

Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα (Μ.Υ.Η.Ε.) στις Ορεινές Περιοχές και οι Επιπτώσεις τους στο Περιβάλλον

Μ. Μέγα, Πολιτικός Μηχανικός, Μ.Δ.Ε. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη» Ε.Μ.Π.,
Μ.Δ.Ε. «Υδραυλική Μηχανική» Δ.Π.Θ.

Περίληψη

Είναι ευρέως γνωστό ότι οι συμβατικές πηγές ενέργειας (άνθρακας, πετρέλαιο, πυρηνική ενέργεια και φυσικό αέριο) επιφέρουν δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον, αφού εκλύουν σημαντικές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επειδή τα αποθέματα του πετρελαίου συνεχώς μειώνονται, θα πρέπει η παραγωγή ενέργειας να γίνεται από ανανεώσιμες πηγές (Α.Π.Ε.) και από υδροηλεκτρικά εργοστάσια.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η περιγραφή της λειτουργίας και του μηχανολογικού εξοπλισμού των Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων (Μ.Υ.Η.Ε.) που βρίσκονται σε ορεινές περιοχές, καθώς και οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον.

Συγκεκριμένα, αναπτύσσεται η αρχή λειτουργίας των Μ.Υ.Η.Ε. και γίνεται περιγραφή των τεχνικών έργων υδροληψίας, του συστήματος προσαγωγής, των υδροστροβίλων και του υδροηλεκτρικού σταθμού παραγωγής. Επιπλέον, ερευνώνται οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την λειτουργία ενός Μ.Υ.Η.Ε.. Ακόμη έγινε μια καταγραφή των υφιστάμενων Μ.Υ.Η.Ε. που υπάρχουν σε χείμαρρους του ποταμού Αράχθου.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε ένας ενδεικτικός σχεδιασμός (case study) νέου Μ.Υ.Η.Ε. στον χείμαρρο Αγναντίτη του Αράχθου ποταμού στο Νομό Άρτας, χρησιμοποιώντας υδρομετρικά στοιχεία παροχής της Δ.Ε.Η. για τα έτη 1989-1990, 1990-1991 και 1991-1992. Η βέλτιστη θέση εγκατάστασης του υδροηλεκτρικού σταθμού έγινε με βάση τον χάρτη με τις ισοϋψείς και επιλέχθηκε εκείνη όπου το νερό εμφανίζει μεγάλο ύψος πτώσης.

Συμπερασματικά, τα Μ.Υ.Η.Ε. παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα όπως οι μηδενικές εκπομπές ρύπων και οι περιορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης-απόζευξης στο δίκτυο, η ανυπαρξία κόστους πρώτης ύλης, το χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας, η αξιοπιστία, η αυτόνομη λειτουργία και η παραγωγή ενέργειας άριστης ποιότητας χωρίς διακυμάνσεις. Όλα τα παραπάνω καθιστούν τα Μ.Υ.Η.Ε. ιδιαίτερα ελκυστική μορφή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις ορεινές περιοχές που εμφανίζουν πλούσιο υδατικό δυναμικό. Επίσης, τα Μ.Υ.Η.Ε. συμβάλουν τόσο στην ενεργειακή όσο και στην οικονομική ανάπτυξη των ορεινών περιοχών, αφού η παραγόμενη ενέργεια αποφέρει κέρδη στην τοπική κοινωνία.

Λέξεις-Κλειδιά: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα, υδροστρόβιλος

Εισαγωγή

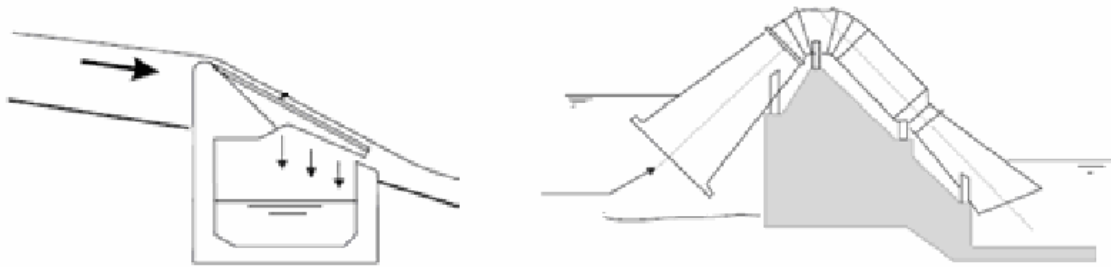
Η υδραυλική ενέργεια, η ενέργεια του νερού, είναι μια ανανεώσιμη και αποκεντρωμένη πηγή ενέργειας που υπηρέτησε και υπηρετεί πιστά τον άνθρωπο στο δρόμο της ανάπτυξης. Συνεπώς, η αξιοποίηση του μικρού υδροδυναμικού των εκατοντάδων μικρών ή μεγαλύτερων υδατορευμάτων και πηγών της ορεινής Ελλάδας με την κατασκευή αποκεντρωμένων και αναπτυξιακών Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων (Μ.Υ.Η.Ε.) οδηγεί στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος αλλά και στην κάλυψη άλλων τοπικών αναγκών.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η περιγραφή της λειτουργίας και του μηχανολογικού εξοπλισμού των Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων (Μ.Υ.Η.Ε.) που βρίσκονται σε ορεινές περιοχές, καθώς και οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. Επίσης, γίνεται καταγραφή των υφιστάμενων Μ.Υ.Η.Ε. που υπάρχουν σε χείμαρρους του ποταμού Αράχθου και

πραγματοποιείται ένας ενδεικτικός σχεδιασμός (case study) νέου Μ.Υ.Η.Ε. στον χείμαρρο Αγναντίτη του Αράχθου στο Νομό Άρτας.

Περιγραφή Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων

Το πρώτο εν σειρά, από ανάντη, έργο είναι το τεχνικό υδροληψίας με το οποίο αποσπάται η ενεργειακά εκμεταλλεύσιμη παροχή από το φυσικό υδατόρευμα ή, γενικότερα από την πηγή ύδατος. Οι κύριοι τύποι υδροληψίας είναι η ορεινή (tyrolean intake), η πλευρική (side intake) και η υδροληψία τύπου σίφωνα (siphon intake). Οι δύο πρώτοι τύποι εφαρμόζονται συνήθως όταν το νερό προέρχεται από φυσικό υδατόρευμα, ενώ ο τρίτος εφαρμόζεται σε περιπτώσεις αξιοποίησης νερού από υφιστάμενο ταμιευτήρα ή κανάλι. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται μία τυπική τομή υδροληψίας ορεινού τύπου και τύπου σίφωνα.



Σχήμα 1. Τυπική τομή υδροληψίας ορεινού τύπου (αριστερά) και τύπου σίφωνα (δεξιά) (ESHA, 1998).

Figure 1. Typical cut of water consuming tyrolean intake (left) and siphon intake (right) (ESHA, 1998)

Μία σημαντική ειδοποιός διαφορά των Μ.Υ.Η.Ε. από τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα, εκτός του τυπικού ορίου των 10 MW εγκατεστημένης ισχύος, έγκειται στον τρόπο λειτουργίας της υδροληψίας. Ο αναβαθμός που κατασκευάζεται στις υδροληψίες των Μ.Υ.Η.Ε. έχει πολύ μικρό ύψος και δε στοχεύει στην αναρρύθμιση της φυσικής απορροής με τη δημιουργία ταμιευτήρα, αλλά στη διαμόρφωση κατάλληλων συνθηκών για τη διοχέτευση της απαιτούμενης παροχής στο σύστημα προσαγωγής.

Η υδροληψία είναι σχεδιασμένη ώστε ένα μέρος της παροχής (οικολογική παροχή) να αποδίδεται απευθείας στο φυσικό υδατόρευμα, προκειμένου να διατηρούνται ικανές συνθήκες επιβίωσης για το παρόχθιο οικοσύστημα. Όπου απαιτείται κατασκευάζεται ειδικό τεχνικό για τη διευκόλυνση της μετακίνησης των ψαριών κατά μήκος της κοίτης (ιχθυόσκαλα, fish ladder). Στις πλευρικές υδροληψίες προβλέπεται η ενσωμάτωση θυροφραγμάτων στον αναβαθμό για την εκκένωση των φερτών, ώστε σε κάθε περίπτωση να μη παρεμποδίζεται η στερεομεταφορά κατά μήκος της κοίτης. Με επίπεδο αναφοράς την υφιστάμενη κοίτη, κυμαίνεται στο διάστημα 0-5 m.

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

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

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

Τα συνήθη υλικά που χρησιμοποιούνται είναι ο χάλυβας, συνθετικά υλικά (PVC, GRP), οπλισμένο ή άοπλο σκυρόδεμα (σήραγγες) και, σπανιότερα, ξύλο. Η επιλογή του κατάλληλου υλικού σχετίζεται με τις επιτόπου συνθήκες εγκατάστασης, τις αναμενόμενες καταπονήσεις και τα διατιθέμενα μέσα και κατασκευαστικές δυνατότητες. Βασικά κριτήρια για την επιλογή διαμέτρου είναι ο περιορισμός των υδραυλικών απωλειών και του κόστους, καθώς και η διατήρηση της ταχύτητας σε συγκεκριμένα επίπεδα¹ (1~5 m/s). Προκειμένου να μειωθεί το κόστος μεταφοράς συχνά επιλέγονται δύο ή τρεις διαφορετικές κατηγορίες διαμέτρου και οι μικρότεροι σωλήνες τοποθετούνται μέσα στους μεγαλύτερους κατά τη μεταφορά (nesting).

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

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

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

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

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

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

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

Επιπτώσεις Μ.Υ.Η.Ε. στο περιβάλλον

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός έργου σχετίζονται συνήθως με τη λειτουργία των οικοσυστημάτων και τη ρύπανση. Γενικότερα όμως μπορούν να αναφέρονται και σε θέματα αισθητικά, πολιτιστικά, κοινωνικά ή οικονομικά. Οι κύριες περιβαλλοντικές παράμετροι που συνδέονται με τη λειτουργία των Μ.Υ.Η.Ε. είναι οι ακόλουθες:

- Οπτική όχληση και αισθητική ένταξη.
- Φυσικό περιβάλλον, δηλαδή χλωρίδα και πανίδα (κυρίως ιχθυοπανίδα) και οικολογική παροχή.
- Έδαφος (επιφανειακά και υπόγεια νερά).

Είναι φανερό, ότι όλα τα ανωτέρω δεν επηρεάζονται στον ίδιο βαθμό από όλα τα έργα που πραγματοποιούνται. Παράγοντες, όπως το μέγεθος, η φύση του Μ.Υ.Η.Ε. και τα χαρακτηριστικά του (π.χ. ύπαρξη ταμιευτήρα, εκτεταμένο οδικό δίκτυο κ.ά.), καθορίζουν σημαντικά τον βαθμό στον οποίο ασκείται πίεση στο περιβάλλον.

Εξ' ορισμού, ένας Μικρός Υδροηλεκτρικός Σταθμός (Μ.Υ.Η.Σ.) αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον. Το σύνολο των επιμέρους παρεμβάσεων του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τοπικούς πόρους. Ακόμα, η πλήρης αυτοματοποίηση των Μ.Υ.Η.Ε. οδηγεί στην ελαχιστοποίηση των λειτουργικών εξόδων και περιορίζει τις ανάγκες σε προσωπικό και σε απλές περιοδικές επισκέψεις ελέγχου.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των Μ.Υ.Η.Ε., ακόμη και στην περίπτωση της δημιουργίας μικρών ταμιευτήρων, δεν σχετίζονται με αυτές των μεγάλων μονάδων παραγωγής, στις οποίες εντοπίζονται εδαφικές (π.χ. τραυματισμός του εδαφικού προφίλ από τις κατασκευές, αισθητική ένταξη του έργου), υδρολογικές (π.χ. δίαιτα του ποταμού, εμπλουτισμός υπόγειων νερών, χρήση του νερού), οικολογικές (π.χ. πανίδα και χλωρίδα), κοινωνικές (π.χ. μετακίνηση οικισμών λόγω κατάκλισης, αλλαγή συνηθειών) ή οικονομικές διαφοροποιήσεις (π.χ. χρήση γης).

