

# ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΘΕΣΕΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΑΤΩ ΡΟΥ ΤΟΥ ΝΕΣΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

Ιωάννης Β. Σούλης<sup>1</sup>, Ευάγγελος Φινδανής<sup>2</sup>, Γεώργιος Παναουδάκης<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Καθηγητής ΔΠΘ, Τμήμα Πολιτικών Μηχ., Δ.Π.Θ., 67100, Ξάνθη, [soulis@civil.duth.gr](mailto:soulis@civil.duth.gr)

<sup>2</sup>Διπλ. Αγρονόμος Τοπογράφος Μηχ. Α.Π.Θ., ΜΔΕ Υδραυλικής Μηχανικής, Τμήμα Πολ. Μηχ. Δ.Π.Θ., 67100, Ξάνθη, [vangelisfindanis@gmail.com](mailto:vangelisfindanis@gmail.com)

<sup>3</sup>Πτυχ. Μηχανολόγος Μηχ. ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας, ΜΔΕ Υδραυλικής Μηχανικής, Τμήμα Πολ. Μηχ. Δ.Π.Θ., 67100, Ξάνθη, [geor.pana@hotmail.gr](mailto:geor.pana@hotmail.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κοχλιωτός υδροστροβίλος του Αρχιμήδους μετατρέπει σε μηχανική ενέργεια, υπό συνθήκες συνεχούς ροής και σταθερής περιστροφικής κίνησης, την μηχανική ενέργεια του ρέοντος ύδατος. Σημαντικός παράγων είναι η κινητική και όχι η δυναμική ενέργεια της ροής. Εφαρμόζεται δηλαδή σε υδατορρεύματα πολύ χαμηλού ύψους πτώσεως αλλά με σχετικά ικανοποιητική παροχή. Αντιλαμβανόμενοι την έλλειψη εκμεταλλεύσεως των υδροδυναμικών τοποθεσιών που θα μπορούσαν να αξιοποιήσουν την τεχνολογία τύπου Αρχιμήδους, αποφασίσθηκε η καταγραφή και η διερεύνηση των περιοχών αυτών στον κάτω ρου του Νέστου ποταμού (αρδευτικό δίκτυο) όπου δεν έχουν υδροηλεκτρικώς αξιοποιηθεί τα μικρά ύψη πτώσεως. Έγινε έρευνα στα αρχεία της Δ.Ε.Η. όπου υπήρχαν καταγραφές μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών ενταγμένων στο δίκτυο ή μη. Οι τοποθεσίες που διερευνήθηκαν με επιτόπου έρευνα είναι ένα μικρό τμήμα του συνόλου των δυνητικών υδροηλεκτρικών θέσεων στην Ανατολική Μακεδονία. Το κυρίως τμήμα της έρευνας αποσκοπεί στην εκτίμηση της παροχής και του ύψους πτώσεως στις παραπάνω τοποθεσίες με απώτερο σκοπό τον υπολογισμό της εγκαταστημένης ισχύος των υδροστροβίλων και του αντίστοιχου οικονομικού οφέλους. Προς τούτο παρατίθενται στοιχεία οικονομικής εκμεταλλεύσεως των υδροστροβίλων τύπου Αρχιμήδους. Επίσης, δίδονται στοιχεία και διευθύνσεις κατασκευαστών τέτοιων μονάδων. Η παρούσα εργασία λόγω της μεθοδολογίας που παρουσιάζει μπορεί να αποτελέσει σημαντικό βοήθημα για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας.

**Λέξεις κλειδιά:** Ενεργειακή εκμετάλλευση, Έλιξ Αρχιμήδους, Αρδευτικό δίκτυο, Νέστος ποταμός

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υδραυλική ενέργεια, δηλ. η ενέργεια του ύδατος, είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που υπηρέτησε και υπηρετεί πιστά τον άνθρωπο στο δρόμο της αναπτύξεως. Το ύδωρ κάνοντας τον "κύκλο του" στη φύση έχει δυναμική ενέργεια, όταν βρίσκεται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, η οποία μετατρέπεται σε κινητική, όταν το νερό ρέει προς χαμηλότερες περιοχές. Με τα υδροηλεκτρικά έργα εκμεταλλεύεται κανείς την πτώση του ύδατος, με τη χρήση υδροστροβίλων, για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Οι μικροί ΥδροΗλεκτρικοί Σταθμοί (μΥΗΣ) είναι έργα "συνεχούς ροής", δεν απαιτείται δηλαδή η κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων.

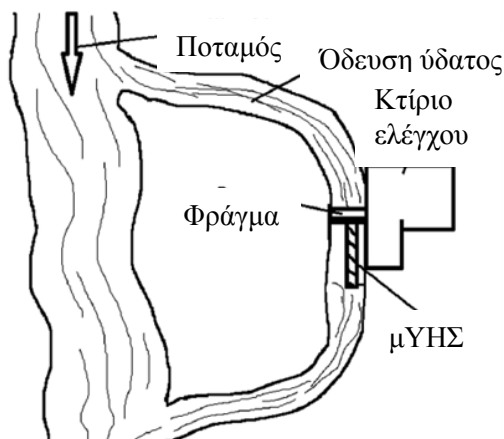
Ο κοχλιωτός υδροστρόβιλος του Αρχιμήδους μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια του ρέοντος ύδατος, υπό συνθήκες συνεχούς ροής και σταθερής περιστροφικής κίνησης, σε μηχανική ενέργεια με τη βοήθεια περιστρεφόμενων κοχλιωτών δρομέων. Είναι εφαρμόσιμος σε υδατορρέυματα με πολύ χαμηλό ύψος πτώσεως  $H$  από 1.0 (m) μέχρι 10.0 (m) αλλά με σχετικά ικανοποιητική παροχή  $Q$  από 0.1 μέχρι 10.0 ( $m^3/s$ ). Βέβαια, η παραγομένη ισχύς δεν μπορεί, υπό τις ανωτέρω μέγιστες συνθήκες ροής, να υπερβεί τα 0.5 (MW). Οι μηχανές αυτές είναι κεκλιμένες άξονα από  $22.0^\circ$  μέχρι  $36.0^\circ$  και φέρουν κοχλιωτές περυγίσεις. Παρουσιάζονται πλεονεκτήματα όπως χαμηλά έξοδα έργων Πολιτικού Μηχανικού, χαμηλό κόστος κεφαλαίου, μακρά περίοδος ενεργούς ισχύος και μεγάλη απόδοση λειτουργίας. Ακόμη και με 30.0 % μικρότερη παροχή της παροχής σχεδιασμού η απόδοση  $\eta$  δεν πέφτει κάτω του 74.0 %. Επιπλέον, η συντήρηση είναι απλή, υπάρχει εύκολη πρόσβαση στην μηχανή, δεν χρειάζονται σχάρες συλλογής ακαθάρτων και αυξάνεται η οξυγόνωση και η ποιότητα του ύδατος. Στα μειονεκτήματα καταγράφονται, η σχετικά μεγάλη παροχή ύδατος για λειτουργία, η μεταβολή του ετήσιου υδραυλικού φορτίου που επιφέρει μείωση της παραγομένης ισχύος και η χαμηλή περιστροφική ταχύτητα που απαιτεί πολλαπλασιαστική περιστροφικής ταχύτητας.

