηματισμού επιφανειακού και υπόγειου καρστ.

Η λίμνη έχει σχήμα νεφροειδές με την κοίλη πλευρά προς τα νότια. Οι κλίσεις των πρανών της λεκάνης είναι μεγάλες και οι χείμαρροι έχουν δημιουργήσει ζώνη αλλουβιακών

ριπιδίων καθώς πλησιάζουν την λίμνη και αποθέτουν τα υλικά διάβρωσης. Η ανατολική πλευρά είναι απότομη, ρηξιγενής και στερείται ριπιδιοπαγών σχηματισμών.



Σχήμα 4.1 Γεωμορφολογία Τριχωνίδας

Ο πυθμένας της λίμνης εμφανίζει ασυμμετρία. Τα μεγαλύτερα βάθη εντοπίζονται στην ανατολική πλευρά (50-59m) υπό μορφή βυθίσματος Β/ΒΔ-N/NA προσανατολισμού

Η Τριχωνίδα αποτελεί κρυπολίμνη, αφού το μεγαλύτερο τμήμα της βρίσκεται κάτω από την στάθμη της θάλασσας (0 έως -43m) στο ίδιο βάθος με το διάυλο Ρίου-Αντιρρίου. Επομένως αποτελεί το βασικό επίπεδο της ευρύτερης περιοχής με ιδιαίτερη υδρολογική σημασία.

Ο όγκος της λίμνης είναι  $2.9 \cdot 10^9 \text{ m}^3$  και την καθιστά το μεγαλύτερο φυσικό ταμιευτήρα της χώρας (Ψιλοβίκος κ.α., 1998)

Πίνακας 4.1 Μορφολογικά Στοιχεία Λίμνης Τριχωνίδα

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
Λεκάνη απορροής	302 Km <sup>2</sup>
Διαστάσεις λίμνης	18 * 6Km
Στάθμη (ρυθμιζ.)	+ 16.0 + 13.5m
Έκταση καθρέπτη	97 Km <sup>2</sup>
Βάθη (μέγιστο.-μέσο)	59 m - 30 m
Βάθος κρυπτοβυθίσματος	- 43 m
Όγκος λίμνης	2.9* 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>
Μήκος ακτών	51.3 Km
Ανάπτυγμα ακτών	1.53

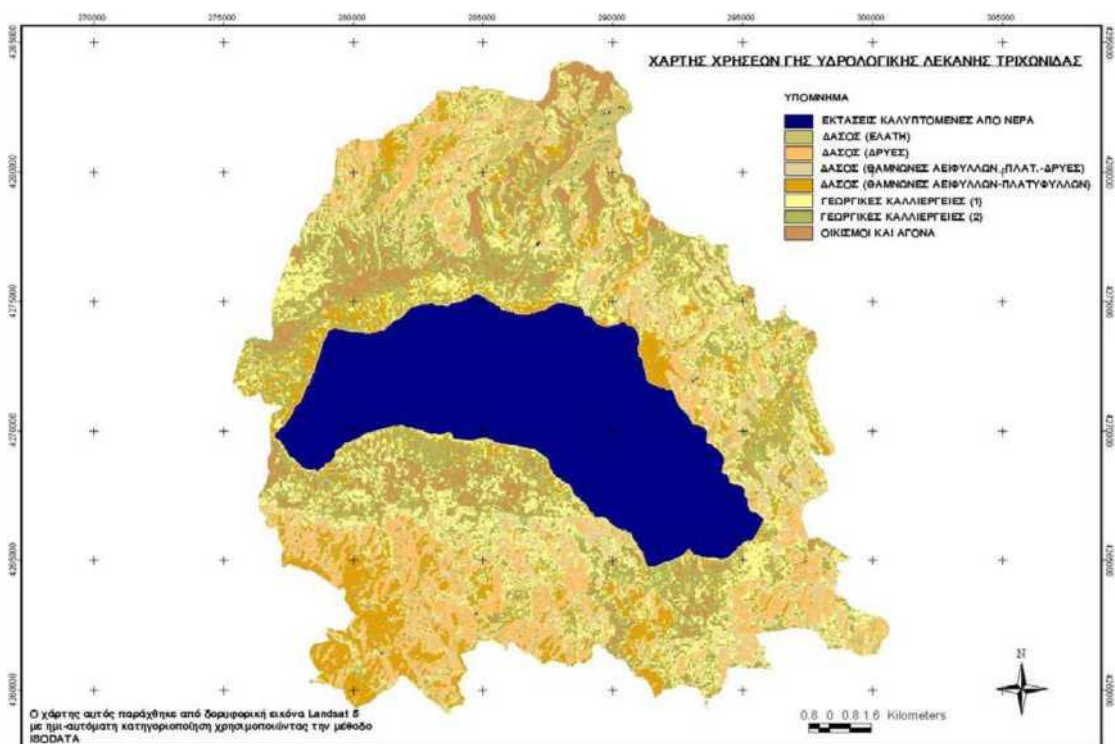
### 4.3.Χρήσεις γης

Ο πίνακας 4.1 υποδεικνύει ότι το μεγαλύτερο τμήμα της υδρολογικής λεκάνης καλύπτεται από γεωργικές καλλιέργειες (141,16 km<sup>2</sup> - 34,94%), ενώ ακολουθούν τα δάση (137,04 km<sup>2</sup> - 33,97%) και οι υδάτινες επιφάνειες (93,86 km<sup>2</sup> -23,23%). Οι οικισμοί και οι άγονες εκτάσεις δεν καλύπτουν σημαντική έκταση της περιοχής μελέτης, αφού δεν ξεπερνούν το 8% της συνολικής έκτασης. Το μεγαλύτερο ποσοστό δασών αφορά δάση θαμνώνων αείφυλλων, πλατύφυλλων και δρυών (12,38% της περιοχής μελέτης), ενώ το μικρότερο ποσοστό δασών καλύπτεται από ελάτη (11.59% της περιοχής). Όσον αφορά τις γεωργικές εκτάσεις, χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και το στάδιο ανάπτυξης τους. Η επιφάνεια νερού που αντιστοιχεί στην λίμνη Τριχωνίδα είναι σχετικά μειωμένη (93,86 km<sup>2</sup>), συγκριτικά με την μέση ετήσια επιφάνεια της λίμνης που πλησιάζει τα 96 km<sup>2</sup> , διότι η χρησιμοποιηθείσα δορυφορική εικόνα έχει καταγραφεί τον μήνα Οκτώβριο όταν η στάθμη της λίμνης Τριχωνίδα και επομένως και η έκταση της είναι στα χαμηλότερα επίπεδα του έτους. (Δημητρίου, 2007)



Πίνακας 4.2 Χρήσεις γης στην υδρολογική λεκάνη της λίμνης Τριχωνίδας, όπως προέκυψαν από επεξεργασία δορυφορικής εικόνας Landsat

Χρήσεις γης	Έκταση με βάση την δορυφορική εικόνα (km <sup>2</sup> )	Ποσοστό (%) επί της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης	Συγκεντρωτικά ποσοστά χρήσεων γης για επιμέρους κατηγορίες
Δάσος (Ελάτη)	11.59	2.87	137,04 km <sup>2</sup> 33,97%
Δάσος (Δρυές)	32.19	7.97	
Δάσος (θαμνώδεις αειφ.-πλατ-Δρυές)	50.03	12.38	
Δάσος (θαμνώδεις αειφ.-πλατ.)	43.23	10.70	
Γεωργικές καλλιέργειες (1)	68.03	16.84	141.16 km <sup>2</sup> 34.94 %
Γεωργικές καλλιέργειες (2)	73.13	18.10	
Επιφάνεια Νερού	93.86	23.23	23.23 %
Οικισμοί και άγωνα	31.91	7.90	7.90 %
Σύνολο	403.97	100	



Σχημα 4.2 Χάρτης χρήσεων γης της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Τριχωνίδας

#### 4.4.Υδρολογικά στοιχεία

Η λίμνη Τριχωνίδα, μεγαλύτερη σε έκταση και όγκο φυσική λίμνη της Ελλάδας, έχει πολύ περιορισμένη λεκάνη απορροής. Αν λάβουμε υπόψη ότι τα μέσα ετήσια κατακρημνίσματα της περιοχής (ΕΜΥ Αγρινίου) είναι 930mm/yr και η έκταση της περιλίμνιας χερσαίας λεκάνης απορροής είναι 302 km<sup>2</sup>, ενώ ο συντελεστής απορροής είναι 0,40, τότε η συνολική απορροή υπολογίζεται σε 112.3 \*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/yr, η οποία καταλήγει στη λίμνη.

Ο καθρέπτης της λίμνης ο οποίος έχει έκταση 97 km<sup>2</sup>, δέχεται όγκο νερού από κατακρημνίσματα 90.2\*10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>, ενώ έχει απώλειες από εξάτμιση συνολικού όγκου 142.5\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/yr. Από τα ανωτέρω στοιχεία προκύπτει ότι οι καθαρές εισροές νερού στην Τριχωνίδα εκτιμώνται σε 60.0\*10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>/yr κατά μέσο όρο. Οι εισροές αυτές σε σχέση με το συνολικό όγκο της λίμνης (2.9\*10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>) είναι ελάχιστες ώστε για την ανανέωση του νερού της Τριχωνίδας θα χρειάζονταν 10 -14 χρόνια.

Έχει όμως διαπιστωθεί μεγάλη τροφοδοσία της λίμνης από υπολίμνιες πηγές, τόσο στην ανατολική περιοχή του καρστ, όσο και σε άλλες περιοχές, η παροχή των οποίων δεν είναι δυνατό να εκτιμηθεί προς το παρόν. Η αδυναμία εκτίμησης προκύπτει από την ανυπαρξία μέτρησης των εκροών από τη λίμνη. Η εκτίμηση που μπορεί να γίνει μέχρι στιγμής βασίζεται στα στοιχεία των αρδεύσεων, από τα οποία προκύπτουν ότι:

Για τις περιλίμνιες αρδευτικές καλλιέργειες (31.000 στρέμματα) αντλούνται από την Τριχωνίδα 34\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/yr περίπου.

Για εκροές της Τριχωνίδας προς τη Λυσιμαχία και μέσω της ομώνυμης σήραγγας προς τις δελταϊκές πεδιάδες του Αχελώου και του Εύηνου, τις οποίες ο ΓΟΕΒ Αγρινίου τις υπολογίζει σε 548\*10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>/yr, ενώ η ερευνητική ομάδα του καθηγητή κ. Χ. Τζιμόπουλου τις υπολογίζει σε 570\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Από αυτές αρδεύονται επίσης 159.000 στρέμματα των πεδινών εκτάσεων της Αιτωλοακαρνανίας.

Για την τροφοδοσία του Αχελώου μέσω του συστήματος της τάφρου του Δίμηκου, της Λυσιμαχίας και της ενωτικής διώρυγας με την Τριχωνίδα αντλούνται σημαντικοί όγκοι νερού κατά τη διάρκεια του έτους (160\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) οι οποίοι είναι αδύνατο να εκτιμηθούν με απόλυτη ακρίβεια.

Από τις ανωτέρω εκτιμήσεις προκύπτει το συμπέρασμα ότι η Τριχωνίδα έχει μεγάλο πλεόνασμα καθαρού νερού με το οποίο καλύπτει τόσο τις αρδευτικές ανάγκες της ευρύτερης περιοχής, όσο και τις περιβαλλοντικές λειτουργίες μεγάλου τμήματος της λεκάνης του Κάτω Αχελώου. Για το λόγο αυτό ο ρόλος της λίμνης είναι σημαντικός για την ευρύτερη περιοχή. Σύμφωνα με τη μελέτη της ΕΤΜΕ (1994), η Τριχωνίδα έχει μέσο καθαρό όγκο εισροών  $125 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$  με ανώτατο όγκο  $301 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ .

Από τα σταθμηγραφήματα της Τριχωνίδας για περίοδο 40 ετών (1949/50-1990/91) προκύπτει η ταπείνωση της στάθμης της λίμνης μετά το 1957/58 λόγω ανθρωπογενών επεμβάσεων και η διακύμανση της στάθμης της κατά 1,0-1,5 m το χρόνο.

Ήδη, μετά την κατασκευή του ρυθμιστικού έργου της ενωτικής διώρυγας Τριχωνίδας-Λυσιμαχείας η στάθμη της λίμνης (Παλαιά +18m) ρυθμίζεται μεταξύ + 13.50 m και + 16.0 m. Σημαντικοί όγκοι νερού εκρέουν από την Τριχωνίδα κατά τη χειμερινή περίοδο, όταν η στάθμη της λίμνης ανέρχεται σημαντικά (> 1.5 m) ενώ η εκροή προς τη Λυσιμαχεία είναι συνεχής (ατελές ρυθμιστικό έργο). (Ψιλοβίκος κ.α., 1998)

**Πίνακας 4.3 Υδρολογικά Στοιχεία Λίμνης Τριχωνίδας**

<b>ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</b>	
ΕΜΥ Αγρίνιου κατακρημνίσεις	930 mm/yr
Όγκος κατακρ. λεκ.	$280.8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$
Συνολική απορροή (0.40)	$112.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$
Όγκος κατακρ. λίμνης	$90.2 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$
Όγκος εξατμ. (1470 mm/y)	$142.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$
Καθαρή απώλεια	$-52.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$
Καθαρές εισροές λίμνης	$60.0 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$
Εισροές από Αχελώο και υπόγειες πηγές	$> 600 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$
Εκροές προς Λυσιμαχεία και αρδεύσεις	$> 600 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$
Χρόνος ανανέωσης	3.6 χρόνια

#### 4.5. Λιμνολογικά στοιχεία

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.1 η Τριχωνίδα κατά τη διάρκεια του χειμώνα δεν παρουσιάζει στρωμάτωση, έχει χαμηλές τιμές θερμοκρασίας (11-13°C) και αγωγιμότητας (270-275  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), είναι κορεσμένη σε διαλυμένο οξυγόνο (10-11 mg/l) μέχρι τον πυθμένα της και έχει αλκαλικό pH (8.2-7.7). Παρατηρείται ισχυρή ανάμειξη και ομογενοποίηση του νερού σε όλο τον όγκο της λίμνης.

Αντίθετα το καλοκαίρι παρατηρείται σαφής στρωμάτωση του νερού και ανάπτυξη θερμοκλινούς, με θερμοκλινές σε βάθος 5-20 m και υπολίμνιο σε βάθος μεγαλύτερο των 30 m, στο οποίο η θερμοκρασία παραμένει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Παρατηρούνται επίσης αυξημένες τιμές αγωγιμότητας (295-327  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), και pH (8.6-7.9).

Η διαύγεια του νερού της Τριχωνίδας είναι 10-15 m (μέτρηση με Shechi Lisk) και μπορεί να αποδοθεί στην περιορισμένη ανάπτυξη βιομάζας στο νερό. (Ψιλοβίκος κ.α., 1998)

Πίνακας 4.4 Λιμνολογικά στοιχεία

Λιμνολογικά Στοιχεία	
Διαύγεια	12-15 m
Θερμοκρασία	12°C-27°C
Αγωγιμότητα	270-330 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Διαλ. $\text{O}_2$	6-11 mg/l
pH	7.7-8.2
Θερμοκλινές	5-20 m
Υπολίμνιο	>30 m

#### **4.6.Γεωλογία**

Στην περιοχή μελέτης εμφανίζονται οι εξής σχηματισμοί από τους παλαιότερους προς τους νεότερους της ζώνης Ωλονού - Πίνδου.

Φλύσχης Γαβρόβου. Συνίσταται από παχιά στρώματα αργιλικών σχιστόλιθων, ιλυολίθων αμμουχών μαργών και ψαμμιτών με στρώσεις κροκαλοπαγών ισχυρής συνοχής.

Τριαδικόν. Ασβεστόλιθοι και χαμηλότεροι λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι με μικρά Filamentres εναλλασσόμενοι με κερατόλιθους και αργιλικούς ασβεστόλιθους. Μέγιστο πάχος είναι 75 m.

Ιουρασικόν. Τα κατώτερα μέλη αποτελούν σχηματισμούς βαθιάς θαλάσσης και ειδικά ερυθροί αργιλικόι σχιστόλιθοι και ιλύολιθοι με παρεμβολή μικροκρυσταλλικών ασβεστόλιθων με ακτινόζωα. Ακολουθούν εναλλαγές μικροκρυσταλλικών και μικρολατυποπαγών ασβεστόλιθων με ενστρώσεις αργιλικών σχιστόλιθων και καταθέσεις κερατόλιθων. Τα ανώτερα στρώματα είναι μακρολατοπαγείς ασβεστόλιθοι πλούσιοι σε υλικά μεταφερθέντα σε αβαθή νερά.

Ανώτερον - Ιουρασικόν - Κονιάσιον. Ερυθροί αργιλικόι σχιστόλιθοι, πυριτικοί σχιστόλιθοι και στριφοί ασβεστόλιθοι. Στα κατώτερα μέλη δεν ανευρέθησαν προσδιορίσιμα απολιθώματα. Στα ανώτερα εντός μικροκολατυποπαγών ασβεστολίθων βρίσκονται επανατεθέντα απολιθώματα Ανώτερου Ιουρασικού και Κάτω Κρητιδικού.

Σενώνιον. Περιλαμβάνει τέφρους ιλυώδεις βιομικρίτας με πελαγική μικροπανίδα και μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθους με Μαιστρίχτιον μικροπανίδα υφαλοκρηπίδος και θραύσματα ασβεστικών φυκιών. Κατά περιοχή βρίσκονται επίσης εναλλαγές ασβεστόλιθων - κερατόλιθων με πελαγική Σενώνιου.

Ο πιο πρόσφατος γεωλογικός σχηματισμός στην ζώνη Ωλονού - Πίνδου είναι Μαιστριχτιον - Ηωκαινον: Φλύσχης . Ψαμμίτης με λεπτές παρεμβολές πελαγικών ασβεστόλιθων καταθέσεις με πανίδα ανώτερου Μαιστριχτιου ή μικρολατυπαγείς ασβεστόλιθοι με Orbitoididae. Προς τα πάνω φθάνει μέχρι το ανώτερο Ηώκαινο που προκύπτει ως τρηματοφόρων αβαθούς θαλάσσης που βρίσκονται σε γειτονικές περιοχές.

