

12th International Hydrogeological Conference

Groundwater resources in an ever-changing environment

12^ο Διεθνές Υδρογεωλογικό Συνέδριο

Το υπόγειο νερό σε μεταβαλλόμενο περιβάλλον



NICOSIA 2022 / ΛΕΥΚΩΣΙΑ 2022

Book of Extended Abstracts
Τόμος Εκτεταμένων Περιλήψεων

EDITORS:

K. VOUDOURIS, N. KAZAKIS, S. PIKOULA, M.M. NTONA

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:

Κ. ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ, Ν. ΚΑΖΑΚΗΣ, Σ. ΠΙΚΟΥΛΑ, Μ.Μ. ΝΤΩΝΑ

ΤΟ ΜΙΚΡΟ-ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΛΥΣΕΙΣ

¹ΠΑΤΣΙΑΛΗΣ Θ., ¹ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Δ., ²ΚΟΥΓΙΑΣ Ι., ¹ΘΕΟΔΟΣΙΟΥ Ν., ³ΚΑΖΑΚΗΣ Ν.*

¹Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Τεχνικής και Υδραυλικής Περιβάλλοντος

²Elpedison SA, Regulatory and Business Development division

³Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Λέξεις κλειδιά: Φράγματα, Ενέργεια, Ανανεώσιμη πηγή, Εμπλουτισμός

Key words: Dams, Energy, Renewable energy, Managed aquifer recharge

*Corresponding author: kazakis@geo.auth.gr

THE SMALL HYDRO-POTENTIAL IN GREECE. CURRENT PROJECTS AND FUTURE CHALLENGES

PATSIALIS T., KARAKATSANIS D., KOUGIAS I., THEODOSIOU N., KAZAKIS N.

Abstract

The exploitation of the small hydro potential of streams and springs in Greek mountains is the solution for distributed energy production in Greece, which can be directly connected to the grid network, offering stability and reliability throughout the year. Despite the country's knowledge and available hydro potential, the hydroelectric plants have not been developed yet according to the European Union's expectations and objectives. This article presents the current developments of small hydroelectric plants in Greece and analyzes the problems that arise during the development of licensing a project. Then lists smart solutions and ways to develop such projects with a high-performance index, proposing solutions and alternative ways of finding locations.

1 Εισαγωγή

Η ανάπτυξη ενός μικρού υδροηλεκτρικού σταθμού (ΜΥΗΣ) είναι μια γνωστή τεχνολογικά διαδικασία, που ήδη υφίσταται αρκετές δεκαετίες. Η ΜΥΗΣ ανήκει στην κατηγορία των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και είναι μια διαδικασία ώριμη με πολλές εφαρμογές στην Ελλάδα και στον κόσμο. Στη χώρα μας, η ανάπτυξη ΜΥΗΣ ως έργα επένδυσης και ανάπτυξης ξεκίνησε τις αρχές της περασμένης δεκαετίας και συνεχίζεται με αργά βήματα. Οι συνεχόμενες αλλαγές στη νομοθεσία και η εμφάνιση άλλων ΑΠΕ ως επένδυση έχουν παραγκωνήσει την ανάπτυξη υδροηλεκτρικών έργων. Η παραγωγή ενέργειας μέσω της αξιοποίησης του υδροδυναμικού μιας περιοχής, είναι μια διαδικασία που εφαρμόζεται πολλά χρόνια και συνεχίζει να βελτιώνεται με την ανάπτυξη της τεχνολογίας (Kaldelis, 2007). Στην Ελλάδα, η ανάπτυξη ΜΥΗΣ από ιδιώτες ξεκίνησε το 1994 με τον αντίστοιχο νόμο που προέβλεπε τέτοιου είδους έργα ανάπτυξης (www.rae.gr) με την πλειοψηφία των περιπτώσεων να αφορά έργα ισχύος από 0,5 έως 3 MW. Συνήθως τέτοια έργα είναι μη ορατά από πολυσύχναστα μέρη διότι δεν περιλαμβάνουν σημαντική περισυλλογή και αποταμίευση ύδατος, ούτε κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων, καθιστώντας τα απολύτως συμβατά με το περιβάλλον (Patsialis et al., 2016). Με βάση την υφιστάμενη νομοθεσία στη χώρα μας, ως μικρά υδροηλεκτρικά νοούνται μικρές μονάδες που αξιοποιούν υδατορέματα ή και μικρά φράγματα, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η ισχύς τους δεν ξεπερνά τα 15MW (www.yreka.gr). Επίσης, λόγω της μορφολογίας και του κλίματος της χώρας μας, τα υδροηλεκτρικά αποδίδουν υψηλούς δείκτες απόδοσης με πολύ καλές τεχνοοικονομικές αναλύσεις.