Στη συνέχεια, παρατίθενται και σχολιάζονται κάποια βασικά ζητήματα που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την εγκατάσταση και λειτουργία Μ.Υ.Η.Ε. και που επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα την περιβαλλοντική τους «συμβατότητα». Τονίζεται ότι τα σημεία αυτά αποτελούν τα βασικά σημεία των επιπτώσεων που μπορούν να επέλθουν από ένα Μ.Υ.Η.Ε. και ενδέχεται να διαφοροποιούνται ως προς την έκταση και την έντασή τους, ανάλογα με την περίπτωση.

Οπτική όχληση – αισθητική ένταξη

Η οπτική όχληση προκαλείται κυρίως από τα έργα οδοποιίας (σύνοδο έργο του Μ.Υ.Η.Ε.), τα οποία, εάν δεν σχεδιαστούν και εκτελεστούν προσεκτικά, μπορεί να δημιουργήσουν μεγάλα πρηνή, τα οποία έχουν μια έντονη επίπτωση στην αισθητική του τοπίου. Επίσης, μπορεί να επιφέρουν κατολισθήσεις σε ασταθή εδάφη. Μια έμμεση αλλά σοβαρή επίπτωση είναι η αλόγιστη διάθεση των μπαζών σε κοντινά ρέματα ή χαράδρες. Οι οπτικές επιπτώσεις από το φράγμα και το έργο υδροληψίας, τον αγωγό προσαγωγής, το κτίριο του σταθμού παραγωγής, το οποίο είναι σχετικά μικρό (περίπου 100 m²) και μπορεί να έχει τοπικό/παραδοσιακό χαρακτήρα (π.χ. πέτρα), και από τις γραμμές μεταφοράς μπορεί να είναι ελάχιστες, έως και μηδενικές, εάν το έργο σχεδιαστεί με κάποια βασική περιβαλλοντική ευαισθησία.

Στα Μ.Υ.Η.Ε. μεγάλης πτώσης, η απόσταση ανάμεσα στα έργα κεφαλής/υδροληψίας και στην έξοδο μπορεί να είναι έως και μερικά χιλιόμετρα, οπότε το εκτρεπόμενο νερό σε κανάλι ή αγωγό μπορεί να είναι ένα έντονο γραμμικό χαρακτηριστικό. Ωστόσο, η οπτική παρουσία των καναλιών δεν είναι απαραίτητα επιβλαβής στο τοπίο. Το μόνο που θα μπορούσε να προκαλέσει μια μικρή οπτική υποβάθμιση είναι τα πρανή που διαμορφώνονται κατά μήκος των καναλιών, τα οποία όμως καλύπτονται με αυτοφυή βλάστηση μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Ένα δεύτερο πρόβλημα μπορεί να είναι η αλλαγή της εμφάνισης κάποιου καταρράκτη, στο εκτρεπόμενο τμήμα των νερών.

Στην περίπτωση δημιουργίας ταμιευτήρων, οι πιθανές οπτικές επιπτώσεις προέρχονται από την κατάκλιση της γης, που μπορεί να επηρεάσει τη γεωργία της περιοχής, τις τοπικές υποδομές, τους αρχαιολογικούς χώρους και τις προστατευόμενες περιοχές. Θα προκληθεί οπτική όχληση, λόγω της αλλαγής του τοπίου και πιθανώς να προκληθούν αλλαγές στον τοπικό υδροφόρο ορίζοντα, οι οποίες με τη σειρά τους θα προκαλέσουν αλλαγές στο υδάτινο και στο χερσαίο φυσικό περιβάλλον. Βέβαια, στις περισσότερες των περιπτώσεων, ο ταμιευτήρας (όταν επιλέγεται η κατασκευή φράγματος) μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία υγρότοπου και σε ένα καθ' όλα αποδεκτό αισθητικό αποτέλεσμα.

Φυσικό περιβάλλον, γλωρίδα- πανίδα (κυρίως ιχθυοπανίδα)

Οι περιοχές αξιοποίησης υδάτινου δυναμικού εντοπίζονται κυρίως σε ημιορεινές-ορεινές περιοχές (δασικές ή χέρσες εκτάσεις), όπου η ύπαρξη του φυσικού πόρου (νερό) σε συνδυασμό με την υψομετρική διαφορά που επιτυγχάνεται από το σημείο υδροληψίας μέχρι τον σταθμό παραγωγής ενέργειας, εξασφαλίζουν τη σκοπιμότητα και βιωσιμότητα του έργου.

Κατηφορικά της ορεινής υδροληψίας ή του φράγματος, η παροχή στη φυσική κοίτη του ποταμού μπορεί να μηδενιστεί, για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Το γεγονός αυτό μπορεί να επιφέρει μη αντιστρέψιμες συνέπειες στη γλωρίδα και την πανίδα, που συναντάται στην περιοχή μεταξύ της υδροληψίας και του σταθμού παραγωγής ενέργειας. Για τον λόγο αυτόν θα πρέπει να εξασφαλίζεται η κατάλληλη ποσότητα νερού κατηφορικά της υδροληψίας (οικολογική παροχή), για τη διατήρηση της ισορροπίας της γλωρίδας και πανίδας.

Επίσης, κατά τη φάση των κατασκευών, η αποψίλωση της βλάστησης θα πρέπει να περιορίζεται στην απολύτως αναγκαία έκταση για τη δημιουργία των έργων. Σε περιπτώσεις δημιουργίας ταμιευτήρα, μεταβάλλεται μόνιμα η γλωρίδα στη λεκάνη κατάκλισης, καθώς απαιτείται η εκχέρσωση της βλάστησης που βρίσκεται στη λεκάνη κατάληψης του δημιουργουμένου ταμιευτήρα.

Τέλος, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην πανίδα που ζει ή χρησιμοποιεί την περιοχή και να εξασφαλίζεται η ελεύθερη κίνηση της ιχθυοπανίδας (εφόσον υπάρχει), έτσι ώστε να μη δημιουργούνται εμπόδια στα είδη ψαριών που διακινούνται κατά μήκος του ποταμού. Για τον λόγο αυτόν, θα πρέπει να προβλέπεται ειδική τεχνική κατασκευή (ιχθυόδρομος).

Έδαφος, επιφανειακά και υπόγεια νερά

Η υδροληψία/φράγμα διακόπτει τη συνεχή παροχή των φερτών υλικών κατά μήκος του ποταμού, με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται με την πάροδο του χρόνου στην υδροληψία ή στον δημιουργούμενο ταμιευτήρα. Οι φερτές ύλες αποτελούν πρόβλημα, που απαιτεί συνεχή αντιμετώπιση για τη σωστή λειτουργία του έργου. Η διακοπή της ροής των φερτών δημιουργεί μακροπρόθεσμα μεταβολή στην κοίτη και την εκβολή του ποταμού, ενώ αύξηση της διάβρωσης μπορεί να επέλθει και κατηφορικά του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αν δεν ληφθούν κατάλληλα μέτρα.

Η λειτουργία των Μ.Υ.Η.Ε. επηρεάζει σημαντικά τα επιφανειακά ύδατα της περιοχής και συγκεκριμένα, από το σημείο του φράγματος/υδροληψίας μέχρι την έξοδο των υδάτων στην κοίτη του ποταμού, στο ύψος του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στο τμήμα αυτό,

αν και θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα ελάχιστης παροχής για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας (οικολογική παροχή), θα μειωθεί δραστικά η υδατική δίαιτα του ποταμού, με την αξιοποίηση του υδάτινου δυναμικού.

Παράλληλα, κατά τον σχεδιασμό και τη χωροθέτηση ενός Μ.Υ.Η.Ε., θα πρέπει να εξασφαλίζονται οι υφιστάμενες χρήσεις του νερού κατάντη του έργου υδροληψίας και μέχρι τον σταθμό παραγωγής ή να εξετάζονται εναλλακτικές λύσεις. Θα πρέπει να σημειωθεί το γεγονός, ότι μετά την αξιοποίηση του νερού, δεν επέρχεται καμιά μεταβολή στην ποιότητά του.

Τέλος, στην περίπτωση κατασκευής φράγματος και δημιουργίας ταμιευτήρα, σημειώνεται ανύψωση της στάθμης της ελεύθερης επιφάνειας του νερού, με αποτέλεσμα την ανύψωση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται κωδικοποιημένα τα περιβαλλοντικά θέματα που σχετίζονται με τα Μ.Υ.Η.Ε. και τα μέτρα που μπορούν να εφαρμοστούν για την αντιμετώπιση ανεπιθύμητων καταστάσεων.

Πίνακας 1. Περιβαλλοντικά θέματα Μ.Υ.Η.Ε. και προτεινόμενα μέτρα αντιμετώπισης.

Table 1. Environmental issues of Small Hydro and proposals

Περιβαλλοντικά θέματα Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων		
Θετικές επιδράσεις	Επιπτώσεις	Προτάσεις
Απουσία εκπομπών (CO ₂ , NO _x , SO ₂).	Οπτική όχληση/τοπίο.	Χρήση υλικών και πρακτικών της περιοχής για κατασκευές. Κατάλληλος σχεδιασμός και χωροθέτηση των στοιχείων του Μ.Υ.Η.Ε.. Εγκιβωτισμός αγωγών, κατάλληλη χάραξη οδικού δικτύου, χρήση υφιστάμενων δρόμων.
Συμβολή στην αύξηση οξυγόνωσης των υδατορευμάτων.	Θνησιμότητα ιχθυοπανίδας.	Κατάλληλος σχεδιασμός (π.χ. χρήση παγίδων ιχθυοπανίδας στην υδροληψία, χρήση ιχθυόδρομων όπου απαιτείται).
Ο ταμιευτήρας (όταν χρησιμοποιείται) δημιουργεί νέους βιότοπους.	Σύνδεση με το δίκτυο.	Περιορισμός επιπτώσεων (π.χ. αποκατάσταση περιοχής, επιλογή υπόγειων εργασιών).
	Χλωρίδα και υδατικοί πόροι.	Μείωση της επέμβασης σε οικοσυστήματα και εκχέρσωση βλάστησης. Εξασφάλιση οικολογικής παροχής και χρήσεων νερού κατάντη.
	Οδικό δίκτυο.	Περιορισμός επιπτώσεων (π.χ. χρήση του υφιστάμενου δικτύου όπου είναι εφικτό, κατάλληλη διάνοιξη δρόμων, αποκατάσταση πρηνών και φυσικής βλάστησης, συντήρηση του οδικού δικτύου).

Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις από την υδροληψία και συναφή έργα

Στην περίπτωση της επιλογής υδροληψίας ορεινού τύπου και την κατασκευή οδών προσπέλασης, δεν αναμένονται σημαντικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον, με την προϋπόθεση ότι:

- Εξασφαλίζεται η προσαρμογή της υδροληψίας στην κοίτη του ποταμού, με έργα χαμηλού ύψους, ώστε να μην αλλοιώνεται η φυσιογνωμία του χώρου.