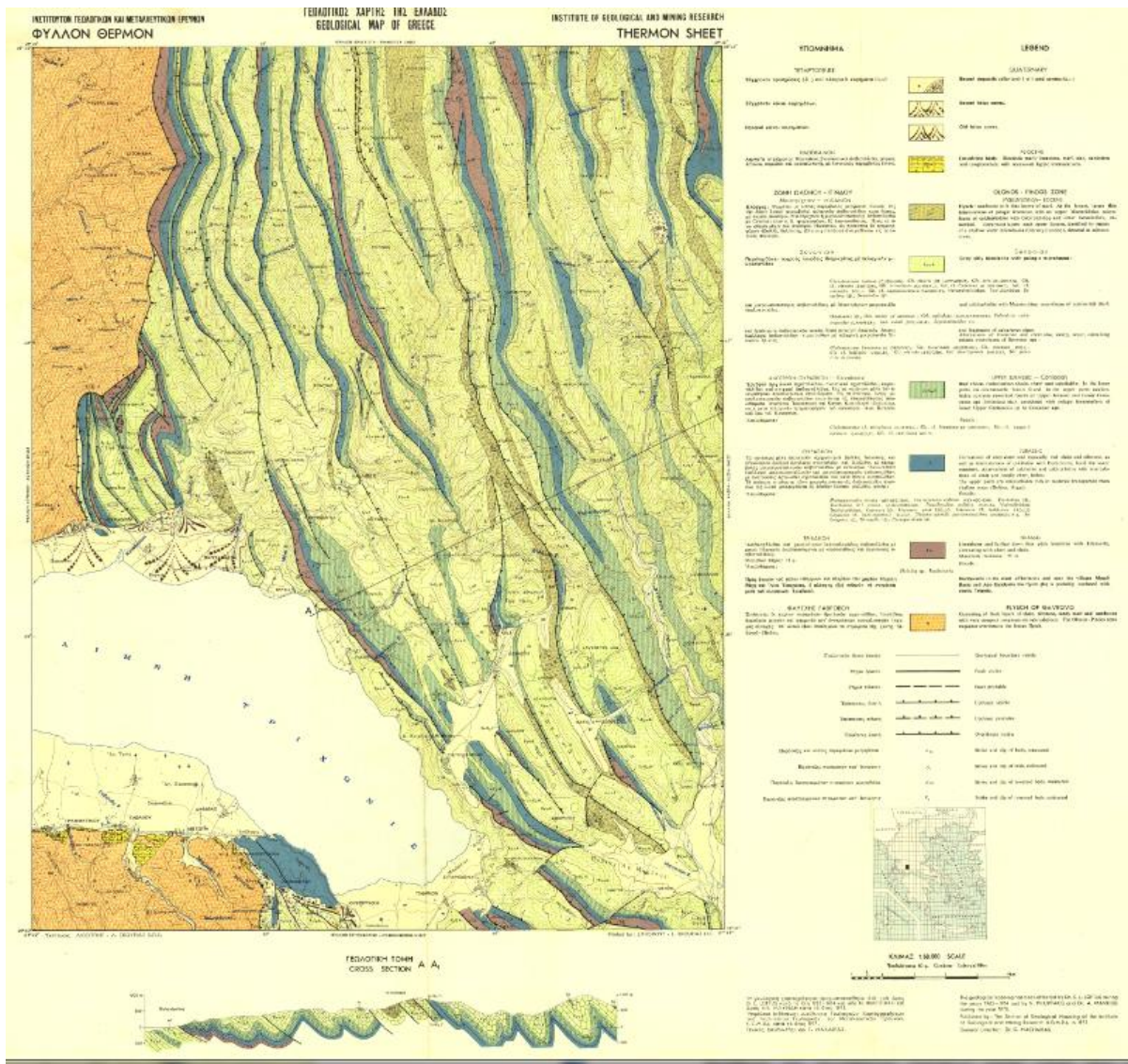
Σύμφωνα με το ΙΓΜΕ το 40,4% της υδρολογικής λεκάνης της Τριχωνίδας αποτελείται από σχηματισμούς φλύσχη (σχιστόλιθοι, ψαμμίτες με κροκαλοπαγή και μάργες). Οι σχηματισμοί αυτοί θεωρούνται γενικά αδιαπέρατοι, έχουν σχετικά μεγάλο συντελεστή επιφανειακής απορροής (35%) και μικρό συντελεστή κατείσδυσης (3 - 7%). Το 31,5% αποτελείται από ανθρακικά πετρώματα, τα οποία στον ελληνικό χώρο παρουσιάζουν πολύ μικρό συντελεστή επιφανειακής απορροής της τάξης του (0 - 6,5%) και μεγάλο συντελεστή κατείσδυσης (50 - 60%). Το υπόλοιπο 28,1%, που καλύπτει τα πεδινά τμήματα της λεκάνης, αποτελείται από Τεταρτογενείς και προσχλωσιγενείς σχηματισμούς, πρόσφατης ηλικίας. (Ζαχαρίας Ι. και Κουσουρήs Θ., 2000). Οι τελευταίοι σχηματισμοί επιδρούν σημαντικά στην απορροή της λεκάνης (κατακρημνίσματα, απορροές άρδευσης, απορροές αποστράγγισης προς τη λίμνη) και έχουν ποικίλο συντελεστή απορροής ο οποίος δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί με ικανοποιητική προσέγγιση καθώς εξαρτάται κυρίως από την οποία παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις.

Στις ενδογενείς διεργασίες περιλαμβάνεται η σεισμική δραστηριότητα με την ενεργοποίηση ρηγμάτων. Η σημερινή γεωμορφολογική εικόνα της περιοχής είναι αποτέλεσμα της συνδυασμένης δράσης ενδογενών και εξωγενών διεργασιών, όπως είναι οι διαλυτικές διεργασίες του νερού, καθώς και η δράση των πλημμύρων και η ιζηματογένεση. Η λίμνη μαζί με τις άλλες τρεις γειτονικές της αποτελούν ένα βύθισμα (Λυσιμαχία, Οζερός, Αμβρακία) τεκτονικής προέλευσης. Κατά πάσα πιθανότητα παλαιότερα αποτελούσαν μια μεγάλη έκτασης λεκάνη 'Αιτωλοακαρνανία λεκάνη', η οποία κάλυπτε την περιοχή, κατά τη διάρκεια του τέλους της περιόδου πλειόκαινου. Η διαμόρφωση της Τριχωνίδας, επηρεάσθηκε δευτερογενώς από καρστικές διεργασίες κυρίως στα ανατολικά (περιοχή Θέρμου) και αποθετικές διεργασίες στα δυτικά σχεδόν σε όλο το μήκος των οχθών της. Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά δείχνουν ότι πρόκειται για μια κλασσική τεκτονική λίμνη. Την τεκτονική προέλευση της λίμνης, άλλωστε, φανερώνει η σχέση μεταξύ της έκτασης της προς την έκταση της λεκάνης απορροής της που για την εν λόγω λίμνη είναι 0,39. Επίσης, η σχέση του μέσου προς το μέγιστο βάθος μιας λίμνης, που φανερώνει τη φύση της, για την Τριχωνίδα έχει τιμή 0,51 και δείχνει, πάλι, την τεκτονική της προέλευση. Τέλος, σημειώνεται ότι το ανάγλυφο της περιοχής θεωρείται ότι είναι σχετικά ομαλό, αφού ο αντίστοιχος δείκτης, δηλαδή η σχέση του μέγιστου υψόμετρου προς την απόσταση μεταξύ

του μεγαλύτερου από το μικρότερο υψόμετρο, δεν υπερβαίνει το 0,21. (Ζαχαρίας Ι. και Κουσουρήs Θ., 2000).

#### **4.7.Τεκτονική**

Η περιοχή της Τριχωνίδας είναι μια νεοτεκτονική λεκάνη με φορά ΔΒΔ-ΑΝΑ, μήκους 30 km και πλάτους 10 km. Η λεκάνη αποτελείται από πτυχωμένους και επωθημένους σχηματισμούς του πρώιμου Τριαδικού της Πίνδου οι οποίοι εκτείνονται σχεδόν παράλληλα με τη λεκάνη του Πατραϊκού κόλπου. Η τοπική γεωλογία της περιοχής περιλαμβάνει κυρίως ασβεστόλιθους και φλύσχη της ισοπικής ζώνης Γαβροβού-Πίνδου των Εξωτερικών Ελληνίδων. Το υπόβαθρο της περιοχής είναι εξαιρετικά πτυχωμένο με μεγάλες αντικλινικές ράχες που εκτείνονται περίπου 6 km από το Θέρμο εξαιτίας της επώθησης προς τα δυτικά. Ο προσανατολισμός της λεκάνης της Τριχωνίδας, η μεγάλη ανύψωση και ο σχηματισμός μιας μικρής ιζηματογενούς λεκάνης δείχνουν την ύπαρξη εφελκυστικών τάσεων στο φλοιό οι οποίες μπορούν να αποδειχτούν και από τους εστιακούς μηχανισμούς μετρίου μεγέθους σεισμών.



Σχήμα 4.3 Γεωλογικός χάρτης Τριχωνίδας

Η τοπογραφία της Τριχωνίδας καθορίζεται από ένα κανονικό ρήγμα που είναι τοπικά θαμμένο κάτω από Πλειστοκαινικές αποθέσεις και αλλουβιακούς κώνους και το οποίο βυθίζεται στα βόρεια καθορίζοντας τη νότια ακτή της λίμνης (Doutsos et al). Το ρήγμα αυτό βέβαια δεν φαίνεται να συσχετίζεται με μεγάλους σύγχρονους ή ιστορικούς σεισμούς. Στο μεγαλύτερο μέρος του το ρήγμα εξυψώνει πτυχωμένες Μειοκαινικές αποθέσεις του φλύσχη και Ιωκαινικούς ασβεστόλιθους (British Petroleum Co. Ltd, 1971). Αντίθετα στα δυτικά, στην περιοχή της λίμνης Λυσιμαχία το ρήγμα κατευθύνεται βόρεια. Σύμφωνα με τους Goldsworthy et al. (2002) τα στοιχεία που προκύπτουν από τη γεωμορφολογία αλλά και το αποστραγγιστικό δίκτυο της περιοχής αποδεικνύουν τη σχετικά νέα ηλικία του ρήγματος. Το παλιό αποστραγγιστικό δίκτυο διασώζεται στη βάση του κυρίου ρήγματος και σχηματίζει ένα στενό και βαθύ φαράγγι (Κλεισούρα). Σύμφωνα με τους Goldsworthy et al.



(2002) φαίνεται ότι το φαράγγι δημιουργήθηκε από το ποτάμι που παλιότερα έρεε από το όρος Παναιτωλικό προς τα νότια στον κόλπο της Πάτρας. Πρέπει ακόμα να αναφερθεί ότι σήμερα ο ποταμός δεν διασχίζει το φαράγγι καθώς έχει αναστραφεί και ρέει προς τα βόρεια. Είναι λογικό λοιπόν να υποθέσουμε ότι η ανύψωση της βάσης του ρήγματος της Τριχωνίδας έχει επηρεάσει την όλη διαδικασία. Κατά μήκος της βόρειας ακτής της λίμνης η τοπογραφία είναι λιγότερο έντονη δείχνοντας την ύπαρξη ενός περιθωρίου λιγότερο ενεργού σε σχέση με το νότιο. (Ψιλοβίκος κ.α., 1998)

#### **4.8.Σεισμικότητα**

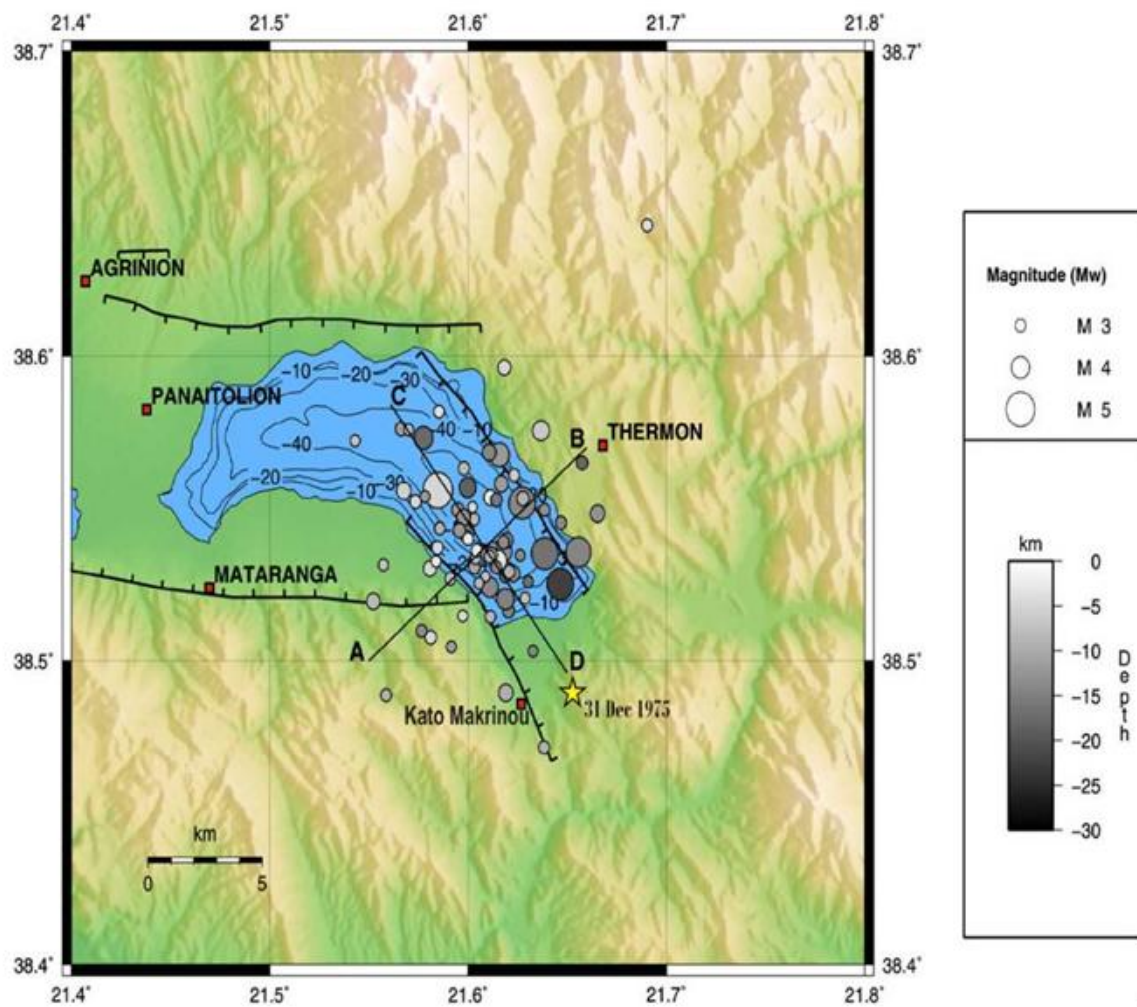
Στην ευρύτερη περιοχή του δυτικού Κορινθιακού κόλπου υπάρχουν δύο περιοχές με ιδιαίτερα υψηλή σεισμικότητα. Η πρώτη βρίσκεται ανατολικά της λίμνης Τριχωνίδας με διεύθυνση B-N όπου η σεισμική δραστηριότητα οφείλεται σε μηχανισμούς τόσο ανάστροφη, όσο και οριζόντιας κίνησης. Η δεύτερη περιοχή βρίσκεται στο στενό Ρίου-Αντιρρίου που αποτελεί μια ρηξιγενή ζώνη με B-A διεύθυνση. Οι περισσότεροι εστιακοί μηχανισμοί δείχνουν κανονικά ρήγματα με διεύθυνση B-N. Πρέπει να τονιστεί ότι η τάφρος αυτή δρα σαν ζώνη μετασχηματισμού μεταξύ των κόλπων Κορινθιακού και Πατραϊκού.

Επίσης, από παρατηρήσεις 119 ετών της περιόδου 1841- 1959 στην εξεταζόμενη περιοχή βρέθηκε ότι συμβαίνει ετησίως κατά μέσο όρο ένας σεισμός μεγέθους 5,5 βαθμών της κλίμακας Mercall- Sieberg. Η μέγιστη ένταση παρατηρείται ότι κυμαίνεται μεταξύ 7και 8 βαθμών της κλίμακας Mercall- Sieberg.

Τα κυριότερα καταγεγραμμένα σεισμικά γεγονότα της ευρύτερης περιοχής είναι τα ακόλουθα (Λεοντάρης, 1967) :

- 30 Νοεμβρίου 1953. Σφοδρότατος σεισμός (13: 20: 58), 38ο .5 N, 21ο .4 E, M = 5.2 στην νότια πλευρά της λίμνης Τριχωνίδας προκάλεσε καταστροφές στην Μεσαρίτσα V III βαθμού.
- 21 Δεκεμβρίου 1955. Εντοπίστηκε ισχυρή σεισμική δόνηση (21: 40: 24) 38ο .6 (;)6 N, 21ο .4 E, M = 5 λΑ σημειώθηκε στην ΝΔ ακτή της λίμνης Τριχωνίδας. Ο σεισμός V βαθμού έγινε αισθητός στον Αστακό (Αιτωλοακαρνανία) και στην Πάτρα.

- 5 Μαΐου 1960. Ισχυρός σεισμός ( 08: 17:32), 38ο / Ν, 21ο / Ε,  $M= 4 \%$  - 5 στην νότια όχθη της λίμνης Τριχωνίδας. Ο συγκεκριμένος σεισμός προκάλεσε βλάβες V-VI βαθμού στα χωριά Παραβόλα, Ματάραγκα και Γραμματικό.
- Επιπλέον, δυο ισχυρές σεισμικές δονήσεις μεγέθους 6.0 βαθμών σημειώθηκαν στις ανατολικές όχθες της λίμνης το 1975.
- Ο πιο πρόσφατος σεισμός σημειώθηκε στην περιοχή της λίμνης Τριχωνίδας ήταν της 8ης Απριλίου 2007. Οι τρεις ισχυρότερες δονήσεις που συνέβησαν στις 3:17, στις 7:15 και στις 10:41 με μέτρια μεγέθη που κυμαίνονταν από 5 έως 5.2 Mw. Η πιο σοβαρή βλάβη αναφέρθηκε στο χωριό του Θέρμου 5 km ΒΑ του επίκεντρου των σεισμών. Η σεισμική δραστηριότητα χαρακτηρίζει κυρίως το ανατολικό τμήμα της λίμνης Τριχωνίδας και σχετίζεται με τα ρήγματα που οριοθετούν τις ανατολικές όχθες της λίμνης. Τα δύο αυτά ρήγματα έχουν διεύθυνση ΒΒΔ-ΑΝΑ. Όλα τα γεγονότα που αφορούν τη σεισμική δραστηριότητα του 1975 εντοπίζονται έως το βάθος των 20 Km από την επιφάνεια, ενώ σταδιακά ο αριθμός των συμβάντων μειώνεται καθώς αυξάνεται το βάθος. (Kiratzi, 2008)



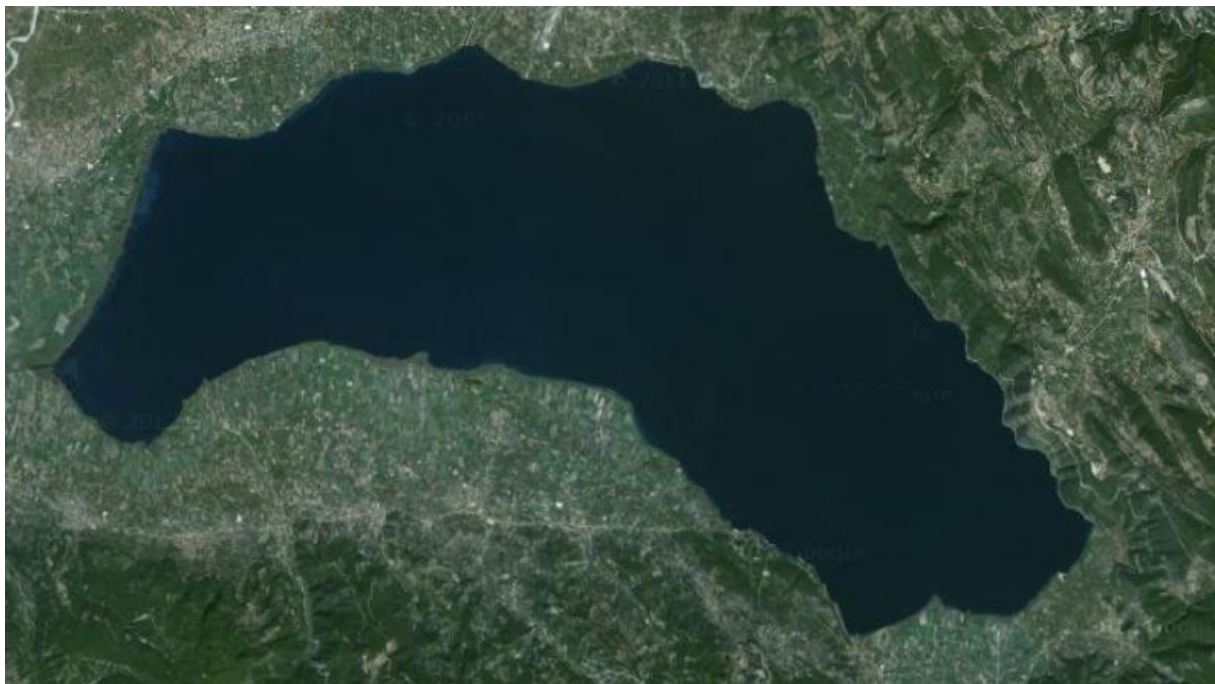
Σχήμα 4.4 Σεισμική δραστηριότητα που έλαβε χώρα το 2007 στις ανατολικές όχθες της λίμνης Τριχωνίδας.