Αντιλαμβανόμενοι την έλλειψη εκμεταλλεύσεως των υδροδυναμικών τοποθεσιών που θα μπορούσαν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, κατά βάση με χρήση της τεχνολογίας τύπου Αρχιμήδους, αποφασίστηκε η καταγραφή και η διερεύνηση παραγωγής περιοχών στο κάτω ρου του Νέστου ποταμού (αρδευτικό δίκτυο). Η περιοχή αυτή της Ελλάδος έχει πλεονεκτική θέση για τον ανωτέρω σκοπό δεδομένου ότι δεν έχει υδροηλεκτρικώς αξιοποιηθεί για μΥΗΣ. Ήταν γνωστό ότι η Δ.Ε.Η. είχε ήδη κατάλογο εταιρειών οι οποίες ήθελαν να αναπτύξουν την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας και όχι μόνο. Η διεύθυνση του πίνακα ευρίσκεται στο Google με την αναζήτηση: ΔΕΔΔΗΕ/Διεύθυνση Χρηστών Δικτύου: Αιτήσεις σύνδεσης αδειοδοτημένων σταθμών ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ, αρμοδιότητας ΔΕΔΔΗΕ σύμφωνα με το Ν.4152/2013 (ενημέρωση Οκτώβριος 2013). Η παρούσα έρευνα αποσκοπεί να εκμεταλλευθεί κανείς μικρής ισχύος υδροδυναμικές θέσεις <50.0 (kW). Αυτές θα μπορούσε να ήταν είτε απομεινάρια θέσεων του παραπάνω καταλόγου που ήδη έχουν αναπτυχθεί και παράγουν σχετικά μεγάλη εγκατεστημένη ισχύ είτε ενδείκνυται για ανάπτυξη σε τελείως νέα βάση. Το κυρίως τμήμα της έρευνας αποσκοπεί στην εκτίμηση της παροχής και του ύψους πτώσεως του ύδατος. Η μεν εκτίμηση της παροχής μπορεί να γίνει με εμπειρικό τρόπο ή από διαθέσιμες πληροφορίες που μπορεί κανείς να συνάγει. Η εκτίμηση του ύψους πτώσεως απαιτεί ιδιαίτερο τρόπο αντιμετώπισεως.

## 2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### 2.1 Τυπική περιγραφή εγκαταστάσεως υδροστρόβιλου τύπου Αρχιμήδους

Στην τυπική διάταξη μΥΗΣ, συμπεριλαμβανομένου και του τύπου Αρχιμήδη, η βασική αρχή είναι ότι η ροή του ποταμού οδηγείται να περάσει από τους υδροστρόβιλους με εκτροπή και έπειτα να αποδίδεται στη φυσική του κοίτη, Σχήμα 1.

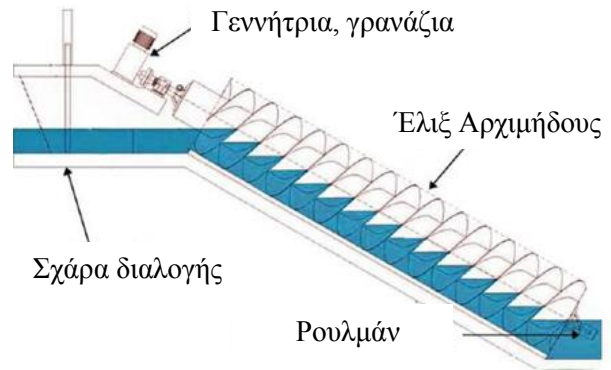


Σχήμα 1. Τυπική διάταξη εκτροπής ύδατος για εγκατάσταση υδροστρόβιλου τύπου Αρχιμήδους.

Ο υδροστρόβιλος του Αρχιμήδη έχει εφαρμογή σε χαμηλό ύψος πτώσεως και σε σχετικά μεγάλες παροχές και είναι τύπου δράσεως (impulse). Τυπική εγκατάσταση υδροστρόβιλου τύπου Αρχιμήδους δείχνεται στα Σχήματα 2 και 3. Λαμβάνεται ειδική μνεία για δίοδο ψαριών προς τα ανάντη.



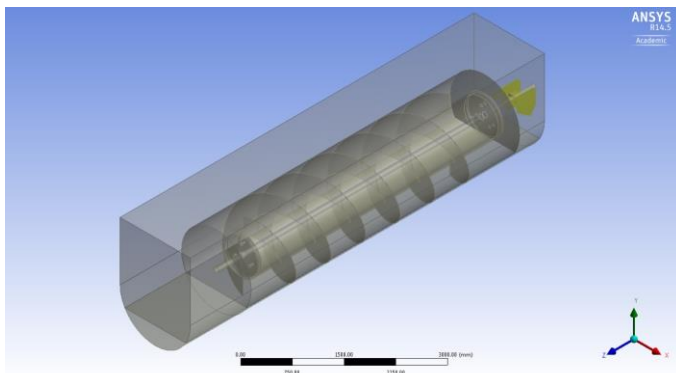
Σχήμα 2. Τυπική εγκατάσταση υδροστροβίλου τύπου Αρχιμήδους.



Σχήμα 3. Περιγραφή τυπικής διατάξεως υδροστροβλικής μονάδας τύπου Αρχιμήδους.

## 2.2 Γεωμετρία έλικος Αρχιμήδους

Η τυπική γεωμετρία του κοχλιωτού υδροστροβίλου τύπου Αρχιμήδους, για υπολογιστική ανάλυση, δείχνεται στο Σχήμα 4. Το μήκος του υδροστροβίλου είναι 5.0 (m). Η κλίση του αγωγού έχει τεθεί στις 26.0°. Η εξωτερική διάμετρος είναι 1.44 (m) και η εσωτερική 0.70 (m). Το βήμα της πτερυγώσεως είναι 0.75 (m), η γωνία προσανατολισμού 60.0° ενώ το πάχος της πτερυγώσεως 0.001 (m). Η επιφάνεια εισόδου ροής του ύδατος είναι 0.318 (m<sup>2</sup>). Η έλιξ του υδροστροβίλου περιστρέφεται εντός ημι-κυλινδρικού χώρου ο οποίος εδράζεται σε στέρεα μέρη. Το άνω και κάτω μέρος του άξονος περιστροφής περικλείονται εντός ρουλμάν τα οποία εδράζονται στην όλη κατασκευή, Σχήμα 3.