- Γίνεται προσπάθεια, ιδιαίτερα σε περιοχές ιδιαίτερου φυσικού κάλλους ή προστατευόμενες περιοχές (NATURA 2000), να αποφεύγεται η εκχέρσωση σημαντικού αριθμού δέντρων, για την κατασκευή της υδροληψίας και των οδών προσπέλασης.
- Προβλέπεται ειδική τεχνική κατασκευή (ιχθυόδρομος), που να επιτρέπει την ελεύθερη κίνηση της ιχθυοπανίδας (εφόσον υπάρχει).
- Προβλέπεται κατάλληλη χάραξη των δρόμων προσπέλασης και κατάλληλη δενδροφύτευση και αντιστήριξη των πρανών, για την αντιμετώπιση σχετικά μεγάλων εκσκαφών.
- Εξασφαλίζεται η κατάλληλη ποσότητα νερού κατάντη της υδροληψίας (οικολογική παροχή), για τη διατήρηση της ισορροπίας της χλωρίδας και πανίδας.
- Εξασφαλίζονται οι υφιστάμενες χρήσεις νερού κατάντη του έργου υδροληψίας και μέχρι τον σταθμό παραγωγής ή εξετάζονται εναλλακτικές.
- Κατασκευάζεται ειδική διάταξη για τη διάθεση (περιοδική, μέσω εκκενωτή πυθμένα ή συνεχής, σε υδροληψία ορεινού τύπου) των λεπτόκοκκων φερτών, κατάντη του έργου. Στην περίπτωση ορεινής υδροληψίας, θα πρέπει να σχεδιάζεται η περιοδική διάθεση των χονδρόκοκκων υλικών κατάντη.

Στην περίπτωση της επιλογής κατασκευής φράγματος, θα πρέπει να εξεταστούν με προσοχή τα ακόλουθα:

- Υλικά κατασκευής του φράγματος και των επιμέρους έργων (ενδείκνυται τα χωμάτινα φράγματα, καθώς έχουν καλύτερη προσαρμογή στον χώρο και καλύτερη συμπεριφορά σε περιπτώσεις σεισμών).
- Χώροι απόληψης και απόρριψης υλικών (αποφυγή απόληψης και απόρριψης υλικών σε χώρους εκτός της έκτασης κατάληψης του ταμιευτήρα, εάν πρώτα δεν εξεταστεί η δυνατότητα αυτή).
- Χωροθέτηση του φράγματος (αν και στις περισσότερες περιπτώσεις το φράγμα χωροθετείται σε στενώματα ποταμών, θα πρέπει να ελεγχθεί εάν ο δημιουργούμενος ταμιευτήρας και η λειτουργία του έργου μπορούν να εξασφαλίσουν τη δημιουργία υδροτοπικού οικοσυστήματος και δεν επιδρούν αρνητικά στη χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής, τόσο κατά την κατασκευή, όσο και κατά τη λειτουργία του).
- Ευστάθεια του φράγματος και σεισμικότητα της περιοχής (σε μεγάλες κατασκευές ενδείκνυται η εξέταση διάδοσης πλημμυρικού κύματος, σε περίπτωση μερικής ή ολικής καταστροφής του φράγματος και ιδιαίτερα σε περιπτώσεις εγγύτητας οικισμών).

Υπάρχοντα Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα σε χειμάρρους του ποταμού Αράχθου

Ο ποταμός Αραχθός εμφανίζει πλούσιο υδατικό δυναμικό και το ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δέχεται ετησίως είναι το μεγαλύτερο της χώρας. Η μεγάλη ποσότητα των υδάτων της λεκάνης απορροής του Αράχθου, ώθησε τους κατοίκους των γειτονικών Δήμων να την εκμεταλλευτούν ενεργειακά και να παράξουν υδροηλεκτρική ενέργεια. Συνεπώς, κατά μήκος των χειμάρρων του Αράχθου έχουν κατασκευαστεί Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα, τα οποία αξιοποιούν μεγάλα ύψη πτώσης του νερού και περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο Κρυοπηγής

Το Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο Κρυοπηγής, ισχύος 250 KW και παραγόμενης ενέργειας 1,39 GWh ετησίως, έχει κατασκευαστεί στο Δήμο Αγνάντων του Νομού Άρτας, 500 m πάνω από τον οικισμό Κρυοπηγής της τέως κοινότητας Καταρράκτη. Το ανωτέρω έργο εκμεταλλεύεται τα νερά της πηγής τα οποία οδεύουν έπειτα στο κυρίως ρέμα του Καταρράκτη. Η πρόσβαση

στη θέση του έργου είναι ευχερής μέσω της υφιστάμενης ασφαλτοστρωμένης οδού Καταρράκτη-Κρυσπηγής μέχρι το τουριστικό περίπτερο στους Καταρράκτες.

Η λειτουργία του έργου έχει σχεδιαστεί ως εξής: τα νερά της πηγής μέσω υπάρχοντος τσιμενταύλακα οδεύουν σε μια δεξαμενή από οπλισμένο σκυρόδεμα διαστάσεων 24 m x 24 m (σημείο 1 του συνημμένου Χάρτη 1, Παράρτημα). Ο τσιμενταύλακας αλλά και η δεξαμενή έχουν κατασκευασθεί για να καλύπτουν τις αρδευτικές ανάγκες των οικισμών Κρυσπηγής-Καταρράκτη. Στη δεξαμενή έχει τοποθετηθεί σταθμήμετρο το οποίο δίνει εντολή για το κλείσιμο και το άνοιγμα της τουρμπίνας. Στην περίπτωση περίσσειας ύδατος (>200 lt/sec) το επιπλέον νερό υπερχειλίζει από τη δεξαμενή και μέσω του υπάρχοντος τσιμενταύλακα καταλήγει πάλι στο ρέμα. Από την δεξαμενή η οποία σήμερα χρησιμοποιείται σαν ταμιευτήρας ύδατος, αλλά και σαν εξαμμωτής, ξεκινάει ένας αγωγός Φ200 ο οποίος καταλήγει κάτω από τη γέφυρα της Κρυσπηγής, από όπου ξεκινούν οι αρδευτικές ανάγκες, σε αρδευτικά τσιμεντένια κανάλια. Ο υδροηλεκτρικός σταθμός του έργου έχει τοποθετηθεί πριν από τα αρδευτικά τσιμεντένια κανάλια, έτσι ώστε τα νερά εξερχόμενα από τη διώρυγα φυγής να καταλήγουν πάλι σε αυτά. Ο υδροηλεκτρικός σταθμός συνδέεται με το δίκτυο μέσης τάσης 20 KV (Μ.Τ.) της Δ.Ε.Η., μέσω μετασχηματιστή ύψωσης τάσης. Η παραγόμενη ενέργεια πωλείται στη Δ.Ε.Η..

Το έργο υπάγεται στα διοικητικά όρια του Δήμου Αγνάντων του Νομού Άρτας και δεν βρίσκεται εντός ορίων προστατευόμενης περιοχής. Δεν έχει κατασκευαστεί υδροληψία ούτε δημιουργείται λίμνη, επειδή ο υπάρχων τσιμενταύλακας φθάνει μέχρι την είσοδο της πηγής. Συνεπώς, η υδροληψία είναι η υφιστάμενη δεξαμενή στο υψόμετρο +1065 m.

Τα ύδατα μέσω του αγωγού προσαγωγής φθάνουν στον υδροηλεκτρικό σταθμό (σημείο 2 του συνημμένου Χάρτη 1), ο οποίος κατασκευάστηκε σε απόλυτο υψόμετρο +910 m αμέσως κατάντη της γέφυρας της Κρυσπηγής, από όπου αφού διέλθουν από την μονάδα ηλεκτροπαραγωγής επανέρχονται στο ρέμα, μέσω της διώρυγας φυγής ή επανέρχονται στο αρδευτικό κανάλι κατά την αρδευτική περίοδο. Η προσαγωγή του νερού γίνεται με αγωγό που οδεύει σε όρυγμα επιχωματωμένος παραπλεύρως του υφιστάμενου δρόμου. Ο αγωγός αποτελείται από χαλύβδινους σωλήνες ελικοειδούς ραφής, συνολικού μήκους 450 m και η διάμετρός του ανέρχεται σε 300 χιλιοστά. Στα σημεία όπου ο αγωγός αλλάζει έντονα η όδευση ή η κλίση του, αγκυρώνεται με σώματα από σκυρόδεμα. Ο χαλύβδινος αγωγός έχει αντιδιαβρωτική προστασία τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό του μέρος από βαφή εποξειδικής πίσσας, καθώς και καθοδική προστασία.

Το κτίριο του υδροηλεκτρικού σταθμού έχει διαστάσεις 10 m x 12 m, με υψόμετρο δαπέδου στα 910 m, είναι μονώροφο και κατασκευασμένο βασικά από σκυρόδεμα. Η σκεπή του αποτελείται από δίρριχτη κεκλιμένη πλάκα η οποία επικαλύπτεται με κεραμίδια, σύμφωνα με την αρχιτεκτονική των οικισμών Κρυσπηγής και Καταρράκτη και το κτίριο είναι ενδεδυμένο με πέτρα της περιοχής. Ο στρόβιλος εδράζεται σε ειδική διαμόρφωση του δαπέδου του κτιρίου, ενώ ο υπόλοιπος εξοπλισμός εδράζεται πάνω στο δάπεδο. Για την στερέωση του εξοπλισμού έχουν χρησιμοποιηθεί αγκύρια και σκυρόδεμα δευτέρου σταδίου. Η επικάλυψη του δαπέδου είναι βιομηχανικού τύπου. Στην είσοδο του υδροηλεκτρικού σταθμού υπάρχει μια μεταλλική συρόμενη πόρτα πλάτους 2 m. Το κτίριο έχει εξωτερικά προστατευόμενα παράθυρα για τον φυσικό φωτισμό του, όλα δε τα παράθυρα και οι πόρτες των εσωτερικών χώρων του κτιρίου είναι κατασκευασμένες από αλουμίνιο.

Οι μετασχηματιστές έχουν τοποθετηθεί υπαιθρίως παράπλευρα του κτιρίου του υδροηλεκτρικού σταθμού σε ιδιαίτερο χώρο που είναι περιφραγμένος για λόγους ασφαλείας. Κάτω από τον χώρο των μετασχηματιστών υπάρχει σκάμμα με σκύρα όπου συλλέγονται τα έλαια του μετασχηματιστή σε περίπτωση αστοχίας αυτού. Στον υδροηλεκτρικό σταθμό υπάρχει ιδιαίτερος χώρος για τους πίνακες Μ.Τ., τους πίνακες αυτοματισμού τροφοδοσίας και ελέγχου.

Το έργο λειτουργεί αυτόματα και έχει δυνατότητα τηλεπιτήρησης. Για την επίτευξη αυτού του τρόπου λειτουργίας επί του έργου έχει εγκατασταθεί όλος ο απαραίτητος εξοπλισμός για την λειτουργία, τη ρύθμιση και την προστασία του έργου. Η συγκεκριμένη αξιοποίηση του υδάτινου πόρου δεν επηρεάζει αρνητικά τις οικονομικές, τις αναπτυξιακές και τις δημογραφικές δυνατότητες της περιοχής και έχει ληφθεί κάθε μέριμνα ώστε το έργο να εντάσσεται καλώς στο χώρο.

Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο Αγίας Αικατερίνης ή Σμίξης

Ο Μικρός Υδροηλεκτρικός Σταθμός Σμίξης βρίσκεται κοντά στα όρια του οικισμού Κρυσπηγής του Δήμου Αγνάντων του Νομού Αρτας, έχει ισχύ 270 KW και αξιοποιεί το υδάτινο δυναμικό των πηγών Κρυσπηγής για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το έργο εκμεταλλεύεται μία δημιουργούμενη πτώση 110 m σε μήκος 900 m περίπου.

