

Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις από Μικρούς Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς – Η Ελληνική Εμπειρία

Β. ΛΑΜΠΡΟΠΟΥΛΟΥ

Πολιτικός Μηχανικός

Μ. ΚΟΡΝΑΡΟΣ

Λέκτορας, Τμήμα Χημικών Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Πατρών

Α. ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΣ

Μηχανολόγος Μηχανικός

Θ. ΤΣΟΥΤΣΟΣ

Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών
Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης

Περίληψη

Οι Μικροί Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί (ΜΥΗΣ) στην Ελλάδα αποτελούν μία από τις πιο διαδεδομένες εφαρμογές αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Παρουσιάζουν δε, σημαντικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα όσον αφορά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με την αξιοποίηση συμβατικών μορφών ενέργειας (λιγνίτη, πετρέλαιο κ.ά). Παρά ταύτα, δεν είναι λίγες οι φορές που οργανώσεις ή η τοπική κοινωνία αντιτίθεται στην κατασκευή των ΜΥΗΣ εξαιτίας κάποιων ενδεχόμενων αρνητικών περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων.

Αυτή η εργασία σκοπεύει στην καταγραφή και τον εντοπισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την κατασκευή και λειτουργία των ΜΥΗΣ, όπως προκύπτουν μέσα από τη διεθνή βιβλιογραφία, αλλά και από την ελληνική εμπειρία, προκειμένου να εξαλειφθούν σε σημαντικό βαθμό τα προβλήματα περιορισμού της ανάπτυξης των ΜΥΗΣ. Στη συνέχεια προτείνονται λύσεις αντιμετώπισης, μετριάσμού και πρόληψης αυτών των προβλημάτων στηριζόμενοι σε νέες τεχνολογίες και καλύτερες πρακτικές. Τέλος εστιάζονται οι ελλείψεις στην καταγραφή και στα μέτρα αντιμετώπισης όλων των ευαίσθητων περιβαλλοντικών παραμέτρων που παρατηρούνται στις ελληνικές μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΜΥΗΣ καθώς και οι αδυναμίες της σχετικής εθνικής νομοθεσίας που τα διέπει.

1. ΜΥΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Οι μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι δυνατόν να κατασκευαστούν σε περιοχές με σημαντικές υδατοπτώσεις και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση. Συνήθως η ενέργεια, που παράγεται, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά με τις άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας και καλύπτει τις ώρες αιχμής φορτίου. Η Ελλάδα, παρότι διαθέτει πλούσιο υδροδυναμικό, ικανοποιεί μόνο το 6% των ενεργειακών της αναγκών από υδροηλεκτρική ενέργεια [1].

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί (ΥΗΣ) κατατάσσονται ανάλογα με το μέγεθος της παραγόμενης ισχύος σε :

- Μεγάλους (large) ΥΗΣ με παραγόμενη ισχύ > 10 MW.
- Μικρούς (small) ΥΗΣ με παραγόμενη ισχύ 1÷10 MW.
- Πολύ μικρούς (mini) ΥΗΣ με παραγόμενη ισχύ < 1 MW.

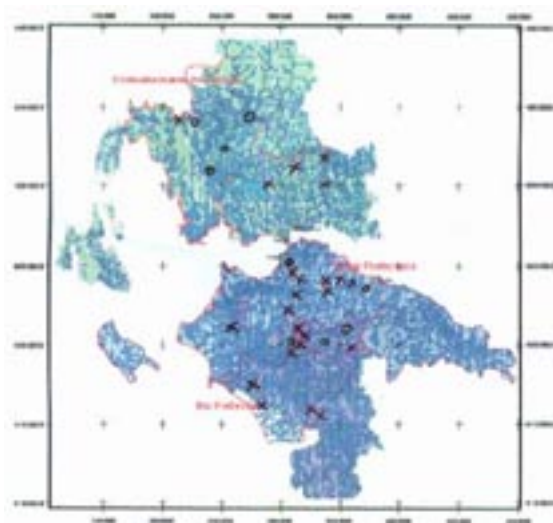
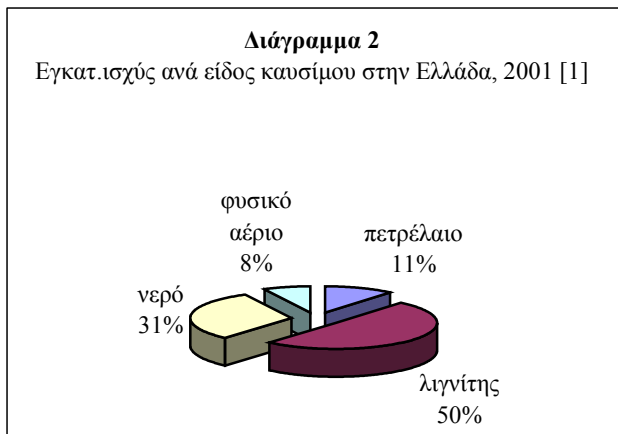
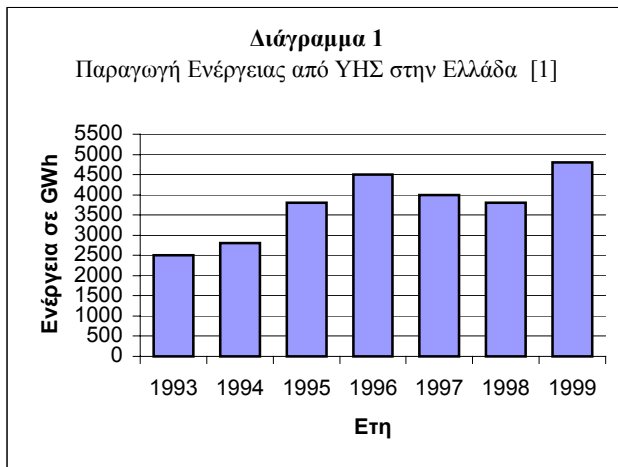
Διεθνώς η κατάταξη των ΥΗΣ, ανάλογα με το μέγεθος της παραγόμενης ισχύος, παρουσιάζει κάποιες μικροδιαφορές. Επίσης, υπάρχουν πλήθος άλλες υποκατηγορίες όπως π.χ. τα πάρα πολύ μικρά (micro) ΥΗΣ, που η ισχύ τους δεν υπερβαίνει το 1 MW.

Η ελληνική νομοθεσία (Ν.1559/85, Ν. 2244/94 και Ν. 2773/99) ορίζει ως μικρούς (ΜΥΗΣ) τους σταθμούς με ισχύ μικρότερη των 10 MW. Η εργασία αυτή είναι εστιασμένη ακριβώς στην εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλούνται από την κατασκευή και λειτουργία των μικρών μόνο υδροηλεκτρικών σταθμών στην Ελλάδα καθώς και στην αναγνώριση και στην πρόταση των μέτρων αντιμετώπισης ή μετριασμού ή και πρόληψης των αρνητικών αυτών περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Μέχρι το έτος 2002, εκτός από τους δεκάδες ΜΥΗΣ ιδιωτικής ιδιοκτησίας από τους λεγόμενους «Ανεξάρτητους Παραγωγούς», στον Ελλαδικό χώρο λειτουργούσαν 15 μεγάλα και 9 μικρά υδροηλεκτρικά έργα ιδιοκτησίας ΔΕΗ Α.Ε., με εγκατεστημένη ισχύ 3.060 MW, τα οποία καλύπτουν το 30% περίπου της εγκαταστημένης ισχύος του συστήματος και παράγουν ετησίως 3.500 ~ 4.500 GWh, που αντιστοιχούν το πολύ στο 6% της συνολικής ηλεκτρικής παραγωγής της χώρας [1].

Η υδροηλεκτρική παραγωγή ενέργειας στην Ελλάδα και το συνολικό ποσοστό συμμετοχής των ΥΗΣ στο ενεργειακό ισοζύγιο φαίνονται καθαρά στα παρακάτω διαγράμματα 1 και 2.

Το θεωρητικό υδροδυναμικό [2] της χώρας είναι της τάξης των δεκάδων δισεκατομμυρίων kWh ανά έτος και είναι δυνατή η θεωρητική εγκατάσταση εκατοντάδων μικρών ΜΥΗΣ σε μεγάλα ή μικρά υδατορρέυματα, που να αξιοποιούν ένα μέρος από το συνολικό αναξιοποίητο ελληνικό μικροϋδροηλεκτρικό δυναμικό (όπως αυτό φαίνεται στο Χάρτη 1, όπου με Χ είναι σημειωμένοι οι ΜΥΗΣ που αιτούν γνωμοδότηση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ) για αδειοδότηση και με Ο είναι σημειωμένοι οι ήδη λειτουργούντες ΜΥΗΣ στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδος).



Χάρτης 1: ΜΥΗΣ σε λειτουργία και αιτήσεις για αδειοδότηση στην Περιφέρεια της Δυτικής Ελλάδος [3] (X αιτούμενοι ΜΥΗΣ για αδειοδότηση & ο ΜΥΗΣ σε λειτουργία).

2. ΘΕΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΥΗΣ

Οι μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί (ΜΥΗΣ) συνήθως συνιστούν ένα σύνολο υδραυλικών, υδρολογικών και εδαφολογικών παρεμβάσεων και περιλαμβάνουν:

1. Ένα τεχνητό φράγμα όπου με τη συγκράτηση του νερού δημιουργείται ένας ταμιευτήρας ή ένα απλό σύστημα εκτροπής του ρεύματος του ποταμού.
2. Το σύστημα προσαγωγής που είναι ένας ανοικτός ή κλειστός αγωγός.
3. Τον υδατόπυργο.
4. Τον αγωγό πτώσης του νερού.
5. Τον κυρίως σταθμό παραγωγής μέσα στον οποίο βρίσκονται ένας ή περισσότεροι υδροστρόβιλοι με τις αντίστοιχες γεννήτριες και τις διατάξεις (πίνακες) ελέγχου, ρύθμισης, παρακολούθησης και προστασίας ολόκληρου του ΜΥΗΣ.
6. Τη διώρυγα φυγής του νερού και επιστροφής στη φυσική κοίτη του ποταμού.
7. Το σύστημα διασύνδεσης με το δίκτυο μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

Η συμβατική παραγωγή ενέργειας επηρεάζει το περιβάλλον προκαλώντας επιπτώσεις σε όλες σχεδόν τις παραμέτρους του όπως είναι ο αέρας, η θάλασσα, το τοπίο κ.ά και γενικά συντελεί στην επιδείνωση των κλιματικών αλλαγών του πλανήτη μας.