Σχήμα 4. Τυπική γεωμετρία υδροστροβίλου τύπου Αρχιμήδους για την υπολογιστική ανάλυση.

## 2.3 Ισχύς, απόδοση λειτουργίας και χρόνος αποσβέσεως κεφαλαίου

### 2.3.1 Ισχύς, απόσβεση κεφαλαίου, έξοδα

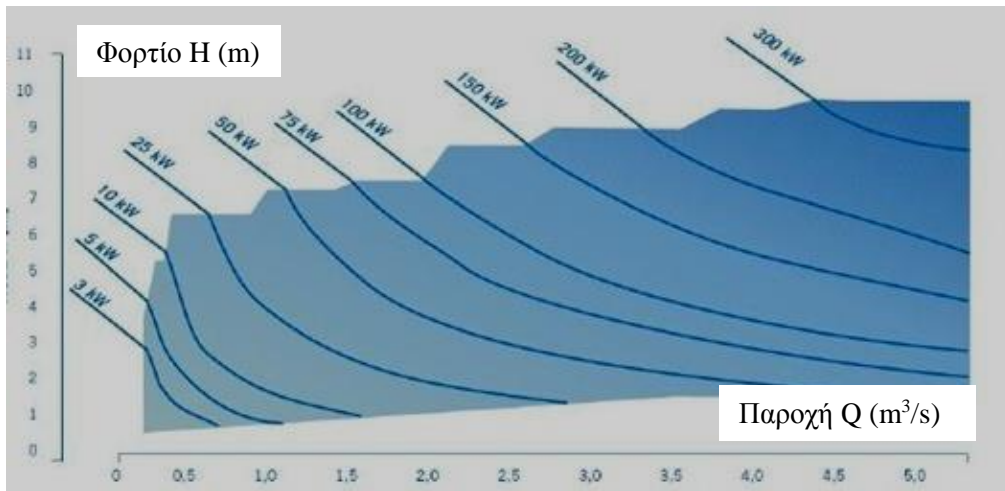
Τα βασικά δεδομένα που απαιτούνται για τον καθορισμό της ισχύος της υπό εκμετάλλευση θέσεως είναι, η παροχή του ρέοντος ύδατος και το διαθέσιμο

υδραυλικό φορτίο. Το διαθέσιμο φορτίο, δηλ το καθαρό φορτίο, εννοείται ως η διαφορά των στατικών υψών των ελευθέρων επιφανειών του ανάντη ταμιευτήρα και του κατάντη χώρου ροής μείον το συνολικό ύψος των απωλειών φορτίου στον αγωγό προσαγωγής του ύδατος προς τον υδροστρόβιλο. Γενικώς, η ανωτέρω παροχή είναι τμήμα μόνο της παροχής του υδατορρέυματος και προφανώς, δεν είναι η μεγίστη. Θα ήτο οικονομικώς απρόσφορο να εγκατασταθεί ο υδροστρόβιλος του μΥΗΣ έχοντας διαστάσεις οι οποίες θα εκμεταλλεύονταν την μεγίστη των παροχών του υδατορρέυματος. Είναι αναγκαίο να είναι γνωστές οι κλίμακες των μεγίστων και ελαχίστων παροχών. Πιο αναλυτικά, οι παράγοντες βάσει των οποίων επιλέγεται η θέση εγκαταστάσεως μΥΗΣ είναι οι ακόλουθοι:

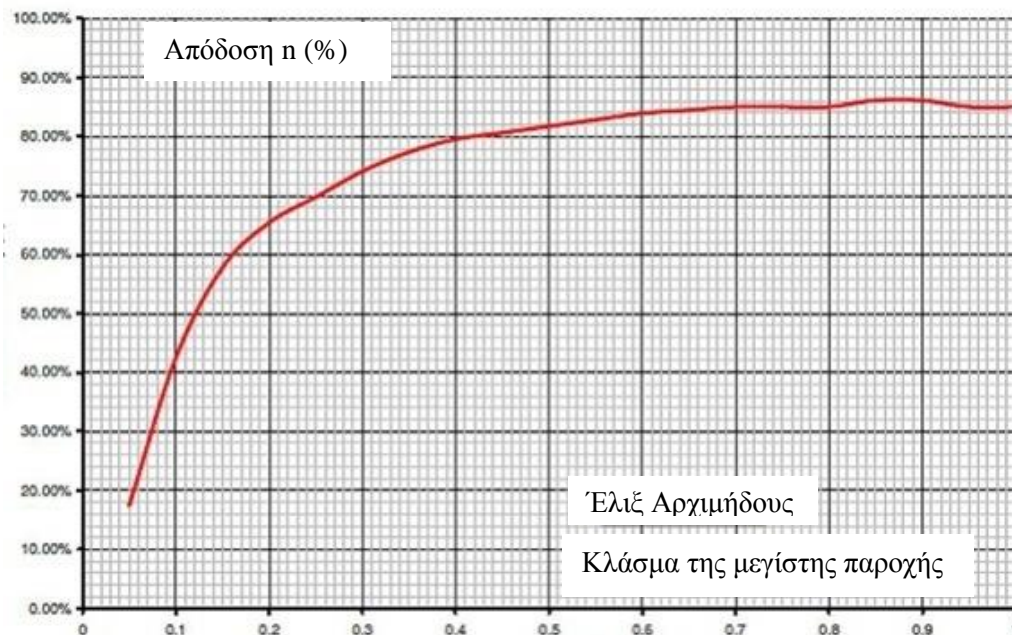
- **Παροχή του ποταμού.** είναι αναγκαίο να υπάρχει πλήρης μελέτη παροχής του ποταμού. Οι εποχιακές διακυμάνσεις είναι ένας άλλος παράγοντας που θα πρέπει οπωσδήποτε να ληφθεί υπόψη. Μία πρώτη εκτίμηση του ενεργειακού δυναμικού της προς εκμετάλλευση θέσεως θα ήταν να χρησιμοποιηθεί η μέση παροχή του υδατορρέυματος, όπως αυτή προκύπτει από υπάρχουσες μετρήσεις, εάν βεβαίως υπάρχουν τέτοιες μετρήσεις. Στη περίπτωση αυτή η εκτίμηση του δυναμικού θα ήταν μικρότερη του πραγματικώς δυναμένου να παραχθεί. Τούτο δε διότι το μέγεθος της υδροστροβλικής μονάδος συνήθως υπολογίζεται για παροχές μεγαλύτερων των τιμών της μέσης παροχής. Για να υπολογισθεί η διαθέσιμη προς εκμετάλλευση παροχή, υδραυλικής θέσεως, υπάρχουν τρεις τρόποι:
  - α) μέσω της μετρηθείσης καμπύλης διαρκείας των παροχών,
  - β) μέσω ήδη διαθεσίμων τιμών παροχής, οπότε η παραγομένη ενέργεια υπολογίζεται κατ'