## 5. ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

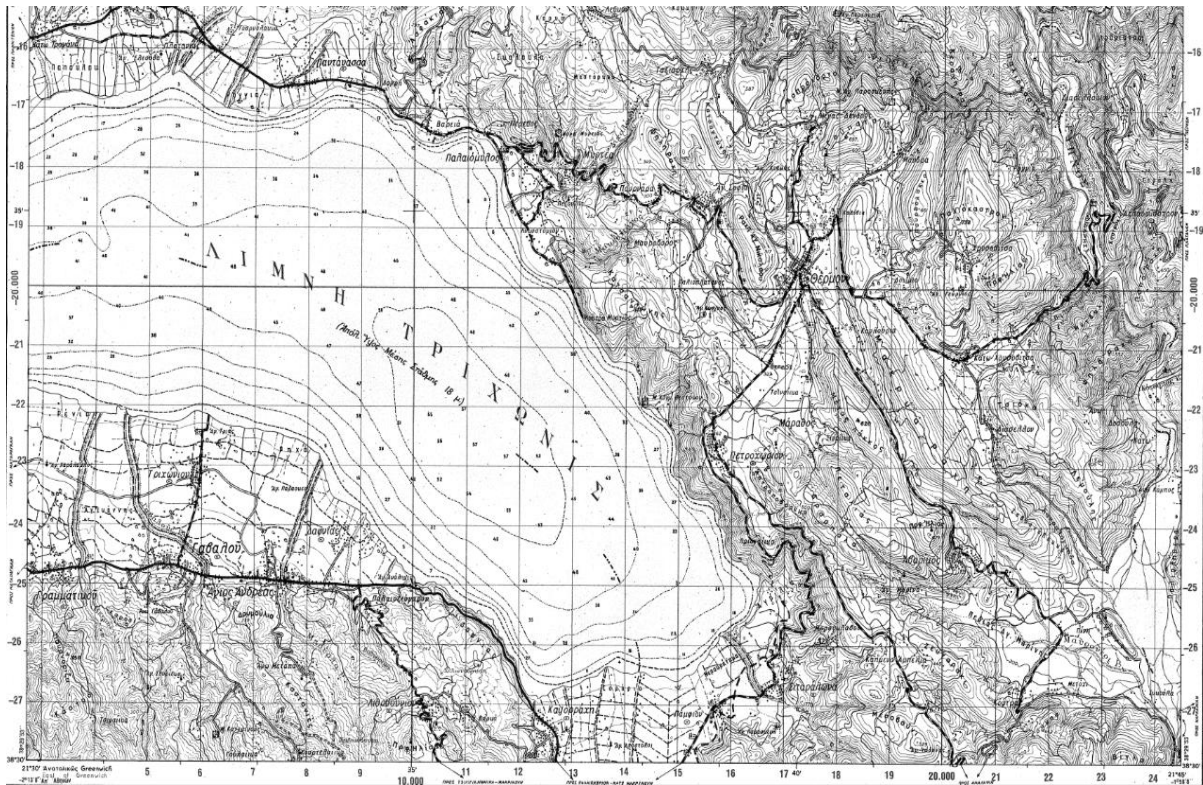
Ο μεγάλος όγκος νερού της λίμνης Τριχωνίδας και η μικρή διακύμανση της στάθμης της, την καθιστούν τον ιδανικό ταμιευτήρα για άντληση και ταμίευση νερού με σκοπό την παραγωγή ενέργειας.

### 5.1. Κατάλληλη θέση για διαμόρφωση έργου

Με χρήση του τοπογραφικού χάρτη μεγάλης κλίμακας ,1:50000 φύλλο Θέρμου, (σχήμα 5.2) και της δορυφορικής αποτύπωσης της εφαρμογής google earth 2012 (σχήμα 5.1) επιλέχτηκε σαν βέλτιστη θέση για την κατασκευή αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού έργου η βορειοανατολική πλευρά της λίμνης. Η ανατολική όχθη της λίμνης χαρακτηρίζεται από πολύ έντονη μορφολογία (λόφοι, μισγάγγειες, απότομες εναλλαγές υψομέτρου) γεγονός που ευνοεί ιδιαίτερα την δημιουργία έργου άντλησης ταμίευσης. Το βασικό κριτήριο επιλογής ήταν η εύρεση μεγάλης υψομετρικής διαφοράς μεταξύ λίμνης και εδάφους με το μικρότερο δυνατό μήκος των αγωγών και τον μεγαλύτερο δυνατό ωφέλιμο όγκο του άνω ταμιευτήρα.

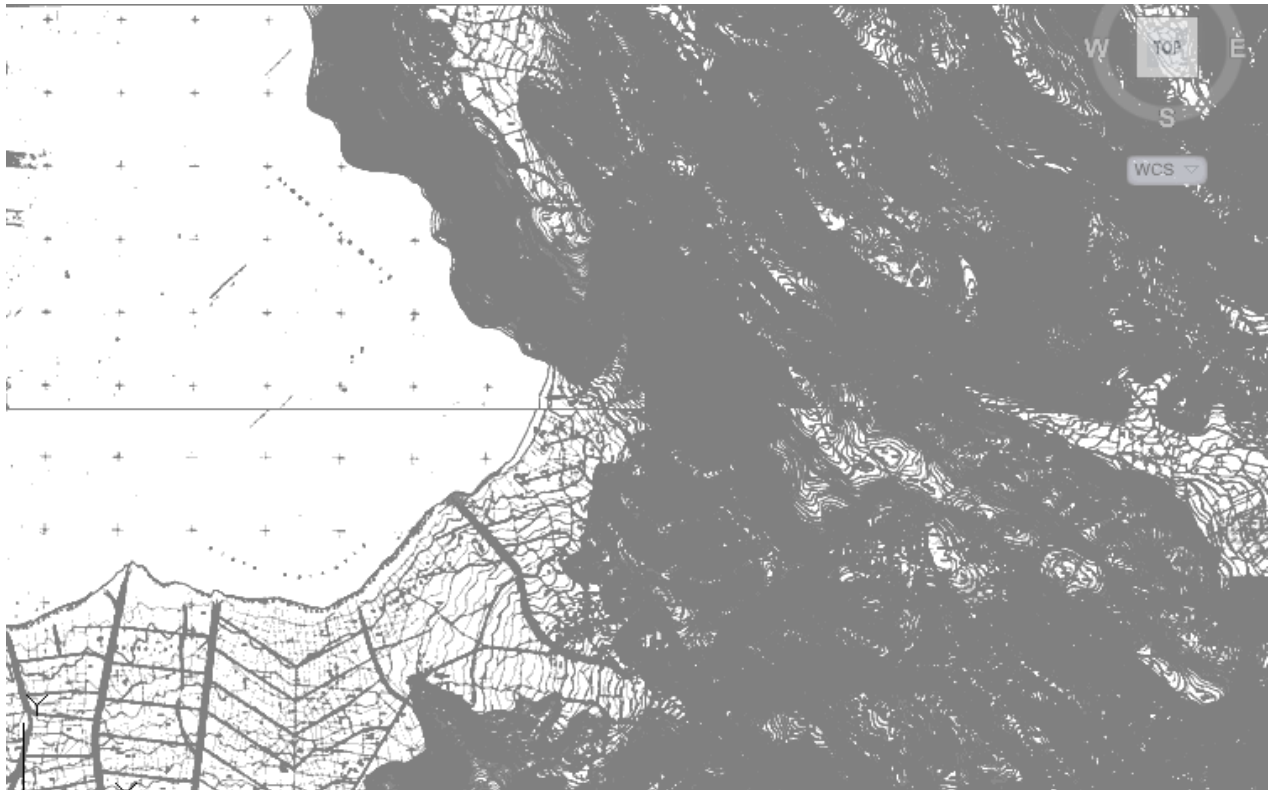


Σχήμα 5.1 Δορυφορική απεικόνιση λίμνης Τριχωνίδας



**Σχήμα 5.2 Τοπογραφικός χάρτης 1:50000- φύλλο Θέρμο**

Με σκοπό την λεπτομερέστερη αποτύπωση της περιοχής κρίθηκε αναγκαία η χρήση των τοπογραφικών χαρτών 1:5000 της περιοχής μελέτης. Πρόκειται για τα φύλλα 5296-7, 5296-8, 5296-5 και 5296-6, τα οποία ενοποιήθηκαν σε ένα μέσω του προγράμματος autocad civil 2012. (σχήμα 5.3)

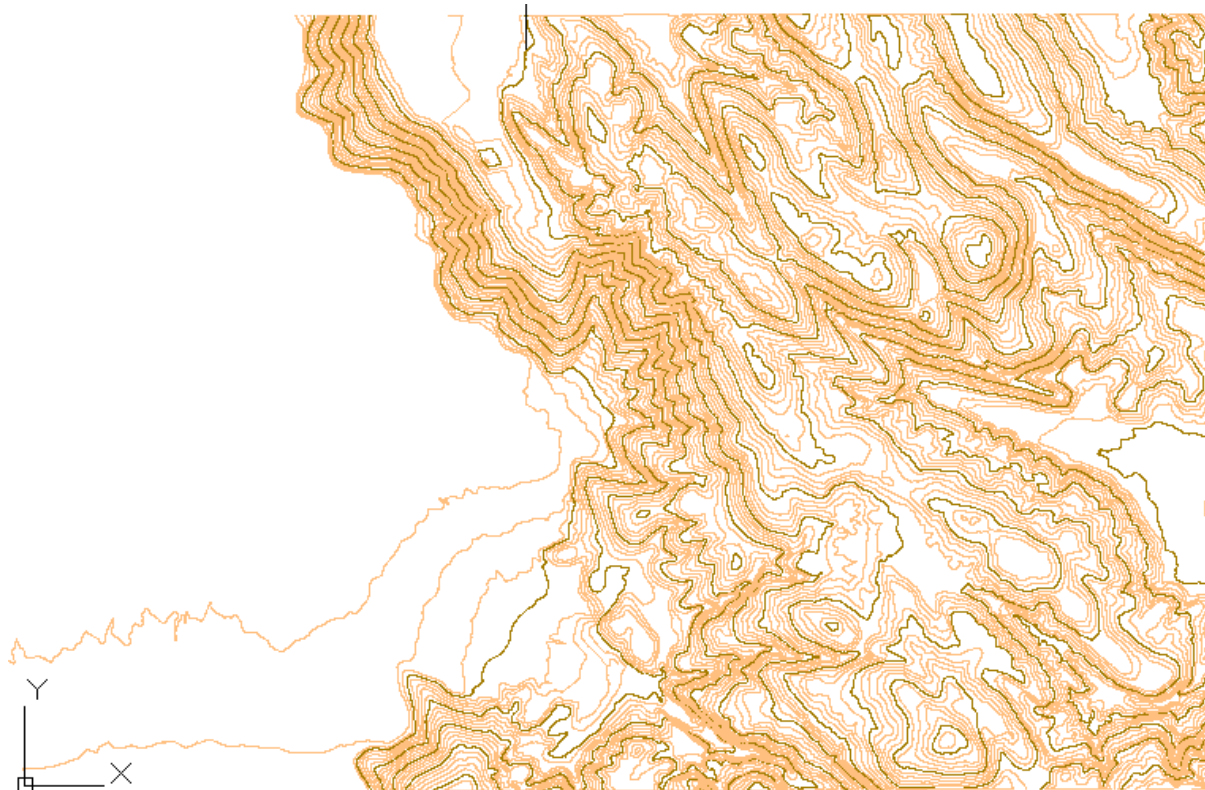


**Σχήμα 5.3** Ενοποιημένοι Τοπογραφικοί χάρτες 1:5000

Μέσω του autocad raster design 2012 ψηφιοποιήθηκε ο τοπογραφικός χάρτης και κατέστη δυνατή η αποτύπωση του ανάγλυφου της περιοχής με σκοπό την βέλτιστη χωροθέτηση όλων των μερών του αναστρέψιμου έργου.

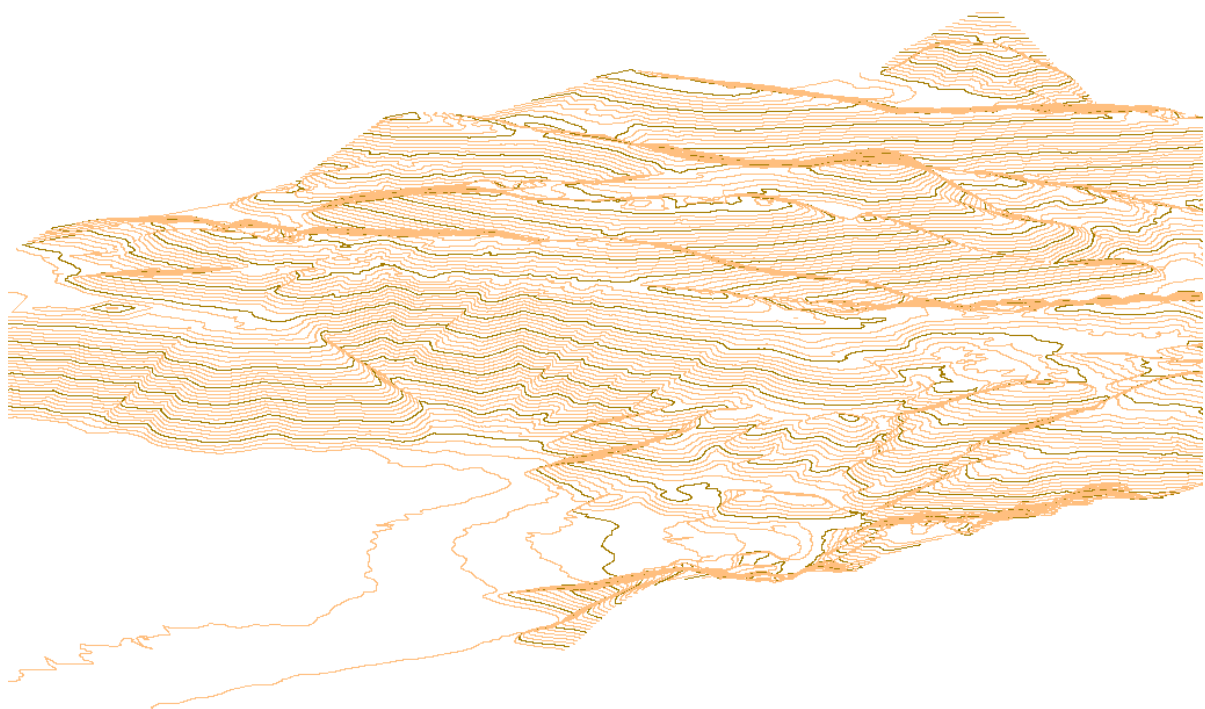
Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται σε κάτοψη οι κύριες ισοϋψείς με μαύρο χρώμα (ανά 50μ) στην εξεταζόμενη περιοχή.





**Σχήμα 5.4** Κύριες ισοϋψείς ανά 50m

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι ισοϋψείς της εξεταζόμενης περιοχής σε τρισδιάστατη μορφή.



**Σχήμα 5.5** Κύριες ισοϋψείς ανά 50m σε τρισδιάστατη μορφή

Από την μελέτη των ισοϋψών καθώς και από στοιχεία που συλλέξαμε για την διακύμανση παρατηρούμε πως η μέση στάθμη της λίμνης στην ανατολική πλευρά της λίμνης βρίσκεται στα +15,3m. Τα υψόμετρα του εδάφους ανατολικά της λίμνης ικανοποιούν τις απαιτήσεις για την κατασκευή ενός αναστρέψιμου έργου στην εν λόγω περιοχή.

## 5.2. Κατάλληλη θέση για διαμόρφωση δεξαμενής

Τα κριτήρια με τα οποία επιλέχθηκε η χωροθέτηση της δεξαμενής είναι:

Υψόμετρο

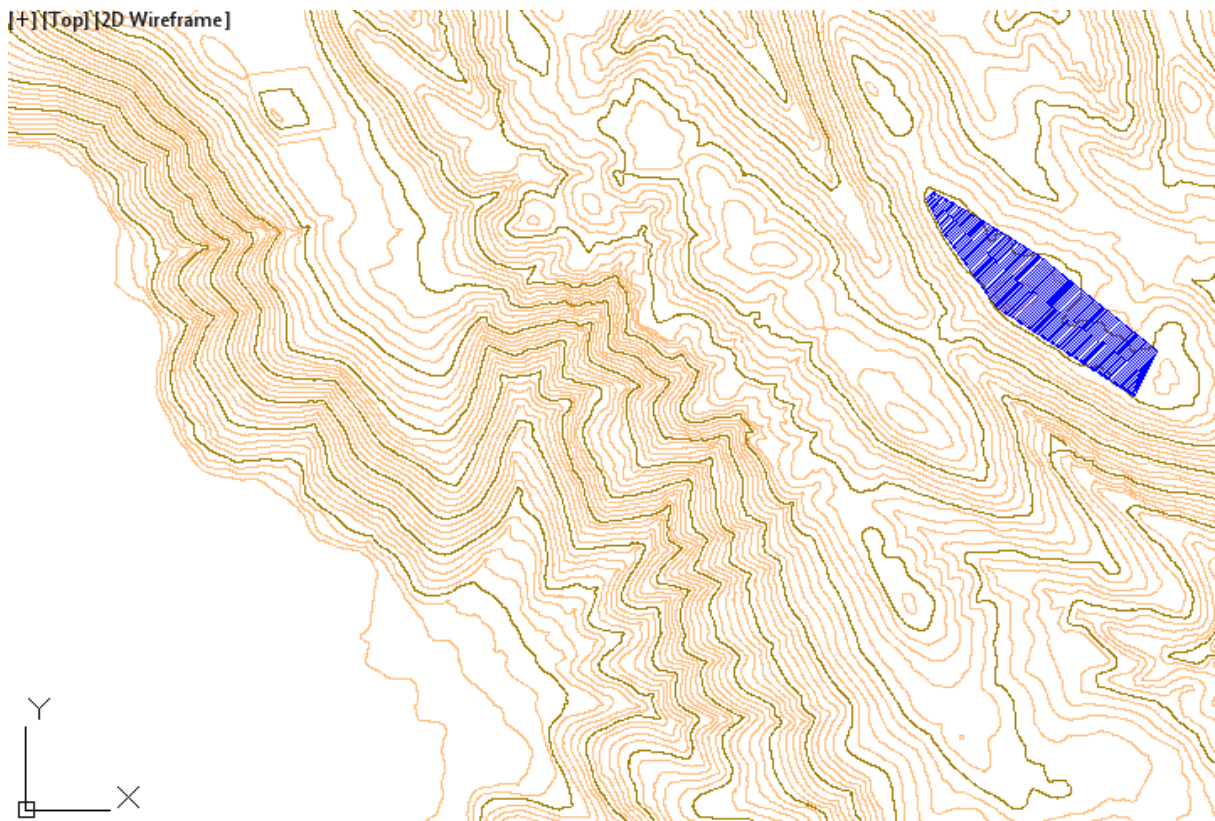
Μορφολογία εδάφους

Απόσταση από την λίμνη

Ελάχιστος όγκος χωματουργικών εργασιών

Γεωλογική δομή

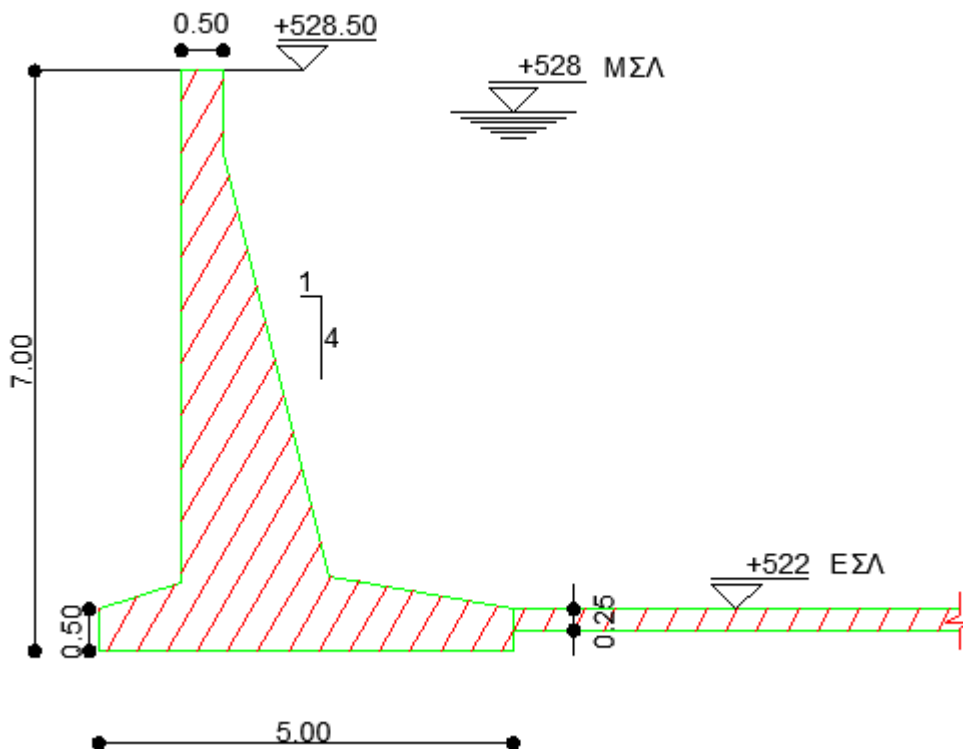
Με βάση τα παραπάνω κριτήρια εντοπίστηκε η κατάλληλη μορφολογία του εδάφους σε απόσταση 2400m από την όχθη της λίμνης Τριχωνίδας και σε υψόμετρο +552m. Η θέση της δεξαμενής απεικονίζεται στα σχήματα που ακολουθούν.