Η χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) όπως είναι οι ΜΥΗΣ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, υποκαθιστώντας τη χρήση των συμβατικών μορφών ενέργειας, προσφέρει πολλά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα (Πίνακας 1) και κυρίως:

- Δεν εκπέμπονται αέριοι ρύποι (π.χ. CO_2 , NO_x) που συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, όπως συμβαίνει κατά τη χρήση των συμβατικών καυσίμων.
- Δεν καταναλώνονται φυσικοί πόροι, όπως τα ορυκτά καύσιμα.
- Με προσεκτικές παρεμβάσεις των κατασκευαστών ΜΥΗΣ μπορούν να δημιουργηθούν νέοι τεχνητοί υδροβιότοποι, ιδίως στους μεγάλους ΥΗΣ [4].

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις [5], εστιασμένες σε δώδεκα μεγάλες κατηγορίες επιπτώσεων, που αφορούν κυρίως στην διαχείριση φυσικών πόρων, τις εκπομπές των αέριων ρύπων και διαχείριση των υγρών και στερεών αποβλήτων, από τις συμβατικές μορφές ενέργειας, είναι πολλές φορές μεγαλύτερες από αυτές των ΑΠΕ και συγκεκριμένα όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την παραγωγή 1 kWh ηλεκτρικής ενέργειας από ένα ΥΗΣ ισοδύναμης ισχύος. Αυτές είναι:

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

παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

- **50 φορές μικρότερες** από ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση φυσικού αερίου.

Στα παραπάνω περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των ΜΥΗΣ, έρχονται να προστεθούν και αρκετά τεχνικοοικονομικά και κοινωνικά οφέλη [6,7] από την χρήση τους όπως :

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

Πίνακας 1: Περιβαλλοντικοί, τεχνικοί, οικονομικοί και κοινωνικοί δείκτες των ΜΥΗΣ [8].

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

Συνοψίζοντας, αξίζει να αναφερθεί το εξής αριθμητικό παράδειγμα [9]: ένα μικρό υδροηλεκτρικό εργοστάσιο με παραγόμενη ισχύ 5 MW ετησίως υποκαθιστά 1.376 ΤΙΠ, μειώνει αντίστοιχα κατά 16.000 t / έτος τις εκπομπές του CO₂, παράγει την ετήσια ηλεκτρική ενέργεια για 5.300 οικογένειες, δημιουργεί εργασία για 23 άτομα κατά την κατασκευή του και για 15 άτομα περίπου κατά τη λειτουργία του.

3. ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΕΣ ΑΡΝΗΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΜΥΗΣ

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

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

3.1. Έδαφος

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

- Με τη δημιουργία του φράγματος και των λοιπών συνοδευτικών έργων κατακλύζονται εκτάσεις γης (συνήθως γεωργικές) και έτσι μεταβάλλονται οι χρήσεις γης της περιοχής
- Παρατηρείται σημαντική ποιοτική μεταβολή, όπου μια χερσαία έκταση και ένας ποτάμιος υγρότοπος μετατρέπονται σε λιμναίο βιότοπο, ενώ το προηγούμενο φυσικό περιβάλλον μετατρέπεται κατά μεγάλο ποσοστό σε ανθρωπογενές.
- Αναμένεται πιθανή αλλοίωση του εδάφους από τη διάνοξη δανειοθάλαμου για την απόληψη υλικών.
- Μεταβολή στη μορφολογία του εδάφους από την κατασκευή τόσο του ορύγματος του ταμιευτήρα όσο και του ίδιου του φράγματος καθώς και αλλοίωση του ανάγλυφου από την κατασκευή της λίμνης και των υπόλοιπων οικοδομικών έργων.
- Κατά την πλήρωση του ταμιευτήρα μπορεί να προκληθούν κάποιες σεισμικές δραστηριότητες ή κατολισθήσεις, ενώ από την άνοδο του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα στην περιοχή του ταμιευτήρα μπορούν να προκληθούν στατικά προβλήματα [10]. Όταν δεν κατασκευάζεται υδροταμιευτήρας, τότε επίσης αναμένεται :
- Αλλοίωση του εδάφους από την κατασκευή πιθανού αποθεσιοθάλαμου για την επακόλουθη απόθεση των υλικών που θα προκύψουν από την κατασκευή του ορύγματος που θα δημιουργηθεί από τον αγωγό μεταφοράς και πτώσης του νερού καθώς και από όλα τα υπόλοιπα βοηθητικά κατασκευαστικά έργα.
- Μεταβολή της μορφολογίας του εδάφους από τις προαναφερθείσες κατασκευές.

3.2. Νερό

(i) ποσότητα

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

- Μεταβολή της ποσότητας του νερού στα κατάντη του φράγματος με εναλλαγές περιόδων ξηρασίας και πλημμυρών.
- Επιβράδυνση της ροής του ποταμού στο φράγμα και επιτάχυνση της ροής του κατάντη του φράγματος.
- Έντονες αυξομειώσεις της στάθμης του ταμιευτήρα, διαφορετικές από αυτές που σημειώνονται σε μια φυσική λίμνη.
- Μεταβολές στον υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής [10].

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

(ii) ποιότητα

- Το νερό που υπερχειλίζει από το φράγμα είναι «φτωχό» σε φερτές ύλες λόγω της κατακράτησης των υλών αυτών στο φράγμα, με αποτέλεσμα τη διάβρωση της παλιάς κοίτης του ποταμού.
- Στην περίπτωση μη αποψίλωσης της βλάστησης μέσα από το χώρο που κατακλύζεται, παρατηρείται μείωση του οξυγόνου στο νερό λόγω βιοαποδόμησης των οργανικών και έκλυση μεθανίου εξαιτίας της συνεπακόλουθης δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών στον πυθμένα.
- Τα αναπτυσσόμενα αναερόβια βακτήρια μπορούν να μετατρέψουν τον αβλαβή ανόργανο υδράργυρο, που προϋπάρχει στο έδαφος [11], σε μεθυλδράργυρο που είναι τοξικός και βιοσυσσωρεύσιμος καθώς μέσω της τροφικής αλυσίδας μπορεί να μεταβιβαστεί τελικά και στους ανώτερους οργανισμούς.
- Επίσης, μπορεί να παρατηρηθεί μείωση του διαλυμένου οξυγόνου και αλλαγή στη θερμοκρασία του νερού [11], όπου το νερό της λίμνης στα ανώτερα στρώματα είναι πιο ζεστό λόγω της στασιμότητας, ενώ το πιο κρύο νερό βυθίζεται και είναι φτωχότερο σε οξυγόνο. Αυτό έχει ως συνέπεια το νερό που απελευθερώνεται στην κοίτη του ποταμού, είτε άμεσα είτε μετά το σταθμό παραγωγής, να είναι πιο κρύο και πιο ανοξικό από το φυσικό, αν προέρχεται από το κάτω στόμιο του φράγματος, και να προκαλέσει προβλήματα διαβίωσης ή ακόμα και θανάτωση της ιχθυοπανίδας, που είναι συνηθισμένη να ζει σε θερμότερο και πιο οξυγονωμένο νερό.
Το πρόβλημα είναι σαφώς τοπικό και επικεντρώνεται στην περιοχή αμέσως κατάντη του φράγματος ή του σταθμού παραγωγής. Αν πάλι το νερό προέρχεται από το πάνω στόμιο του φράγματος, τότε θα είναι πιο θερμό από το κανονικό οπότε και πάλι θα δημιουργηθεί τοπικό πρόβλημα.
- Τέλος, μπορεί να υπάρξει μείωση του pH από την αποσύνθεση της βιομάζας που υπάρχει στον ταμιευτήρα,

θολότητα και αιωρούμενα στερεά από την διάβρωση του πυθμένα, καθώς και πιθανή αλάτωση του νερού.

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

3.3. Πανίδα

(i) ιχθυοπανίδα

- Ευνοούνται νέα είδη ιχθυοπανίδας κυρίως λιμναίας, ενώ ταυτόχρονα δημιουργείται αναταραχή με μείωση έως και εξαφάνιση της πρότερης ποτάμιας ιχθυοπανίδας.
Οι λόγοι αφορούν στις αλλαγές της θερμοκρασίας του νερού και στη συγκέντρωση των διαλυμένων αερίων κατάντη, στη μεταβολή της ποσότητας και της ποιότητας του νερού καθώς στις έντονες διακυμάνσεις της στάθμης του νερού [12].
- Εξαφανίζονται ή μειώνονται αισθητά τα ψάρια κατάντη του φράγματος εξαιτίας της εκεί μικρής παροχής του νερού.
- Μεγάλο πρόβλημα δημιουργείται σε όλα τα είδη των μεταναστευτικών ψαριών, τα ανάδρομα (π.χ. σολομός), τα κατάδρομα (π.χ. χέλι), τα αμφίδρομα (π.χ. κάποια είδη κεφάλων) και τα ποταμοδρομικά. Τα μεταναστευτικά ψάρια απαιτούν διαφορετικό περιβάλλον στις βασικές φάσεις της ζωής.
Ο κύκλος ζωής τους πραγματοποιείται εν μέρει στο γλυκό νερό και εν μέρει στο αλμυρό νερό της θάλασσας. Το φράγμα και η δεξαμενή αποτελούν εμπόδιο για τη μετανάστευση των ψαριών είτε στα ανάντη είτε στα κατάντη [13].
Το εμπόδιο, που συναντούν τα ψάρια κατά το ταξίδι της μετανάστευσης τους, είναι πιθανό: α) να τα οδηγήσει στους στροβίλους του σταθμού παραγωγής με αποτέλεσμα τη διαταραχή τους, τον τραυματισμό τους ή και τη θανάτωσή τους, μιας και οι μηχανισμοί τραυματισμού των ψαριών μέσα σε μια τουρμπίνα, μπορεί να είναι [14]: οι αλλαγές πιέσεων [15], ο στροβιλισμός, το χτύπημά τους στα μηχανικά μέρη της τουρμπίνας και ο τεμαχισμός τους ανάμεσα στα κενά και τα κινητά μέρη της τουρμπίνας, ή β) να τα καθυστερήσει, με αποτέλεσμα να συσσωρευτούν πίσω από το φράγμα, να παραμείνουν σε ακατάλληλες θερμικές ζώνες στο βαθύτερο στρώμα του νερού και να πέσουν εύκολο θύμα παράνομης αλιείας ή θύματα άλλων ειδών ιχθυοπανίδας ή αρπακτικών ζώων.