- ευθείαν και
- γ) μέσω στοχαστικών εκτιμήσεων από την λεκάνη απορροής.
- **Ύψος πτώσεως.** Το ύψος πτώσεως εξαρτάται από τη γεωμετρία του χώρου εγκατάστασής του υδροηλεκτρικού έργου.
  - **Εκτίμηση της διαθέσιμου ισχύος.** Εάν  $Q$  ( $m^3/s$ ) είναι η παροχή,  $H_n$  (m) είναι το πραγματικό ύψος πτώσεως,  $\rho$  ( $kg/m^3$ ) είναι η πυκνότητα του ύδατος,  $g$  ( $m/s^2$ ) η επιτάχυνση της βαρύτητας,  $\eta$  η ολική απόδοση του στροβίλου και της γεννήτριας, τότε η λαμβανόμενη ισχύς  $I$  (W) από τον υδροστροβίλο είναι:  $I = \eta \rho g Q H_n$  (W).

Στο Σχήμα 5 δείχνεται το φορτίο (ύψος πτώσεως)  $H$  (m) ως συνάρτηση της παροχής  $Q$  ( $m^3/s$ ) και η λαμβανόμενη ισχύς  $I$  (kW) εκ του συνδυασμού των ανωτέρω. Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα του υδροστροβίλου τύπου Αρχιμήδους είναι ότι η απόδοση λειτουργίας  $\eta$  αυτού παραμένει αρκετά υψηλή  $\sim 70.0\%$  ακόμη και για το  $30.0\%$  της μέγιστης παροχής, Σχήμα 6.



Σχήμα 5. Ισχύς (kW) έλικος Αρχιμήδους είναι ανάλογος της παροχής,  $m^3/s$ , και του φορτίου, m.



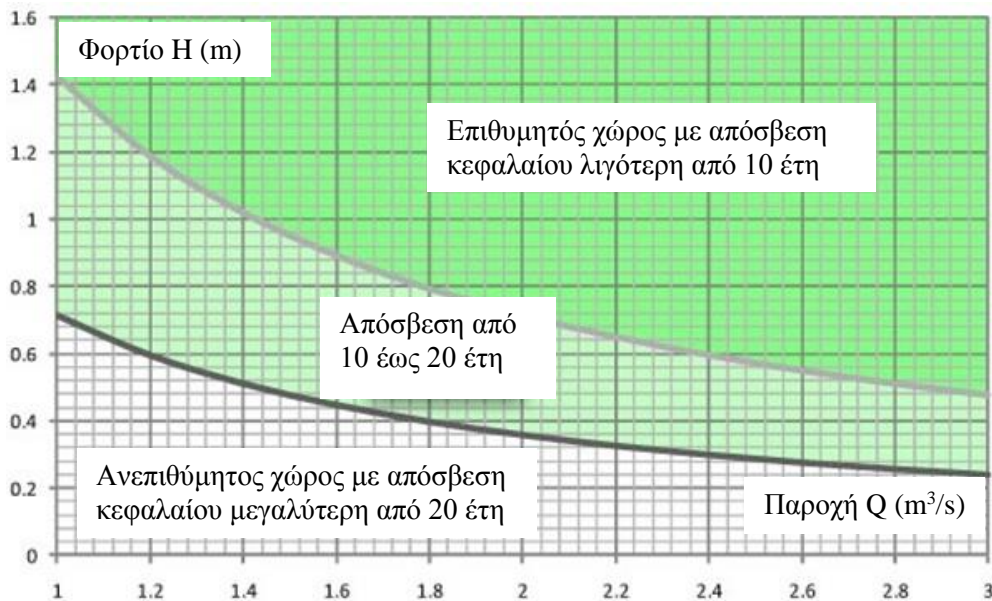
Σχήμα 6. Απόδοση λειτουργίας  $\eta$  (%) της έλικος Αρχιμήδους με την παροχή εκφρασθείσα ως κλάσμα της μέγιστης αυτής τιμής  $Q_{max}$ .

### 2.3.2 Χρόνος αποσβέσεως κεφαλαίου

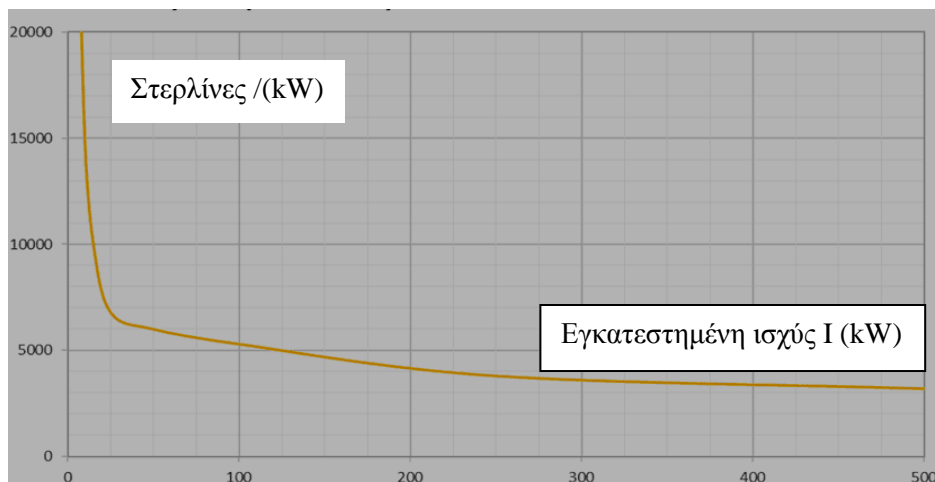
Στο Σχήμα 7 δείχνεται η απόσβεση κεφαλαίου μετά από, 10 έτη, 10-20 έτη και μεγαλύτερη από 20 έτη ως συνάρτηση του φορτίου μέχρι 1.6 (m) και της παροχής, από 1.0 έως 3.0 m<sup>3</sup>/s, για υδροστρόβιλο τύπου Αρχιμήδους, <http://www.hallidayshydropower.com/qa/>. Είναι προφανές ότι για τις ανωτέρω παροχές οποιαδήποτε τιμή ύψους πτώσεως πέραν των 1.6 (m) η απόσβεση είναι μικρότερη από 10 έτη για την κλίμακα των παροχών του Σχήματος 7.