Η διάταξη πρόσληψης των υδάτων από την κοίτη του ποταμού είναι μια παραλλαγή της κλασικής υδροληψίας ορεινού τύπου και μέρος της έχει κατασκευαστεί από σκυρόδεμα. Η αρχή λειτουργίας της βασίζεται στην βασική αρχή της υδροληψίας (δέσης) των παραδοσιακών υδρομύλων, όπου μέρος της ποσότητας νερού εκτρέπεται από την κοίτη του ρέματος μέσω απλής υπερύψωσης της στάθμης. Η υδροληψία είναι υπερπηδητή και εφοδιασμένη με κεκλιμένες εσχάρες, οι δε διαστάσεις της είναι 3 m πλάτος και 1 m ύψος.

Επισημαίνεται ότι η συγκεκριμένη υδροληψία κατασκευάστηκε για την πρόσληψη των υδάτων που υπερχειλίζουν από τις πηγές και που δεν δεσμεύονται από το υφιστάμενο αρδευτικό δίκτυο (μέση ετήσια παροχή πρόσληψης ~100 lt/sec). Στη θέση της υδροληψίας (σημείο 3 του συνημμένου Χάρτη 1), έγινε καθαρισμός της κοίτης από σαθρά υλικά και δημιουργήθηκε η υποδομή θεμελίωσης.

Η υδροληψία είναι εφοδιασμένη με χειροκίνητο, ολισθαίνον θυρόφραγμα καθαρισμού για την απομάκρυνση των φερτών υλικών. Στην διάταξη της υδροληψίας ενσωματώθηκε και η διάταξη του εξαμμωτή για την συγκράτηση των φερτών σωματιδίων. Ο εξαμμωτής κατασκευάστηκε από οπλισμένο σκυρόδεμα με κεκλιμένο δάπεδο, ενώ ανάντη υπάρχει θυρόφραγμα ελέγχου για τον έλεγχο της διερχόμενης παροχής προς τον εξαμμωτή. Ο εξαμμωτής φέρει υπερχειλιστή ασφαλείας και πλάκα για την προστασία του. Στον εξαμμωτή έχει εγκατασταθεί ηλεκτρονικό σταθμόμετρο για την αυτόματη λειτουργία της μονάδας που δίνει σήμα στο σύστημα ελέγχου του υδροηλεκτρικού σταθμού. Η σύνδεση του σταθμόμετρου με τον υδροηλεκτρικό σταθμό γίνεται με θωρακισμένο καλώδιο που οδεύει κατά μήκος του αγωγού προσαγωγής.

Το νερό μετά τον εξαμμωτή μεταφέρεται μέσω του αγωγού μεταφοράς στο σημείο συμβολής, στο οποίο συγκεντρώνονται και τα νερά που προσλαμβάνονται από τον αγωγό φυγής του ανάντη υδροηλεκτρικού σταθμού καθώς και τα νερά του έτερου αρδευτικού καναλιού που περνά από το εν λόγω σημείο.

Δεδομένου του μικρού ύψους του φράγματος της υδροληψίας και της μορφολογίας της περιοχής, γεωλογικά δεν αναμένεται να υπάρξουν προβλήματα διαρροών. Αμέσως κατάντη του εξαμμωτή υπάρχει συρταρωτή δικλείδα για την παροχή του νερού διαχείρισης του οικοσυστήματος της κοίτης. Η παροχή αυτή είναι 0,029 m³/sec, δηλαδή αποτελεί το 30 % της μέσης θερινής παροχής του ποταμού.

Η προσαγωγή του νερού πραγματοποιείται με αγωγό ο οποίος οδεύει παράλληλα με το αρδευτικό κανάλι και αποτελείται από χαλύβδινους σωλήνες μεταβλητού πάχους, ανάλογα με την πίεση, συνολικού μήκους 880 m και διαμέτρου Φ430. Ο αγωγός είναι επιχωμένος μέσα σε όρυγμα, βάθους 1,2 m και πλάτους 1,0 m, το οποίο διανοίχτηκε στη θέση του υφιστάμενου αρδευτικού καναλιού. Επίσης, όπου η επιφάνεια του εδάφους είναι έντονα κατακόρυφη και βραχώδης, ο αγωγός αγκυρώθηκε καταλλήλως. Στα σημεία όπου αλλάζει έντονα η όδευση ή η κλίση του αγωγού, ο τελευταίος αγκυρώθηκε με σώματα αγκύρωσης από σκυρόδεμα.

Στην εγκατάσταση υπάρχουν χαλυβδοσωλήνες ελικοειδούς ραφής παραγόμενες με τη μέθοδο της σπειροειδούς συγκολλήσεως κατά DIN 1626/2458 για τον αγωγό πίεσης. Οι συνδέσεις των αγωγών μεταξύ τους έγιναν με συγκόλληση. Η χρήση δε εξαρτημάτων αλλαγής κατεύθυνσης δεν απαιτείται μια και χρησιμοποιούνται πολύ ανοιχτές καμπύλες στη διαδρομή και δημιουργούνται με κατάλληλη διαμόρφωση των άκρων των αγωγών.

Ο προσαγωγός σωλήνας αποτελείται από τεμάχια ευθύγραμμου ελικοειδώς συγκολλητού χαλυβδοσωλήνα πάχους ελάσματος τέτοιου ώστε να διασφαλίζεται ελάχιστη δυναμική αντοχή σε πίεση από 4-16 bar.

Ο χαλύβδινος αγωγός είναι εφοδιασμένος με διαστολικούς συνδέσμους για την παραλαβή των θερμοκρασιακών διαστολών στα υπέργεια τμήματά του, όπου απαιτείται. Όλοι οι χαλύβδινοι αγωγοί φέρουν σύγχρονη αντιδιαβρωτική εσωτερική προστασία εποξειδικής βαφής, πάχους 150-200 mm και εξωτερικά με δύο στρώματα βουτυλίου και ενδιάμεσο στρώμα από φιλμ πολυαιθυλενίου, ώστε να εφαρμόζεται σύστημα ενεργητικής καθολικής προστασίας.

Ο αγωγός προσαγωγής λόγω της ύπαρξης στροβίλου Pelton (ο οποίος είναι εφοδιασμένος με εκτροπείς ροής στα ακροφύσια) δεν υπόκειται σε υδραυλικό πλήγμα και σε σημαντικές μεταβολές της πίεσης κάθε φορά που αυξομειώνεται η παροχή σε αυτόν. Υπολογίζεται ότι η μέγιστη υπερπίεση που μπορεί να αναπτυχθεί στον αγωγό είναι της τάξης του 10-15 % του ύψους λειτουργίας.

Ο οικίσκος στον οποίο τοποθετήθηκε το στροβιλοστάσιο βρίσκεται σε απόσταση 500 m περίπου από τα όρια του οικισμού της Κρυοπηγής. Ο οικίσκος αυτός έχει διαστάσεις 8 x 10 m. Μέσα σε αυτόν βρίσκεται το στροβιλοστάσιο καθώς και όλες οι αναγκαίες διατάξεις για τον ασφαλή μετασχηματισμό της ενέργειας σε μορφή συμβατή με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. (3φ/20000 V/50 Hz). Το οίκημα φωτίζεται με φυσικό και τεχνητό φωτισμό ενώ αερίζεται με φυσικό αερισμό. Επιπλέον δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στο δάπεδο ώστε να αποφεύγεται η παρουσία υδάτων σε αυτό λόγω των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Το κτίριο του υδροηλεκτρικού σταθμού (σημείο 4 του συνημμένου Χάρτη 1) είναι μονώροφο και κατασκευασμένο βασικά από σκυρόδεμα. Η σκεπή του αποτελείται από δිරριχτή κεκλιμένη πλάκα η οποία επικαλύπτεται με κεραμίδια παραδοσιακής εμφάνισης. Ο στρόβιλος εδράζεται σε ειδική διαμόρφωση του δαπέδου του κτιρίου, ενώ ο υπόλοιπος εξοπλισμός εδράζεται πάνω στο δάπεδο. Στο δάπεδο του κτιρίου στηρίζονται οι μονάδες με αγκύρια και σκυρόδεμα δευτέρου σταδίου. Στην είσοδο του υδροηλεκτρικού σταθμού υπάρχει μεταλλική πόρτα βιομηχανικού τύπου πλάτους 3 m από την οποία περνάει ο εξοπλισμός που εγκαθίσταται εντός του κτιρίου λόγω της δυνατότητας μερικής προσβάσεως βαρέως οχήματος στο εσωτερικό του κτιρίου. Η επικάλυψη του δαπέδου θα είναι βιομηχανικού τύπου.

Οι πίνακες Μ.Τ. έχουν εγκατασταθεί σε ιδιαίτερο ασφαλιζόμενο χώρο του υδροηλεκτρικού σταθμού. Ο μετασχηματιστής τοποθετήθηκε υπαιθρίως παράπλευρα του κτιρίου του υδροηλεκτρικού σταθμού και ο χώρος του είναι περιφραγμένος για λόγους ασφαλείας. Κάτω από το χώρο του μετασχηματιστή υπάρχει σκάμμα με σκύρα όπου συλλέγονται τα έλαια σε περίπτωση διαρροής εξ ατυχήματος. Ο υδροηλεκτρικός σταθμός έχει ένα μικρό χώρο για το προσωπικό ασφαλείας και συντήρησης του σταθμού με μικρό WC. Το μόνιμο προσωπικό του υδροηλεκτρικού σταθμού αποτελείται από ένα έως δύο άτομα. Η θεμελίωση του κτιρίου έχει υπολογιστεί με βάση τα γεωμορφολογικά στοιχεία του χώρου και η διάστρωση του επιπέδου αναφοράς έγινε με gros-beton.

Από το στροβιλοστάσιο εξέρχεται κανάλι απορροής του νερού το οποίο οδεύει προς την κοίτη του ρέματος αφού διανύσει απόσταση μερικών μέτρων και ο αγωγός επιστροφής του νερού στην αρδευτική υδραύλακα, διαμέτρου Φ 300 και μήκος 250 m, είναι από τσιμεντοσωλήνες άνευ οπλισμού λόγω της μη φόρτισής του. Αναλυτικά το οίκημα του στροβιλοστασίου αποτελείται από τα εξής τμήματα:

1. Βάνα προσαγωγής
2. Στρόβιλο τύπου Pelton-2 jets, οριζοντίου άξονα

3. Υδραυλικό σύστημα ελέγχου
4. Σύγχρονη Γεννήτρια
5. Πίνακες ισχύος και αυτοματισμών χαμηλής τάσης
6. Μετασηματιστής ανύψωσης 0,4 KV/20KV
7. Πεδία εξόδου μέσης τάσης
8. Βαρούλκο ανύψωσης
9. Γραφείο προσωπικού
10. Αποθήκη

Ο στρόβιλος που τοποθετήθηκε είναι τύπου Pelton, οριζοντίου άξονα με δύο ακροφύσια και εκτροπείς των δεσμών νερού των ακροφυσίων. Η επιλογή της απαιτούμενης ισχύος για το στρόβιλο έγινε με βάση την παροχή ύδατος από 0,03 m³/s έως 0,30 m³/s. Η εγκαταστημένη ισχύς του στρόβιλου του υδροηλεκτρικού έργου είναι 270 KW και η αναμενόμενη ετήσια παραγόμενη ενέργεια ανέρχεται σε 1,15 GWh ετησίως. Το στροφείο του στρόβιλου έχει στερεωθεί πάνω από τον άξονα της γεννήτριας. Το όλο περιστρεφόμενο μέρος της μονάδας (στροφείο και ρότορας γεννήτριας) στηρίζεται στα έδρανα της γεννήτριας. Προ του στρόβιλου υπάρχει δικλείδα ασφαλείας εφοδιασμένη με δικλείδα παράκαμψης για την προπλήρωση του στρόβιλου πριν την εκκίνηση, καθώς και την απομόνωσή του για συντήρηση. Για την εκκένωση του στρόβιλου και του αγωγού προσαγωγής υπάρχουν αντίστοιχες δικλείδες, που οδηγούν το νερό στην διάφυγα φυγής. Τα ακροφύσια του στρόβιλου για την κίνηση τους έχουν υδραυλικούς κυλίνδρους διπλής ενέργειας που λειτουργούν με το λάδι, υπό πίεση, του ρυθμιστή στροφών. Η λειτουργία των ακροφυσίων είναι ανεξάρτητη λαμβάνοντας εντολή από το σύστημα ελέγχου του υδροηλεκτρικού σταθμού και ο στρόβιλος είναι δυνατόν να λειτουργεί με ένα ή δύο ακροφύσια ανάλογα με την υπό εκμετάλλευση παροχή.

Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο Σγάρας

Το Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο Σγάρας έχει σκοπό την ενεργειακή εκμετάλλευση των νερών του ρέματος Σγάρας, έχει ισχύ 1.200 KW και παράγει ετησίως κατά μέσο όρο 5,0 GWh . Το εν λόγω ρέμα πηγάζει από τα Τζουμέρκα Όρη και συγκεκριμένα από τις κορυφές Ρόκα, Γερακοβούνι, Σχισμένο Λιθάρι και Καταφίδι, πλησίον του Δ.Δ. Καταρράκτη και περνώντας από τους οικισμούς Σγάρα και Φραστά καταλήγει στον ποταμό Άραχθο. Το ρέμα παρουσιάζει μέση κλίση 4,5 % και ατύπως αναφέρεται ως χείμαρρος Καταρράκτη.

Το έργο συλλέγει, μέσω δύο υδροληψιών εκτροπής (σημεία 5 και 6 του συνημμένου Χάρτη 1), μέρος των νερών δύο πηγών που πηγάζουν ανατολικά του οικισμού Μηλέας (υψόμετρο +613 m) και του ρέματος που προέρχεται από την περιοχή Βλάγκαδο (υψόμετρο +610 m), και με αγωγούς παροχέτευσης τα οδηγεί στην κοίτη του κυρίως ρέματος που έρχεται από την περιοχή του οικισμού Καταρράκτης. Οι δύο αγωγοί παροχέτευσης ενώνονται στο σημείο 7 του συνημμένου Χάρτη 1, σχηματίζοντας μια δεξαμενή ρύθμισης. Οι υδροληψίες είναι ορεινού τύπου και κατασκευάστηκαν από σκυρόδεμα. Είναι υπερπηδητές για την διόδο των μεγάλων πλημμυρικών παροχών. Εκάστη υδροληψία είναι εφοδιασμένη με κεκλιμένες εσχάρες για την απομάκρυνση των φερτών υλικών. Οι εσχάρες τοποθετήθηκαν επί της στέψης της κατασκευής. Οι εσχάρες αποτελούνται από χαλύβδινα ελάσματα προτύπων διατομών που ενώνονται μεταξύ τους και αποτελούν ενιαίο πλαίσιο, στο οποίο αγκυρώνεται το σκυρόδεμα. Όπισθεν των υδροληψιών δεν δημιουργείται λίμνη.

Αμέσως μετά τις υδροληψίες κατασκευάστηκε εξαμμωτής για τη συγκράτηση των φερτών σωματιδίων. Έκαστος εξαμμωτής κατασκευάστηκε από οπλισμένο σκυρόδεμα με κεκλιμένο δάπεδο. Οι διαστάσεις του εξαμμωτή είναι τέτοιες ώστε η ταχύτητα του νερού να είναι περίπου 0,3 m³/sec για να κατακρατούνται τα φερτά υλικά κλπ. Ο καθαρισμός από τα φερτά γίνεται με άνοιγμα του χειροκίνητου θυροφράγματος κατά διαστήματα ή όταν παρατηρείται μεγάλη συσσώρευση. Η προσαγωγή του νερού στον εξαμμωτή ελέγχεται έτσι

ώστε η μέγιστη διερχόμενη παροχή να είναι το πολύ ίση με 800 lt/sec και 1000 lt/sec για τους εξαμμωτές των δύο υδροληψιών. Το νερό μετά τον εξαμμωτή μέσω πλευρικής υπερχειλίσης εισέρχεται στον αγωγό. Δεδομένου του μικρού μεγέθους των υδροληψιών και της μορφολογίας της περιοχής, γεωλογικά δεν αναμένεται να υπάρξουν προβλήματα διαρροών.

Ο αγωγός προσαγωγής οδηγεί τα νερά από τον εξαμμωτή της υδροληψίας στο κτίριο του υδροηλεκτρικού σταθμού (σημείο 8 του συνημμένου Χάρτη) και αποτελείται από χαλύβδινους σωλήνες, συνολικού μήκους 2.300 m περίπου, παροχετευτικότητας 1,0 m³/sec και διαμέτρου 800 χιλιοστών. Είναι επιχωμένος μέσα σε όρυγμα, το οποίο διανοίχθηκε στο πλάι της οδού προσπέλασης. Στα σημεία όπου ο αγωγός προσαγωγής αλλάζει έντονα κλίση αγκυρώνεται με σώματα αγκύρωσης από σκυρόδεμα. Ο αγωγός είναι εφοδιασμένος, όπου απαιτείται, και με διαστολικούς συνδέσμους για την παραλαβή των θερμοκρασιακών διαστολών. Επίσης, έχει αντιδιαβρωτική προστασία τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό του μέρος από βαφή εποξειδικής πίσσας. Το τελευταίο τμήμα του αγωγού προσαγωγής, πριν από την είσοδό του στον σταθμό, αγκυρώνεται με μεταλλικές βάσεις και κολάρα. Στο πλάι του αγωγού προσαγωγής οδεύει, μέσα σε σωλήνα, θωρακισμένο καλώδιο για την μεταβίβαση της στάθμης νερού στον εξαμμωτή της υδροληψίας στο σύστημα αυτοματισμού του υδροηλεκτρικού σταθμού.

Το κτίριο του υδροηλεκτρικού σταθμού είναι μονώροφο και κατασκευάστηκε βασικά από σκυρόδεμα. Η σκεπή του αποτελείται από δίρριχτη κεκλιμένη πλάκα η οποία επικαλύπτεται με κεραμίδια. Η μονάδα εδράζεται στο δάπεδο του κτιρίου και ο υπόλοιπος εξοπλισμός με αγκύρια και σκυρόδεμα δευτέρου σταδίου. Στην είσοδο του υδροηλεκτρικού σταθμού υπάρχει μεταλλική συρόμενη πόρτα βιομηχανικού τύπου. Οι πίνακες Μ.Τ. εγκαταστάθηκαν σε ιδιαίτερο δωμάτιο, ενώ οι μετασχηματιστές τοποθετήθηκαν υπαιθρίως παράπλευρα του κτιρίου του υδροηλεκτρικού σταθμού σε ιδιαίτερο χώρο που είναι περιφραγμένος για λόγους ασφαλείας. Κάτω από τον χώρο του μετασχηματιστή υπάρχει σκάμμα με σκύρα, όπου συλλέγονται τα έλαια του μετασχηματιστή. Το μόνιμο προσωπικό του υδροηλεκτρικού σταθμού αποτελείται από ένα έως δύο άτομα. Στον υδροηλεκτρικό σταθμό υπάρχει ιδιαίτερος χώρος για τους πίνακες ελέγχου, πίνακες Μ.Τ., αποθήκη, γραφείο και W.C.. Η αποχέτευση των χώρων υγιεινής του Σταθμού γίνεται προς απορροφητικό βόθρο, ο οποίος κατασκευάστηκε πίσω από το κτίριο του σταθμού. Η επικάλυψη του δαπέδου είναι βιομηχανικού τύπου.

Ο στρόβιλος είναι τύπου Pelton κατακόρυφου άξονα, με τέσσερα ακροφύσια και εκτροπέα της δέσμης του νερού. Το στροφέιο του στροβίλου στερεώνεται πάνω στον άξονα της γεννήτριας. Το όλο περιστρεφόμενο μέρος της μονάδας (στροφέιο και ρότορας γεννήτριας) στηρίζεται στα έδρανα της γεννήτριας. Τα ακροφύσια καθώς και το στροφέιο του στροβίλου είναι ολόσωμο χυτό και κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα 13/4. Στην είσοδο του στροβίλου υπάρχει σφαιρική δικλείδα ασφαλείας εφοδιασμένη με δικλείδα παράκαμψης για την πλήρωση του στροβίλου πριν την εκκίνηση, καθώς και την απομόνωσή του για συντήρηση. Για την εκκένωση του στροβίλου καθώς και του αγωγού υπάρχουν αντίστοιχες δικλείδες, που οδηγούν το νερό στη διώρυγα φυγής. Τα ακροφύσια του στροβίλου έχουν υδραυλικούς κυλίνδρους (servomotor) διπλής ενέργειας για την κίνησή τους, που λειτουργούν με το λάδι, υπό πίεση, του ρυθμιστή στροφών. Η λειτουργία των ακροφυσίων είναι ανεξάρτητη λαμβάνοντας εντολή από το σύστημα ελέγχου του υδροηλεκτρικού σταθμού και ο στρόβιλος είναι δυνατόν να λειτουργεί με ένα ή περισσότερα ακροφύσια ανάλογα με την υπό εκμετάλλευση παροχή.

Ο ρυθμιστής στροφών αποτελείται από το υδραυλικό και το ηλεκτρονικό μέρος. Το υδραυλικό μέρος αποτελείται από μονάδα πίεσης ελαίου που τροφοδοτεί τους υδραυλικούς κυλίνδρους των ακροφυσίων καθώς και του υδραυλικού κυλίνδρου της δικλείδας εισόδου και του υδραυλικού κυλίνδρου των εκτροπέων.

Η μονάδα είναι εφοδιασμένη με συγκρότημα αντλίας υψηλής πίεσης-κινητήρα, χειροκίνητη αντλία, συρταρωτές δικλείδες τροφοδοσίας των υδραυλικών κυλίνδρων, φίλτρα, δικλείδες ανακουφιστικές, αντεπιστροφής και ρυθμιζόμενες στραγγαλιστικές, αισθητήριο στάθμης ελαίου, πιεζοστάτες, κατάλληλα όργανα πίεσης και θερμοκρασίας, δοχείο αζώτου-λαδιού, δικλείδες πλήρωσης και εκκένωσης, κλπ.

Το ηλεκτρονικό μέρος αποτελείται από ηλεκτρονικές κάρτες εισόδου-εξόδου, επεξεργασίας, 19'', που εγκαθίστανται στον πίνακα ελέγχου της μονάδας. Στον ρυθμιστή στροφών καταλήγουν όλα τα σήματα λειτουργίας και δίνονται από αυτόν οι κατάλληλες εντολές για την αυτόματη λειτουργία της μονάδας. Εκτός από την αυτόματη λειτουργία υπάρχει και δυνατότητα για χειροκίνητη λειτουργία, απαραίτητη κατά τις δοκιμές και θέση σε λειτουργία της μονάδας.

Η δικλείδα εισόδου (ασφαλείας) είναι σφαιρική διαμέτρου DN 450 PN 40 και ανοίγει με υδραυλικό κύλινδρο, που κινείται με το λάδι υπό πίεση του ρυθμιστή στροφών, και κλείνει με αντίβαρο. Κατάντη της δικλείδας υπάρχει σύνδεσμος αποσυναρμολόγησης. Η δικλείδα έχει φλάντζες για την σύνδεσή της ανάντη με τον αγωγό προσαγωγής και κατάντη με την δικλείδα αποσυναρμολόγησης.