Σήμερα, το μεγαλύτερο μέρος της παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ στον κόσμο προέρχεται από το νερό. Τα πλεονεκτήματα είναι πολλά και σε συνδυασμό με τις αυξανόμενες απαιτήσεις για παραπάνω ενέργεια γίνονται ακόμη πιο σημαντικά. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των υδροηλεκτρικών είναι: η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης-απόζευξης στο δίκτυο, η αυτόνομη λειτουργία τους, η αξιοπιστία, η παραγωγή ενέργειας άριστης ποιότητας χωρίς διακυμάνσεις, η άριστη διαχρονικά συμπεριφορά τους, η μεγάλη διάρκεια ζωής, και ο μικρός χρόνος απόσβεσης των αναγκαίων επενδύσεων που οφείλεται στο πολύ χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας.

Η αξιοποίηση του μικρού υδροδυναμικού της Ελλάδας είναι ένα μεγάλο κενό στην ανάπτυξη των ΑΠΕ. Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Ενέργειας ΝΑ Ευρώπης (IENE), τα τελευταία 25 χρόνια δεν υπήρξαν πρωτοβουλίες από την πολιτεία για τον εξ ορθολογισμό του θεσμικού πλαισίου και την αποδοτικότερη διαχείριση και εκμετάλλευση του μικρού υδροδυναμικού της χώρας, όπως εκδηλώνονται σε άλλες χώρες. Στην Ελλάδα, ο ρυθμός ανάπτυξης των τεσσάρων ΜΥΗΣ το χρόνο είναι απογοητευτικός και χρειάζονται πολλά χρόνια να φτάσει σε ικανοποιητικά επίπεδα. Ο Ελληνικός Σύνδεσμος Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων (Ε.Σ.Μ.Υ.Ε) παρουσίασε σε συνέδριο την υφιστάμενη κατάσταση της χώρας μας σε σχέση με άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Συνολικά στην Ευρώπη υπάρχουν περισσότερα από 26.000 έργα, τα οποία σε ισχύ ξεπερνούν τα 20GW. Στην Ελλάδα έχουμε μόλις 120 έργα σε λειτουργία, τα οποία δεν ξεπερνούν το 12% του υδροδυναμικού της χώρας. Τα ΜΥΗΕ έχουν την μεγαλύτερη ενεργειακή αποδοτικότητα (παραγόμενη ενέργεια ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος) από όλες τις τεχνολογίες ΑΠΕ. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η ενεργειακή αποδοτικότητα των ΜΥΗΕ ξεπερνά τα 40% τη στιγμή που η αντίστοιχη αποδοτικότητα ανέρχεται σε 25% για τα αιολικά και σε 16% για τα φωτοβολταϊκά. Σύμφωνα πάλι με τα πρόσφατα στοιχεία του ΛΑΓΗΕ, κάθε kWh που παράγεται από ΜΥΗΕ, αποζημιώνεται με τιμή που ανέρχεται στο 49% περίπου της μέσης τιμής ενέργειας από όλες τις ΑΠΕ και με το 26% περίπου του μέσου κόστους μιας φωτοβολταϊκής kWh.