### 2.3.3 Έξοδα εγκατάστασης

Τέλος, μια εκτίμηση εξόδων εγκατάστασης υδροστροβλικής μονάδος, Σχήμα 8, δείχνονται τα αναμενόμενα έξοδα, (Στερλίνες/kW) Αγγλίας, της εταιρείας Renewables First στην διεύθυνση: <https://www.renewablesfirst.co.uk/>. Μία στερλίνα ισοδυναμεί με 1.08 Ευρώ, Μάιος 2017.



Σχήμα 7. Απόσβεση κεφαλαίου μετά από 10 έτη, 10-20 έτη και μεγαλύτερη από 20 έτη ως συνάρτηση του φορτίου (m) και της παροχής (m<sup>3</sup>/s) για υδροστρόβιλο τύπου Αρχιμήδους.



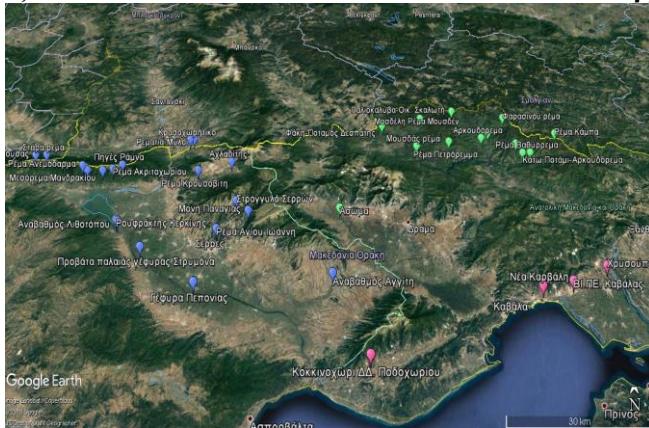
Σχήμα 8. Έξοδα εγκατάστασης (Στερλίνες/kW) υδροστροβλικής μονάδος Αρχιμήδους σε συνάρτηση με την εγκατεστημένη ισχύ I. Μία Στερλίνα Αγγλίας ισοδυναμεί με 1.08 Ευρώ, Μάιος 2017.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

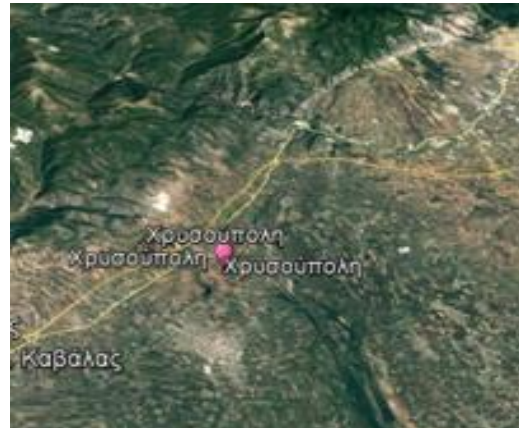
#### 3.1 Γεωπληροφορίες

Έγινε κατ' αρχάς, διερεύνηση των περιοχών της Ανατολικής Μακεδονίας που μπορούν να δώσουν ηλεκτρική ισχύ κατάλληλη για χρήση των υδροστροβίλων αντιδράσεως τύπου Αρχιμήδους στα αρχεία της Δ.Ε.Η. όπου υπήρχαν ήδη καταγραφές αρχείων μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών στην διεύθυνση, ΔΕΔΔΗΕ/Διεύθυνση Χρηστών Δικτύου: Αιτήσεις σύνδεσης αδειοδοτημένων σταθμών ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ, αρμοδιότητας ΔΕΔΔΗΕ σύμφωνα με το Ν.4152/2013, ενημέρωση Οκτώβριος 2013. Οι σταθμοί αυτοί παρουσιάζονται στο Σχήμα 9α και αναλυτικά οι αντίστοιχες συντεταγμένες στον Πίνακα 1 (Περιφερειακή ενότητα Δράμας), Πίνακα 2 (Περιφερειακή ενότητα Σερρών) και Πίνακα 3 (Περιφερειακή ενότητα Καβάλας). Στο Σχήμα 9β δείχνεται η περιοχή του αρδευτικού δικτύου Χρυσουπόλεως Καβάλας που ενδιαφέρει την παρούσα μελέτη.

α)



β)



Σχήμα 9. α) Δυνητικές θέσεις παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας με υδροστρόβιλους τύπου Αρχιμήδη. Τα μπλε σημεία ανήκουν στην περιφερειακή ενότητα Σερρών, τα πράσινα στην περιφερειακή ενότητα Δράμας και τα ροζ στην ενότητα Καβάλας. β) Κάτω ρους Νέστου ποταμού.

Πίνακας 1. Συντεταγμένες μήκους, πλάτους WGS84 και ύψους τοποθεσιών για πιθανή παραγωγή υδροηλεκτρικής ενεργείας με χρήση υδροστροβίλου τύπου Αρχιμήδους στην Περιφερειακή Ενότητα Δράμας.

<u>Τοποθεσία</u>	<u>Μήκος</u>	<u>Πλάτος</u>	<u>Υψόμετρο (m)</u>
Αρκουδόρεμα	24.44025299	41.39592318	326
Διαβολόρεμα	24.46938136	41.41358135	345
Φαρασινού ρέμα	24.53716379	41.46796651	670
Μοσδέλη Ρέμα Μουσδέν	24.23149686	41.46321104	814
Μουσδάς ρέμα	24.20471689	41.36417727	408
Άσωμα	23.93158509	41.16851624	87
Ρέμα Πετρόρεμμα	24.32094994	41.37912765	620
Ρέμα οζυός	24.55668550	41.3736576	495
Ρέμα Κάμπα	24.70235910	41.40219349	1383
Κάτω Ποτάμι-Αρκουδόρεμα	24.57151549	41.34297838	340
Φάκη-Ποταμός Δεσπάτης	24.08976708	41.43802439	465
Ρέμα Τσουκάλι	24.60197709	41.35802818	498
Παλιοκαλύβα-Οικ. Σκαλωτή	24.35141408	41.48672737	1322
Ρέμα Βαθύρρεμα	24.59765297	41.34267358	475

Πίνακας 2. Συντεταγμένες μήκους, πλάτους WGS84 και ύψους τοποθεσιών για πιθανή παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας με χρήση υδροστροβίλου τύπου Αρχιμήδους στην Περιφερειακή Ενότητα Σερρών.