(ii) λοιπή πανίδα

- Ευνοούνται από την ύπαρξη του ταμιευτήρα κάποια είδη ορνιθοπανίδας, ερπετών και θηλαστικών κυρίως αρπακτικών.
- Από το ίδιο το φράγμα ή και τον ταμιευτήρα αποκόπτονται κάποια είδη ζώων κυρίως θηλαστικών και δυσκολεύουν οι μετακινήσεις και οι μεταναστεύσεις τους.
Λόγω της αύξησης της υγρασίας και του ηπιότερου περιβάλλοντος ευνοούνται κάποια είδη εντόμων.

3.4. Οικοσυστήματα-Χλωρίδα-Βλάστηση

- Με την κατασκευή του φράγματος και την κατάκλυση του ταμιευτήρα χάνεται όλο το χερσαίο οικοσύστημα. Αλλοιώνεται έτσι το ποτάμιο και παραποτάμιο οικοσύστημα, ανάντη και κατόντη του φράγματος, ενώ ταυτόχρονα αντικαθίσταται με μια ομοιόμορφη δεξαμενή, με έντονες και αφύσικες διακυμάνσεις της στάθμης με πιθανό αποτέλεσμα την απώλεια ενός μέρους της φυσικής παρόχθιας βλάστησης και πανίδας [16]. Είναι δυνατόν, επίσης, να επέλθουν ολέθριες υποβιβάσεις ακτών, με προβλήματα τόσο στην αλιεία, όσο και στα υδρόβια πουλιά.
- Με την κατασκευή του φράγματος συγκρατείται πίσω του όλο το φορτίο των φερτών ιζημάτων που μετέφερε το νερό του ποταμού με αποτέλεσμα να μην μεταφέρεται το φορτίο αυτό στα κατόντη και να αλλοιώνεται έτσι το εκεί περιβάλλον, κυρίως στο στόμιο της εκβολής (δέλτα) του ποταμού ή ακόμα και αρκετά μέτρα πιο μακριά στις γειτονικές ακτές. Επιβεβαιώνεται έτσι αυτό που υποστηρίζουν πολλοί ότι τα «φράγματα δεν παγιδεύουν μόνο το νερό των ποταμών αλλά και το περιεχόμενό τους».
- Η εναλλαγή περιόδων ξηρασίας ή πλημμυρών μπορεί να επιφέρει τη διάβρωση του εδάφους και την εξαφάνιση της βλάστησης, παρόχθιας ή μη.

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

3.5. Τοπίο

- Παρατηρείται σημαντική σημειακή αλλαγή και τομή του τοπίου, όπου από φυσικό τοπίο μετατρέπεται σε κάποια σημεία του σε ανθρωπογενές. Το διαμήκες, δαιδαλώδες και άγριο ποτάμιο τοπίο, μετατρέπεται σε λιμναίο, συνήθως ήπιο και ομαλό. Τα δάση και η όποια βλάστηση προϋπάρχει, δίνουν τη θέση τους στη λίμνη, σε διώρυγες, κανάλια και στο σταθμό παραγωγής, σε νέους δρόμους πρόσβασης καθώς και σε νέα δίκτυα κοινής ωφέλειας.
- Με τη μειωμένη ροή του νερού στα κατόντη του φράγματος και με την πολλές φορές διαβρωμένη κοίτη του ποταμού αλλοιώνεται σημαντικά το τοπίο [16] μέχρι και το σημείο της εκβολής του.

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

3.6. Μικροκλίμα

- Η κατασκευή ταμιευτήρα συνεπάγεται αλλαγή του τοπικού υδρολογικού κύκλου με συνέπεια την αύξηση της

υγρασίας. Είναι δε σύνηθες το φαινόμενο της πρωινής ομίχλης στη λίμνη.

- Το κλίμα γίνεται ηπιότερο καθώς παρατηρείται σχετική άνοδος της θερμοκρασίας και αλλαγή στους τοπικούς ανέμους, αφού πλέον δεν συναντούν στο πέρασμά τους έδαφος, βλάστηση, δέντρα αλλά μια επίπεδη υγρή επιφάνεια.

3.7. Θόρυβος

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

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

3.8. Αέριες Εκπομπές

- Έχει παρατηρηθεί ότι στα υδροηλεκτρικά όπου δεν έχει απομακρυνθεί η βλάστηση στη λεκάνη του ταμιευτήρα, αυτή αποσυντίθεται προκαλώντας τη συσσώρευση και την απελευθέρωση μεθανίου [16], που είναι ανεπιθύμητο αέριο του θερμοκηπίου, λόγω της δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών.
- Κατά την κατασκευή του έργου αναμένονται, επίσης, κάποιες μικρές εκλύσεις αέριων ρύπων και σκόνης από τα μηχανήματα και τα οχήματα του εργοταξίου.

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

3.9. Απόβλητα

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

- Στη φάση της κατασκευής του ΜΥΗΣ δημιουργούνται κάποια απόβλητα, κυρίως από εξαρτήματα, λάδια ή και από τους εργαζομένους, τα οποία όμως είναι μικρής κλίμακας όγκου.
- Από τη λειτουργία ενός ΥΗΣ δεν δημιουργούνται ιδιαίτερης επικινδυνότητας απόβλητα. Συνήθως αυτά είναι οικιακής μορφής και διατίθενται εύκολα.
- Στην περιοχή του ταμιευτήρα προκειμένου να μην μειωθεί το δυναμικό αποθήκευσής του σε νερό, δημιουργού-

νται κάποια απόβλητα κατά τον τακτικό καθαρισμό του πυθμένα του από τις συσσωρεύσεις φερτών υλικών και βούρκου.

- Για τη λειτουργία του στροβίλου και της γεννήτριας απαιτούνται κάποια λιπαντικά, όπως υδραυλικό έλαιο λειτουργίας, λιπαντικό για τον αξονικό τριβέα της ηλεκτρογεννήτριας και άλλα για τα οποία απαιτείται ιδιαίτερη μέριμνα για τη συλλογή και τη διαχείριση τους σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία περί διάθεσης χρησιμοποιούμενων ορυκτέλαιων (ΥΑ 72751/3054/85 και ΥΑ 98012/2001).

3.10. Κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις

(i) εργασία

- Οι επιπτώσεις οφείλονται στη μετακίνηση των ανθρώπων και των κατοικιών τους, που βρίσκονται εγκατεστημένοι στις περιοχές, που κατασκευάζεται ο ταμιευτήρας και τα υπόλοιπα οικοδομικά έργα, στην αλλαγή του αντικειμένου εργασίας τους και στην απώλεια των γεωργικών εκτάσεων που εκμεταλλεύονταν οικονομικά και πλέον κατακλύζονται από τα νερά που συγκεντρώνονται στον ταμιευτήρα. Σαφώς αλλάζουν κάποιοι παραγωγικοί τομείς δραστηριότητας των κατοίκων της περιοχής. Κάποιοι από αυτούς επωφελούνται βρίσκοντας εργασία στο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο είτε κατά την κατασκευή είτε κατά τη λειτουργία του, κάποιοι άλλοι όμως χάνουν τις γεωργικές τους εκτάσεις, που απαλλοτριώνονται και αλλάζουν εργασία [12].

(ii) υγεία

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

4. ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΑΠΟ ΜΥΗΣ

Τα μέτρα που μπορούν να εφαρμοστούν προκειμένου να μειωθούν ή να αντιμετωπιστούν οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ΜΥΗΣ, διαχωρίζονται σε αυτά που αφορούν στο σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία τους καθώς και στη διαδικασία της οικολογικής τους πιστοποίησης.

Τα ενδεχόμενα μέτρα για την αντιμετώπιση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ΜΥΗΣ, περιγράφονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2 : Μέτρα αντιμετώπισης ενδεχόμενων περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην κατασκευή και λειτουργία ΜΥΗΣ [17].

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ: ΕΛΔΑΦΟΣ
<ul style="list-style-type: none"> • Μείωση των κατακλυζόμενων εκτάσεων. • Διάνοιξη δανειοθάλαμου μέσα στη λεκάνη. • Χρήση πιθανώς υπάρχοντος λατομείου. • Γεωτεχνικές μελέτες κατά τη φάση του σχεδιασμού για αποφυγή σεισμικών δονήσεων και κατολισθήσεων με συνοδευτικά έργα ενίσχυσής του. • Αποφυγή διατήρησης σε υψηλή στάθμη του νερού του ταμιευτήρα και μικρότερη διακύμανση των μεταβολών της. • Διάθεση των αποβλήτων των φερτών υλών που κατακρατεί το φράγμα στις κατάντη καλλιέργειες ως εδαφοβελτιωτικό. • Δενδροφυτεύσεις και τεχνητή φυτοκάλυψη.
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ: ΝΕΡΟ
<ul style="list-style-type: none"> • Εξασφάλιση ελάχιστης μόνιμης ροής και στα κατάντη του φράγματος (Ν. 2773/99). • Ιεράρχηση χρήσεων νερού του ταμιευτήρα. • Μείωση του χρόνου παραμονής του νερού στον ταμιευτήρα. • Για τη βελτίωση των προβλημάτων της ποιότητας του νερού, προτείνονται λύσεις όπως εκχειλιστές σε διάφορα ύψη του φράγματος, ώστε το νερό να διατηρεί σταθερή μέση θερμοκρασία, τεχνητά συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού, αναμεικτες και συστήματα αερισμού μέσα στο νερό της λίμνης ή στην ειδικά διαμορφωμένη τουρμπίνα που θα βοηθούν την αύξηση του οξυγόνου που είναι διαλυμένο στο νερό της λίμνης. • Αποψίλωση της κατακλυζόμενης βλάστησης στο χώρο του ταμιευτήρα.
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ: ΠΑΝΙΔΑ
ΙΧΘΥΟΠΑΝΙΔΑ
<ul style="list-style-type: none"> • Τοποθέτηση αποτελεσματικών και ελκυστικών ιχθυοσκாலών ή ιχθυοπερασμάτων για την ασφαλή μετάβαση των ψαριών στα κατάντη ή στα ανάντη του φράγματος [13]. Οι δίοδοι αυτοί για να είναι αποτελεσματικοί πρέπει να χωροθετηθούν κατάλληλα και θα πρέπει να εξασφαλίζουν συνθήκες για τα ψάρια παρόμοιες με του ποταμού όσον αφορά ποιότητα, ποσότητα ροής νερού και πυθμένα. Οι ιχθυόσκαλες αυτές μπορεί να είναι σε αναβαθμίδες, σκαλοπάτια ή κατασκευασμένες σε κεκλιμένα επίπεδα. Επίσης, θα πρέπει να καλύπτονται με εσχάρες και κλειδαριές για να μην πέσουν τα ψάρια θύματα παράνομης αλιείας. • Για την ομαλή μετάβαση των ψαριών στα κατάντη μπορούν να τοποθετηθούν συστήματα αερισμού, θέρμανσης