2 Συμμετοχή των ΜΥΗΣ στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας

Το έτος 2016 υπήρξε ορόσημο στην εξέλιξη των ΑΠΕ. Μέσω του εγκεκριμένου νέου μηχανισμού στήριξης των ΑΠΕ (SA 44666) και του εγκεκριμένου πλαισίου ανταγωνιστικών διαδικασιών (SA 48143), όλες οι ΑΠΕ υποχρεούνται να συμμετέχουν σε διαγωνισμό με στόχο την ανταγωνιστικότερη τιμή πώλησης της ενέργειας προς τον ΔΕΔΔΗΕ. Η απόφαση αυτή άλλαξε κατά πολύ τον σχεδιασμό μεγάλων έργων ΑΠΕ, κυρίως των αιολικών όπου τα οικονομικά μεγέθη είναι πολύ μεγάλα. Τα έργα τα οποία δεν πρόκειται να συμμετέχουν στο διαγωνισμό μπορούν να συνδεθούν στο δίκτυο με την οριακή τιμή συστήματος (ΟΤΣ), η οποία είναι αισθητά χαμηλότερη από παλαιότερες τιμές πώλησης. Η ΟΤΣ για το έτος 2018 έκλεισε στα 60,39 ευρώ ανά μεγαβατώρα (Vasilikos, 2012). Ο νέος μηχανισμός στήριξης των ΑΠΕ εγκεκριμένος από την ΕΕ προβλέπει την εξαίρεση των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών από τις ανταγωνιστικές διαδικασίες. Η συγκεκριμένη απόφαση εκτιμάται πως θα αυξήσει το ενδιαφέρον των επενδυτών τα επόμενα χρόνια. Η τιμή πώλησης του ρεύματος παραγόμενο από ΜΥΗΣ μικρότερων των 3MW είναι σταθερή και ίση με 100 €/MWhr έχοντας capacity factor (CF) μεγαλύτερο του 36%. Η συγκεκριμένη τιμή θεωρείται αρκετά ελκυστική προς την αγορά, τη στιγμή που η τιμή των αιολικών είναι λιγότερο από 80 €/MWhr και των φωτοβολταϊκών περίπου στα 66 €/MWhr με CF 20% και 12,5% αντίστοιχα (www.rae.gr; www.ypeka.gr). Κατά τη σύνδεση των ΜΥΗΣ στο δίκτυο, υπάρχουν δύο ειδών συμβάσεις, ανάλογα με την ισχύ του έργου.

- Σύμβαση ενίσχυσης σταθερής τιμής (ΣΕΣΤ): Πληρωμή από τον ειδικό λογαριασμό ΑΠΕ.
- Σύμβαση ενίσχυσης διαφορικής προσαύξησης (ΣΕΔΠ): Πληρωμή από τον ειδικό λογαριασμό ΑΠΕ (Κρατική ενίσχυση) & Πληρωμή από τον υπολογαριασμό αγοράς (έσοδα από συμμετοχή στην αγορά).

1. Οι ΜΥΗΣ έως 500KW υπογράφουν ΣΕΣΤ με την ΔΑΠΕΕΠ ΑΕ (πρώην ΛΑΓΗΕ ΑΕ) και αντιμετωπίζονται ως feed in tariff (άρθρο 3, παρ. 5 και άρθρο 10 του ν.4414/2016). Ο καθορισμός σταθερής τιμής, η οποία ταυτίζεται με την τιμή αγοράς (ΤΑ), βάσει του πίνακα

άρθρου 4, παρ. 1 του ν.4414/2016 είναι 100 ευρώ/MWhr. Στους εν λόγω σταθμούς που υπογράφουν ΣΕΣΤ δεν εφαρμόζονται οι προβλέψεις του άρθρου 5 περί συμμετοχής στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Οι προσφορές έγχυσης για την ενέργεια που προβλέπεται ότι θα εγχύσουν υποβάλλοντα στην ΔΑΠΕΕΠ ΑΕ (άρθρο 98, παρ. 5, εδάφιο δ του ν.4512/2018).