Σχήμα 5.6 Κάτοψη δεξαμενής

Η θεμελίωση του περιμετρικού τοίχου της θα γίνει σε υψόμετρο +551,5m και θα απαιτηθούν χωματουργικές εργασίες κυρίως εκσκαφής ώστε να δημιουργηθεί οριζόντιο επίπεδο στην απαιτούμενη στάθμη. Ο τοίχος που θα κατασκευαστεί στην περίμετρο της λιμνοδεξαμενής θα έχει ύψος 7m με συνέπεια η μέγιστη και η ελάχιστη στάθμη λειτουργίας θα είναι +558m και +552m αντίστοιχα. Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζεται η τομή του τοίχου.

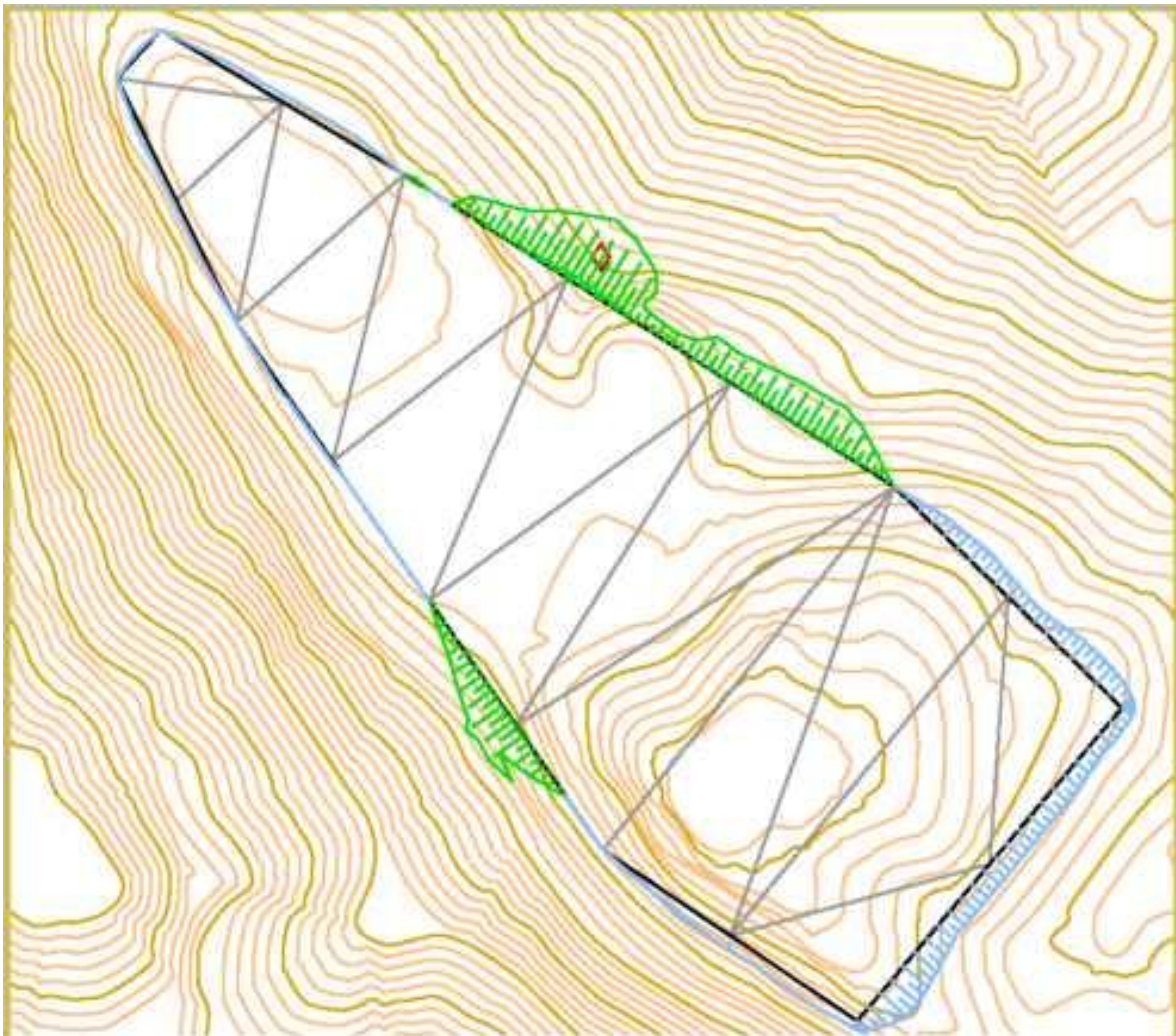


Σχήμα 5.7 Τομή τοίχου λιμνοδεξαμενής

Με χρήση του autocad civil 2012 υπολογίστηκε το εμβαδό της λιμνοδεξαμενής ανέρχεται στα  $139884\text{m}^2$  οπότε ο όγκος της θα είναι  $839088\text{m}^3$ . Οι απαιτούμενες χωματουργικές εργασίες που θα απαιτηθούν ώστε να δημιουργηθεί το πλάτωμα της δεξαμενής υπολογίστηκε πως θα είναι  $625000\text{m}^3$  εκσκαφής και  $140000\text{m}^3$  επιχώσεων.

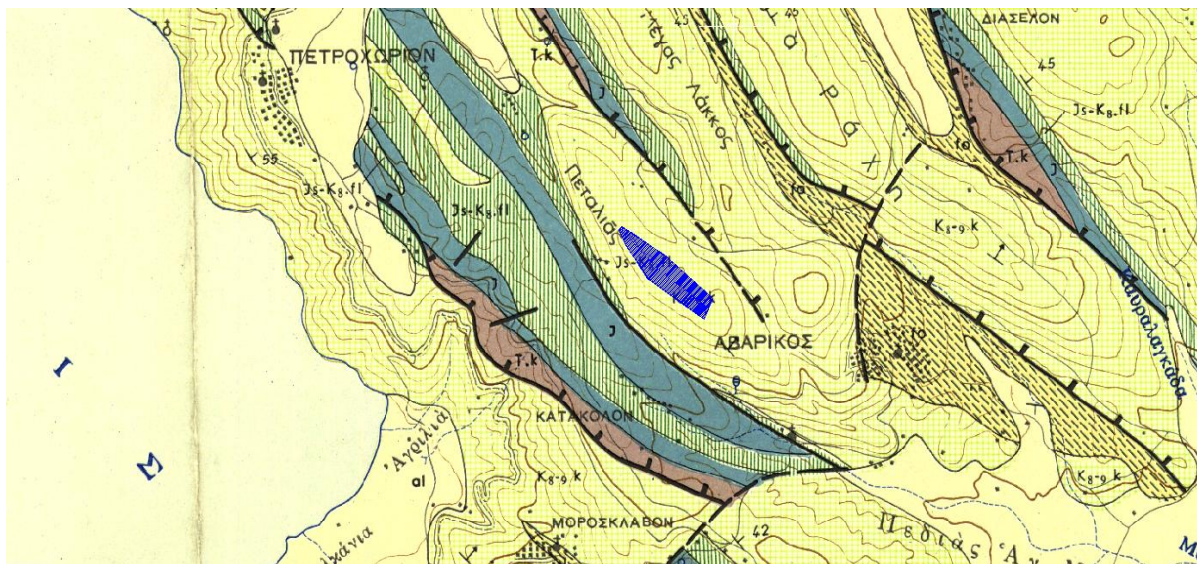
Επιπρόσθετα στην εξωτερική περίμετρο της δεξαμενής θα δημιουργηθούν πρανή επιχωμάτων και ορυγμάτων με στόχο την στήριξη της. Οι κλίσεις των πρανών θα είναι 2:1 τόσο στα ορύγματα όσο και στα επιχώματα. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται σε κάτοψη τα

πρανή που σχηματίζονται στην εξωτερική περίμετρο της δεξαμενής. Με γαλάζιο χρώμα εμφανίζονται τα ορύγματα ενώ με πράσινο τα επιχώματα.



Σχήμα 5.8 Εξωτερικά χωματουργικά

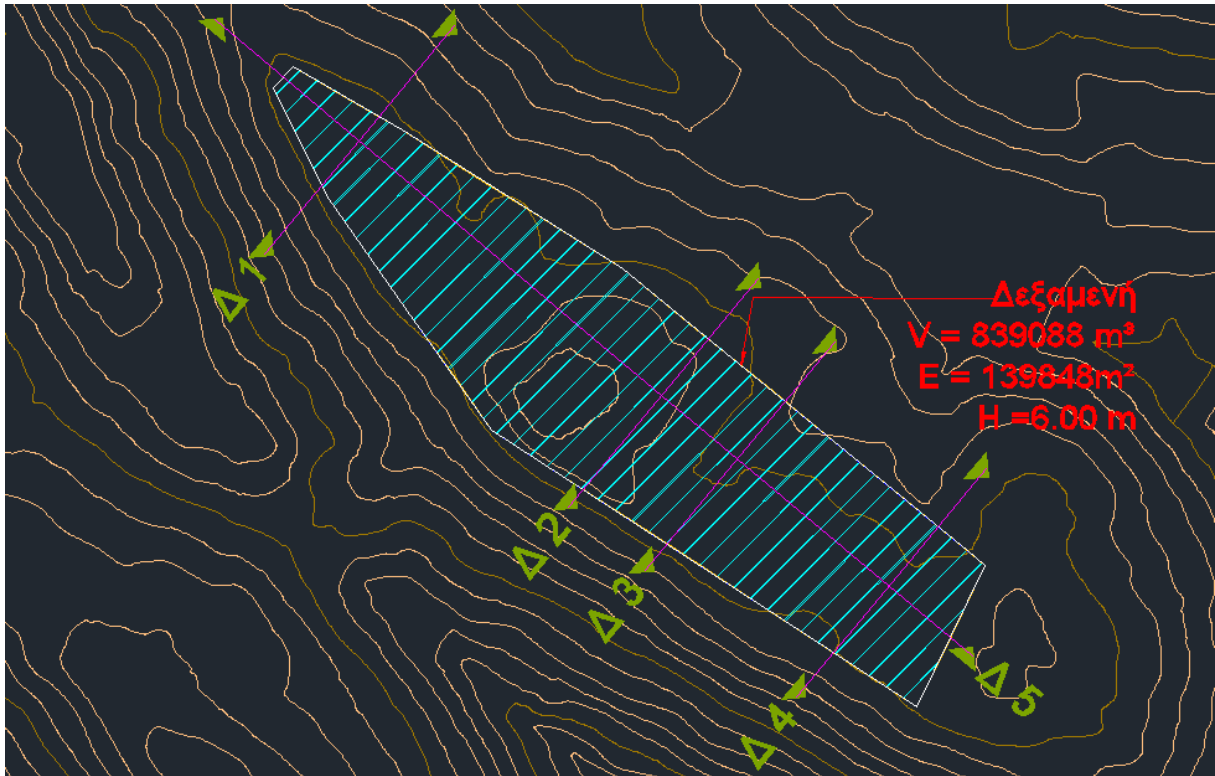
Στην περιοχή υλοποίησης του έργου επικρατούν οι γεωλογικοί σχηματισμοί που φαίνονται στον παρακάτω γεωλογικό χάρτη.



Σχήμα 5.9 Γεωλογικός χάρτης περιοχής

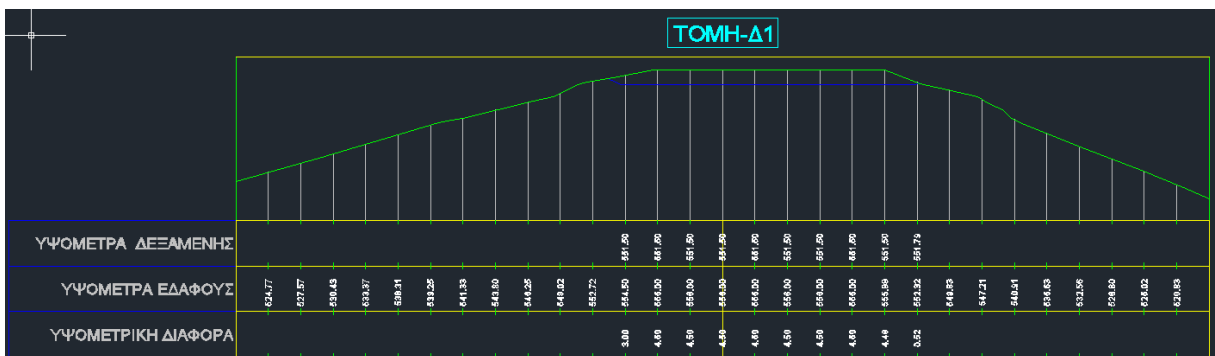
Ειδικότερα στην τοποθεσία εγκατάστασης της δεξαμενής αποθήκευσης νερού ο γεωλογικός σχηματισμός που επικρατεί είναι ο ασβεστόλιθος. Σύμφωνα με υδρογεωλογική μελέτη που έχει διενεργηθεί σε παρακείμενη τοποθεσία ο ασβεστόλιθος κρίνεται ικανός για θεμελίωση της παρούσας δεξαμενής. Ανασταλτικός παράγοντας όμως είναι η υδατοπερατότητα του, σκόπελος προσπελάσιμος επενδύοντας τον πυθμένα με στόχο τη στεγανοποίηση του. (ΙΓΜΕ, 1994)

Χαρακτηριστικές τομές ανάμεσα στη έδαφος και στην κατασκευασθείσα δεξαμενή δημιουργήθηκαν με άξονα που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



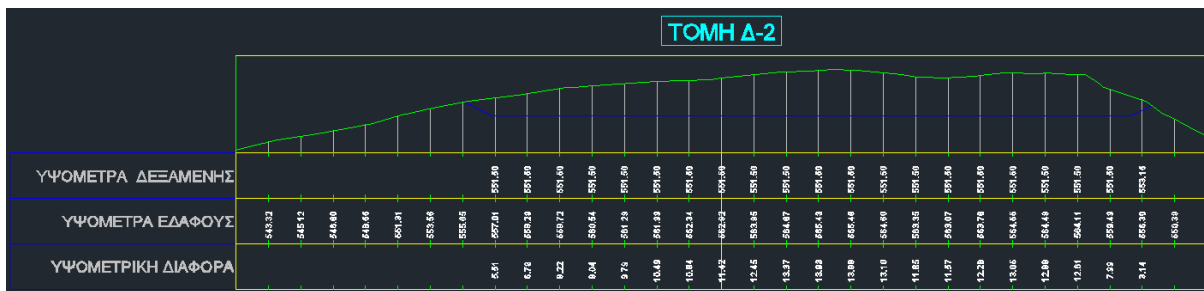
Σχήμα 5.10 Διατομές δεξαμενής - εδάφους

Μερικές χαρακτηριστικές διατομές όπου φαίνεται η διαμόρφωση του επιπέδου της δεξαμενής και των πρανών σε ορύγματα και επιχώματα ακολουθούν. Με μπλε χρώμα απεικονίζεται η διαμόρφωση της δεξαμενής στη στάθμη των 551,5m ενώ με πράσινο χρώμα απεικονίζεται η μορφολογία του εδάφους.

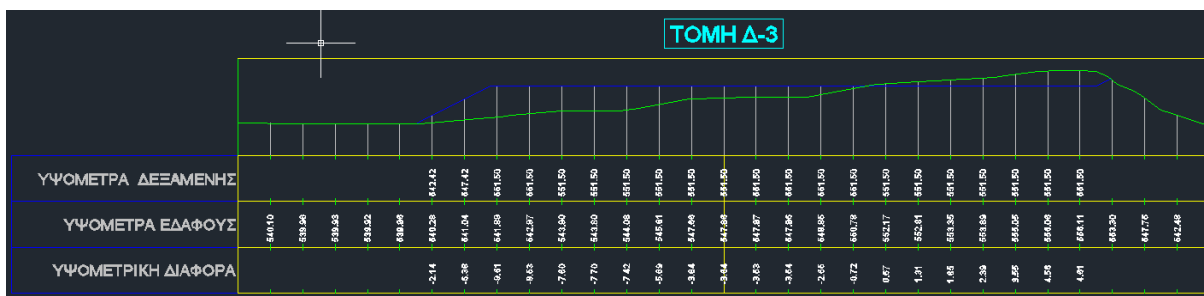


Σχήμα 5.11 Χαρακτηριστική διατομή Δ1

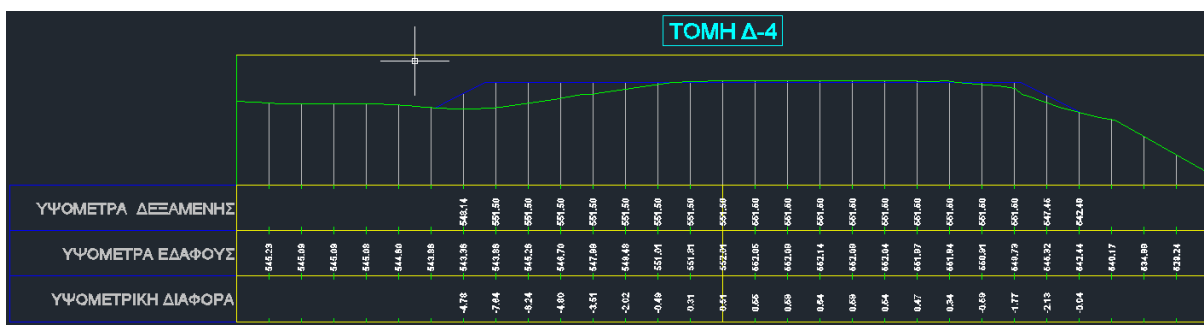




Σχήμα 5.12 Χαρακτηριστική διατομή Δ2



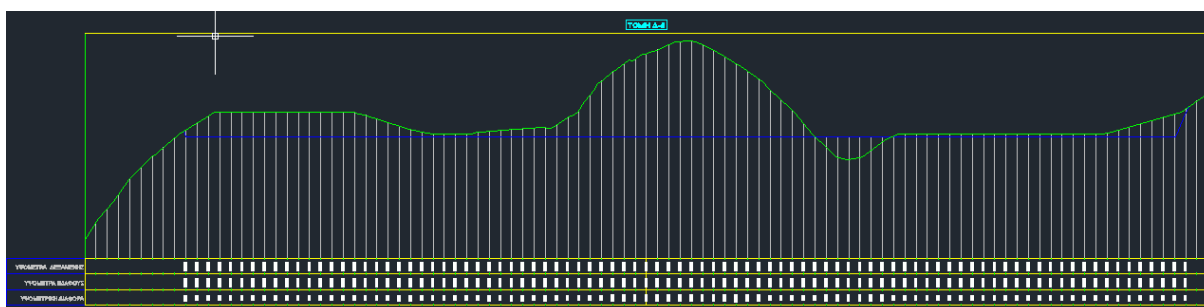
Σχήμα 5.13 Χαρακτηριστική διατομή Δ3



Σχήμα 5.14 Χαρακτηριστική διατομή Δ4

Οι διατομές Δ1, Δ2, Δ3, Δ4 βρίσκονται στο παράρτημα Γ' σε κλίμακα 1:1000. Σχέδιο TRI-3.