<p>ή κλιματισμού που θα αποτρέπουν την είσοδο των ψαριών στις επικίνδυνες για αυτά τουρμπίνες. Πολύ συχνά εφαρμοζόμενες τεχνικές είναι οι παρακαμπτήριες επιφανειακές δίοδοι ή τα κόσκινα – φίλτρα. Τα φίλτρα μπορεί να είναι διάτρητοι δίσκοι και μεταλλικές ή πλαστικές ράβδοι. Επίσης, αντί των φυσικών φραγμών των κόσκινων μπορούν να χρησιμοποιηθούν συμπεριφερειακοί φραγμοί όπου χρησιμοποιώντας κάποιο φως ή ήχους ή ηλεκτρικά πεδία ή φυσαλίδες να προσελκύουν τα ψάρια να περάσουν μέσα από αυτές τις διόδους αποφεύγοντας έτσι τους στροβίλους.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Όλα τα πιο πάνω για το ασφαλές πέρασμα είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω πρέπει να συνδυάζονται με τις φιλικές για τα ψάρια τουρμπίνες [14]. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται ο περιβαλλοντικός επανασχεδιασμός τους, ώστε τα ψάρια να μην πεθαίνουν είτε άμεσα είτε έμμεσα στο πέρασμά τους από αυτές. Οι φιλικές για τα ψάρια τουρμπίνες σχεδιάζονται με ένα συνδυασμό αλλαγών στα μεγέθη των ανοιγμάτων, στις γωνίες των ραφιών – ελασμάτων, στις διόδους ανοιγμάτων και στις προεξοχές τους καθώς και στη ροή του νερού μέσα σε αυτές, έτσι ώστε το ψάρι να βρεθεί σε μια ζώνη ασφαλείας όπου οι πιέσεις, ο στροβιλισμός και η πιθανότητα χτυπήματος του να είναι σε αποδεκτά επίπεδα. • Συνεργασία μηχανικών και βιολόγων για την εξομοίωση της συμπεριφοράς των ψαριών, μέσω κάποιων αισθητήρων [18] στο φράγμα και στο πέρασμά τους από τις τουρμπίνες. • Δημιουργία τεχνητών καλλιεργείων και αναπαραγωγικών ειδών ιχθυοπανίδας. • Εγκατάσταση μονάδων αερισμού, θέρμανσης για τη διατήρηση της θερμοκρασίας και του οξυγόνου του νερού στα πρότερα επίπεδα, ώστε να μπορεί να επιβιώνει η ιχθυοπανίδα, που είναι συνηθισμένη σε αυτές τις συνθήκες. • Προσεκτικός καθαρισμός της παρόχθιας ζώνης. • Εξασφάλιση ελάχιστης μόνιμης ροής του ποταμού στην παλιά του κοίτη. <p>ΛΟΙΠΗ ΠΑΝΙΔΑ</p> <ul style="list-style-type: none"> • Προσεκτικός καθαρισμός της παρόχθιας ζώνης. • Δενδροφυτεύσεις. • Δημιουργία ζωνών προστασίας και τεχνητή μεταφορά ευαίσθητων ειδών πανίδας 	<ul style="list-style-type: none"> • Για την αντιμετώπιση της ιζηματοαπόθεσης στον ταμιευτήρα και των συνεπαγόμενων επιπτώσεων του (π.χ. διάβρωση), προτείνονται: α) οι κατασκευές εξόδων των φερτών υλών πριν τη δεξαμενή καθώς και η δημιουργία μικρών ταμιευτήρων πριν από τον κεντρικό για την εναπόθεση των φερτών σε αυτόν και την ομαλή απομάκρυνσή τους μέσω ειδικών διόδων, β) συχνός καθαρισμός των ιζημάτων και μεταφορά τους στο κατάντη νερό.
<p style="text-align: center;">ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ: ΤΟΠΙΟ</p> <ul style="list-style-type: none"> • Δενδροφυτεύσεις, επαναφυτεύσεις. • Κατασκευή των οικοδομικών έργων με υλικά εναρμονισμένα με τον περιβάλλοντα χώρο (π.χ. χρήση τοπικής πέτρας κ.ά.). • Αν το φράγμα είναι μεγάλο, προτείνεται η επένδυσή του με πέτρες ή με σιδερένιες κατασκευές, ώστε να προσφέρεται μια καλή αμφιθεατρική θέαση. • Υπογείωση του κτιρίου του σταθμού και όλων των αγωγών, ώστε να μην υπάρχει οπτική θέαση και διακοπή στην υπάρχουσα βλάστηση και πανίδα που πιθανώς υπάρχουν πάνω στο λόφο. Η υπογείωση αυτή των αγωγών μπορεί να επιτευχθεί σχετικά εύκολα, με τη χρήση κατάλληλων υλικών κυρίως πλαστικού όπου η επιδιόρθωση και η συντήρησή τους είναι πιο σπάνιες, στη δε περίπτωση διαρροής ή βλάβης αυτή βρίσκεται εύκολα με τη χρήση θερμοκάμερας. • Εξασφάλιση ελάχιστης μόνιμης ροής του ποταμού στην παλιά του κοίτη, έτσι ώστε να είναι ορατή η παρουσία του ποταμού και μετά την κατασκευή του φράγματος. 	<p style="text-align: center;">ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ: ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ</p> <ul style="list-style-type: none"> • Δενδροφυτεύσεις, επαναφυτεύσεις.
<p style="text-align: center;">ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ: ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ-ΒΛΑΣΤΗΣΗ-ΧΛΩΡΙΔΑ</p> <ul style="list-style-type: none"> • Εξασφάλιση ελάχιστης μόνιμης ροής του ποταμού στην παλιά του κοίτη. • Δενδροφυτεύσεις, επαναφυτεύσεις. • Δημιουργία ζωνών προστασίας στη γειτονική παρόχθια περιοχή. • Διατήρηση σταθερής στάθμης του νερού του ταμιευτήρα με την κατασκευή πολλαπλών ταμιευτήρων (π.χ. ημερήσιων ή μηνιαίων), ώστε να προσομοιάζεται ο ταμιευτήρας με μια φυσική λίμνη. 	<p style="text-align: center;">ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ: ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ</p> <p>ΘΟΡΥΒΟΣ</p> <ul style="list-style-type: none"> • Κατά την κατασκευή, τήρηση όλων των προβλεπόμενων από τη νομοθεσία κανόνων (χρήση μηχανημάτων, ωαρίων κ.ά.). • Χρήση αντικραδασμικών εξαρτημάτων. • Ηχομόνωση, ατομικά μέτρα προστασίας <p>ΛΟΙΠΕΣ ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ</p> <ul style="list-style-type: none"> • Κατά την κατασκευή, διαβροχή του εργοταξίου και των χρησιμοποιούμενων δρόμων. • Αποψίλωση καταδύομενης βλάστησης • Δενδροφυτεύσεις, επαναφυτεύσεις
<p style="text-align: center;">ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ: ΑΠΟΒΑΗΤΑ</p> <ul style="list-style-type: none"> • Συλλογή και διάθεση σύμφωνα με τις ισχύουσες νομοθετικές διατάξεις. 	<p style="text-align: center;">ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ: ΑΠΟΒΑΗΤΑ</p> <ul style="list-style-type: none"> • Συλλογή και διάθεση σύμφωνα με τις ισχύουσες νομοθετικές διατάξεις.

- Κατά την κατασκευή, ειδική μέριμνα απομάκρυνσης και σωστής διάθεσης για τα πάσης φύσης απόβλητα (οικοδομικά, οικιακά κ.ά.).
- Προγραμματισμένη μεταφορά των φερτών υλών που προκύπτουν από τον καθαρισμό του φράγματος.
- Κατά τη λειτουργία του ΜΥΗΣ χρειάζεται ειδική μέριμνα και κυρίως συμμόρφωση με την ισχύουσα νομοθεσία (ΥΑ 72751/3054/85 και ΥΑ 98012/2001) για τη συλλογή (π.χ. σε δεξαμενή από χαλύβδινο έλασμα με εποξειδική βάση) και κυρίως για τη διάθεση των χρησιμοποιούμενων ορυκτέλαιων σε εταιρείες που κατέχουν τη νόμιμη άδεια συλλογής και διάθεσης αυτών.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ : ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

- Ορθολογικός προγραμματισμός των κύριων και συνοδευτικών έργων, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι κατακλυζόμενες περιοχές. Κατόπιν θα πρέπει να απαλλοτριωθούν άμεσα οι θιγμένοι (από απώλεια κατοικίας ή αγροκτημάτων) και να ενταχθούν σε προγράμματα επανεγκατάστασης.
- Νέες θέσεις εργασίας για την τοπική κοινωνία από την κατασκευή αλλά και στη λειτουργία του ΜΥΗΣ.
- Ανταποδοτικά οφέλη στην τοπική κοινωνία, (π.χ. φθηνότερο αρδευτικό νερό, δωρεάν πόσιμο νερό).
- Σωστή εκμετάλλευση του ήπιου τουρισμού και της ανάπτυξης της περιοχής.
- Πληροφόρηση, περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση για την αποδοχή του έργου από τους κατοίκους.