<u>Τοποθεσία</u>	<u>Μήκος</u>	<u>Πλάτος</u>	<u>Υψόμετρο (m)</u>
<i>Ρεματιά-Μύλοι</i>	23.41721065	41.39320892	182
<i>Μονή Παναγιάς</i>	23.64294082	41.15575185	620
<i>Ρέμα Καστανούσας</i>	22.88643184	41.32603949	956
<i>Ρουφράκης Κερκίνης</i>	23.23060279	41.13483439	29
<i>Γέφυρα Πεπονίας</i>	23.50973741	40.97506433	10
<i>Κρασοχωρήτικο</i>	23.40279218	41.39211567	113
<i>Αναβαθμός Λιθοτόπου</i>	23.23657612	41.13157949	28
<i>Αναβαθμός Αγγίτη</i>	23.90870547	40.99661811	19
<i>Πηγές Ράμνα</i>	23.19598359	41.29698423	692
<i>Αχλαδίτης</i>	23.56536681	41.31024376	532
<i>Ρέμα Κρουσοβίτη</i>	23.45562117	41.28419881	236
<i>Στάρα ρέμα</i>	22.92403863	41.32658790	1076
<i>Μεσόρεμα Μανδρακίου</i>	23.13276024	41.28318659	362
<i>Ρέμα Ακριτοχωρίου</i>	23.16635115	41.28608512	400
<i>Ρέμα Ανεμόδαρμα</i>	23.06030178	41.29597514	617
<i>Μεγάλο ρέμα Νεοχωρίου</i>	23.08040846	41.28319657	340
<i>Στρογγυλό Σερρών</i>	23.60032886	41.18591555	581
<i>Προβατάς, παλαιάς γέφυρας Στρυμόνα</i>	23.32897725	41.06275832	22
<i>Ρέμα Αγίου Ιωάννη</i>	23.55021613	41.10981026	107

### 3.2 Περιφερειακή Ενότητα Καβάλας

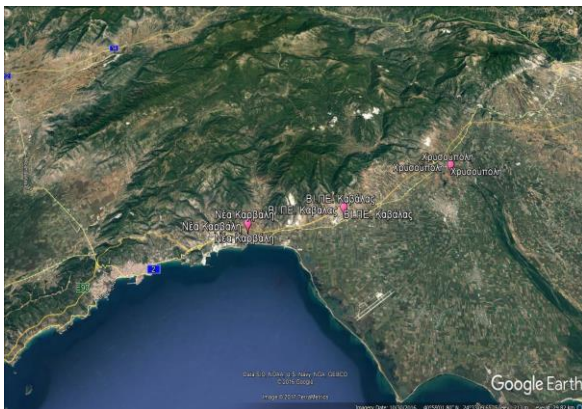
Στον Πίνακα 3 δείχνονται με γεωγραφικές συντεταγμένες, σε μοίρες και δεκαδικά, οι θέσεις των υποψηφίων προς υδροηλεκτρική εκμετάλλευση τοποθεσιών στην Περιφερειακή Ενότητα Καβάλας. Οι συντεταγμένες αφορούν το μήκος, το πλάτος αλλά και το ύψος αυτών από την μέση στάθμη της θαλάσσης. Η εύρεση των τοποθεσιών αυτών έγινε με χρήση του Google Earth και το γεωγραφικό σύστημα καταγραφής είναι το WGS84. Οι εκτιμώμενες τιμές της ισχύος που παρουσιάζονται στο κείμενο λίγο πιο κάτω είναι κατά προσέγγιση σωστές και υπόκεινται σε επιμέρους διορθώσεις σχετικά με την παροχή και την υψομετρική διαφορά. Η ανάλυση αφορά τον κάτω ρου του Νέστου ποταμού, Σχήμα 10.

<u>Τοποθεσία</u>	<u>Μήκος</u>	<u>Πλάτος</u>	<u>Υψόμετρο (m)</u>
<i>Χρυσούπολη</i>	24.71341930	41.01517817	40
<i>Νέα Καβάλη</i>	24.50768369	40.96568795	8
<i>Κοκκινοχώρι ΔΔ. Ποδοχωρίου</i>	24.00610600	40.81800311	248
<i>ΒΙ.ΠΕ. Καβάλας</i>	24.59901915	40.97794983	27

Πίνακας 3. Οι συντεταγμένες των θέσεων των υποψηφίων προς υδροηλεκτρική εκμετάλλευση τοποθεσιών στην Περιφερειακή Ενότητα Καβάλας και είναι εκφρασμένες σε δεκαδικές μοίρες στο σύστημα αναφοράς WGS84.

### 3.2.1 Χρυσούπολη 1

Η ανάλυση αφορά την θέση Χρυσούπολη 1 με συντεταγμένες  $41^{\circ} 2' 17'' \text{N}$ ,  $24^{\circ} 43' 19'' \text{E}$  κοντά στην παλαιά εθνική οδό Ξάνθης-Καβάλας, Σχήμα 11. Η παροχή  $Q$  θεωρείται ότι είναι κατά προσέγγιση  $16.0 \text{ (m}^3/\text{s)}$  με συντηρητικές εκτιμήσεις. Η ανωτέρω τιμή είναι μικρότερη κατά πολύ της μέσης ετησίας τιμής του Νέστου ποταμού  $43.0 \text{ (m}^3/\text{s)}$ . Η μέση υψομετρική διαφορά  $H$  μεταξύ του ανάντη και του κατόντη χώρου ροής είναι  $3.0 \text{ (m)}$ . Η υψομετρική αυτή διαφορά είναι εκτιμώμενη με πιθανότητα λάθους. Στην θέση αυτή μπορεί να γίνει και περαιτέρω εκμετάλλευση του φορτίου. Με συντελεστή αποδόσεως  $\eta=0.7$  είναι,  $I=0.7 \times 1000.0 \times 9.81 \times 16.0 \times 3.0=329.62 \text{ (kW)}$ . Η εγκατάσταση δύναται να χρησιμοποιήσει υδροστροβίλους αξονικής ροής (Karlan) ή/και υδροστροβίλους τύπου Αρχιμήδη (πολλαπλοί). Οι υδροστροβίλοι δύναται να παράγουν ενέργεια για δώδεκα μήνες. Επομένως, η ετήσια ενέργεια θα είναι,  $E=329.62 \times 24 \times 365=2887.4 \text{ (MWh)}$ .