Η διατομή Δ5 έχει στρεβλή κλίμακα μήκους-ύψους. Στο παράρτημα Γ' τα μήκη έχουν αποτυπωθεί σε κλίμακα 1:2000 ενώ τα ύψη σε κλίμακα 1:200. Σχέδιο TRI-4

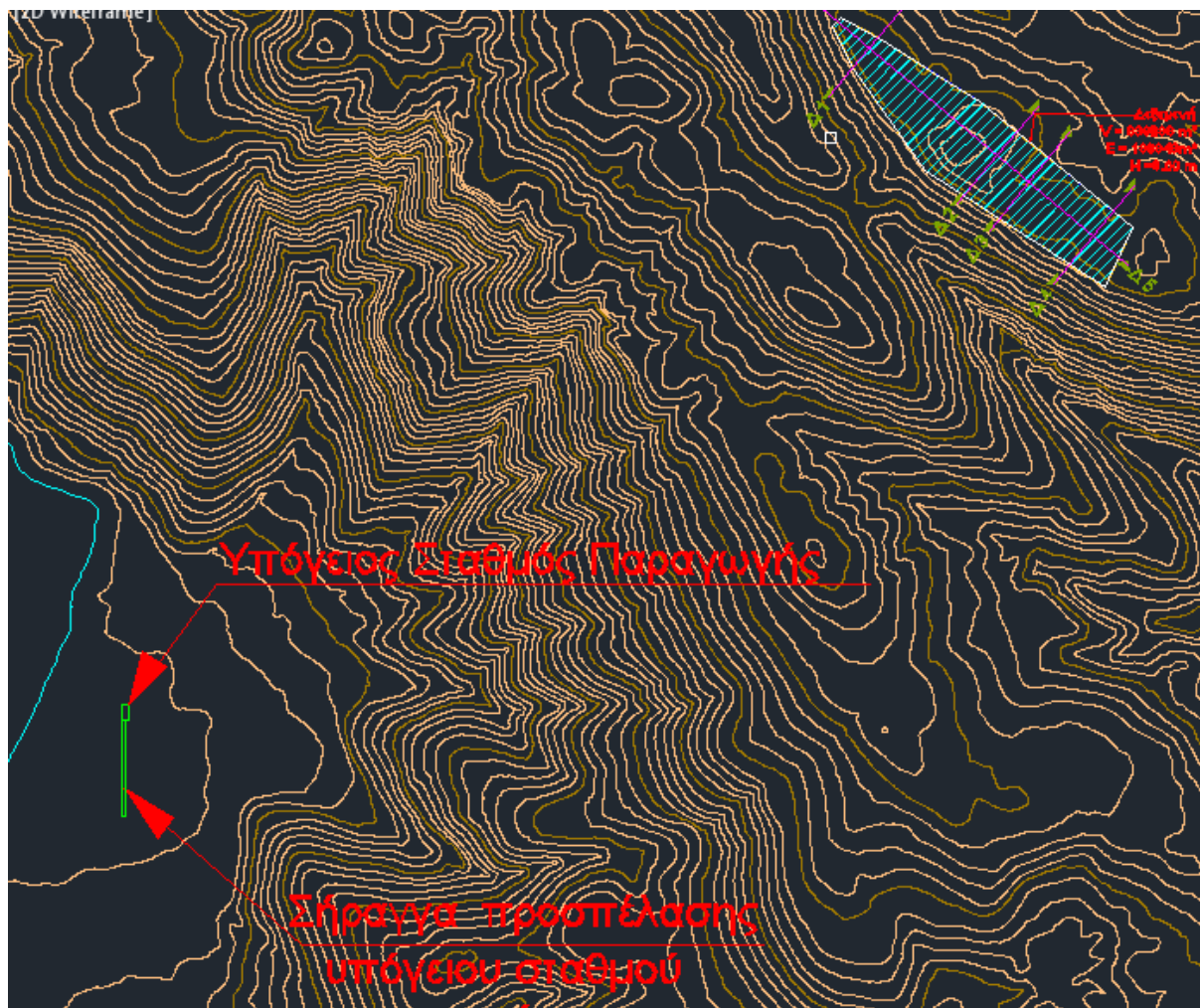


Σχήμα 5.15 Χαρακτηριστική διατομή Δ5

### 5.3.Επιλογή θέσης εγκατάστασης αντλιοστασίου

Τοποθετείται σε θέση όπου υπάρχει επαρκής χώρος για την εγκατάσταση του απαιτούμενου μηχανολογικού εξοπλισμού και την κατασκευή διώρυγας προσαγωγής η οποία θα μεταφέρει τα νερά από τον ταμειευτήρα της Τριχωνίδας στο αντλιοστάσιο.

Η μορφολογία του εδάφους κοντά στην όχθη της λίμνης μας επιτρέπει την κατασκευή του αντλιοστασίου στο σημείο που φαίνεται στον παρακάτω χάρτη με ροζ χρώμα.



Σχήμα 5.16 Χωροθέτηση αντλιοστασίου

### 5.4.Υδραυλικοί και Ενεργειακοί υπολογισμοί

Οι υπολογισμοί για το αναστρέψιμο μας έργο έγιναν σύμφωνα με τις αρχές που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 4. Έγιναν υπολογισμοί για ταχύτητες ροής του νερού μέσα στον αγωγό από 4m/s έως 6m/s με βήμα 0,5. Η διάμετρος του αγωγού για τους υπολογισμούς των ενεργειακών απωλειών λήφθηκε απλοποιητικά 3m στο σύνολο του έργου. Επίσης επιλέχθηκε μονή σωλήνωση.

Δεδομένα υπολογισμών σύμφωνα με τον σχεδιασμό του αναστρέψιμου

Πίνακας 5.1 Δεδομένα υπολογισμών αναστρέψιμου

Ανώτερη στάθμη λίμνης (m)	15,7
κατώτερη στάθμη λίμνης (m)	14,9
μέση στάθμη λίμνης (m)	15,3
ανώτερη στάθμη δεξαμενής (m)	558
κατώτερη στάθμη δεξαμενής (m)	552
μέση στάθμη δεξαμενής (m)	555
μέγιστο γεωμετρικό ύψος άντλησης (m)	543,1
ελάχιστο γεωμετρικό ύψος άντλησης (m)	536,3
μέσο γεωμετρικό ύψος άντλησης (m)	539,7
Όγκος δεξαμενής (m <sup>3</sup> )	839088
Μήκος αγωγού (m)	2840
Διάμετρος αγωγού προσαγωγής (m)	3

#### 5.4.1. Απώλειες ενέργειας λόγω της ροής στον αγωγό

Πίνακας 5.2 Απώλειες ενέργειας λόγω ροής στον αγωγό

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΣΩΛΗΝΑ (m)	ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΚΤΙΝΑ	ΜΗΚΟΣ ΑΓΩΓΟΥ (m)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)	ΓΡΑΜΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ hf (m)	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ H=1,15*hf
3	0,75	2840	6	15,56742998	17,90254448
3	0,75	2840	5,5	13,08096547	15,04311029
3	0,75	2840	5	10,81036306	12,43191752
3	0,75	2840	4,5	8,756394079	10,06985319
3	0,75	2840	4	6,918632359	7,956427213

#### 5.4.2. Αντλούμενοι όγκοι

Παρακάτω φαίνονται οι αντλούμενοι όγκοι σε σχέση με τη διάμετρο του αγωγού και το χρόνο λειτουργίας του αντλητικού.

Πίνακας 5.3 Αντλούμενοι όγκοι σε σχέση με τη διάμετρο του αγωγού και το χρόνο λειτουργίας

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (m)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)	ΠΑΡΟΧΗ (m <sup>3</sup> /s)	ΟΓΚΟΣ ΣΕ 4h (m <sup>3</sup> )	ΟΓΚΟΣ ΣΕ 6h (m <sup>3</sup> )	ΟΓΚΟΣ ΣΕ 8h (m <sup>3</sup> )	ΟΓΚΟΣ ΣΕ 10h (m <sup>3</sup> )	ΟΓΚΟΣ ΣΕ 12h (m <sup>3</sup> )
3	6	42,39	610416	915624	1220832	1526040	1831248
3	5,5	38,8575	559548	839322	1119096	1398870	1678644
3	5	35,325	508680	763020	1017360	1271700	1526040
3	4,5	31,7925	457812	686718	915624	1144530	1373436
3	4	28,26	406944	610416	813888	1017360	1220832

#### 5.4.3. Απαιτούμενη ισχύς αντλιοστασίου

Οι υπολογισμοί έγιναν για τις ακραίες διαφορές σταθμών μεταξύ των ταμιευτήρα της λίμνης και της λιμνοδεξαμενής. Στη διαφορά αυτή για την εύρεση του μανομετρικού ύψους προστέθηκαν οι απώλειες που υπολογίσθηκαν προηγουμένως.



Πίνακας 5.4 Απαιτούμενη ισχύς αντλιοστασίου

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (m)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)	ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟ ΥΨΟΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΔΗ (m)	ΜΑΝΟΜΕΤΡΙΚΟ ΥΨΟΣ ΑΝΤΛΙΑΣ Hm (m)	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΑΝΤΛΙΑΣ (kW)
3	6	543,1	561,0025445	268150,1242
3	6	539,7	557,6025445	266524,9793
3	6	536,3	554,2025445	264899,8344
3	5,5	543,1	558,1431103	244551,4142
3	5,5	539,7	554,7431103	243061,6981
3	5,5	536,3	551,3431103	241571,9819
3	5	543,1	555,5319175	221279,3776
3	5	539,7	552,1319175	219925,0902
3	5	536,3	548,7319175	218570,8028
3	4,5	543,1	553,1698532	198304,6685
3	4,5	539,7	549,7698532	197085,8098
3	4,5	536,3	546,3698532	195866,9511
3	4	543,1	551,0564272	175597,3609
3	4	539,7	547,6564272	174513,9309
3	4	536,3	544,2564272	173430,501

#### 5.4.4. Απαιτούμενη ενέργεια

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (m)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)	ΜΑΝΟΜΕΤΡΙΚΟ ΥΨΟΣ ΑΝΤΛΙΑΣ	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (4hr) MWh	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (6hr) MWh	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (8hr) MWh	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (10hr) MWh	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (12hr) MWh
3	6	557,6025 445	266524,9 793	1066,099 917	1599,149 876	2132,199 834	2665,249 793	3198,299 751
3	5,5	554,7431 103	243061,6 981	972,2467 922	1458,370 188	1944,493 584	2430,616 981	2916,740 377
3	5	552,1319 175	219925,0 902	879,7003 608	1319,550 541	1759,400 722	2199,250 902	2639,101 082
3	4,5	549,7698 532	197085,8 098	788,3432 393	1182,514 859	1576,686 479	1970,858 098	2365,029 718
3	4	547,6564 272	174513,9 309	698,0557 237	1047,083 586	1396,111 447	1745,139 309	2094,167 171

#### 5.4.5. Παραγόμενη ενέργεια

Πίνακας 5.5 Παραγόμενη ενέργεια υδροηλεκτρικού σταθμού

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (m)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)	ΥΨΟΣ ΠΤΩΣΗΣ (m)	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (KW)	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (4hr) (MWh)	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (6hr) (MWh)	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (8hr) (MWh)	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (10hr) (MWh)	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (12hr) (MWh)
3	6	521,797 4555	189468,9 99	723,0017 919	1084,502 688	1446,003 584	1807,504 48	2169,005 376
3	5,5	524,656 8897	174631,6 764	666,3835 014	999,5752 522	1332,767 003	1665,958 754	1999,150 504
3	5	530,668 0825	160574,9 979	612,7440 997	919,1161 496	1225,488 199	1531,860 249	1838,232 299
3	4,5	533,030 1468	145160,7 62	553,9243 444	830,8865 166	1107,848 689	1384,810 861	1661,773 033
3	4	528,343 5728	127897,2 991	488,0480 55	732,0720 824	976,0961 099	1220,120 137	1464,144 165

#### 5.4.6. Απόδοση ενέργειας σε έναν πλήρη κύκλο

Πίνακας 5.6 Απόδοση ΥΗΣ σε έναν πλήρη κύκλο

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΡΟΗΣ (m/s)	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΑΝΤΛΙΑΣ (kw)	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (kw)	ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΕΝΑΝ ΠΛΗΡΗ ΚΥΚΛΟ
6	266524,9793	189468,999	71,088646
5,5	243061,6981	174631,6764	71,84664544
5	219925,0902	160574,9979	73,01349644
4,5	197085,8098	145160,762	73,65358376
4	174513,9309	127897,2991	73,28773034

#### 5.5. Επιλογή πλήθους μονάδων και ισχύς τους

Από την εμπειρία που υπάρχει σε έργα αντλιοσταμίου επιλέγεται σαν οικονομική ταχύτητα ροής στον αγωγό προσαγωγής τα 5,5 m/s.

Συνεπώς η συνολική παροχή άντλησης είναι :  $QP=38,86 \text{ m}^3/\text{s}$

Η πλήρωση της δεξαμενής θα πραγματοποιείται σε 6 ώρες.

Τα μανομετρικά ύψη άντλησης με τα οποία έγινε η επιλογή των χαρακτηριστικών του μηχανολογικού υπολογισμού είναι τα παρακάτω:

$$H_{\text{μανομ}}^{\text{max}} = (558-14,9+15,04) = 558,14 \text{ m}$$

$$H_{\text{μανομ}}^{\text{av}} = (555-15,3+15,04) = 554,74 \text{ m}$$

$$H_{\text{μανομ}}^{\text{min}} = (552-15,7+15,04) = 551,34 \text{ m}$$

Έχοντας σαν δεδομένο την μονή σωλήνωση η οποία θα εγκατασταθεί, την εξάωρη λειτουργία της άντλησης, καθώς επίσης και την ευελιξία του έργου επιλέγω την εγκατάσταση 3 (τριών) μονάδων άντλησης.

Οι διαστάσεις του αντλιοστασίου – σταθμού παραγωγής καθορίζονται με βάση τον απαιτούμενο μηχανολογικό εξοπλισμό και τις συγκεκριμένες απαιτήσεις της λειτουργίας

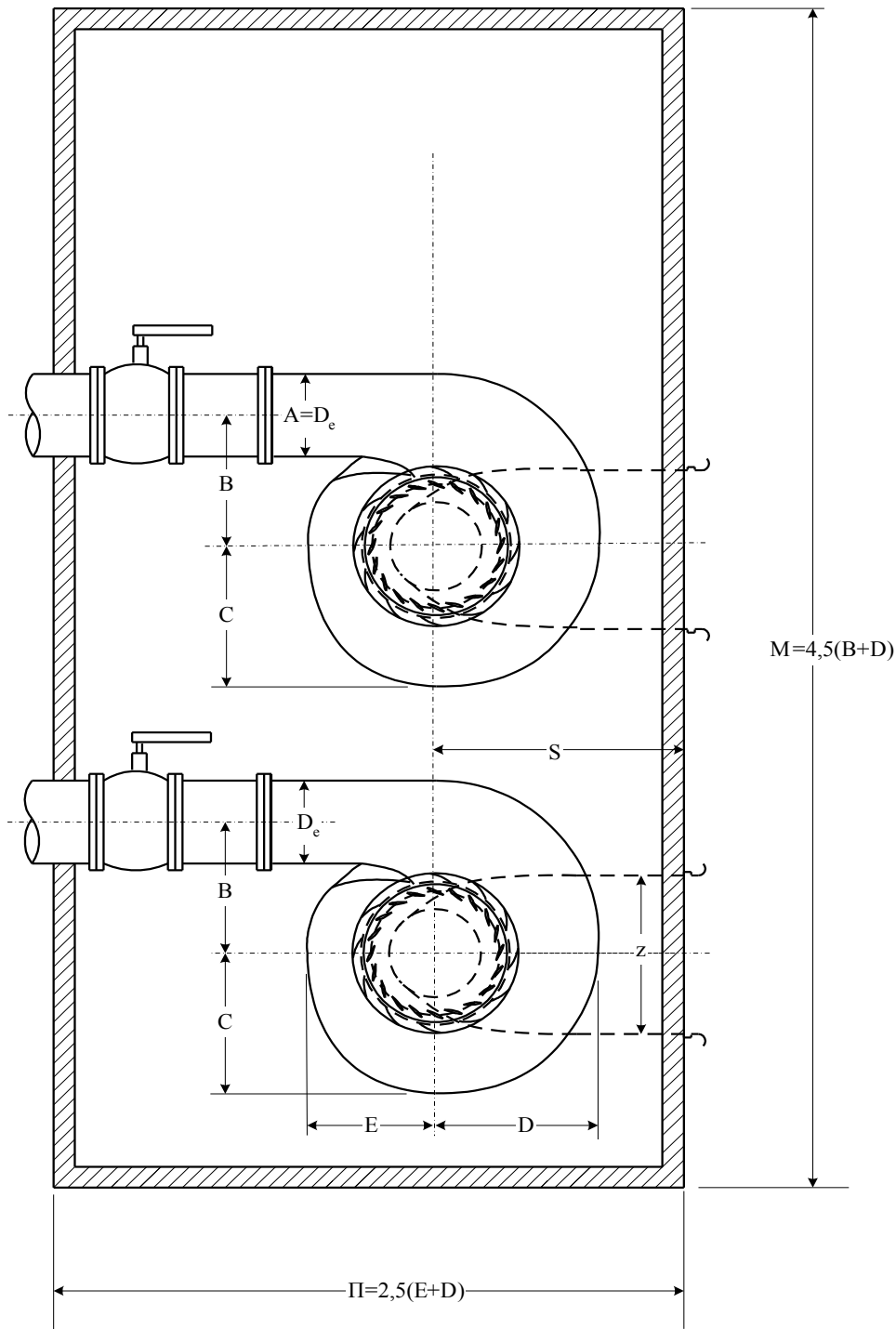
Σταθμός παραγωγής υπόγειος και βύθιση άξονα μονάδων  $h_e$  m κάτω από την ΕΣΛ για άντληση,

Ξεχωριστοί υπόγειοι θάλαμοι για τις σφαιρικές βαλβίδες, τα θυροφράγματα φυγής και τους μετασχηματιστές.

Τα χαρακτηριστικά του υπόγειου σταθμού παραγωγής – αντλητικού συγκροτήματος παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα και αναλυτικά στον Πίνακα 1 του Παραρτήματος Α΄

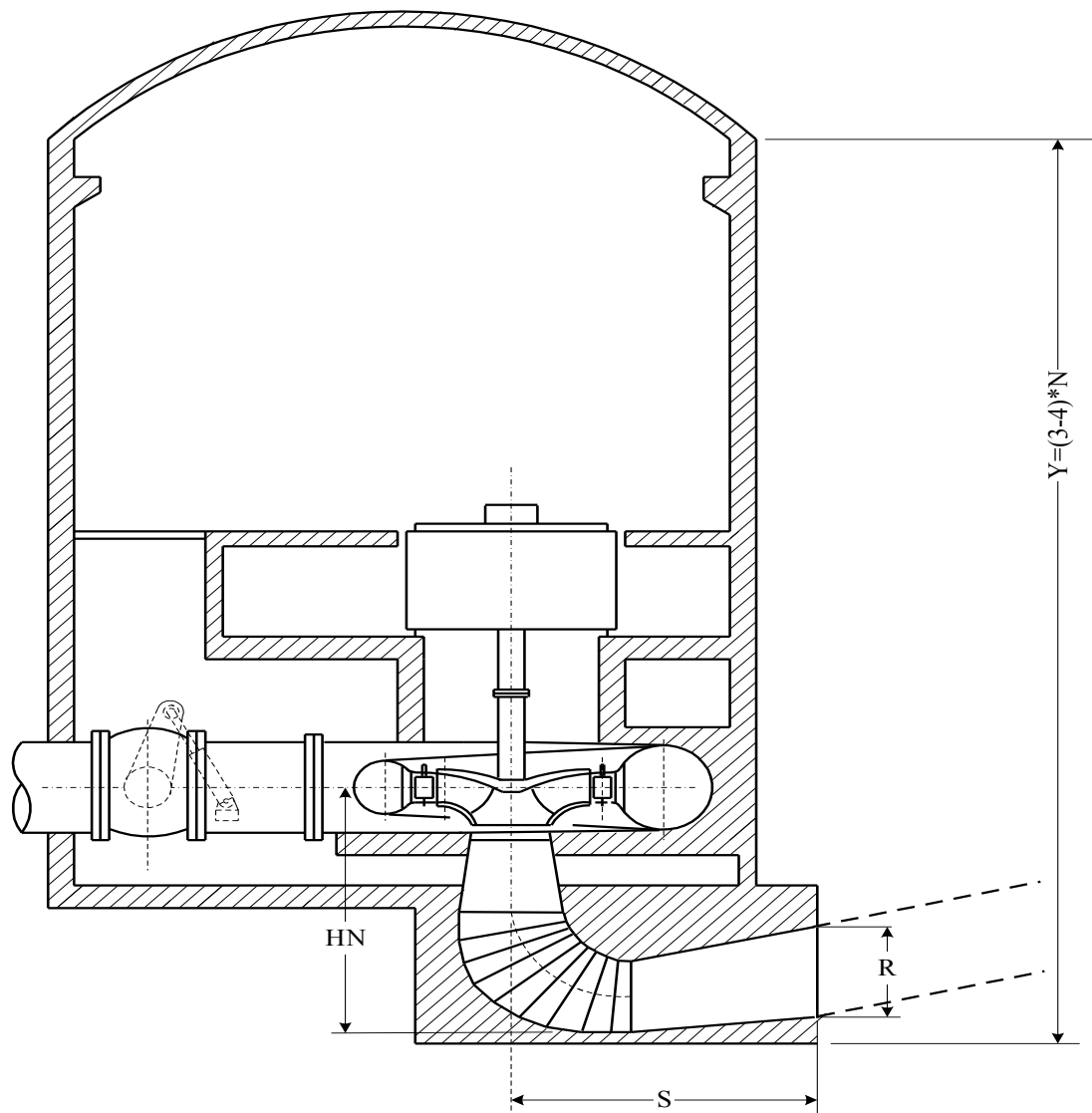
Πίνακας 5.7Βασικά χαρακτηριστικά μονάδων και σταθμών παραγωγής