ΥΓΕΙΑ

- Απεντομώσεις.
- Μετρήσεις ποιότητας νερού.
- Ενισχύσεις των εδαφών για την περίπτωση κατολισθήσεων ή σεισμών.
- Κατά τη λειτουργία του ΜΥΗΣ να υπάρχει ειδική μέριμνα για τη διαχείριση των χρησιμοποιούμενων λιπαντικών, που είναι απαραίτητα για την ομαλή λειτουργία του στρόβιλου και της γεννήτριας, όπως εξασφάλιση μη επαφής αυτών με το νερό, χρήση ελαιολεκάνης για τη συλλογή τυχόν ελαίων διαρροής του μετασχηματιστή κ.ά.

Με βάση τα ανωτέρω συνοψίζουμε:

- Τα έργα ενός ΜΥΗΣ μπορούν να έχουν άμεσες και αλυσιδωτές επιπτώσεις σε πολλές περιβαλλοντικές παραμέτρους όπως π.χ. από την κατασκευή του φράγματος μια άμεση επίπτωση είναι οι αλλοιώσεις του ποτάμιου οικοσυστήματος, γεγονός το οποίο με τη σειρά του δημιουργεί σημαντικότερες επιπτώσεις στη διαβίωση, μετακίνηση και αναπαραγωγή της ιχθυοπανίδας, στην ποιότητα του νερού (θερμοκρασία, διαλυμένα αέρια), στα κατάντη οικοσυστήματα κ.ά.
- Τα πιο συνήθη προτεινόμενα μέτρα αντιμετώπισης είναι η εξασφάλιση μιας μόνιμης ελάχιστης ροής στα κατάντη, η όσον το δυνατό ελαχιστοποίηση όλων των συνιστωσών του έργου και κυρίως του χώρου του ταμιευτήρα,

ο σωστός προγραμματισμός, η εξασφάλιση της ομαλής διόδου των ψαριών μέσα από το φράγμα και το σταθμό και οι τεχνικές διασφάλισης της ποιότητας του νερού των λιμνών.

Στον Πίνακα 3 επιχειρείται η αξιολόγηση όλων των ενδεχόμενων αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ΜΥΗΣ ανά δραστηριότητα του έργου. Βέβαια η αξιολόγηση είναι ενδεικτική, γιατί για κάθε έργο ΜΥΗΣ ποικίλει ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τόσο του ίδιου του έργου όσο και της περιοχής.

Πίνακας 3: Αξιολόγηση ενδεχόμενων αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από ΜΥΗΣ [17].

Δραστηριότητα	Χαρακτηρισμός επίπτωσης
Κατασκευή του έργου	++
Ταμιευτήρας	+++
Φράγμα	++
Εκτροπή Ποταμού	+++
Εργοστάσιο	+
Αγωγοί – Διώρυγες	+
Λειτουργία έργου	++

(+ μικρή, ++ μέτρια, +++ μεγάλη)

5. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΜΥΗΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ (ΜΠΕ) ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

5.1. Νομοθεσία

Η κατηγοριοποίηση των ΜΥΗΣ γινόταν μέχρι πρόσφατα βάσει του Ν.1650/86 [19] και της ΚΥΑ 69269/90 [20]. Προκειμένου να εναρμονιστεί ο Ν.1650/85 με τις κοινοτικές οδηγίες ΕΕ/11/97 και ΕΕ/61/96 ψηφίστηκε το 2002 η τροποποίηση του σε ορισμένα σημεία με το Νόμο 3010/2002, ενώ τον ίδιο χρόνο επίσης ψηφίστηκε και η συνοδευτική ΚΥΑ 15393/2332 στο ΦΕΚ 1022/2002 [21], με την οποία ρυθμίζονται τα θέματα της κατάταξης των δημόσιων και ιδιωτικών έργων σύμφωνα με το άρθρο 1 του Ν.1650/85, όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 1 του Ν.3010/2002. Με βάση τόσο το Νόμο όσο και την ΚΥΑ, τα έργα που παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά ως προς την αξιολόγηση και εκτίμηση των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων κατατάσσονται σε δέκα ομάδες :

1. Έργα οδοποιίας.
2. Υδραυλικά έργα.
3. Λιμενικά έργα.
4. Συστήματα υποδομών.
5. Εξορυκτικές και συναφείς δραστηριότητες.
6. Τουριστικές εγκαταστάσεις – Εργασίες πολεοδομίας.
7. Κτηνοτροφικές και πτηνοτροφικές εγκαταστάσεις.
8. Υδατοκαλλιέργειες.

9. Βιομηχανίες εγκατάστασης και εργασίες διαρρύθμισης βιομηχανικών ζωνών.
10. Ειδικά έργα.

Έτσι μέσα στην ομάδα 2 που είναι τα υδραυλικά έργα συμπεριλαμβάνονται και τα υδροηλεκτρικά έργα, όπου τα ΜΥΗΣ κατηγοριοποιούνται στην πρώτη υποκατηγορία (Α₁) αν έχουν ισχύ από 8 έως 10 MW (βάσει του ορισμού τους) και στην δεύτερη υποκατηγορία (Α₂) αυτά που η ισχύς τους είναι από 1 έως 8 MW.

Πρόσφατα εκδόθηκε και η ΚΥΑ 1726/2003, που αφορά στη διαδικασία της προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης έγκρισης περιβαλλοντικών όρων στο πλαίσιο της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και αποτελεί ένα ισχυρό νομοθετικό εργαλείο, που απουσίαζε αισθητά από την ισχύουσα νομοθεσία.

5.2. Ανάλυση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις ΜΠΕ ΜΥΗΣ στην Ελλάδα.

Συνήθως στις ΜΠΕ που εκπονούνται στην Ελλάδα, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την κατασκευή και λειτουργία ενός ΜΥΗΣ χαρακτηρίζονται μικρές και εύκολα αντιστρέψιμες. Πολλές δε φορές, η επίπτωσή τους χαρακτηρίζεται μικρή, επειδή το μέγεθος του σταθμού τυχάνει να είναι επίσης μικρό. Εν τούτοις, το μέγεθος του παραγόμενου προϊόντος δεν χαρακτηρίζει συχνά και το μέγεθος των περιβαλλοντικών του επιπτώσεων. Δεν είναι λίγες οι φορές που ένα μικρό έργο δημιουργεί μεγάλες και σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Στην προσπάθεια συγκέντρωσης στοιχείων αναφορικά με τα προβλήματα των ΜΠΕ στην Ελλάδα όσον αφορά στα υδροηλεκτρικά έργα και ιδίως τα ΜΥΗΣ, εξετάστηκαν τέσσερις ΜΠΕ. Η πρώτη ΜΠΕ αφορά τον ΜΥΗΣ Γιτάνης [22], στον ποταμό Καλαμά, ιδιοκτησίας ΔΕΗ ισχύος 4,2 MW, ο οποίος και θα λειτουργήσει συνοδευτικά με το ήδη υπάρχον αρδευτικό έργο. Οι επόμενες δύο μελέτες, είναι για δύο ΜΥΗΣ, ένα στην Ανατολική Ιωαννίνων ισχύος 0,7MW [23] και ένα στην κοινότητα Μαυρόπουλου Ιωαννίνων [24] ισχύος 0,32 MW και οι δύο από ιδιωτική εταιρεία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ η τελευταία αφορά την ΜΠΕ Φράγματος για ύδρευση του ποταμού Πείρου και Παραπείρου στο νομό Αχαΐας [25].

Αξίζει να τονιστεί ότι οι δύο ΜΠΕ των πολύ μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών (λόγω του μικρού μεγέθους της παραγόμενης ενέργειας) καθώς και οι περισσότερες ΜΠΕ ΜΥΗΣ, όπως για παράδειγμα αυτών που κατασκευάζονται κατά δεκάδες από ιδιώτες ανεξάρτητους παραγωγούς στην Ήπειρο, συνίστανται σε απλή συμπλήρωση του ερωτηματολογίου του Πίνακα 3 του άρθρου 16 της ΚΥΑ 69269/90. Οι ΜΠΕ αυτές είναι μεν συμβατές σε σχέση με την ισχύουσα τότε νομοθεσία (ΚΥΑ 69269/90, ΚΥΑ 75308/90, 30557/98, εγκύκλιο Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. 47/96) σύμφωνα με την οποία,

οι ΜΥΗΣ με παραγόμενη ενέργεια μικρότερη από 1 MW χαρακτηρίζονται ως έργα Β κατηγορίας, ανεξάρτητα αν κατασκευάζεται ή όχι ταμιευτήρας. Το αντικείμενο όμως της αντίστοιχης τεχνικής έκθεσης (ερωτηματολόγιο) απλά ανίχνευε επιφανειακά μόνο σημαντικές περιβαλλοντικές παραμέτρους και επιπτώσεις καθώς η αξιολόγησή τους γινόταν με μονολεκτικές συνήθως απαντήσεις. Οι συνήθειες απαντήσεις στις ΜΠΕ είναι στην πλειοψηφία τους το «ΟΧΙ» δηλαδή ότι το έργο δεν επηρεάζει την αντίστοιχη περιβαλλοντική παράμετρο, μιας και οι επεμβάσεις που θα γίνουν θα είναι μικρής κλίμακας, ενώ υπάρχουν και κάποια «ΙΣΩΣ», δηλώνοντας έτσι, ότι ενδέχεται να υπάρξουν κάποιες επιπτώσεις αλλά μικρής κλίμακας και αντιστρέψιμες. Τέτοιες επιπτώσεις αφορούν για παράδειγμα στη διακύμανση της ροής του νερού, η οποία είναι μικρή και αντιμετωπίζεται με την εποχική λειτουργία του έργου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στο θόρυβο, που θα υπάρχει στη φάση της κατασκευής και θα είναι μετρίου μεγέθους, μειούμενος με την απόσταση και σαφώς παροδικός κ.ά.