Σχήμα 11. Καταγραφή των υποψηφίων προς υδροηλεκτρική εκμετάλλευση τοποθεσιών, Περιφερειακή Ενότητα Καβάλας.



Σχήμα 12. Ροή κατόντη θυροφράγματος αρδευτικού αγωγού Νέστου ποταμού. Χρυσούπολη Καβάλας με  $41^{\circ} 2' 13'' \text{N}$ ,  $24^{\circ} 43' 17'' \text{E}$ , Περιφερειακή Ενότητα Καβάλας

### 3.2.2 Μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός Δήμου Ξάνθης πλησίον

Η ανάλυση αφορά την θέση μΥΗΣ Δήμου Ξάνθης με συντεταγμένες  $41^{\circ} 0' 25'' \text{N}$ ,  $24^{\circ} 43' 19'' \text{E}$ . Η παροχή  $Q$  θεωρείται ότι είναι κατά προσέγγιση  $16.0 \text{ (m}^3/\text{s)}$  με συντηρητικές εκτιμήσεις ως ανωτέρω δηλ. Χρυσούπολη 1. Η μέση υψομετρική διαφορά  $H$  μεταξύ του ανάντη και του κατόντη χώρου ροής είναι  $2.0 \text{ (m)}$ , Σχήμα 13. Η υψομετρική αυτή διαφορά είναι εκτιμώμενη με πιθανότητα λάθους. Στην θέση αυτή μπορεί να γίνει και περαιτέρω εκμετάλλευση του φορτίου. Με συντελεστή αποδόσεως  $\eta=0.7$  είναι,  $I=0.7 \times 1000.0 \times 9.81 \times 16.0 \times 2.0=219.7 \text{ (kW)}$ . Η εγκατάσταση δύναται να χρησιμοποιήσει υδροστροβίλους αξονικής ροής (Karlan) ή/και υδροστροβίλους τύπου Αρχιμήδη (πολλαπλοί). Ο υδροστροβίλος (υδροστροβίλοι) θα παράγει ενέργεια για δώδεκα μήνες. Επομένως, η ετήσια ενέργεια θα είναι,  $E=219.7 \times 24 \times 365=1899 \text{ (MWh)}$ . Πλην των ανωτέρω υπάρχει και η δυνατότητα εκμεταλλεύσεως της υπερχειλίζουσας ποσότητας ύδατος από τον κύριο εκχειλιστή του μΥΗΣ Δήμου Ξάνθης. Η τοποθεσία αυτή χρήζει περαιτέρω μελέτης.



Σχήμα 13. Εκχειλιστής αρδευτικού αγωγού Νέστου ποταμού, κατόντη μΥΗΣ. Χρυσούπολη Καβάλας με  $41^{\circ} 0' 25'' \text{N}$ ,  $24^{\circ} 43' 19'' \text{E}$ , Περιφερειακή Ενότητα Καβάλας.

### 3.2.3 Κεντρικός έλεγχος για έξοδο προς την φυσική ροή του Νέστου ποταμού

Η ανάλυση αφορά την θέση όπου υπάρχει ο κεντρικός έλεγχος για έξοδο της ροής προς την



φυσική ροή του Νέστου ποταμού όταν δεν χρειάζονται αρδεύσεις με συντεταγμένες 41° 00' 20''N, 24° 43' 45''E. Η παροχή Q θεωρείται ότι είναι κατά προσέγγιση 16.0 (m<sup>3</sup>/s) με συντηρητικές εκτιμήσεις. Η μέση υψομετρική διαφορά H μεταξύ του ανάντη και του κατάντη χώρου ροής είναι 2.0 (m), Σχήμα 14. Με συντελεστή αποδόσεως n=0.7 είναι,  $I=0.7 \times 1000.0 \times 9.81 \times 16.0 \times 2.0=219.74$  (kW). Ο υδροστρόβιλος (υδροστρόβιλοι), τύπος Αρχιμήδους ή Kaplan, θα παράγει ενέργεια για τέσσερις μήνες. Επομένως, η ενέργεια θα είναι,  $E=219.74 \times 24 \times 120=632.9$  (MWh). Στην θέση αυτή μπορεί να γίνει και περαιτέρω εκμετάλλευση του φορτίου. Επί οκτώ μήνες διοχετεύεται το νερό προς τον Νέστο ποταμό. Δημιουργείται υψομετρική διαφορά 2.0 (m). Η ισχύς που λαμβάνεται είναι  $I=0.7 \times 1000.0 \times 9.81 \times 16.0 \times 2.0=219.74$  (kW). Επομένως, η ενέργεια θα είναι,  $E=219.74 \times 24 \times 240=1265.7$  (MWh).



Σχήμα 14. Ροή κατάντη (απόμακρη) θυροφράγματος αρδευτικού αγωγού στην έξοδο προς την φυσική ροή του Νέστου ποταμού, 41° 00' 20.77''N, 24°43' 41.03''E, Περιφερειακή Ενότητα Καβάλας

### 3.2.4 Χρυσούπολη 2

Η ανάλυση αφορά την θέση με συντεταγμένες 40° 59' 35.99''N, 24° 43' 10.81''E. Η παροχή Q θεωρείται ότι είναι κατά προσέγγιση 16.0 m<sup>3</sup>/s με συντηρητικές εκτιμήσεις. Η μέση υψομετρική διαφορά H μεταξύ του ανάντη και του κατάντη χώρου ροής είναι 3.0 (m), Σχήμα 15. Με συντελεστή αποδόσεως n=0.7 είναι,  $I=0.7 \times 1000.0 \times 9.81 \times 16.0 \times 2.4=329.6$  (kW). Ο υδροστρόβιλος (υδροστρόβιλοι), τύπος Αρχιμήδους ή Kaplan, θα παράγει ενέργεια για τέσσερις μήνες. Επομένως, η ενέργεια θα είναι,  $E=329.6 \times 24 \times 120=949.2$  (MWh).



Σχήμα 15. Ροή κατάντη θυροφράγματος αρδευτικού αγωγού Νέστου ποταμού. Χρυσούπολη Καβάλας, 40° 59' 35.99''N, 24°43' 10.81''E, Περιφερειακή Ενότητα Καβάλας.