Αρ. μονάδων	3
Παροχή αντλίας QP1 (m <sup>3</sup> /sec)	12,953
Ολ. Ύψος αντλίας HP1 (mΣΥ)	558,14
Διάμετρος πτερωτής D1 (m)	3,196
Ταχύτητα περιστροφής n (RPM)	600
Βάθος τοποθέτησης άξονα $h_e$ (m)	-28,80
Βαθμός απόδοσης αντλίας $\eta(-)$	0,8790
Μήκος σταθμού παραγωγής (m)	38,49
Πλάτος σταθμού παραγωγής (m)	16,00
Ύψος σταθμού παραγωγής (m)	18,28



Σχήμα 5.17 Κάτοψη σταθμού παραγωγής

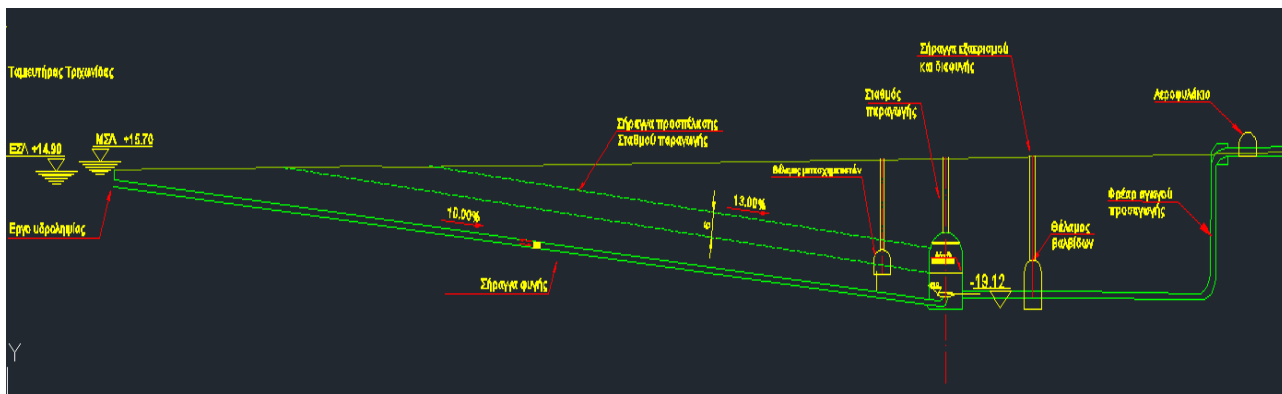
**Σημείωση:** Το μήκος του Σταθμού Παραγωγής με τρεις (3) μονάδες, ελήφθη για το σχεδιασμό και τις προμετρήσεις  $M = 6*(B+D)$



Σχήμα 5.18 Κατακόρυφη τομή σταθμού παραγωγής

Σημείωση: Το Ύψος του Σταθμού Παραγωγής με τρεις (3) μονάδες, ελήφθη για το σχεδιασμό και τις προμετρήσεις  $Y=3,5*(HN)$

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η μορφή του αντλιοστασίου

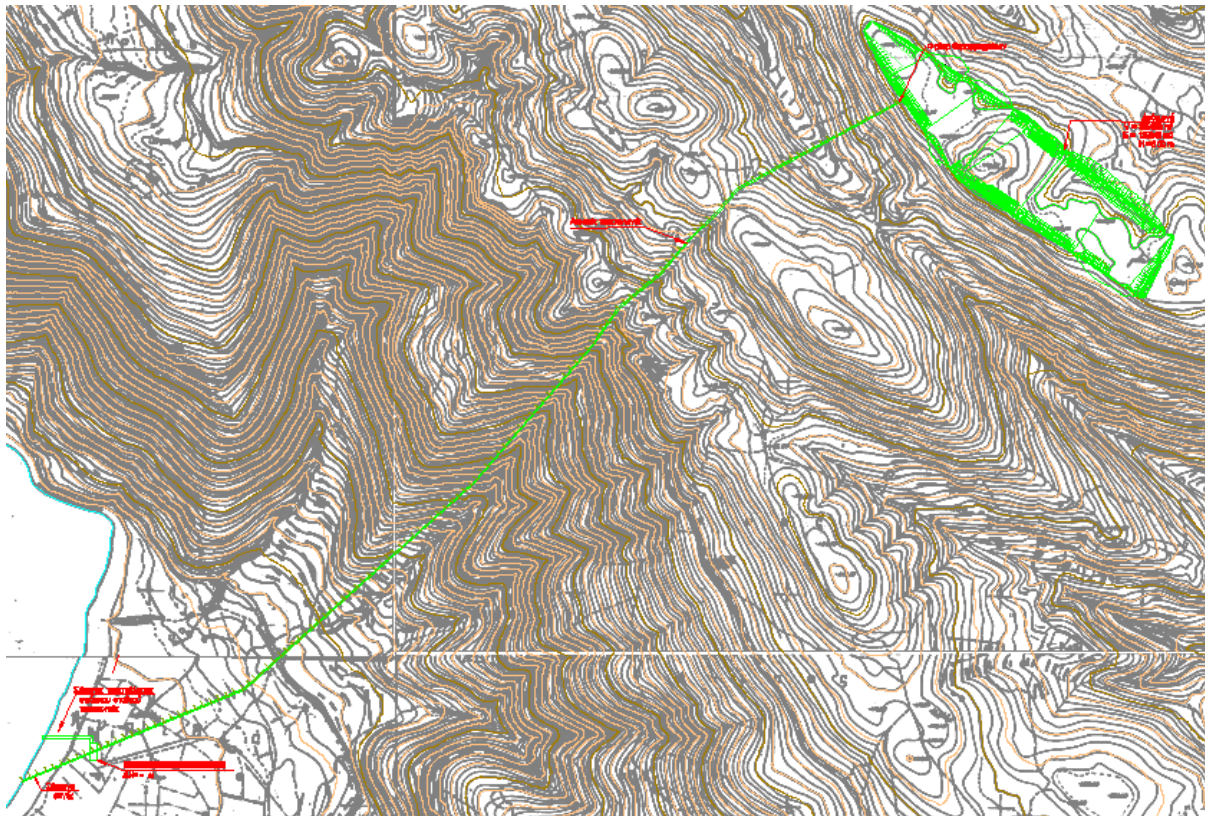


Σχήμα 5.19 Αντλιοστάσιο

### 5.6.Χαρακτηριστικά αγωγών και διαδρομή

Έχοντας επιλέξει την εξάωρη λειτουργία του αναστρέψιμου έργου επιλέχθηκε μονή σωλήνωση σκοπεύοντας στη μείωση των εργασιών εγκατάστασης και του κόστους κατασκευής του έργου.

Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται η οριζοντιογραφία του αγωγού που συνδέει τον ΥΗΣ με τη την λιμνοδεξαμενή.



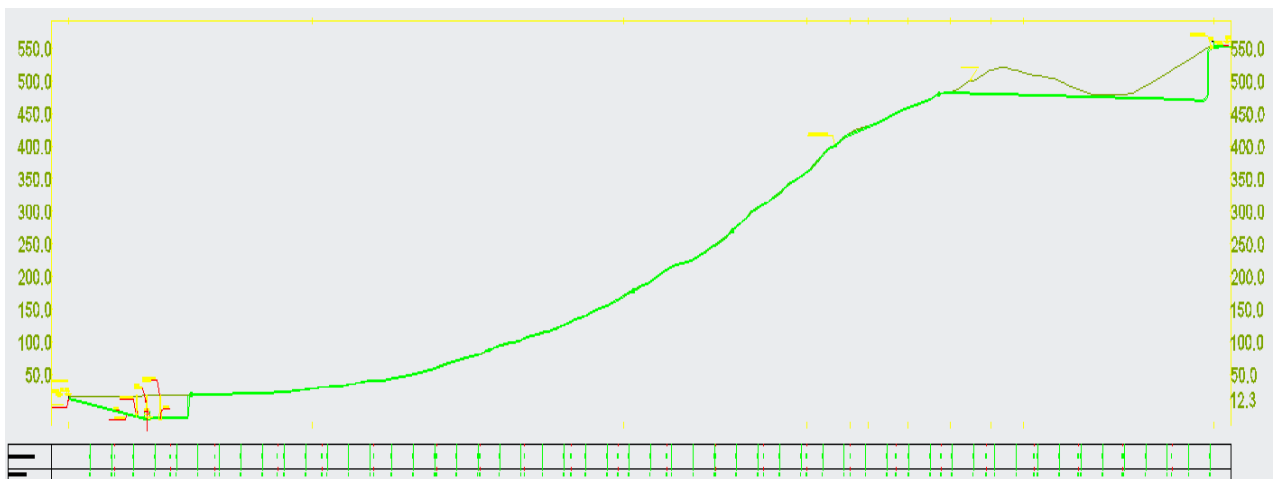
Σχήμα 5.20 Οριζοντιογραφία αγωγών

Στην μηκοτομή που ακολουθεί αποτυπώνεται η μορφολογία του εδάφους και φαίνεται η χάραξη του αγωγού

- Αγωγός προσαγωγής σήραγγα με επένδυση από σκυρόδεμα, υπολογισμός διαμέτρου με δεδομένη παροχή για ταχύτητα ροής  $u_1= 5,5 \text{ m}^3/\text{sec}$
- Σήραγγα φυγής με μεταβλητή διατομή και μέση ταχύτητα νερού  $u_3=2 \text{ m}^3/\text{sec}$
- Οδική σήραγγα προσπέλασης σταθμού παραγωγής με κλίση 13%, ύψους 6 m, καταλήγει στο επίπεδο των γεννητριών (+HN m από άξονα μονάδων).

Τοποθετούνται επίσης αεροθάλαμοι ώστε να αντιμετωπιστεί το δυναμικό φαινόμενο που αναπτύσσεται.

Το μεγαλύτερος μέρος των σωληνώσεων είναι επιφανειακό ενώ στα τελευταία 500 m είναι υπόγειος. Στο παράρτημα Δ, βρίσκεται η μηκοτομή σε κλίμακα 1:2500. Σχέδιο TRI-1.



Σχήμα 5.21 Μηκοτομή εδάφους και χάραξη αγωγού



## 5.7.Κυριότερα χαρακτηριστικά του έργου

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά που προέκυψαν από τη μελέτη του έργου παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 5.8 Κυριότερα χαρακτηριστικά ταμιευτήρα Πεταλιάς

Προτεινόμενη Θέση	
Κάτω Ταμιευτήρας	Τριγωνίδα
Ονομασία θέσης	Πεταλιάς
Χαρακτηριστικά Έργου Ταμίευσης	
Τύπος έργου ταμίευσης	Λιμνοδεξαμενή με περιμετρικό τοίχο
Ύψος Τοίχου (m)	7,00
Επιφάνεια Λιμνοδεξαμενής (m <sup>2</sup> )	139.848
Μήκος Τοίχου Λιμνοδεξαμενής (m)	1978
Ωφέλιμη χωρητικότητα Λιμνοδεξαμενής	839.088
Χαρακτηριστικά Λειτουργίας Αναστρέψιμου Έργου	
Φρέαρ ανάπαλσης	Όχι
Σταθμός παραγωγής	Υπόγειος
Διάρκεια αντλητικής λειτουργίας (h)	6
Τύποι αγωγών	Σήραγγα από σκυρόδεμα, Επιφανειακός μεταλλικός αγωγός και φρέαρ μεταλλικό, Σήραγγα φυγής από σκυρόδεμα
Μήκη αγωγών (m)	2540/300
Διάμετροι αγωγών (m)	3/μεταβλητή
Συνολική Παροχή αντλιών (m <sup>3</sup> /s)	38,86
Υδραυλικές Απώλειες ανά κατεύθυνση (m)	15,04
Μέγιστη Ισχύς Άντλησης (MW)	243,062
Μέγιστη Παραγόμενη Ισχύς (MW)	174,632
Βαθμός Απόδοσης Πλήρους Κύκλου (%)	71,8

## 5.8. Εκτίμηση κόστους υλοποίησης ανά κατηγορία

### 5.8.1. Τιμές Μονάδας Κοστολόγησης

Για την κοστολόγηση του έργου χρησιμοποιήθηκαν τα τιμολόγια του Υπουργείου Δημόσιων Έργων.

Φράγμα από σκληρό επίχωμα	50,0 €/m <sup>3</sup>
Διάνοιξη σηράγγων ωφέλιμης διατομής 7,0 - 42,0 m <sup>2</sup> σε γεωλογικούς σχηματισμούς πάσης φύσεως με συμβατικά μέσα	40,0 €/m <sup>3</sup>
Διάνοιξη φρεάτων με διάμετρο άνω των 1,5 m <sup>2</sup> σε πάσης φύσεως γεωλογικούς σχηματισμούς με διάτρηση	60,0 €/m <sup>3</sup>
Εκσκαφή ορύγματος με πλάτος πυθμένα μεγαλύτερο από 5,0 m και βάθος έως 10,0 m	10,0 €/m <sup>3</sup>
Σκυρόδεμα ποιότητας C20/25	70,0 €/m <sup>3</sup>
Σκυρόδεμα εξομάλυνσης	50,0 €/m <sup>3</sup>
Εκσκαφές υπαίθριες φράγματος-δεξαμενής με τη μεταφορά	2,20 €/m <sup>3</sup>
Εκσκαφές υπαίθριες τεχνικών έργων με τη μεταφορά	2,50 €/m <sup>3</sup>
Οπλισμός μαζί με το κόστος τοποθέτησης	1,0 €/kg
Επιχώσεις	2,00 €/m <sup>3</sup>
Διάφραγμα τσιμεντενέσεων	30,0 €/m <sup>2</sup>
Προσπελάσεις	250,00€/m
Χάλυβας μεταλλικού αγωγού διαμέτρου άνω των 1,0 m	1,2 €/kg
Κύριος Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός	300 €/KW
Βοηθητικός Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός	120 €/KW
Λοιπός Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός (ανά αντλούμενο m <sup>3</sup> νερού)	5.000€/ m <sup>3</sup>
Σταθμός Παραγωγής (εκσκαφή-δομικά-αρχιτεκτονικά)	50 €/KW

### **5.8.2. Παραδοχές Προμέτρησης – Κοστολόγησης**

Για την κοστολόγηση του έργου πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω παραδοχές.

Το κόστος της υποστήριξης της σήραγγας μετά τη διάνοιξη θεωρήθηκε ως 20% του κόστους της εκσκαφής.

Το κόστος της στεγάνωσης της εξόδου του αγωγού φυγής μέσω πετασμάτων θεωρήθηκε 20% του κόστους της εκσκαφής της σήραγγας φυγής.

Το κόστος των ενισχύσεων και της τοποθέτησης των μεταλλικών αγωγών θεωρήθηκε ότι αντιστοιχεί στο 50% του κόστους του χάλυβα.

Ο υπολογισμός τους πάχους των μεταλλικών αγωγών θα γίνεται με την παραδοχή ότι το 50% του φορτίου θα αναληφθεί από τις ενισχύσεις, την εξωτερική επένδυση σκυροδέματος και το βράχο. Το υδροστατικό φορτίο υπολογισμού της μεταλλικής επένδυσης θα αυξάνεται κατά 30% για να ληφθεί υπόψη η δυναμική υπερπίεση λόγω υδραυλικού πλήγματος. Το ελάχιστο πάχος του ελάσματος θα είναι 10 mm και το μέγιστο αυτό που υπολογίζεται, με βάση την παραπάνω παραδοχή, να αντέχει το μέγιστο δυναμικό φορτίο.

Σε πρώτη προσέγγιση θα θεωρήσουμε για όλες τις περιπτώσεις μεταλλικών επενδύσεων ή ελεύθερων αγωγών πάχος 20 mm.

Για τις εργασίες που απαιτούνται για τις κατασκευές από σκυρόδεμα έγινε η εκτίμηση ότι αντιστοιχούν στο 60% του κόστους αγοράς του σκυροδέματος.

Για τον οπλισμό οι τιμές που επιλέχθηκαν κρίνεται ότι καλύπτουν και το κόστος της τοποθέτησής του, ενώ ο οπλισμός εκτιμήθηκε ότι θα είναι 70 kg ανά κυβικό μέτρο σκυροδέματος.

Το κόστος του τμήματος της διακλάδωσης του μεταλλικού αγωγού ανάντη του σταθμού παραγωγής προσαυξήθηκε κατά 20% σε σχέση με τον υπόλοιπο αγωγό. Το μήκος της διακλάδωσης θα λαμβάνεται από την βαλβίδα έως 30 μ. ανάντη και θα πολλαπλασιάζεται επί 1,20.

Το κόστος των λοιπών έργων που δεν υπολογίζονται αναλυτικά, ελήφθη σαν ποσοστό 15% επί του συνολικού τελικού κόστους (απρόβλεπτα).

Στα 300 €/KW που εκτιμήθηκαν σαν κόστος του κύριου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού θεωρήθηκε ότι συμπεριλαμβάνεται και το κόστος τοποθέτησης αυτού του εξοπλισμού.

Στα 120 €/KW που εκτιμήθηκαν σαν κόστος του βοηθητικού ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (40% του κύριου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού) περιλαμβάνεται όλος ο βοηθητικός Η/Μ εξοπλισμός στο σταθμό (μετασχηματιστές, βαλβίδες, γερανογέφυρες, δοκοί έμφραξης στην αρχή της φυγής κλπ), όχι όμως εσχάρες δοκοί έμφραξης και θυροφράγματα στις άνω και κάτω υδροληψίες και στο φρέαρ θυροφραγμάτων στο ανάντη τμήμα του αγωγού προσαγωγής. Για αυτόν τον λοιπό βοηθητικό εξοπλισμό, εξαρτώμενο κυρίως από την αντλούμενη παροχή, προτείνεται ένα κόστος 5.000 €/m<sup>3</sup> αντλούμενης παροχής.

Αντίστοιχα για την προμέτρηση-εκτίμηση των ποσοτήτων εκσκαφών και σκυροδεμάτων και στις δύο υδροληψίες μαζί (άνω και κάτω), προτείνονται 100 και 10 m<sup>3</sup> εκσκαφής και σκυροδέματος αντίστοιχα ανά m<sup>3</sup> αντλούμενης παροχής.

Στις σήραγγες και τα φρέατα τα κοστολογούμενα πάχη της επένδυσης από σκυρόδεμα να ληφθούν 0,30 μ. για εκείνες με καθαρή διάμετρο μέχρι 3,0 μ. και 0,50 μ. για αυτές μεγαλύτερης καθαρής διαμέτρου.

Οι αγωγοί σε όρυγμα θα στηρίζονται ανά 3 μ. σε εγκάρσια προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος μέσης διατομής 0,20x0,30 και μήκους 0,80xD, τα οποία θα εδράζονται σε σκυρόδεμα εξομάλυνσης πάχους 0,15 μ που θα τοποθετείται σε όλο το εύρος και μήκος του πυθμένα του ορύγματος. Οι εκσκαφές του ορύγματος του υπαίθριου αγωγού θα είναι τραπέζιο πλάτους 5,0 μ. βάθους 0,20+1,50\*D και κλίσεων πρανών 1:1.

Τα σώματα αγκύρωσης, στις αλλαγές κλίσεις των αγωγών, προσμετρούνται με όγκο σκυροδέματος D<sup>3</sup> και όγκο εκσκαφής 1/2(D<sup>3</sup>). Τα έργα με δεξαμενή, στα οποία προβλέπεται διπλός αγωγός, θα έχουν και διπλά σώματα αγκύρωσης.

Ο όγκος του σταθμού παραγωγής θα αυξάνεται κατά 25% για να συμπεριλάβει θαλάμους βαλβίδων, μετασχηματιστών κλπ.