Στον Πίνακα 5 συνοψίζονται τα προβλήματα των ΜΠΕ ΜΥΗΣ στην Ελλάδα, όπως προέκυψαν μέσα από τις υπόψη τέσσερις ΜΠΕ, που αφορούν στις ελλείψεις, τον εντοπισμό ή στην έλλειψη βαρύτητας των ενδεχόμενων περιβαλλοντικών επιπτώσεων καθώς επίσης στις ελλείψεις στα προτεινόμενα μέτρα αντιμετώπισης καθώς και της ισχύουσας σχετικής νομοθεσίας. Έχει παρατηρηθεί ότι οι τυχόν ελλείψεις εντοπίζονται και ως συνάρτηση του υψηλού οικονομικού κόστους που απαιτείται για τη λήψη των απαραίτητων μέτρων. Τέλος στον Πίνακα 6 καταγράφονται οι χαρακτηρισμοί των επιπτώσεων αυτών, όπως προέκυψαν από τις υπόψη πάντα μελέτες τόσο στη φάση της κατασκευής όσο και στη φάση της λειτουργίας του έργου.

Πίνακας 5: Ενδεχόμενες ελλείψεις στις ΜΠΕ ΜΥΗΣ στην Ελλάδα [17].

Μέτρα αντιμετώπισης για :
<p>Αλλοίωση της ιχθυοπανίδας</p> <p>Προτείνονται λύσεις ιχθυοσκαλών όμως δεν αναγράφονται τεχνικές αποτελεσματικών ιχθυοσκαλών με έμφαση στην προσέλκυση των ψαριών. Επίσης, δεν αναφέρονται καθόλου σε τεχνικές φιλικών για τα ψάρια τουρμπινών (βλ. Πίνακα 2) ή χρήση ειδικών αισθητήρων προσομοίωσης της κίνησής τους. Στην προβλεπόμενη ΚΥΑ 1726/2003 για την έγκριση περιβαλλοντικών όρων ΜΥΗΣ δεν απαιτείται η γνωμάτευση κρατικών φορέων που αφορούν την αλιεία.</p>
<p>Αλλοίωση της λοιπής πανίδας</p> <p>Δεν προτείνονται τρόποι προστασίας κάποιων ειδών προϋπάρχουσας πανίδας καθώς και η δημιουργία ζωνών προστασίας και τεχνητής μεταφοράς ευαίσθητων ειδών πανίδας (βλ. Πίνακα 2).</p>

<p>Αλλοίωση του ποτάμιου βιότοπου Δεν προτείνονται μέτρα προγραμματισμένης ιεράρχησης της χρήσης του νερού, ώστε να μετριάζονται οι έντονες εναλλαγές στη στάθμη του νερού της λίμνης. Δεν προτείνονται, επίσης, μέτρα δημιουργίας ζωνών προστασίας της γειτονικής παρόχθιας περιοχής.</p>
<p>Αλλαγή στο μικροκλίμα Δεν προτείνονται τρόποι αντιμετώπισης π.χ. δένδροφυτεύσεις κ.ά. (βλ. Πίνακα 2)</p>
<p>Αέριοι ρύποι Δεν εντοπίζεται το πρόβλημα της έκλυσης μεθανίου στο χώρο της λίμνης στην περίπτωση της ύπαρξης κατακλυζόμενης βλάστησης, οπότε δεν προτείνεται και η αναγκαιότητα του καθαρισμού της βλάστησης στο χώρο που θα γίνει ο ταμιευτήρας.</p>
<p>Διαχείριση της ροής του νερού του ποταμού και της ποιότητάς του Δεν προτείνονται μέθοδοι μέτρησης των παραμέτρων του νερού, αφού δεν εντοπίζονται σημαντικά προβλήματα αλλοίωσης του κατάντη νερού (βλ. Πίνακα 2). Δεν προτείνονται κατασκευαστικές λύσεις βελτίωσης της ποιότητας του κατάντη νερού π.χ. με κατασκευή υπερχειλιστών σε διάφορα ύψη ή τοποθέτηση αναμεικτών ή συστημάτων αερισμού. Δεν προβλέπεται επίσης στη νομοθεσία τρόπος ελέγχου της μη τήρησης της ελάχιστης μόνιμης ροής στα κατάντη του φράγματος.</p>
<p>Διάβρωση της παλιάς κοίτης του ποταμού Δεν υπάρχει στη νομοθεσία τρόπος ελέγχου μη τήρησης της ελάχιστης μόνιμης ροής στα κατάντη του φράγματος. Δεν προτείνονται μέθοδοι απόθεσης των συγκρατούμενων στο φράγμα φερτών υλών (βλ. Πίνακα 2).</p>
<p>Αισθητική αλλοίωση του τοπίου Δεν προτείνονται λύσεις υπογείωσης του χώρου του εργοστασίου όπως επίσης μέθοδοι και απαιτούμενα υλικά για την προτεινόμενη υπογείωση των σχετικών αγωγών καθώς και τρόπων απόρριψης των εξαγόμενων χωματουργικών υλικών (βλ. Πίνακα 2).</p>
<p>Ίζηματοαπόθεση στον ταμιευτήρα Δεν προτείνονται μέθοδοι απόθεσης των συγκρατούμενων στο φράγμα φερτών υλών όπως με κατασκευές εξόδου ή τεχνητές κατάντη αποθέσεις (βλ. Πίνακα 2).</p>
<p>Θόρυβος του εργοστασίου Δεν προτείνονται σχετικές κατασκευαστικές λύσεις ή λύσεις υπογείωσης του χώρου (βλ. Πίνακα 2).</p>

Αντοχή του εδάφους

Προτείνονται γεωτεχνικές μελέτες και έργα ενίσχυσης του εδάφους, όμως δεν εντοπίζεται ενδεχόμενο στατικό πρόβλημα στη γειτονική περιοχή από την ανύψωση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα στον ταμιευτήρα.

Υγεία των κατοίκων

Δεν προτείνονται μέτρα απεντόμωσης.

5.3. Αξιολόγηση ΜΠΕ ΜΥΗΣ στην Ελλάδα

Είναι προφανές ότι τα συγκεκριμένα έργα αξιοποίησης της υδροηλεκτρικής ενέργειας και ιδίως τα μικρά είναι προτιμότερα από τις συμβατικές πηγές ενέργειας (βλ. παράγραφο 2) όσον αφορά στην προστασία του περιβάλλοντος. Εντούτοις για λόγους πληρότητας στον παρακάτω Πίνακα 6 παραθέτουμε συγκεντρωτικά τις αξιολογήσεις των περιβαλλοντικών επιπτώσεων όπως ενδεικτικά προέκυψαν μέσα από τη μελέτη των τεσσάρων ΜΠΕ.

Πίνακας 6: Συγκεντρωτικός Πίνακας Αξιολόγησης των ΜΠΕ ΜΥΗΣ στην Ελλάδα [17].

Παράμετρος Περιβάλλοντος	Φάση Κατασκευής	Φάση Λειτουργίας
Έδαφος	Αρνητική, μεσαία και αντιστρεπτή	Αρνητική, μεσαία
Νερά	Αρνητική, μικρή και αντιστρεπτή	Αρνητική, μεσαία
Ατμόσφαιρα	Αρνητική, μικρή και αντιστρεπτή	Μικρή
Χλωρίδα-Βλάστηση	Αρνητική, μεσαία και αντιστρεπτή	Αρνητική, μεσαία
Πανίδα	Αρνητική, μεσαία και αντιστρεπτή	Αρνητική, μεσαία
Τοπίο	Αρνητική, μεσαία και αντιστρεπτή	Μικρή
Κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον	Αρνητική, μικρή και αντιστρεπτή	Μικρή
Προστατευόμενες Περιοχές	Αρνητική, μικρή και αντιστρεπτή	Μικρή

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΜΥΗΣ αποτελεί για την Ελλάδα, που διαθέτει έντονο ανάγλυφο και πλούσιο υδροδυναμικό, μία ελπιδοφόρα λύση στο ενεργειακό πρόβλημα της. Η αξιοποίηση της υδροηλεκτρικής ενέργειας από μικρούς αποκεντρωμένους σταθμούς (ΜΥΗΣ) παρουσιάζει ιδιαίτερα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σε σχέση τόσο με τη χρήση συμβατικών μορφών ενέργειας όσο και με τους μεγάλους ΥΗΣ, μιας και οι επεμβάσεις στο περιβάλλον είναι σαφώς μικρότερες σε μέγεθος. Εκτός των περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων τους οι ΜΥΗΣ παρουσιάζουν και πολλά τεχνικά αλλά και κοινωνικοοικονομικά πλεονεκτήματα ακόμα και σε σύγκριση με τις άλλες μορφές αξιοποίησης ΑΠΕ.

Οι ενδεχόμενες αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους, οι οποίες διαφέρουν ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τόσο του έργου όσο και της περιοχής, στις περισσότερες περιπτώσεις αξιολογούνται ως μέτριες ή μικρές αλλά και αντιστρέψιμες. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση νέας βιομηχανοποιημένης τεχνολογίας αλλά και χρησιμοποιώντας λύσεις καλής πρακτικής και πρόληψης, όπως η εξασφάλιση μιας ελάχιστης μόνιμης ροής στην κατάντη του φράγματος κοίτη του ποταμού, η κατασκευή αποτελεσματικών ιχθυοσκαλών, η τοποθέτηση φιλικών για τα ψάρια τουρμπινών, η κατασκευή υπερχειλιστών σε διάφορα ύψη κ.ά.

Στην περίπτωση της Ελλάδας εντοπίζονται κάποια προβλήματα όσον αφορά στην περιβαλλοντική θεώρηση των ΜΥΗΣ. Η υπάρχουσα νομοθεσία υποχρεώνει την εφαρμογή ΜΠΕ στους ΜΥΗΣ, όμως ο διαχωρισμός των έργων γίνεται ανάλογα με το μέγεθος του έργου ως προς την παραγόμενη ενέργεια και όχι αναλύοντας το μέγεθος των ενδεχόμενων περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Από την άλλη πλευρά οι περισσότερες ΜΠΕ μέχρι σήμερα ήταν σύντομες και απλές απαντήσεις του σχετικού ερωτηματολογίου χωρίς να ανιχνεύουν σε βάθος τις ιδιαίτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις του εκάστοτε έργου. Επίσης, όπως προκύπτει από τους πίνακες αξιολόγησης τους, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στις περισσότερες περιπτώσεις κρίνονται ως μικρές ή μέτριες και εύκολα αντιστρέψιμες, χωρίς να έχουν ενσωματωθεί μέσα στα προτεινόμενα μέτρα αντιμετώπισης ή μετριασμού νέες τεχνολογίες κυρίως για τη διαχείριση του προβλήματος της θανάτωσης των ψαριών, της διαχείρισης του νερού του ποταμού, της διάβρωσης της κοίτης του, της ιζηματοαπόθεσης στον ταμιευτήρα, της αλλοίωσης του ποτάμιου υδροβιότοπου, του θορύβου στο εργοστάσιο κ.ά.