2. Οι ΜΥΗΣ από 500KW έως 3MW υπογράφουν ΣΕΔΠ με την ΔΑΠΕΕΠ και λαμβάνει έσοδα από κρατική ενίσχυση και έσοδα από τη συμμετοχή στην αγορά. Στην περίπτωση αυτή, ο παραγωγός ΑΠΕ μετά από αίτηση του, εγγράφεται στο μητρώο συμμετεχόντων της ΕΧΕ ΑΕ που συνεπάγεται αυτόματα και σύναψη συναλλαγών ΗΕΠ. Η τιμή αναφοράς ταυτίζεται με την ΤΑ, βάσει του πίνακα στο άρθρο 4, παρ. 1 του ν.4414/2016 και είναι ίση με ΤΑ=100 ευρώ/MWhr. Βάσει του άρθρου 3, αρ. 1 του ν.4414/2016 οι σταθμοί που υπογράφουν ΣΕΔΠ συμμετέχουν στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και εκκαθαρίζονται σύμφωνα με τις προβλέψεις του άρθρου 5.

3. Οι ΜΥΗΣ από 3MW έως 15MW υπογράφουν ΣΕΔΠ με ΤΑ=97ευρώ/MWhr, συμμετέχουν στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύουν οι ίδιοι περιορισμοί με την προηγούμενη κατηγορία.

Αξίζει να σημειωθεί πως λόγω της σταθερότητας στην τιμή πώλησης της μονάδας προς τη ΔΕΗ σε συνδυασμό με τις χαμηλές τιμές πώλησης των άλλων ΑΠΕ, υπήρξε μεγάλο κύμα αιτήσεων στη ΡΑΕ με έντονο επενδυτικό ενδιαφέρον το έτος 2018. Λόγω της αύξησης των αιτήσεων, η ΡΑΕ έχει προχωρήσει σε προτάσεις απλοποίησης των διαδικασιών, με σκοπό την ταχύτερη αξιολόγηση των αιτήσεων και επιτάχυνση της διαδικασίας έκδοσης άδειας παραγωγής ενέργειας.

3 Υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση στην Ελλάδα

Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΡΑΕ και του ΚΑΠΕ, το ποσοστό αξιοποίησης του διαθέσιμου υδροδυναμικού της Ελλάδας δεν ξεπερνά το 12%, τη στιγμή που άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν ξεπεράσει το 70%. Στη χώρα μας, τη δεδομένη χρονική στιγμή λειτουργούν 119 έργα με τη συνολική εγκαταστημένη ισχύ να φτάνει τα 243,9MW. Στον πίνακα 1 φαίνονται τα μεγέθη και τα είδη των ΑΠΕ κατά το στάδιο αδειοδότησης τους μέχρι και το έτος 2018. Επίσης, με βάση τα στοιχεία της ΡΑΕ, προκύπτει πως η ανάπτυξη των ΜΥΗΣ τα τελευταία χρόνια είναι ελάχιστη και κυμαίνεται στο 3-5%, τη στιγμή που ο αντίστοιχος ρυθμός στην αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος άλλων τεχνολογιών κυμάνθηκε από 19% έως και 70% (αιολικά - φωτοβολταϊκά), ενώ ο συνολικός ρυθμός αύξησης της ισχύος των ΑΠΕ έφτασε το ποσοστό του 43%.

4 Προβλήματα γραφειοκρατικά και τεχνικά

Αναμφισβήτητα, η αδειοδότηση ενός ΜΥΗΣ δεν είναι από τις πιο εύκολες διαδικασίες. Υπάρχουν προβλήματα και εμπόδια που εμφανίζονται τα οποία οφείλονται είτε σε τεχνικά θέματα είτε σε γραφειοκρατικά. Στον Πίνακα 1 φαίνονται τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι αδειοδοτήσεις με βάση τα δελτία προόδου.

Πίνακας 1. Προβλήματα κατά την ανάπτυξη αδειοδότησης ΜΥΗΣ [3,10].

Table 1. Problems during the developing of the license for small hydroelectric power station.