Η σήραγγα προσπέλασης στο σταθμό θα είναι καθαρού πλάτους 6 μ. μέγιστου ύψους επίσης 6 μ. (με ημικυκλικό θόλο ακτίνας 3 μ) και πάχος επένδυσης 0,50 μ.

Η σήραγγα φυγής θα διαστασιολογηθεί (για την προμέτρηση των ποσοτήτων μόνο) για μέση ταχύτητα νερού 2 m/sec (στην αρχή της κοντά στη μονάδα 3 m/sec, στην έξοδό της στον κατάντη ταμιευτήρα 1 m/sec) και πάχος επένδυσης 0,50μ. Στα έργα με δεξαμενή (διπλή ταυτόχρονη λειτουργία άντλησης-παραγωγής) θα προβλεφθεί στο μέσο της σήραγγας φυγής κατακόρυφο χώρισμα πάχους 0,50 μ.

### 5.8.3.Κοστολόγηση έργου

Το συνολικό κόστος του έργου, με βάση τις παραδοχές που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 5.8.2 και με τις τιμές που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 5.8.1 της παρούσας εργασίας, ανέρχεται στο ποσό των **170.934.951€**, ενώ το κόστος/KW ανέρχεται στα **703,3€/KW**.

Στο συνολικό αυτό κόστος συμπεριλαμβάνονται τόσο τα έργα πολιτικού μηχανικού, όσο και ο Η/Μ εξοπλισμός, ενώ έχουν συμπεριληφθεί και κάποια απρόβλεπτα κόστη, της τάξης του 15 % του μερικού συνόλου του κόστους.

Τα επί μέρους κόστη παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.9 Κοστολόγηση έργων Αναστρέψιμου Τριγωνίδα

Λιμνοδεξαμενή και συναφή έργα	13.061.176€
Αγωγός Προσαγωγής	18.321.976€
Αγωγός Φυγής	1.204.015 €
Σήραγγα Προσπέλασης	1.451.084 €
Υδροληψίες (άνω και κάτω)	274.740€
Σταθμός Παραγωγής (εκσκαφές - δομικά – αρχιτεκτονικά)	12.153.100 €
Η/Μ εξοπλισμός Σταθμού Παραγωγής	102.086.040 €
Μερικό Σύνολο	148.552.131 €
Απρόβλεπτα (15%)	22.282.820 €
Απαλλοτριώσεις	100.000 €
Γενικό Σύνολο	170.934.951 €

Μια αναλυτικότερη παρουσίαση των επιμέρους διεργασιών για την κατασκευή του έργου παρουσιάζονται στο παράρτημα Β'.

## **5.9.Περιβαλλοντικές επιπτώσεις**

Με την ολοκλήρωση της σχεδίασης του αναστρέψιμου έργου, την επιλογή των βασικών κατασκευαστικών του χαρακτηριστικών, τον υπολογισμό των οικονομικών και ενεργειακών του στοιχείων, υλοποιείται ο προσδιορισμός των βασικών περιβαλλοντικών του παραμέτρων. Αντλούνται κατάλληλες πληροφορίες και στοιχεία από την ιστοσελίδα «Βάση δεδομένων για την Ελληνική Φύση, Φιλότης» του ΕΜΠ (<http://www.itia.ntua.gr/filotis/>), όπως και από τις δορυφορικές εικόνες της εφαρμογής google earth για τον εντοπισμό του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος της περιοχής.

Οι επιλεγμένες θέσεις εγκατάστασης του ΥΗΣ και της λιμνοδεξαμενής βρίσκονται εκτός προστατευόμενων περιοχών ιδιαίτερου φυσικού κάλλους. Η λεκάνη της λίμνης όμως αποτελεί περιοχή που έχει ενταχθεί στο Οικολογικό Δίκτυο Natura 2000 (κωδικός περιοχής GR2310009) σύμφωνα με τις κοινοτικές οδηγίες 92/43/ΕΟΚ <<για την διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της άγριας χλωρίδας και πανίδας>> και 79/409/ΕΟΚ <<για την διατήρηση των άγριων πουλιών>>. Η λίμνη ανήκει επίσης στο Δίκτυο Παρακολούθησης Σημαντικών Περιοχών για τα πουλιά της Ελλάδας (IBA GR91) όπως και στο Δίκτυο CORINE με κωδικό τόπου (A00010216). Η υδροβιότοπος όμως δεν προστατεύεται από τη συνθήκη RAMSAR. ([www.ramsar.org](http://www.ramsar.org), 2013)

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό η ύπαρξη ενός έργου τέτοιας κλίμακας πρέπει να συνοδεύεται από μία ολοκληρωμένη πρόταση για την προστασία των ειδών χλωρίδας και πανίδας που ευδοκούν στην περιοχή. Κατά την κατασκευή των μερών του έργου (ΥΗΣ, λιμνοδεξαμενή, αγωγοί) δεν αναμένεται να συναντηθούν ιδιαίτερα προβλήματα αναφορικά με την επιρροή τους στο περιβάλλον καθώς οι θέσεις εγκατάστασης τους δεν ανήκουν στις προστατευόμενες. Προσπελάσιμες πρέπει να θεωρηθούν επίσης οι επιπτώσεις που θα υπάρξουν τόσο στην χλωρίδα της περιοχής όσο και στην πανίδα. Η άντληση του νερού όπως είναι φυσικό θα επιφέρει μια διαταραχή σε μικρή κλίμακα καθώς θα επηρεαστεί μόνο ένα μικρό μέρος της λίμνης αναλογικά με τη συνολική της επιφάνεια.

### **5.9.1.Επιπτώσεις στο υδατικό ισοζύγιο της λίμνης**

Η επίδραση του έργου στο υδατικό ισοζύγιο της λίμνης δεν αναμένεται να επηρεάσει την ήδη υπάρχουσα κατάσταση. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η διακύμανση της στάθμης της λίμνης από τον Ιούλιο του 2000 έως και τον Σεπτέμβριο του 2002.



Σχήμα 5.22 Διακύμανση στάθμης της λίμνης Τριχωνίδας από Ιούλιο του 2000 έως το Σεπτέμβριο του 2002

Η διακύμανση της στάθμης μέσα σε ένα ημερολογιακό έτος είναι της τάξης του 1m. Συνολικά θα αντλείται από το σύνολο του νερού της λίμνης ένα ποσοστό της τάξης του 0,02%. Το μικρό μέγεθος του ποσοστού αυτού δεν αναμένεται να επηρεάσει το υδατικό ισοζύγιο και την μέχρι πρότινος λειτουργία της λίμνης.

#### 5.9.2.Επιπτώσεις στη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα

Ανεπηρέαστη αναμένεται να μείνει η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα. Τα ύδατα που ρέουν στην επιφάνεια του εδάφους δεν θα διαταραχθούν καθώς δεν θα γίνεται συλλογή νερού από τις επιφανειακές απορροές χείμαρρου, ρέματος ή ποταμού αλλά θα υπάρχει τροφοδότηση απευθείας από τον ταμιευτήρα της λίμνης. Επιπρόσθετα η στεγανοποίηση της λιμνοδεξαμενής ελαχιστοποιεί τις διαφυγές νερού οι οποίες σε διαφορετική περίπτωση θα μετέβαλλαν την υπάρχουσα στάθμη. Ακόμα σε περίπτωση αστοχίας και ύπαρξης διαφυγών νερού η κλίμακα τους είναι τέτοια που θα αδυνατεί να επηρεάσει τον υδροφόρο ορίζοντα.

### 5.9.3.Επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον

Η πληθώρα (λιμνοδεξαμενή, υπόγειος σταθμός παραγωγής, επιφανειακός αγωγός προσαγωγής, υδροληψία, διώρυγα φυγής, έργα μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας, δρόμοι προσπέλασης) και το μέγεθος των επιφανειακών κατασκευών που απαρτίζουν το υδροηλεκτρικό έργο αναμένεται να επηρεάσουν την αισθητική του τοπίου.

Το μέγεθος και η θέση της λιμνοδεξαμενής αποτελούν τις κύριες παρεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον της ευρύτερης περιοχής. Για την διαμόρφωση της δεξαμενής απαιτείται μεγάλος όγκος χωματουργικών εργασιών. Ουσιαστικά θα επέμβουμε στην μορφολογία του βουνού δημιουργώντας ένα πλάτωμα στην στάθμη των +552m. Όπως έχει υπολογιστεί στην παράγραφο 5.2 ο απαιτούμενος όγκος εκσκαφών εκτιμάται σε 625000m<sup>3</sup> ενώ οι επιχώσεις φτάνουν τα 140000 m<sup>3</sup>. Τα παραπροϊόντα των εκσκαφών τα οποία θα έχουν μέγεθος της τάξης των 485000m<sup>3</sup> πρέπει να αποτεθούν σε σχετικά κοντινή περιοχή. Ο χώρος απόθεσης θα επιλεγεί με στόχο την μείωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος. Δράσεις όπως η γαιοκάλυψη και η δεντροφύτευση θα αναπτυχθούν στον χώρο απόθεσης ώστε να αποκατασταθεί η συνέχεια του τοπίου. Μέρος των προϊόντων εκσκαφής θα αξιοποιηθεί για την κατασκευή του έργου π.χ. αδρανή σκυροδέματος.

Επίσης θα δημιουργηθούν επίγεια έργα μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να γίνει η σύνδεση με το δίκτυο μεταφοράς. Η υπογειοποίηση των έργων αυτών θα βελτιώνει την κατάσταση αλλά θα αύξανε το κόστος. Το μεγαλύτερο μέρος του αγωγού προσαγωγής του έργου είναι επίγειος ενώ το τελευταίο κομμάτι του θα είναι υπόγειο. Με την υπογειοποίηση του αγωγού μειώνονται οι αισθητικές παρεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον.

Με στόχο την ελαχιστοποίηση της παρέμβασης στο φυσικό τοπίο δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην διαμόρφωση της λιμνοδεξαμενής, τα τοιχεία της οποίας θα έχουν ύψος 7m. Περιμετρικά της προβλέπεται να αναπτυχθεί πυκνή φυτοκάλυψη ή να επενδυθούν τα τοιχεία με πέτρα που θα προέρχεται από τις εκσκαφές που έχουν προηγηθεί. Οι έξοδοι των φρεάτων όπως και τα στόμια των σηράγγων θα διαμορφωθούν με τρόπο ώστε να προσαρμοστούν στην τοπική αρχιτεκτονική της περιοχής.



#### 5.9.4. Επιπτώσεις στο ανθρωπογενές περιβάλλον

Οι επιδράσεις του έργου στις οικονομικές δραστηριότητες και στο ανθρωπογενές περιβάλλον, όπως εκτιμήθηκαν βασιζόμενοι σε δορυφορικές εικόνες αλλά και στην επιτόπου επίσκεψη της περιοχής κρίνονται αμελητέες. Τόσο κατά την φάση κατασκευής όσο και κατά την φάση λειτουργίας του έργου δεν αναμένεται να επηρεαστούν άμεσα κατοικημένες περιοχές. Κατά την κατασκευή του αγωγού προσαγωγής αναμένεται να επηρεαστεί για μικρό χρονικό διάστημα ο υφιστάμενος δρόμος Θέρμου – Ναυπάκτου, χωρίς να επηρεάζονται άλλα σημαντικά έργα υποδομής (π.χ. μεγάλοι αυτοκινητόδρομοι, δίκτυα) κτλ.

Ένας ακόμη παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη στο σχεδιασμό του είναι οι οχλούσες και ρυπογόνες δραστηριότητες του έργου κατά τη φάση κατασκευής και λειτουργίας του.

Κατά τη φάση κατασκευής του έργου, αναμένεται η παραγωγή αιρούμενων σωματιδίων, θορύβου και ρύπανσης λόγω της εκτέλεσης των απαιτούμενων χωματουργικών εργασιών (εκσκαφών, μεταφοράς και απόθεσης γαιών). Επίσης, η διαδικασία παραγωγής και μεταφοράς σκυροδέματος, ενδέχεται να δημιουργήσει τοπικά προβλήματα ρύπανσης (κυρίως λόγω της ανεξέλεγκτης διάθεσης των παραπροϊόντων των διαδικασιών) και επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με σκόνη. Η ελαχιστοποίηση των υπαίθριων εκσκαφών και η χρήση των προϊόντων των εκσκαφών στο έργο (που έχουν ήδη προταθεί) μπορούν να συντελέσουν στη μείωση της ποσότητας και της έντασης των οχλουσών ή ρυπογόνων δραστηριοτήτων κατά τη φάση κατασκευής του έργου. Επίσης, στα κριτήρια επιλογής του χώρου απόθεσης των παραπροϊόντων των εκσκαφών θα πρέπει να προστεθεί αυτό της ελαχιστοποίησης της απόστασης μεταφοράς. Τέλος, θα πρέπει να καταρτιστεί και να εφαρμοσθεί συγκεκριμένο και αυστηρό σχέδιο διαχείρισης των αποβλήτων της διαδικασίας παραγωγής και μεταφοράς σκυροδέματος. Η διάνοιξη των οδών προσπέλασης και η εκτέλεση των χωματουργικών εργασιών θα οδηγήσουν στην κοπή δένδρων και θάμνων και την προσωρινή, έστω, όχληση των δραστηριοτήτων της ενδημικής πανίδας.

Κατά τη φάση λειτουργίας του έργου δεν αναμένεται να υπάρξει σημαντική όχληση (θόρυβος, ρύποι, κραδασμοί ή θερμότητα) από τα έργα παραγωγής ενέργειας, καθώς τα έργα αυτά είναι υπόγεια. Η όχληση αυτή καθίσταται αμελητέα συνυπολογίζοντας το γεγονός ότι οι πλησιέστεροι οικισμοί βρίσκονται σε απόσταση της τάξης των 2 km από το σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της δεξαμενής. Είναι πιθανό, κατά τη φάση

λειτουργίας του έργου, να προκαλείται περιβαλλοντική όχληση από τα έργα μεταφοράς ενέργειας. Η όχληση αυτή θα είναι κυρίως αισθητική ,όπως έχει ήδη αναφερθεί, επιπλέον, όμως, συχνά τα έργα αυτά συνδέονται και με τον κίνδυνο πρόκλησης σπινθήρων και κατά συνέπεια τον κίνδυνο εκδήλωσης πυρκαγιών κατά τους θερινούς μήνες. Η λύση στο πρόβλημα αυτό δίνεται αποψιλώνοντας τη χλωρίδα κάτω από τους πυλώνες μεταφοράς ρεύματος.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη παρούσα εργασία έγινε διερεύνηση κατασκευής αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού έργου αξιοποιώντας το υδατικό δυναμικό της λίμνης Τριχωνίδας. Η επιδιωκόμενη αποθήκευση ενέργειας έχει σαν αποτέλεσμα την σταθεροποίηση του ηλεκτρικού δικτύου της χώρας και επιτρέπει την διείσδυση περισσότερων ανανεώσιμων πηγών στο διασυνδεδεμένο δίκτυο.

Η Τριχωνίδα κρίνεται ο ιδανικός ταμιευτήρας για άντληση νερού καθώς πρόκειται για τη μεγαλύτερη σε όγκο λίμνη της Ελλάδας με  $2.9 \cdot 10^9 \text{m}^3$ . Η στάθμη της έχει πολύ μικρή διακύμανση από τα +13,5m έως τα +16m. Η ετήσια μεταβολή της στάθμης της λίμνης δεν ξεπερνά το 1m.

Η κατασκευή του αντλητικού έργου πραγματοποιείται στην Ανατολική πλευρά της λίμνης καθώς η θέση κρίνεται ευνοϊκή, συνυπολογίζοντας την υψομετρική διαφορά λίμνης-δεξαμενής, το ανάγλυφο της περιοχής, τους γεωλογικούς σχηματισμούς που επικρατούν καθώς και τις απαιτούμενες χωματουργικές εργασίες.

Από το έργο αυτό προκύπτει μια αξιοσημείωτη συνολική ισχύς άντλησης, 243MW, και παραγόμενη ισχύς, 175MW. Η απώλεια ενέργειας σε έναν πλήρη κύκλο φτάνει στο 28, 2%. Έχει επιλεχθεί αγωγός προσαγωγής με διάμετρο 3m και ταχύτητα ροής του νερού στον αγωγό 5,5m/s. Η παροχή στον αγωγό προσαγωγής είναι  $38,86 \text{m}^3/\text{s}$  και η πλήρωση της δεξαμενής γίνεται σε 6h. Το συνολικό μήκος των αγωγών ανέρχεται στα 2840m.

Το συνολικό κόστος υλοποίησης του έργου ανέρχεται στα 170.934.951 €, ενώ το κόστος/KW ανέρχεται στα 703,3€/KW.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά την φάση κατασκευής όσο και λειτουργίας του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού έργου, δεν αποτελούν τροχοπέδη για την υλοποίηση του. Η κατασκευή του έργου θα επηρεάσει περισσότερο το φυσικό περιβάλλον της περιοχής μελέτης λόγω τόσο της πληθώρα όσο και του μεγέθους των μερών του. Η λεκάνη της λίμνης, το υδατικό ισοζύγιο, η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα καθώς και το ανθρωπογενές περιβάλλον δεν πρόκειται να επηρεαστούν από την κατασκευή του υδροηλεκτρικού έργου.

## Βιβλιογραφικές αναφορές

Επιτροπή Εθνικού Ενεργειακού Σχεδιασμού. (2012). *Εθνικός ενεργειακός σχεδιασμός, οδικός χάρτης για το 2050*. Αθήνα: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

[www.admie.gr](http://www.admie.gr).

[www.cres.gr](http://www.cres.gr).

[www.lagie.gr](http://www.lagie.gr).

[www.rae.gr](http://www.rae.gr).

[www.ramsar.org](http://www.ramsar.org). (2013).

Αποστολοπούλου Άννα. (2009). «Αξιοποίηση υπαρχουσών λιμνών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με άντληση – ταμίευση για αντιμετώπιση διεύθυνσης Αιολικών Πάρκων στο δίκτυο.». Αθήνα.

ΙΓΜΕ. (1994). *ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΔΗΜΟΥ ΘΕΡΜΟΥ*. ΙΓΜΕ.

ΛΑΓΗΕ. (Οκτώβριος 2012). *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και Σηθια, Συνοπτικό Πληροφοριακό δελτίο*.

Μουτάφης, Ν. (2006). *Σημειώσεις μαθήματος Υδραυλικές κατασκευές - Φράγματα*. Αθήνα: Ε.Μ.Π.

Παπαντώνης. (2008). *Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα*. Αθήνα: Συμεών.

Παπαντώνης. (ΤΕΕ 2009). *Νέες προοπτικές για την Ανάπτυξη της αντλησιοταμίευσης στην Ελλάδα*. Ιωάννινα.

Παπαντώνης. (2002). *Υδροδυναμικές Μηχανές Αντλίες-Υδροστόβιλοι*. Αθήνα: Συμεών.

Υπηρεσία Α.Π.Ε. (2011). *Ετήσια έκθεση της υπηρεσίας Α.Π.Ε. Έτος 2010*. Υπουργείο περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής.