Με βάση τη διεθνή εμπειρία έχουν προκύψει τεχνολογικές καινοτομίες στα μέτρα αντιμετώπισης των αρνητικών επιπτώσεων με σημαντικότερα τα επιτεύγματα προστασίας της απειλούμενης ιχθυοπανίδας (φιλικές για τα ψάρια τουρμπίνες) και της διατήρησης της ποιότητας του κατάντη του φράγματος νερού (συστήματα αερισμού) κ.ά.

Επίσης, εντοπίζονται κάποια προβλήματα και ελλείψεις και στην ισχύουσα εθνική νομοθεσία. Μέχρι το έτος 2002,

τα ΜΥΗΣ συνήθως κατατάσσονταν σε κατώτερες ως προς την περιβαλλοντική θεώρηση κατηγορίες έργων. Με την ισχύουσα νομοθεσία (ΚΥΑ 15393/2002) τα περισσότερα κατατάσσονται στην Α₂ κατηγορία, οπότε ευελπιστούμε ότι οι ΜΠΕ των ΜΥΗΣ θα συντάσσονται πλέον με βάση τα διεθνή πρότυπα, θα ανιχνεύουν όλες τις ευαίσθητες περιβαλλοντικές παραμέτρους και θα τις αξιολογούν αντίστοιχα, ενώ επίσης θα ενσωματώνουν νέες τεχνικές στα προτεινόμενα μέτρα. Η δημιουργία της νέας ΚΥΑ 1726/2003 που διατυπώνει τη διαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης ειδικά για τα έργα αξιοποίησης ΑΠΕ, ήταν κάτι που απουσίαζε από την εθνική νομοθεσία και δείχνει το βάρος που προσδίδει το κράτος στην περιβαλλοντική τους θεώρηση.

Τέλος μια λύση για την ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ΜΥΗΣ θα μπορούσε να ήταν η εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης (ΣΠΔ) όπως είναι το σύστημα EMAS (Environmental Management Audit Scheme, Σύστημα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης και Ελέγχου) [17]. Το EMAS μπορεί να εφαρμοστεί όχι μόνο για να πετύχει τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων της επιχείρησης αλλά και για την εναρμόνισή της με τις ισχύουσες πολιτικές, για την αύξηση των οικονομικών οφελών της, για την αύξηση του ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος της και για την αύξηση της διαφάνειάς της με τη δημοσιοποίηση της περιβαλλοντικής της δήλωσης. Οι προτάσεις αυτές μπορούν να συμβάλλουν να ανοίξει ο δρόμος για την περαιτέρω εκμετάλλευση του πλούσιου υδροδυναμικού της χώρας [26] με τρόπο πραγματικά περιβαλλοντικά φιλικό.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΔΕΗ Α.Ε, Ημερίδα «ΔΕΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ», Ιούνιος 2002.
2. ΚΑΠΕ , Ιστοσελίδα : www.cres.gr, 2003.
3. E.C, Final Report “**Integrated Regional Action Plan for the development and exploitation of the small hydro power potential of the region of Western Greece**”- Directorate – General Energy and Transport, Altener Programme, November 2002.
4. Θεοδωράκης, Μ., Ν. Μάργαρης, Η. Κανακαϊδής, Βιβλίο «**Υδροβιότοποι της ΔΕΗ**», Πανεπιστήμιο Αιγαίου 1999.
5. ESHA (European Small Hydropower Association), Report «**Environmental Impacts of the production of electricity**», (http://www.esha.be/LCA_Study.pdf), July 2001.
6. Λέρης, Γ., Εισήγηση «**Εκμετάλλευση Υδροηλεκτρικών Σταθμών**» ΔΕΗ Α.Ε, HELECO 2003.
7. Κουρή, Π., Β. Παπτά, Π. Παρδάλης, Εισήγηση «**Υδροηλεκτρικά έργα και η συμβολή τους στην βιώσιμη και ισόρροπη ανάπτυξη της χώρας**» ΔΕΗ Α.Ε, HELECO 2003.
8. E.C, Scientific and technological references. Energy Technology Indicators, DG RTD, (<http://www.cordis.lu/eesd/scr/indicators.htm>), September 2002.
9. ΚΑΠΕ, Φυλλάδιο «**Περί ανάπτυξης των ΑΠΕ στην Ελλάδα**», 1997.
10. Παπαντώνης, Δ. , Βιβλίο “**Μικροί Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί**”, Εκδόσεις : Συμείων , Αθήνα 2001.
11. IEA, International Energy Agency , Main report “**Hydropower and the environment – Present context and guidelines for future action**”, (<http://www.ieahydro.org/Environment/HyA3S5V2.pdf>), May 2000.
12. IEA, International Energy Agency, Report “**Hydropower and the**

environment - Survey of the Environmental and Social Impacts and the effectiveness of mitigation measures in Hydropower development" (<http://www.ieahydro.org/Environment/IEA%20AIII%20ST1%20Vol%20I.pdf>), May 2000.

13. Sale, M.J., G.f. Cada, L.H Chang, S.W. Christensen, S.F. Railsback, J.E Francfort, B.N. Rinehart, G.L. Sommers, Paper **"Environmental Mitigation at hydroelectric projects"**, U.S. Department of Energy, December 1991.

14. Cada, G., Report **"The development of Advanced Hydroelectric Turbines to improve Fish Passage Survival"**, U.S. Department of Energy & Office of Biopower and Hydropower Technologies, (<http://hydropower.inel.gov/turbines/pdfs/amfishsoc-fall2001.pdf>), September 2001.

15. Guensch, G., Robert Mueller, Graig McKinsty, Dennis Dauble, Report **"Evaluation of fish injury during expose to a high velocity jet"**, U.S. Department of Energy (<http://hydropower.inel.gov/turbines/pdfs/doeid-11072-fishinjury.pdf>), November 2002.

16. ESHA, (European Small Hydropower Association) –Report **«Small hydroelectric plants – guide to the environmental approach and impact assessment"**, (http://www.esha.be/Guide_FROSIO.pdf), EE ENERGIE 2000.

17. Λαμπροπούλου, Β., Διπλωματική εργασία με θέμα **«Εφαρμογή EMAS σε μονάδες ηλεκτροπαραγωγής»**, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Μάιος 2003.

18. Carlson, T.J., J.P. Duncan, Report **"Evolution of the sensor fish device for measuring physical conditions in sever hydraulic environments"**, U.S. Department of Energy (<http://hydropower.inel.gov/turbines/pdfs/doeid-11079.pdf>), March 2003.

19. Νόμος 1650/86 - **«Για την προστασία του περιβάλλοντος»**, (Φ.Ε.Κ. 160/Α/16-10-1986).

20. ΚΥΑ 69269/90, (Φ.Ε.Κ. 678/Β/25-10-1990): **«Κατάταξη έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες, περιεχόμενο Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.), καθορισμός περιεχομένου Ειδικών Περιβαλλοντικών Μελετών (Ε.Π.Μ.) και λοιπές συναφείς διατάξεις, σύμφωνα με το Ν. 1650/1986"**.

21. ΚΥΑ 15393/2332, (Φ.Ε.Κ 1022/5-8-2002) **«Κατάταξη δημόσιων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες σύμφωνα με το άρθρο 3 του Ν.1650/86 όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 1 του Ν.3010/2002»**.

22. ΜΠΕ ΜΥΗΣ Γιτάνης, στον ποταμό Καλαμά, ΔΕΗ Α.Ε, 2000.

23. ΜΠΕ ΜΥΗΣ Ανατολικής Ιωαννίνων, 1999.

24. ΜΠΕ ΜΥΗΣ Κοινότητας Μαυρόπουλου, 1999.

25. ΜΠΕ **«Υδρευση της πόλης της Πάτρας από τον ποταμό Πείρο και Παραπείρο»**, 1999, ΥΠΕΧΩΔΕ, Νοέμβριος 2001.

26. Patek, R., 1996, Paper **"The Application Of The Eco-Management And Audit Scheme - Ordinance To Small Hydropowerplants"**, Altener Program 1996.

Β. Λαμπροπούλου

Πολιτικός Μηχανικός, Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, ΔΕΗ Α.Ε, Ακτή Δυμαίων 15, 262 22 Πάτρα.

Α. Καραγεωργόπουλος

Μηχανολόγος Μηχανικός.

Μ. Κορνάρος

Λέκτορας, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Θ. Τσούτσος

Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης.

Extended Summary

Environmental Impacts of Small Hydropower Plants (SHPs) - The Greek Experience

V. LAMBROPOULOU

Civil Engineer, Public Power Corporation

M. KORNAROS

Lecturer, Dept of Chemical Engineering,
University of Patras

A. KARAGEORGOPOULOS

Mechanical Engineer

T. TSOUTSOS

Assistant Professor, Dept of Environmental
Engineering, Technical University of Crete

Abstract

Small hydropower plants (SHPs) are one of the most widespread applications for the exploitation of renewable energy sources (RES) in Greece. They present important environmental advantages concerning the production of electric energy in comparison with the exploitation of conventional energy sources (such as lignite, fuel oil etc). However, there are some cases where organizations or the local community object to the construction of SHPs, because of the potential negative environmental impacts they might have.

The aim of this work is to review the environmental impacts from the construction and operation of SHPs, as reported in the scientific and technical bibliography and recognized in more detail from the Greek experience, in an effort to assist both engineers and the public to form a clear view of the environmental aspects which currently restrict the development of SHPs. Prevention, minimization and rehabilitation measures are then proposed to cope with the environmental impacts identified, based on new technologies and best practices. A lack is also documented as regards the identification, reporting and suggestion of appropriate measures for all the sensitive environmental parameters which are identified in Environmental Impacts Assessment (EIA) studies conducted for Greek SHPs. Moreover, weaknesses are recognized in the respective national legislation governing the construction and operation of SHPs.

SHPs are usually constructed in locations with significant rainfall or waterfall height and a suitable geological configuration. The energy produced by SHPs is usually utilized only in addition to that produced by other conventional energy plants aiming to cover mainly the hourly peaks of energy demand. Greece, despite its rich hydrodynamic potential, satisfies only 6% of its energy needs from hydroelectric energy [1].