Η γεννήτρια είναι σύγχρονη, τριφασική, αερόψυκτη κατακόρυφου άξονα. Συνδέεται κατευθείαν στο στροφείο του τροβίλου και στερεώνεται στο κάλυμμα του τροβίλου. Ο άξονας της γεννήτριας είναι εφοδιασμένος με έδρανα κύλισης λιπαινόμενα με γράσο. Η γεννήτρια είναι εφοδιασμένη με ανιχνευτές θερμοκρασίας (PT 100), στα έδρανα και στα τυλίγματά της για την προστασία της έναντι υπερθέρμανσης. Επίσης έχει αγειώτο κόμβο και είναι σύμφωνα με τους Κανονισμούς IEC 34 και VDE 0530 εφοδιασμένη με αυτόματο ρυθμιστή τάσης περιστρεφόμενων διόδων χωρίς ψύκτρες, καθώς και με ρυθμιστή διόρθωσης του συντελεστή ισχύος.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της γεννήτριας είναι:

- Τάση λειτουργίας : 6,3 KV
- Συχνότητα : 50 Hz
- Ταχύτητα περιστροφής : 750 r.p.m.
- Ισχύς : 2250 KVA
- Συντελεστής ισχύος : 0,8
- Βαθμός προστασίας : IP 23
- Μέγιστη θερμοκρασία αέρα περιβάλλοντος : 40°C
- Κλάση μόνωσης : F
- Υψόμετρο εγκατάστασης : μέχρι 1000 m
- Περιοχή ρύθμισης τάσης : ± 5 %
- Ακρίβεια ρύθμισης : ± 1 %

Στους πίνακες ελέγχου εγκαταστάθηκε σύστημα αυτοματισμού και ρύθμισης της ισχύος της μονάδας, οι προστασίες της γεννήτριας, καθώς και η τροφοδότηση των βοηθητικών της μονάδας. Για την ασφαλή λειτουργία του υδροηλεκτρικού σταθμού το σύστημα αυτοματισμού τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα 24 V, που προέρχεται από ανορθωτή και συσσωρευτή. Στην πρόσοψη των πινάκων υπάρχουν όργανα, ενδεικτικές λυχνίες, επιλογικοί διακόπτες και κομβία πίεσης για την εποπτεία και τον έλεγχο της λειτουργίας της μονάδας.

Για την λειτουργία της μονάδας εγκαταστάθηκε ανάντη, στο φράγμα εκτροπής, ηλεκτρονικό σταθμόμετρο λήψης πίεσης που θα συνδέεται με τον ρυθμιστή στροφών της μονάδας. Το αισθητήριο του σταθμημέτρου τοποθετήθηκε μέσα σε σωλήνα από ανοξείδωτο χάλυβα.

Ο μετασχηματιστής ανύψωσης είναι αερόψυκτος, τριφασικός ελαίου. Ο μετασχηματιστής εγκαταστάθηκε σε ειδικά διαμορφωμένο μέρος στο εξωτερικό του υδροηλεκτρικού σταθμού.

Το δοχείο του μετασχηματιστή έχει φίλτρο αφύγρανσης, δικλείδα εκκένωσης και πλήρωσης και στηρίζεται πάνω σε σιδηροτροχιές. Για την τροφοδότηση των βοηθητικών, όταν δεν λειτουργεί η μονάδα εγκαθίσταται βοηθητικός μετασχηματιστής ισχύος 50 KVA. Οι μετασχηματιστές είναι κατασκευασμένοι σύμφωνα με τους Κανονισμούς IEC 67.

Οι πίνακες Μ.Τ. είναι σύμφωνοι με τον Κανονισμό IEC 193 και συνδέουν την πλευρά Μ.Τ. του μετασχηματιστή ανύψωσης, καθώς επίσης και του μετασχηματιστή τροφοδοσίας των βοηθητικών με το δίκτυο της Δ.Ε.Η.. Στους πίνακες έχουν εγκατασταθεί για μεν τον μετασχηματιστή ανύψωσης αυτόματος διακόπτης και αποζεύκτης, για δε τον μετασχηματιστή τροφοδοσίας των βοηθητικών ασφαλειοδιακόπτης καθώς και οι μετασχηματιστές μέτρησης τάσης και έντασης για το σύνολο της εγκατάστασης. Οι πίνακες Μ.Τ. είναι κατασκευασμένοι για μέγιστη ισχύ βραχυκυκλώματος 250 MVA, έχουν εγκατασταθεί σε ιδιαίτερο χώρο στο κτίριο του υδροηλεκτρικού σταθμού και προστατεύονται επίσης από αλεξικέραυνα Μ.Τ. που βρίσκονται στο πεδίο εξόδου προς το δίκτυο.

Για την συντήρηση του εξοπλισμού έχει εγκατασταθεί βαρούλκο απλής τροχιάς ανυψωτικής ικανότητας 15 τόνων. Το βαρούλκο κινείται πάνω σε σιδηροτροχιά από μορφοέλασμα “Η”, κατά μήκος του σταθμού πάνω από τη μονάδα.

Το σύστημα γείωσης αποτελείται από πλέγμα γείωσης με χάλκινους γυμνούς αγωγούς διατομής 50 mm² και ηλεκτρόδια γείωσης κατά DIN 48852 αποτελούμενα από χάλυβα κατά DIN 17100 επιψευδαργυρωμένο εν θερμώ και φέροντα ακροδέκτη για την ένωση των αγωγών. Κάθε ηλεκτρική συσκευή και κάθε πίνακας, έχει κοχλία ικανής διαμέτρου για την σύνδεση με το δίκτυο γείωσης.

Στον υδροηλεκτρικό σταθμό έχουν εγκατασταθεί τα εξής βοηθητικά συστήματα:

- Το σύστημα φωτισμού
- Το σύστημα ρευματοδοτών
- Το σύστημα αλεξικεραυνικής προστασίας

Επίσης για την πυροπροστασία του υδροηλεκτρικού σταθμού έχουν εγκατασταθεί φορητοί πυροσβεστήρες. Η μονάδα συνδέεται με το δίκτυο Μ.Τ. μέσω του μετασχηματιστή ανύψωσης. Η γραμμή για την σύνδεση στο δίκτυο Μ.Τ. (20 KV) είναι εναέρια και έχει μήκος περίπου 300m.

Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο Φραστών

Το έργο αφορά τη λειτουργία Μικρού Υδροηλεκτρικού Έργου ισχύος 1,2 MW στο ρέμα Σγάρας του οικισμού Φραστά του Δήμου Αγνάντων του Νομού Άρτας. Το έργο αποτελείται από:

- Υδροληψία (σημείο 9 του συνημμένου Χάρτη 1): Για την απόληψη των νερών στο ρέμα Σγάρας έχει κατασκευαστεί μικρό υπερπηδητό φράγμα με κατάντη κεκλιμένες εσχάρες σε ένα τμήμα της στέψης του και προστατευτικοί τοίχοι για την προστασία των πρानών και την εξασφάλιση των υδάτων. Το μήκος του φράγματος είναι 10,0 m και το υψόμετρο στέψης του στα 362 m.
- Υπόγειο αγωγό προσαγωγής μήκους 2.600 m. Ο αγωγός είναι διαμέτρου 900 mm, αποτελείται από σωλήνες GRP (Glass Reinforced Polyester) και εγκιβωτίστηκε σε όρυγμα κάτω από τη στάθμη της φυσικής κοίτης, έτσι ώστε να μην περιοριστεί η φυσική διατομή του ρέματος.
- Το κτίριο του σταθμού παραγωγής (σημείο 10 του συνημμένου Χάρτη 1) που έχει κατασκευαστεί πλησίον του οικισμού Φραστά. Ο οικίσκος που στεγάζει την στροβιλογεννήτρια και τον απαραίτητο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, εξωτερικά φέρει λιθοδομή εναρμονισμένη με τον περιβάλλοντα χώρο. Τα προς χρήση ορυκτέλαια φυλάσσονται σε κλειστά δοχεία σε στεγασμένο χώρο. Επίσης, έχει κατασκευαστεί κατάλληλη στεγανή δεξαμενή, η οποία συγκεντρώνει τις τυχόν διαρρέουσες ποσότητες.

Περιμετρικά του γηπέδου της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής πραγματοποιήθηκε κατάλληλης πυκνότητας φύτευση υδροχαρών φυτών.

- Τον επαρχιακό δρόμο που συνδέει τα Αγναντα με τη Ραμιά, ο οποίος χρησιμοποιείται για την προσπέλαση της υδροληψίας.

Το καθαρό ύψος πτώσεως (~120 m) και η μέγιστη εκμεταλλεύσιμη παροχή οδήγησε στην επιλογή ενός υδροστροβίλου Turgo με δύο ακροφύσια για την κάλυψη του μέγιστου δυνατού ποσοστού της διαθέσιμης παροχής. Στο Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο των Φραστών έχει εγκατασταθεί ένας υδροστρόβιλος με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Τύπος στροβίλου : Turgo – 2 jets, οριζοντίου άξονα
- Μέγιστη ισχύς στροβίλου : 1.200 KW
- Στροφές λειτουργίας : 1.000 r.p.m.

Το στροφείο του στροβίλου στερεώνεται πάνω στον άξονα της γεννήτριας. Το όλο περιστρεφόμενο μέρος της μονάδας (στροφείο και ρότορας γεννήτριας) στηρίζεται στα έδρανα της γεννήτριας. Προ του στροβίλου υπάρχει δικλείδα ασφαλείας εφοδιασμένη με δικλείδα παράκαμψης για την προπλήρωση του στροβίλου πριν την εκκίνηση, καθώς και την απομόνωσή του για συντήρηση. Για την εκκένωση του στροβίλου και του αγωγού προσαγωγής υπάρχουν αντίστοιχες δικλείδες, που οδηγούν το νερό στην διώρυγα φυγής. Τα ακροφύσια του στροβίλου για την κίνησή τους έχουν υδραυλικούς κυλίνδρους διπλής ενέργειας που λειτουργούν με λάδι υπό πίεση.

Μετά την υδροηλεκτρική αξιοποίηση το σύνολο της ποσότητας του νερού που χρησιμοποιείται για την ηλεκτροπαραγωγή αποδίδεται στο ρέμα. Επίσης έχουν ληφθεί μέτρα ώστε η απόδοση του νερού μετά τον υδροηλεκτρικό σταθμό να γίνεται ομαλά και η ταχύτητα ροής του νερού να διατηρείται σε επίπεδο που δεν επηρεάζει την κοίτη του ρέματος από διάβρωση. Επιπλέον έχουν ληφθεί όλα τα απαραίτητα μέτρα ηχομόνωσης, ώστε η στάθμη θορύβου που οφείλεται στη λειτουργία του σταθμού, να μην υπερβαίνει τα 65 dB(A) μετρούμενη στο όριο του γηπέδου, όπου βρίσκεται ο σταθμός ηλεκτροπαραγωγής.

Σχεδιασμός νέου Μ.Υ.Η.Ε. στον χείμαρρο Αγναντίτη του Αράχθου – Μεθοδολογία

Η θέση που προτείνεται για την κατασκευή νέου Μικρού Υδροηλεκτρικού Έργου βρίσκεται στον χείμαρρο Αγναντίτη, ο οποίος δεν έχει άλλα Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα στο μήκος του. Σύμφωνα με τον χάρτη που επισυνάπτεται, η θέση της υδροληψίας είναι το σημείο 11 του συνημμένου Χάρτη, σε υψόμετρο 600 m, και η θέση εγκατάστασης του υδροηλεκτρικού σταθμού είναι το σημείο 12 σε υψόμετρο 500 m. Συνεπώς, ο υδροηλεκτρικός σταθμός θα εκμεταλλεύεται μια δημιουργούμενη πτώση 100 m.