Ψιλοβίκος κ.α. (1998). *Περιβαλλοντική αξία και σημασία της λίμνης Τριχωνίδας του μεγαλύτερου φυσικού ταμιευτήρα καθαρού νερού της Ελλάδας*. Θεσσαλονίκη: Τομέας Γεωλογίας και φυσικής Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

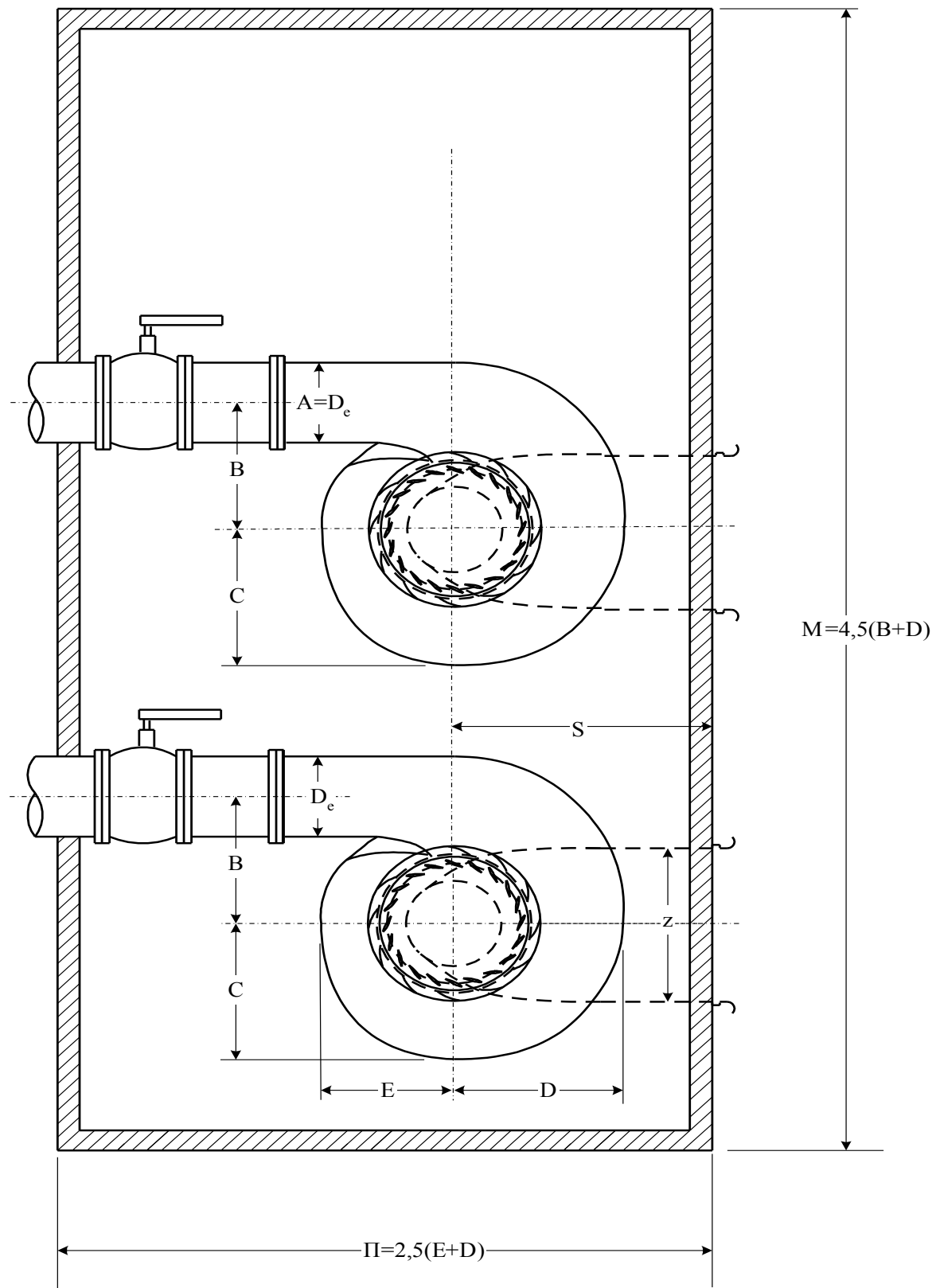
## ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1 Διακύμανση κατανάλωσης ενέργειας ανά τομέα από το 1990 έως το 2010.....	3
Σχήμα 1.2 Προβλεπόμενη εγκατεστημένη ισχύς ανά κατηγορία για ηλεκτροπαραγωγή .....	6
Σχήμα 1.3 Ποσοστά διείσδυσης ΑΠΕ ανά κατηγορία .....	7
Σχήμα 1.4 2003-2012 Εγκαταστημένη ισχύς μονάδων ΑΠΕ διασυνδεδεμένα στο δίκτο .....	10
Σχήμα 1.5 Εθνική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (GWh) μονάδων ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ & Φ/Β στεγών <10kw .....	11
Σχήμα 2.1 Απεικόνιση της λειτουργίας ενός υδροηλεκτρικού σταθμού.....	25
Σχήμα 2.2 Μονάδα υδροηλεκτρικής παραγωγής.....	26
Σχήμα 2.3 Μικρής κλίμακας υδροηλεκτρική εγκατάσταση.....	31
Σχήμα 3.1 Απεικόνιση ενός αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού έργου.....	33
Σχήμα 3.2 Φάση Άντλησης.....	34
Σχήμα 3.3 Απώλειες ενέργειας σε ένα πλήρη κύκλο.....	36
Σχήμα 3.4 Τυπική διατομή φράγματος βαρύτητας .....	38
Σχήμα 3.5 Τοξωτό φράγμα.....	38
Σχήμα 3.6 Γεώφραγμα .....	39
Σχήμα 3.7 Εξωποτάμια λιμνοδεξαμενή .....	39
Σχήμα 4.1 Γεωμορφολογία Τριχωνίδας .....	47
Σχήμα 4.2 Χάρτης χρήσεων γης της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Τριχωνίδας .....	49
Σχήμα 4.3 Γεωλογικός χάρτης Τριχωνίδας.....	56
Σχήμα 4.4 Σεισμική δραστηριότητα που έλαβε χώρα το 2007 στις ανατολικές όχθες της λίμνης Τριχωνίδας. ....	59
Σχήμα 5.1 Δορυφορική απεικόνιση λίμνης Τριχωνίδας .....	60
Σχήμα 5.2 Τοπογραφικός χάρτης 1:50000- φύλλο Θέρμο.....	61
Σχήμα 5.3 Ενοποιημένοι Τοπογραφικοί χάρτες 1:5000.....	62
Σχήμα 5.4 Κύριες ισοϋψείς ανά 50m .....	63
Σχήμα 5.5 Κύριες ισοϋψείς ανά 50m σε τρισδιάστατη μορφή.....	63
Σχήμα 5.6 Κάτοψη δεξαμενής.....	65
Σχήμα 5.7 Τομή τοίχου λιμνοδεξαμενής.....	65
Σχήμα 5.8 Εξωτερικά χωματοουργικά .....	66
Σχήμα 5.9 Γεωλογικός χάρτης περιοχής .....	67
Σχήμα 5.10 Διατομές δεξαμενής - εδάφους.....	68
Σχήμα 5.11 Χαρακτηριστική διατομή Δ1 .....	68
Σχήμα 5.12 Χαρακτηριστική διατομή Δ2 .....	69
Σχήμα 5.13 Χαρακτηριστική διατομή Δ3 .....	69
Σχήμα 5.14 Χαρακτηριστική διατομή Δ4 .....	69
Σχήμα 5.15 Χαρακτηριστική διατομή Δ5 .....	69
Σχήμα 5.16 Χωροθέτηση αντλιοστασίου .....	70
Σχήμα 5.17 Κάτοψη σταθμού παραγωγής.....	77
Σχήμα 5.18 Κατακόρυφη τομή σταθμού παραγωγής.....	78
Σχήμα 5.19 Αντλιοστάσιο .....	79
Σχήμα 5.20 Οριζοντιογραφία αγωγών .....	79
Σχήμα 5.21 Μηκοτομή εδάφους και χάραξη αγωγού .....	80
Σχήμα 5.22 Διακύμανση στάθμης της λίμνης Τριχωνίδας από Ιούλιο του 2000 έως το Σεπτέμβριο του 2002.....	87

## ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

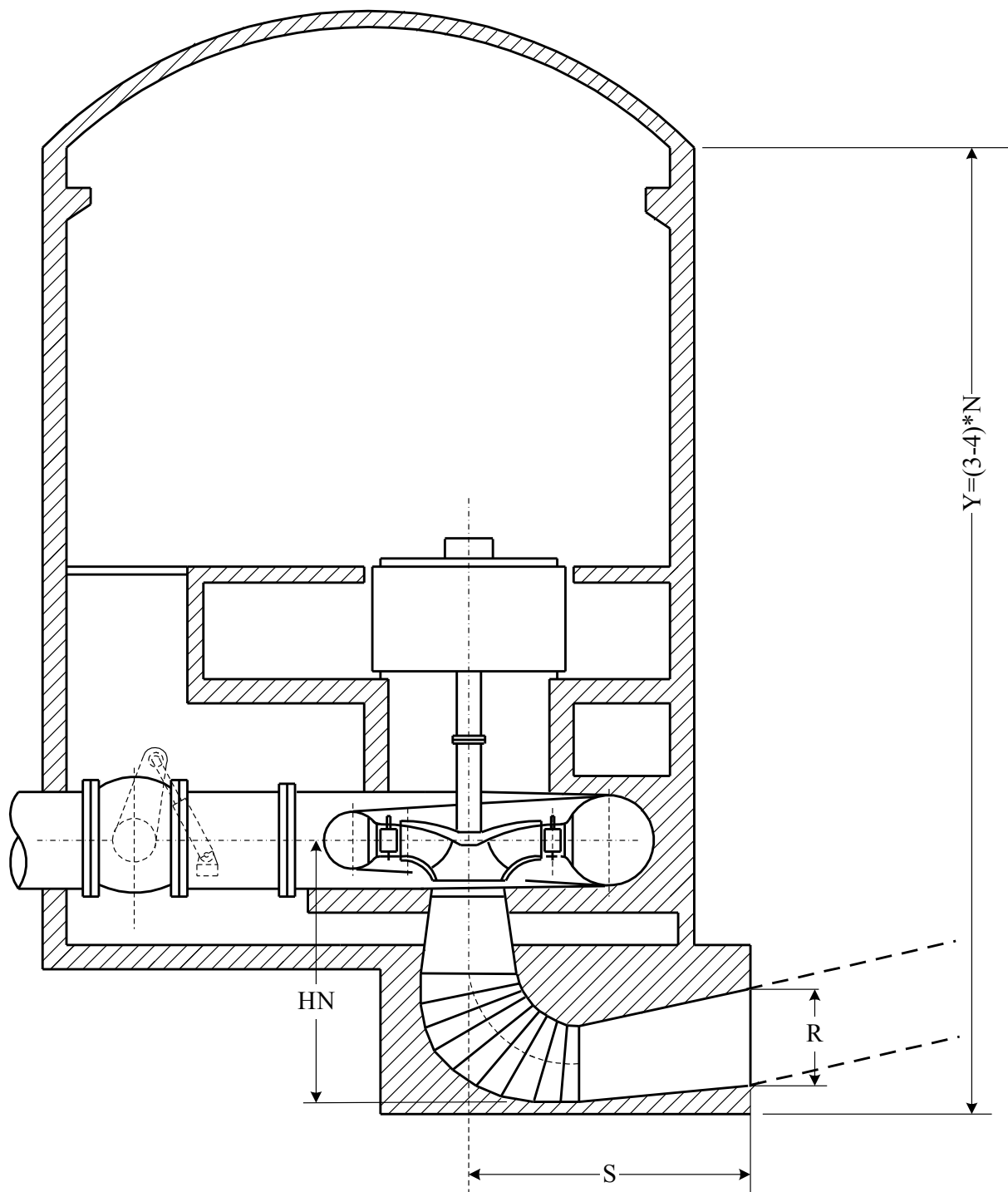
Πίνακας 1.1 Επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Α.Π.Ε .....	5
Πίνακας 1.2 Σύγκριση εκτιμήσεων 2010 και των πλέον πρόσφατων (2012) βασικών μεγεθών .....	8
Πίνακας 1.3: ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW) & ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (GWh) ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ/ ΣΗΘΥΑ για το έτος 2012 στο διασυνδεδεμένο Δίκτυο.....	12
Πίνακας 1.4 ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW) & ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (GWh) ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΕ/ ΣΗΘΥΑ για το έτος 2012 για τα ΜΔΝ .....	12
Πίνακας 1.5 Προβλέψεις για την εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος ανά τεχνολογία για τα έτος 2013 .....	13
Πίνακας 1.6 Προβλέψεις για την εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος ανά τεχνολογία για τα έτος 2014 .....	13
Πίνακας 3.1 Σύγκριση κόστους ταμίευσης υδάτων για έργα που μελετήθηκαν στο ερευνητικό πρόγραμμα.....	42
Πίνακας 4.1 Μορφολογικά Στοιχεία Λίμνης Τριχωνίδας.....	48
Πίνακας 4.2 Χρήσεις γης στην υδρολογική λεκάνη της λίμνης Τριχωνίδας, όπως προέκυψαν από επεξεργασία δορυφορικής εικόνας Landsat.....	49
Πίνακας 4.3 Υδρολογικά Στοιχεία Λίμνης Τριχωνίδας.....	51
Πίνακας 4.4 Λιμνολογικά στοιχεία.....	52
Πίνακας 5.1 Δεδομένα υπολογισμών αναστρέψιμου .....	71
Πίνακας 5.2 Απώλειες ενέργειας λόγω ροής στον αγωγό .....	71
Πίνακας 5.3 Αντλούμενοι όγκοι σε σχέση με τη διάμετρο του αγωγού και το χρόνο λειτουργίας.....	72
Πίνακας 5.4 Απαιτούμενη ισχύς αντλιοστασίου .....	73
Πίνακας 5.5 Παραγόμενη ενέργεια υδροηλεκτρικού σταθμού.....	74
Πίνακας 5.6 Απόδοση ΥΗΣ σε έναν πλήρη κύκλο .....	75
Πίνακας 5.7 Βασικά χαρακτηριστικά μονάδων και σταθμών παραγωγής.....	76
Πίνακας 5.8 Κυριότερα χαρακτηριστικά ταμιευτήρα Πεταλιάς .....	81
Πίνακας 5.9 Κοστολόγηση έργων Αναστρέψιμου Τριχωνίδας .....	85

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄ ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΚΑΙ  
ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**



**Σημείωση:** Το μήκος του Σταθμού Παραγωγής με τρεις (3) μονάδες, ελήφθη για το σχεδιασμό και τις προμετρήσεις  $M = 6 * (B+D)$





Σημείωση: Το Ύψος του Σταθμού Παραγωγής με τρεις (3) μονάδες, ελήφθη για το σχεδιασμό και τις προμετρήσεις  $Y=3,5*(HN)$

### Βασικά Χαρακτηριστικά Στοιχεία Μονάδων και Σταθμών Παραγωγής

Συνολική παροχή άντλησης :  $QP=38,86 \text{ m}^3/\text{sec}$

#### Βασικά χαρακτηριστικά μονάδων και σταθμών παραγωγής

Αρ. μονάδων	2	3	4
Παροχή αντλίας QP1 (m <sup>3</sup> /sec)	19,430	12,953	9,715
Ολ. Ύψος αντλίας HP1 (mΣΥ)	558,14	558,14	558,14
Διάμετρος περωτής D1 (m)	3,841	3,196	2,571
Ταχύτητα περιστροφής n (RPM)	500	600	750
Βάθος τοποθέτησης άξονα h <sub>e</sub> (m)	-29,58	-28,80	-31,93
Βαθμός απόδοσης αντλίας η(-)	0,8835	0,8790	0,884
A (m)	1,473	1,213	1,016
B (m)	3,610	2,998	2,432
C (m)	3,859	3,204	2,603
D (m)	4,119	3,417	2,783
E (m)	3,591	2,983	2,416
L (m)	1,334	1,101	0,941
R (m)	2,530	2,097	1,712
HN (m)	6,293	5,223	4,247
S (m)	10,960	9,085	7,424
Z (m)	2,558	2,081	1,830

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄ ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΩΝ**

**ΤΡΙΧΩΝΙΔΑ**

Αριθμός Κονδυλίου	Περιγραφή	Ποσότητα	Τιμή μονάδας	Δαπάνη
<b>1</b>	<b>Λιμνοδεξαμενή και συναφή έργα</b>			
1.1	Εκσκαφές	625.000 m3	2,20 €/m3	1.375.000 €
1.2	Προμήθεια και εργασίες σκυροδεμάτων λιμνοδεξαμενής	54.989 m3	182,00 €/m3	10.008.000 €
1.3	Στεγανοποίηση δεξαμενής	839.088 m3	2,00 €/m3	1.678.176 €
<b>2</b>	<b>Αγωγός προσαγωγής</b>			
2.1	Κατασκευή διακλάδωσης αγωγού ανάντη Σταθμού Παραγωγής			24.917 €
2.3	Αγωγός			
2.3.1	σε σήραγγα			
2.3.1.1	Εκσκαφή	35.688 m3	40,00 €/m3	1.427.540 €
2.3.1.2	Σκυροδέτηση	15.614 m3	182,00 €/m3	2.841.696 €
2.3.1.3	Υποστήριξη			285.508 €
2.3.1.4	Μεταλλική επένδυση	4.021.798 kg	1,20 €/kg	4.826.157 €
2.3.1.5	Προμήθεια και τοποθέτηση ενισχύσεων μεταλλικού αγωγού			2.413.079 €
2.3.2	σε φρέαρ			
2.3.2.1	Εκσκαφή	1.684 m3	60,00 €/m3	101.034 €
2.3.2.2	Σκυροδέτηση	737 m3	182,00 €/m3	134.080 €
2.3.2.3	Υποστήριξη			20.207 €
2.3.2.4	Μεταλλική επένδυση	521.344 kg	1,20 €/kg	625.613 €
2.3.2.5	Προμήθεια και τοποθέτηση ενισχύσεων μεταλλικού αγωγού			312.806 €
2.3.3	Επιφανειακός αγωγός			
2.3.3.1	εκσκαφές ορύγματος αγωγού	76.226 m3	10,00 €/m3	762.265 €
2.3.3.2	Προμήθεια και τοποθέτηση μεταλλικού αγωγού	2.490.536 kg	1,20 €/kg	2.988.643 €
2.3.3.3	Προμήθεια και τοποθέτηση ενισχύσεων μεταλλικού αγωγού			1.494.321 €
2.3.3.4	Σκυρόδεμα εγκάρσιων προκάτ στοιχείων για στήριξη αγωγού σε όρυγμα	80 m3	182,00 €/m3	14.633 €
2.3.3.6	Σκυρόδεμα σώματων αγκύρωσης αγωγών σε σημεία αλλαγής κλίσης	270 m3	182,00 €/m3	49.140 €
2.3.3.7	Εκσκαφές για σώματα αγκύρωσης αγωγών	135 m3	2,50 €/m3	338 €
<b>3</b>	<b>Αγωγός Φυγής</b>			
3.1	Έργα ελέγχου των υδάτων στην περιοχή εξόδου κατά την κατασκευή			92.363 €
3.2	Αγωγός			
3.2.1	σε σήραγγα			
3.2.1.1	Εκσκαφή	11.545 m3	40,00 €/m3	461.814 €
3.2.1.2	Σκυροδέτηση	3.063 m3	182,00 €/m3	557.476 €
3.2.1.3	Υποστήριξη			92.363 €
<b>4</b>	<b>Φρέαρ ανάπασης</b>			
4.1	Εκσκαφή	0 m3	60,00 €/m3	0 €
4.2	Σκυροδέτηση	0 m3	182,00 €/m3	0 €
4.3	Υποστήριξη			0 €
<b>5</b>	<b>Σήραγγα προσπέλασης</b>			
5.1	Εκσκαφή	14.485 m3	60,00 €/m3	869.124 €
5.2	Σκυροδέτηση	2.243 m3	182,00 €/m3	408.135 €
5.3	Υποστήριξη			173.825 €
<b>6</b>	<b>Υδροληψίες (άνω και κάτω)</b>			
6.1	Εκσκαφές	3.886 m3	2,50 €/m3	9.715 €
6.2	Σκυροδετήσεις	389 m3	182,00 €/m3	70.725 €
6.3	H/M εξοπλισμός (εσχάρες, δοκοί έμφραξης, θυροφράγματα ανάντη & κατόντη)	39 m3/s	5.000,00 €/m3/s	194.300 €
<b>7</b>	<b>Σταθμός Παραγωγής</b>			
7.1	Εκσκαφή, δομικά και αρχιτεκτονικά σταθμού παραγωγής και συναφών έργων	243.062 kW	50,00 €/kW	12.153.100 €
<b>8</b>	<b>H/M Εξοπλισμός Σταθμού Παραγωγής</b>			
8.1	Κύριος H/M εξοπλισμός (ανλίες-γεννήτριες, προμήθεια & τοποθέτηση)	243.062 kW	300,00 €/kW	72.918.600 €
8.2	Βοηθητικός H/M εξοπλισμός (μετασχηματιστές, βαλβίδες, γενρανογέφυρες, δοκοί έμφραξης, προμήθεια και τοποθέτηση)	243.062 kW	120,00 €/kW	29.167.440 €
	Μερικό Σύνολο			148.552.131 €
9	Απρόβλεπτα (~15%)			22.282.820 €
10	Απαλλοτριώσεις			100.000 €
	Γενικό Σύνολο			<b>170.934.951 €</b>

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ' ΤΕΥΧΟΣ ΣΧΕΔΙΩΝ**

TRI-1	ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΡΓΩΝ
TRI-2	ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
TRI-3	ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ Δ1, Δ2, Δ3, Δ4
TRI-4	ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ Δ5
TRI-5	ΤΟΜΗ ΤΟΙΧΟΥ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