Hydroelectric power plants are classified according to the size of installed power into:

- Large SHPs with installed power > 10 MW.
- Small SHPs with installed power 1-10 MW.
- Mini SHPs with installed power < 1 MW.

Internationally the classification of SHPs also depends on the quantity of power produced, with small differences.

Since 2002, apart from a few decades of SHPs constructed by private energy producers, 15 large and 9 small hydroelectric power stations owned by the Public Power Corporation (PPC) have been operating in Greece, with a total installed power of 3060 MW. This accounts for about 30% of the total installed power of SHPs while the annually energy produced is about 3500 ~ 4500 GWh, which corresponds (maximum) to 6% of the total electricity production in Greece [1].

The use of RES, such as SHPs, contributes to the substitution of conventional resources used for electrical energy production gaining a lot of environmental advantages at the same time, mainly:

- SHPs do not emit air pollutants (such as CO₂, NO_x etc) which contribute to the greenhouse phenomenon, as is the case for the use of conventional fossil fuels.
- Natural resources are only exploited and not consumed.
- Careful interventions from SHPs' constructors applied to the natural landscape may result in the creation of new artificial water biotopes, especially in the case of large HPs [4].

Technical, economical and social benefits [6,7] may also arise from the use of SHPs. For example, SHPs:

- can be put into operation immediately, in contrast to thermoelectric plants.

- may have a very high performance (> 90%).
- have a long duration of life.
- present excellent behaviour throughout their lifetime operation.
- require small operating and maintenance costs.
- provide the possibility of using the outflow water from the plant to serve irrigation needs as well as other recreational uses.
- exploit domestic renewable natural resources
- contribute considerably to the implementation of regional works of public interest, such as the construction of new access roads, sustain local economical growth and ensure new places of work.
- constitute nodal points providing opportunities for collaboration between scientists of different skills and backgrounds, such as engineers, physicists, biologists, economists, etc.

Besides the benefits gained from SHPs' construction and operation significant environmental impacts are also encountered.

The word "small" used to describe the installed power of SHPs does not also reflect the significance of their potential environmental impacts. The nature and the magnitude of the impacts are highly site specific, vary significantly from one project to another and are different depending on the conditions of the ambient environment where the plant is sited.

In brief, the potential negative environmental impacts, (per environmental parameter) recognized in this work, which result from the construction and operation of a SHP, include:

- Ground: flooding of land; changes in the landscape due to excavations and soil deposition from the construction of the dam or water transfer pipeline, from the technical works of water collection to the SHP plant; likely landslips during dam flooding.
- Water: alternating conditions of dryness and flooding downstream from the constructed dam; intense fluctuations of water-level within the reservoir; changes in the quality of reservoir water with likely reduction of dissolved oxygen concentration or supersaturation; thermal stratification of reservoir water; water temperature changes; decrease of sediment transfer rate downstream from the dam; likely formation of methylmercury and pH reduction.
- Fauna: a) Fish habitat : increased lacustrine fish species with corresponding reduction or even disappearance of river fish habitats in the artificial lake; fish populations decrease downstream from the dam; the life cycle of migrating fish is seriously disturbed; b) other habitats: increased numbers of some bird species and significant

problems in the transportation of some species of mammals have been reported.

- Ecosystem – Flora – Vegetation: displacement of previous river and land ecosystems; alteration or even disappearance of riparian vegetation; erosion of downstream banks and river bed; sedimentation within the reservoir; decrease of downstream transportation of sediments.
- Landscape: Transformation of the previous natural landscape into anthropogenic; wild river ecosystem and surrounding land is transformed to smooth landscape and artificial lake due to dam flooding; eroded riversides are exposed due to lower river flow downstream the dam.
- Microclimate: change of local hydrologic cycle; consequent increase of humidity; softer climate; change of wind directions.
- Noise: increased noise levels during the stage of SHP construction; permanent noise inside the SHP installations during operation.
- Air emissions: possible emission of methane formed by anaerobic digestion of flooded vegetation and emissions of gaseous pollutants (NO_x , SO_x etc) and dust during the SHP construction stage.
- Wastes: mainly from the cleaning of river bed and from the collection of mineral oils; municipal type wastes produced during the SHP construction stage.
- Socio-economic impacts: possible relocation of people due to flooding of land; some of them find new jobs due to SHP operation or lose their previous agricultural work.

Prevention or minimization measures (per environmental parameter) for the adverse impacts of SHPs, including pollution, on the environment, mainly involve:

- Ground: minimization of flooded land area used as reservoir for SHP operation; decrease of land excavations and soil deposits inside the reservoir; disposal of collected sediments in the dam as soil improvement; avoiding maintaining high water level inside the reservoir and planning of smaller fluctuations of water-level changes.
- Water: Assurance of maintaining minimal river flow downstream from the dam according to legislation; reduction of water residence time in the reservoir; multi level water intakes; application of aeration systems for oxygenating the water of artificial lake; deforestation of flooded vegetation from the lake bed.
- Fauna: a) Fish habitats: installation of effective and

attractive fish-bypasses, fish ladders or fish lifts for the safe passage of fish downstream or upstream from the dam; installation of aeration, heating or air conditioning systems that prevent fish from entering into the turbines and use of fish-friendly type of turbines; careful cleaning of riparian area and maintaining minimal water flow in the river downstream from the dam; b) Other habitats: careful cleaning of riparian area; implantation of trees; creation of protection zones and artificial transport of sensitive fauna species.

- Ecosystems – Flora – Vegetation: creation of protection zones in the neighbouring riparian region; planting of new trees and replanting of existing ones; installation of sediment trapping devices before the reservoir; frequent cleaning of sediments and planning their transport downstream from the dam. Maintenance of constant water level inside the reservoir by constructing multiple reservoirs.
- Landscape: Construction of the SHP building using materials aesthetically harmonised with ambient environment; underground construction of part of the SHP building; maintenance of minimal flow of river in its old shoreline; planting of trees.
- Microclimate: planting of new trees and replanting of existing ones.
- Air emissions: Use of environmental-friendly machinery; sound isolation; application of personal measures of protection; deforestation of flooded vegetation; sprinkling the worksite with water during the stage of SHP construction to avoid dust production and spreading.
- Waste: regular scheduling of transporting the sediments resulting from the cleaning of dam; disposal of used mineral oils by companies which are legally authorised for their collection, transportation and final disposal.
- Social – economic parameters: rational planning of the main and accompanying works in order to minimise the flooded areas; provision for providing revenue benefits to the local community; appropriate exploitation of tourism and regional growth; insect control; rehabilitation of landscape in the case of landslips or earthquakes.

The Environmental Impacts Assessment (EIA) studies which are carried out for Greek SHPs usually consider the environmental impacts identified for the construction and operation of SHPs as small and easily reversible. In most of the cases these impacts are characterized as small because of the small size of the constructed SHP. However, the amount of produced energy often does not characterize the magnitude of its environmental impacts.

There are many cases where small plants resulted in serious environmental impacts.

In the sequel, four EIA studies concerning the installation of SHPs in Greece were evaluated and their main problems or weaknesses were summarised. Most of their weaknesses were identified mainly in the lack of assessment of potential environmental impacts, and consequently in the proposing of adequate prevention, minimization and rehabilitation measures, as well as in the relevant legislation. It has been noticed that most of these weaknesses are due to their direct connection with the provision of costly measures that are required to cope with the identified impacts. Finally, the evaluations of the potential environmental impacts as they are identified and reported in these EIA studies were categorized and characterized. In the majority, these impacts are characterized as negative, small and reversible.

The conclusions drawn from this work may be summarized as follows: the exploitation of hydroelectric energy from small decentralised stations (SHPs) presents particular environmental advantages compared with the use of conventional sources of energy and with big power stations. Besides their environmental advantages, the SHPs present also many technical as well as socio-economic advantages even compared to the other forms of exploited RES. Their potential negative environmental impacts depend on the special characteristics of the plant and the ambient environment where the plant is sited. The minimization or rehabilitation of the potential negative impacts can be achieved with the use of new industrialized technology but also using solutions of good practice and prevention, such as the maintenance of minimal flow in the river-bed downstream from the dam, the installation of effective fish-bypasses or fish-ladders, or fish-friendly turbines etc.

In Greece some problems have been identified in the application of environmental legislation regarding the installation of SHPs. According to the existing legislation, carrying out an EIA study for a new SHP is mandatory. However, SHPs are categorized exclusively according to their installed power without taking into account other parameters which affect the magnitude of potential environmental impacts. Moreover, until recently most EIA studies were short and did not present any serious justification for the identified environmental impacts from a new SHP. Therefore, in most of these cases, the recognized environmental impacts are characterized as small or medium and easily reversible. To this end, appropriate minimization/rehabilitation measures or new technologies have not been incorporated into these studies such as those for the management of the fish problem, the erosion of the river-bed, the collection and accumulation of sediments in the reservoir, the noise in the plant area etc.

Finally, the application of an Environmental Management System (EMS), such as EMAS (Environmental Management Audit Scheme) [17], is proposed in this study. EMAS can be applied to an SHP, not only as an environmental

management system aiming to improve the environmental records of the company, but also to bind and harmonise its operation with policies implied from legislation. EMAS would provide the company with a competitive advantage and transparency in relation to competitors and the public, based on the announcement of its environmental statement. The application of EMAS could thus contribute to increasing the company's economical profits.

This work should help engineers, investors in SHPs and local communities to rationalize, anticipate and prevent, to

whatever extent is practical, adverse environmental, social, and economic effects that may be caused by the installation of a SHP, by proposing measures which ensure that natural resources are protected as much as possible during the exploration, construction, operation, maintenance, repair, and decommissioning of such a facility. Moreover, specific proposals may clear and facilitate the way for further exploitation of the rich hydrodynamic potential of Greece with an environmental friendly approach.

V. Lambropoulou

Civil Engineer, Public Power Corporation, Public Power Corporation (PPC), 15 Akti Dymaiwn St, Patras GR – 26222.

A. Karageorgopoulos

Mechanical Engineer.

M. Kornaros

Lecturer, Dept of Chemical Engineering, University of Patras.

T. Tsoutsos

Assistant Professor, Dept of Environmental Engineering, Technical University of Crete.