### 3.2.5 Χρυσούπολη 3

Η ανάλυση αφορά την θέση με συντεταγμένες 40° 59' 10''N, 24°42' 44''E. Η παροχή Q θεωρείται ότι είναι κατά προσέγγιση 8.0 (m<sup>3</sup>/s) με συντηρητικές εκτιμήσεις. Η μέση υψομετρική διαφορά H μεταξύ του ανάντη και του κατάντη χώρου ροής είναι 2.0 (m). Με συντελεστή αποδόσεως n=0.7 είναι,  $I=0.7 \times 1000.0 \times 9.81 \times 8.0 \times 2.0=109.9$  (kW). Ο υδροστρόβιλος, τύπος Αρχιμήδους, θα παράγει ενέργεια για τέσσερις μήνες. Επομένως, η ενέργεια θα είναι,  $E=109.9 \times 24 \times 120=316.4$  (MWh).

### 3.2.6 Χρυσούπολη 4

Η ανάλυση αφορά την θέση με συντεταγμένες 40° 58' 20''N, 24° 41' 42''E. Η παροχή Q θεωρείται ότι είναι κατά προσέγγιση 8.0 (m<sup>3</sup>/s) με συντηρητικές εκτιμήσεις. Η μέση υψομετρική διαφορά H μεταξύ του ανάντη και του κατάντη χώρου ροής είναι 1.0 (m). Με συντελεστή αποδόσεως n=0.7 είναι,  $I=0.7 \times 1000.0 \times 9.81 \times 8.0 \times 1.0=54.9$  (kW). Ο υδροστρόβιλος, τύπος Αρχιμήδους, θα παράγει ενέργεια για τέσσερις μήνες. Επομένως, η ενέργεια θα είναι,  $E=54.9 \times 24 \times 120=158.2$  (MWh).

Στην Περιφερειακή Ενότητα Καβάλας ευρίσκονται σε λειτουργία οι κάτωθι μΥΗΣ, <http://www.admie.gr>, α) Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Ξάνθης 0.938 (MW), β) Ισχύς Μακεδονίας Α.Ε. Κοκκινοχώρι Ποδοχωρίου Καβάλας 2+1.8 =3.8 (MW). Στη περιοχή του κάτω ρου του Νέστου ποταμού είναι εγκατεστημένο μόνο το μΥΗΣ της Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης Αποχέτευσης Ξάνθης των 0.938 (MW).

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εκ των αναφερθέντων στοιχείων είναι ευκόλως κατανοητό ότι όλες οι περιοχές που εξετάστηκαν δύνανται να παράγουν υδροηλεκτρική ενέργεια. Οι τοποθεσίες που αναλύθηκαν είναι ένα μικρό μόνο τμήμα των δυνατοτήτων που προσφέρουν για παραγωγή ενέργειας. Σε περιπτώσεις με χαμηλό ύψος πτώσεως μπορούν να χρησιμοποιηθούν υδροστρόβιλοι τύπου Αρχιμήδους. Σε μεγάλες παροχές αλλά με μεγαλύτερο ύψος πτώσεως πρέπει να χρησιμοποιηθούν υδροστρόβιλοι τύπου Kaplan ή πολλαπλοί τύπου Αρχιμήδους υδροστρόβιλοι. Σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν θα χρειασθεί ένα μικρός αναβαθμός για την δημιουργία ακόμη πιο μεγάλου ύψους πτώσεως αλλά και κατασκευή εισαγωγής του ύδατος στον υδροστρόβιλο. Οι μετρήσεις του ύψους πτώσεως και της παροχής θα πρέπει να μετρηθούν με μεγαλύτερη ακρίβεια. Η καμπύλη διάρκειας των παροχών θα χρειασθεί για να εκτιμηθεί το ακριβές μέγεθος της εγκατεστημένης ισχύος του υδροστροβίλου. Δεν έγινε οικονομική ανάλυση κάθε περιοχής. Αυτό είναι το έργο που πρέπει να επιτελεσθεί από εδώ και εμπρός. Το απώτερο σκεπτικό είναι η οικονομική εκμετάλλευση των τοποθεσιών που μελετήθηκαν η οποία θα προσδώσει σημαντικά οικονομικά οφέλη στους τοπικούς φορείς, Κοινότητες, Δήμοι, Τμήματα Υπουργείου Αγροτικής Αναπτύξεως (Εγχειρίδια Βελτιώσεις).

#### 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ-ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

1. C. Charisiadis, An introductory presentation to the "Archimedean screw" as a low head hydropower generator. WATENV, Leibniz Universitat Hannover, 2015.
2. G. Müller and J. Senior, (2009), Simplified theory of Archimedean screws. Journal of Hydraulic Research, 47 (5), pp. 666–669.
3. W.C. Schleicher, (2012), Numerical investigation and performance characteristic mapping of an Archimedean screw hydroturbine. MSc Thesis, Lehigh University, USA.
4. A. Stergiopoulou, V. Stergiopoulos V. and E. Kalkani, (2013), An eagle's CFD view of studying innovative Archimedean screw. Renewable hydraulic energy systems. Proceedings of the International CEMEPE/SECOTOX Conference pp. 454-459.
5. A. Stergiopoulou, V. Stergiopoulos V. and D.I. Tsioulas., (2013), Towards a first CFD study of innovative Archimedean kinetic energy conversion systems in Greece. 5<sup>th</sup> International Conference on Experiments/Process/System Modeling/Simulation/Optimization, Athens.
6. ΔΕΔΔΗΕ (2013), Διεύθυνση Χρηστών Δικτύου.
7. I.B. Σούλης (2017), Ισχύς Μικρών Υδροηλεκτρικών Σταθμών. Δ.Π.Θ., Πολ. Μηχ., Ξάνθη.
8. I.B. Σούλης (1984), Μικρά υδροδυναμικά έργα. Δ.Π.Θ., Πολ. Μηχ., Ξάνθη.
9. I.B. Σούλης (1995), Υδραυλικά στροβιλομηχαναί, Τόμος Α, Υδροστρόβιλοι", ΔΠΘ, Πολ. Μηχ., Ξάνθη.
10. I.B. Σούλης, Δ.Γ. Μπαιρακτάρης (2016), Υπολογιστική ανάλυση Αρχιμήδειου υδροστροβίλου. 10<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο για τα φαινόμενα μηχανικής ρευστών, Πάτρα.

#### ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

1. <http://www.admie.gr>
2. <http://www.alteren.gr>
3. <http://www.cres.gr>
4. <http://www.lagie.gr/>
5. <https://www.environmental-expert.com/companies/keyword-archimedean-screw-pump-18849>
6. <http://www.renewable.gr>
7. <http://users.itia.ntua.gr>
8. [www.rae.gr](http://www.rae.gr)
9. [www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)
10. [www.renewables](http://www.renewables) Global Status Report 2006 Update, REN21
11. [www.small-hydro.com](http://www.small-hydro.com)
12. [www.renewables](http://www.renewables) Global Status Report 2006 Update, REN21