Για το σχεδιασμό του Μικρού Υδροηλεκτρικού Έργου κατασκευάστηκε η καμπύλη διάρκειας των παροχών. Χρησιμοποιήθηκαν ημερήσιες τιμές παροχών για τρία χρόνια (1989-1990, 1990-1991 και 1991-1992), από το αρχείο της Δ.Α.Υ.Ε./Τ.Σ.Μ.Υ.Σ. της Δ.Ε.Η. σύμφωνα με τη νόμιμη διαδικασία, από τον υδρομετρικό σταθμό που βρίσκεται στη θέση Άγιος Νικόλαος του ποταμού Αράχθου (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Μέσες μηνιαίες τιμές παροχών

Table 2. Mean monthly values of flow

Υδρολογικό Έτος	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΕΤΗΣΙΟΣ Μ.Ο.
1989-1990	42,60	59,60	49,12	18,57	15,04	12,12	21,92	17,15	10,64	6,17	6,00	5,71	22,05
1990-1991	10,83	32,70	130,66	30,65	72,26	40,75	62,50	71,45	33,92	19,87	12,98	11,22	44,15
1991-1992	17,56	38,44	19,85	13,45	19,43	12,78	44,99	24,49	13,59	7,56	6,81	14,39	19,45

Αφού κατασκευαστεί η καμπύλη διάρκειας των παροχών, υπολογίζεται η ισχύς που θα αποδίδει το έργο ανάλογα με την τιμή της παροχής με την οποία λειτουργεί. Η συνολική υδραυλική ισχύς σε μια μικρή υδροηλεκτρική εγκατάσταση εξαρτάται από δύο παράγοντες, από το υδραυλικό ύψος και από την παροχή του νερού. Το υδραυλικό ύψος (σε m) είναι η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ του υψηλότερου σημείου του αγωγού νερού και του σημείου που το νερό εγκαταλείπει τον υδροστρόβιλο, ενώ η παροχή νερού είναι η ποσότητα του νερού (σε lit ή σε m³) που διέρχεται από μία διατομή του αγωγού στη χρονική διάρκεια ενός δευτερολέπτου (1 sec). Έχοντας υπολογίσει το υδραυλικό ύψος και την παροχή του νερού, η υδραυλική ισχύς της εγκατάστασης υπολογίζεται εύκολα από τη σχέση:

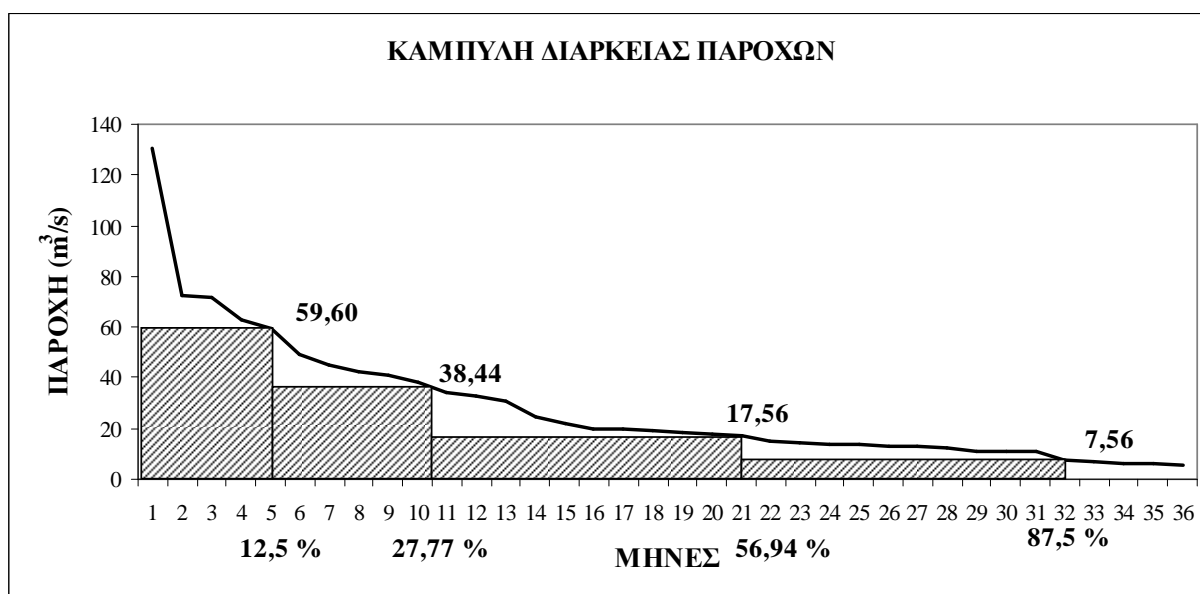
$$\text{Ισχύς (σε KWatt)} = 9,81 \cdot (\text{Συντελεστής απόδοσης των υδροστροβίλων}) \cdot (\text{Υδραυλικό Ύψος σε m}) \cdot (\text{Παροχή σε m}^3/\text{sec})$$

Στην καμπύλη διάρκειας παροχών το εμβαδόν μεταξύ της καμπύλης και του άξονα των τετμημένων δίνει την ενέργεια που μπορεί να παραχθεί σε μια χρονική περίοδο. Η ωφέλιμη ενέργεια που προκύπτει δίνεται από τον τύπο:

$$E \text{ (σε KWh)} = 9,81 \cdot n \cdot H \cdot Q \cdot t \text{ (σε ώρες)}$$

Είναι σαφές ότι η ενέργεια που παράγεται είναι ανάλογη της παροχής Q. Στόχος λοιπόν είναι να καλυφθεί κατά το δυνατόν η καμπύλη σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα με ένα ιστόγραμμα, στο οποίο η διαφορά των υψών δείχνει την παροχή που πρέπει να έχει μια μονάδα, και το πλάτος το χρόνο λειτουργίας αυτής.

Γνωρίζοντας την καμπύλη διάρκειας των παροχών, την χωρίζουμε σε επιμέρους τμήματα προκειμένου να αξιοποιήσουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο τμήμα του εμβαδού κάτω από την καμπύλη όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα. Ο αριθμός των εγκαταστημένων υδροστροβίλων είναι ανάλογος του αριθμού των τμημάτων στα οποία θα χωριστεί η καμπύλη διάρκειας.



Διάγραμμα 1. Υπολογισμός εμβαδού της καμπύλης διάρκειας παροχών
Diagramm 1. Area calculation of the flow duration diagram

Από το γράφημα συμπεραίνουμε ότι το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο που πρόκειται να κατασκευασθεί θα αποτελείται από 4 μονάδες, εκ των οποίων:

- Για ποσοστό χρόνου 12,5 % λειτουργούν και οι 4 μονάδες με συνολική ισχύ $I = 9,81 \cdot 0,85 \cdot 59,60 \cdot 100 = 49.697 \text{ KW}$ αξιοποιώντας παροχή $Q = 59,60 \text{ m}^3/\text{sec}$.
- Για ποσοστό χρόνου 15,27 % λειτουργούν οι 3 εκ των 4 μονάδων με συνολική ισχύ $I = 9,81 \cdot 0,85 \cdot 38,44 \cdot 100 = 32.053 \text{ KW}$ αξιοποιώντας παροχή $Q = 38,44 \text{ m}^3/\text{sec}$.
- Για ποσοστό χρόνου 29,17 % λειτουργούν οι 2 εκ των 4 μονάδων με συνολική ισχύ $I = 9,81 \cdot 0,85 \cdot 17,56 \cdot 100 = 14.642 \text{ KW}$ αξιοποιώντας παροχή $Q = 17,56 \text{ m}^3/\text{sec}$.
- Για ποσοστό χρόνου 30,56 % λειτουργεί μόνο η μία μονάδα ισχύος $I = 9,81 \cdot 0,85 \cdot 7,56 \cdot 100 = 6.304 \text{ KW}$ αξιοποιώντας παροχή $Q = 7,56 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των επιμέρους μονάδων ξεπερνά τα 10 MW που είναι το όριο για τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα. Άρα το υπό μελέτη έργο θα λειτουργεί με μία μονάδα ισχύος $I = 6.304 \text{ KW}$, θα παράγει ενέργεια σε ετήσια βάση $E = I_A \cdot t = 6.304 \cdot 365 \cdot 24 = 55.223.040 \text{ KWh}$ και θα αξιοποιεί παροχή $Q = 7,56 \text{ m}^3/\text{sec}$. Τα ετήσια έσοδα από την πώληση της υδροηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζονται ως γινόμενο της καθαρής παραγόμενης ενέργειας με το εκάστοτε ισχύον τιμολόγιο αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας, όπως αυτό καθορίζεται από το κράτος (Παπαντώνης, 2001). Επομένως θα είναι:

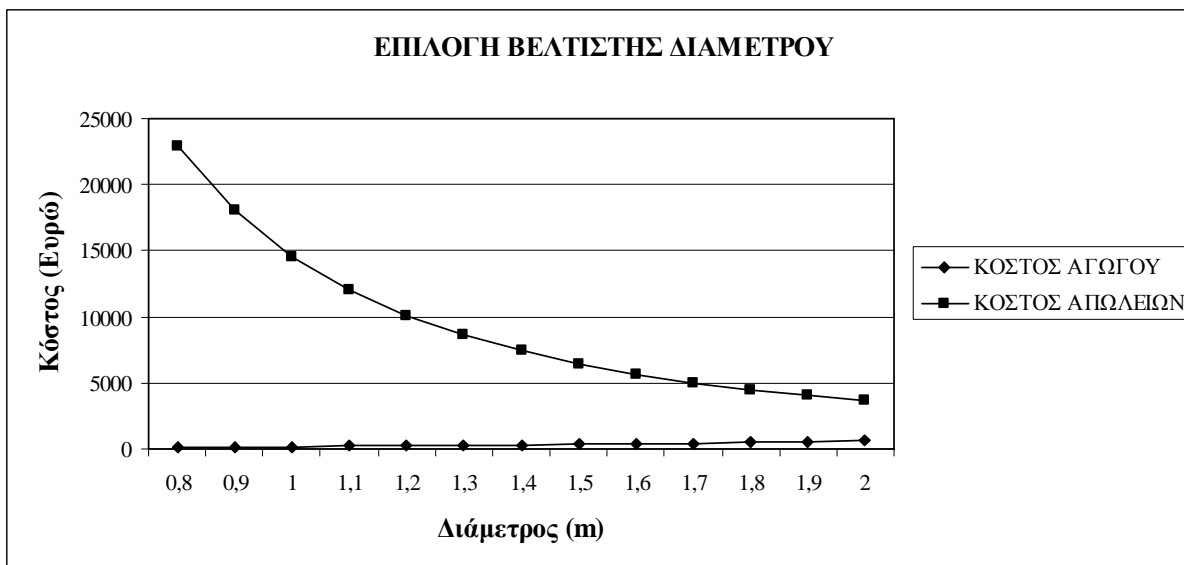
$$\text{Ετήσια Έσοδα} = 55.223.040 \text{ KWh} \times 0,07 \text{ €/KWh} = 3.865.613 \text{ €}$$

$$\text{Ετήσια Κέρδη} = \text{Ετήσια Έσοδα} - \text{Ετήσια Έξοδα}$$

Για τον υπολογισμό της βέλτιστης διαμέτρου του αγωγού που θα μεταφέρει το νερό από τη θέση της υδροληψίας στον υδροηλεκτρικό σταθμό στηρίζομαστε σε οικονομικά κριτήρια και συνυπολογίζονται οι εξής δύο παράμετροι:

- Το κόστος του αγωγού, το οποίο μεγαλώνει όσο μεγαλώνει η διάμετρος του.
- Το κόστος των απωλειών της ενέργειας οι οποίες μειώνονται καθώς η διάμετρος του αγωγού μεγαλώνει.

Αν κατασκευάσουμε τις γραφικές παραστάσεις Κόστος Απωλειών Ενέργειας – Διάμετρος και Κόστος Αγωγού – Διάμετρος και τις προσαρμόσουμε στο ίδιο διάγραμμα, το σημείο τομής των δύο καμπυλών που προκύπτουν θα αντιστοιχεί στην βέλτιστη διάμετρο του αγωγού με την οποία επιτυγχάνουμε μεγαλύτερη οικονομία, εξισορροπώντας το κόστος του αγωγού με το κόστος απωλειών ενέργειας.



Διάγραμμα 2. Επιλογή βέλτιστης διαμέτρου
Diagram 2. Selection of optimum diameter

Από το διάγραμμα που προκύπτει, είναι φανερό ότι οι δύο καμπύλες δεν τέμνονται. Αυτό συμβαίνει γιατί το κόστος του αγωγού κυμαίνεται σε πολύ χαμηλές τιμές. Συνεπώς η βέλτιστη διάμετρος, με βάση οικονομικά κριτήρια, θα είναι αυτή που εξασφαλίζει τις μικρότερες απώλειες ενέργειας, δηλαδή η μεγαλύτερη δυνατή. Στην περίπτωση μας για κατασκευαστικούς λόγους επιλέγεται διάμετρος 2 m.

Συμπεράσματα

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

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

Ένα μειονέκτημα των Μ.Υ.Η.Ε. αποτελεί το γεγονός ότι η μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρατηρείται κατά τους χειμερινούς μήνες όπου οι βροχοπτώσεις είναι συχνές, ενώ η αιχμή της ζήτησης σημειώνεται κατά τους θερινούς μήνες όπου οι βροχοπτώσεις είναι σπάνιες. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι δεν γίνεται αποθήκευση ενέργειας στα Μ.Υ.Η.Ε. και ότι το σύνολο της ενέργειας αποδίδεται στο δίκτυο εντείνει το πρόβλημα της ενεργειακής αυτονομίας.

Εξ' ορισμού, ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον, που μπορεί να συμβάλει ακόμη και στη δημιουργία νέων υδροβιοτόπων μικρής κλίμακας στα ανάντη των μικρών ταμιευτήρων. Το σύνολο των επί μέρους συνιστωσών του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του

περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τα τοπικά υλικά με παραδοσιακό τρόπο και αναβαθμίζοντας το γύρω χώρο.

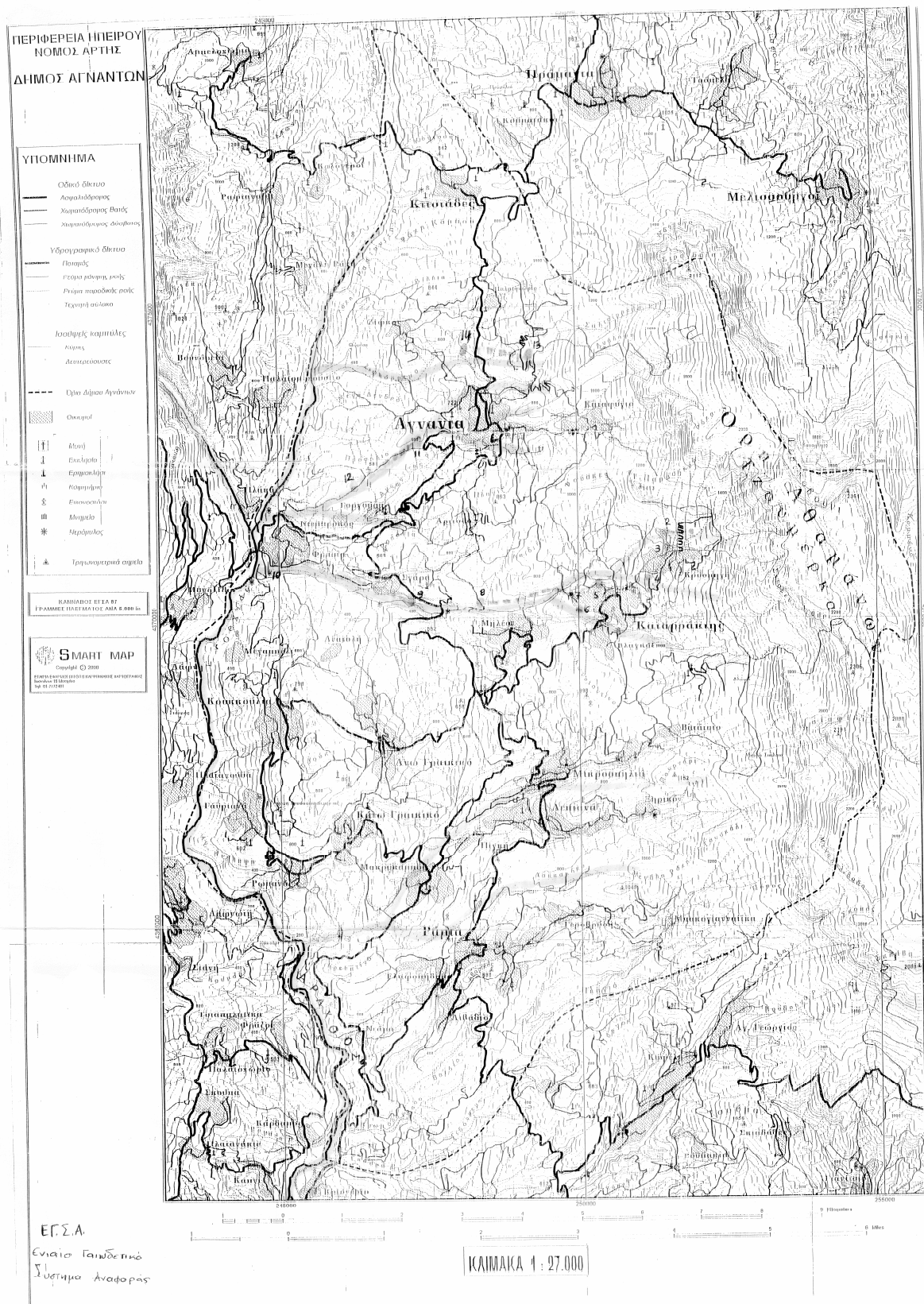
Η ανάγκη αντικατάστασης των βλαβερών συμβατικών πηγών ενέργειας με ανανεώσιμες, καθιστά τα Μ.Υ.Η.Ε. μία καθαρή μορφή ενέργειας, όταν αυτή παράγεται κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Για το λόγο αυτό δεν πρέπει να οδηγηθούμε άκριτα σε φαινόμενα εντατικής εκμετάλλευσης του νερού χωρίς όρια, αλλά να τηρούμε τα κριτήρια για την προστασία του περιβάλλοντος. Αξίζει να σημειωθεί ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα Μ.Υ.Η.Ε. συντελεί στην ενεργειακή αυτονομία της τοπικής κοινωνίας και, σε μεγάλη κλίμακα και σε συνδυασμό με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αμβλύνει την εξάρτηση της εθνικής οικονομίας και πολιτικής από εξωγενείς παράγοντες.

Βιβλιογραφία

- Andaroodi, M., "Standardization of Civil Engineering Works of Small Hydropower Plants", Presentation, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, 2005.
- ESHA, "Layman's Guidebook on How to Develop a Small Hydro Site", 2nd Edition, 1998.
- Ramos, H., Betamio, A., "Small Hydropower Schemes as an Important Renewable Energy Source", Hydroenergia '99 - Int. Conf. on Small and Medium Hydropower, Vienna, Austria, 1999.
- Δουρίδας, Π. Χ., "Ανάπτυξη συστήματος πληροφοριών για τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα στην ελληνική επικράτεια", Ε.Μ.Π., Μεταπτυχιακή εργασία, Αθήνα, 2006.
- Μπέλλος, Κ., "Στοιχεία Τεχνικής Υδρολογίας", Δ.Π.Θ., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικών Έργων, Ξάνθη, 2002.
- Μπέλλος, Κ., "Υδροδυναμικά Έργα", Δ.Π.Θ., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικών Έργων, Ξάνθη, 2000.
- Παπαντώνης, Δ., "Μικρά υδροηλεκτρικά έργα", ΕΜΠ, Αθήνα, 2001.
- Σακκάς, Ι., "Τεχνική Υδρολογία", Τόμος 1: Υδρολογία επιφανειακών υδάτων, Εκδόσεις Αιβάζη, Θεσσαλονίκη, 2004.
- Σούλης, Ι. Β., "Υδραυλικαί Στροβιλομηχαναί", Πρώτος Τόμος, Εκδόσεις Αιβάζη, Ξάνθη, 1995.
- Σούλης, Ι. Β., "Υδραυλική Κλειστών Αγωγών", Εκδόσεις Αιβάζη, Ξάνθη, 1995.
- Σούλης, Ι. Β., "Μικρά Υδροδυναμικά Έργα", Δ.Π.Θ., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικών Έργων, Ξάνθη, 1994.
- Τσακίρης, Γ., "Τεχνική Υδρολογία", Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, 1995.
- Χατζημπίρος, Κ., "Οικολογία. Οικοσυστήματα και Προστασία του Περιβάλλοντος", Γ' Έκδοση, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, 2007.
- Χρυσάνθου, Βλ., "Υδροδυναμικά Έργα", Δ.Π.Θ., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικών Έργων, Ξάνθη, 2000.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - APPENDIX

Χάρτης 1
Map 1



Small Hydroelectric Works (Small Hydro) in Mountain Areas and their Consequencies to the Environment

M. Mega, Civil Engineer, M.Sc. “Environment and Development” National Technical University of Athens, M.Sc. “Hydraulic Engineering” Democritus University of Thrace

Abstract

It is widely known that the conventional sources of energy (carbon, petrol, nuclear energy and natural gas) induce harmful consequences to the environment, since they emit significant amounts of carbon dioxide (CO₂) and they intensify the greenhouse effect. Since petrol supplies are continually becoming less, the energy should be produced by renewable sources and hydroelectric stations.

The aim of the present postgraduate dissertation is to describe the operation and the mechanical equipment of Small Hydroelectric Works (Small Hydro) that are situated in mountain areas, as well as their consequences to the environment.

Specifically, is being presented the principal of the operation of a small hydro and are being described the presentation system, the hydraulic tourbines and the hydroelectric power station. In addition, the possible environmental consequences of a small hydroelectric power station’s operation are being investigated. Furthermore, the small hydroelectric power works that exist in the streams of Aracthos river are being recorded.

Finally, an indicatory planning (case study) of a new small hydroelectric power station in Agnantitis stream of Aracthos river is carried out, by using the hydrometric flow data from the years 1989-1990, 1990-1991 and 1991-1992. The optimum installation place of the hydroelectric power station was picked according to the contour line map and the location where the water falls from large height.

Conductively, Small Hydroelectric Works have many advantages such as zero polluting emissions and limited consequences to the environment, the potential of direct connection-disconnection from the net, the lack of raw material cost, the low conservation and operation cost, the credibility, the autonomic operation and the production of high quality energy without fluctuations. All the above mentioned render Small Hydroelectric Works a particularly attractive form of producing electric power in mountain areas, rich in water supplies. In addition, Small Hydroelectric Works contribute not only in the energy but also in the economic development of mountain areas, since the produced energy brings profit to the local community.

Keywords: Renewable sources of energy, Small Hydroelectric Works (Small Hydro), hydraulic tourbine