Σημαντικότερα προβλήματα στην ανάπτυξη των μικρών υδροηλεκτρικών (με βάση τα δελτία προόδου)

Καθυστερήσεις εγκρίσεων υπηρεσιών	7,80%
Αδυναμία περιβαλλοντικής αδειοδότησης	25,50%
Προβλήματα με χρηματοδότηση	2%
Προβλήματα με γειτονικά Έργα	2%
Προβλήματα με εξασφάλιση θέσης	9,80%
Προβλήματα με τους όρους σύνδεσης	25,50%
Προσφυγή ακύρωση αδειών από ΣΤΕ	23,50%
Προβλήματα με χωροταξικό σχεδιασμό	2%
Προβλήματα με τοπική κοινωνία	2%

Τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες αξιοποίησης υφιστάμενων υδραυλικών έργων (δίκτυα ύδρευσης και άρδευσης, φράγματα κα) προς παραγωγή ενέργειας, δίνοντας μια δεύτερη χρήση στη διαχείριση του νερού (Kougias et al., 2013). Οι εφαρμογές αυτές έχουν μεγάλο δείκτη απόδοσης, καθώς αξιοποιούνται υφιστάμενες υποδομές. Υπηρεσίες όπως ΕΥΔΑΠ, ΔΕΥΑ, ΤΟΕΒ είναι ορισμένες οι οποίες συμμετέχουν σε τέτοιου είδους έργα ανάπτυξης στην Ελλάδα.

5 Συμπεράσματα

- Είναι σαφές ότι τα ΜΥΗΕ μπορούν να βοηθήσουν σημαντικά στη βιώσιμη περιφερειακή και τοπική ανάπτυξη αλλά και στην επίτευξη των ενεργειακών στόχων. Επιτακτική ανάγκη είναι η αξιοποίηση του υδροδυναμικού της χώρας μας τουλάχιστον στο μέσο επίπεδο των ευρωπαϊκών χωρών. Ο ΕΣΕΚ αναφέρει πως η εγκατεστημένη ισχύς των ΜΥΗΕ εκτιμάται ότι θα υπερδιπλασιαστεί κατά την επόμενη δεκαετία και η ύπαρξη ενός ξεκάθαρου νομοθετικού πλαισίου με συνέχεια είναι απαραίτητη για την επίτευξη του στόχου.
- Τα κορεσμένα δίκτυα είναι ένα πρόβλημα το οποίο απαιτεί άμεση λύση από το Ελληνικό κράτος. Η κατασκευή νέων υποσταθμών σε καίριες θέσεις θα βοηθήσει στην ανάπτυξη έργων ΑΠΕ. Η συνεργασία μεταξύ των επενδυτών διαφορετικών έργων κρίνεται απαραίτητη, όπου ο ΔΕΔΔΗΕ οφείλει να έχει το ρόλο του συντονιστή. Είναι αρκετές οι περιπτώσεις, λόγω αδυναμίας του δικτύου, οι όροι σύνδεσης των έργων να προβλέπουν την κατασκευή υποσταθμού με συνεργασία υποψηφίων έργων ΑΠΕ. Δυστυχώς, οι προτάσεις αυτές δεν υλοποιούνται λόγω έλλειψης συντονισμού, επικοινωνίας και αξιοπιστίας.
- Το μικρό-υδροδυναμικό της χώρας μας, είναι περιβάλλον ανάπτυξης πολλών υποσχόμενων έργων. Μικρά υδατορέματα στους ορεινούς όγκους, δίκτυα ύδρευσης και άρδευσης, μικρά φράγματα κα είναι περιπτώσεις όπου με κατάλληλο σχεδιασμό μπορούν να αναπτυχθούν σημαντικά έργα παραγωγής ενέργειας. Απαιτείται πιο ευέλικτη νομοθεσία σε τέτοιες περιπτώσεις με γρηγορότερες διαδικασίες. Ήδη η ΡΑΕ, εξαιρεί από άδεια παραγωγής ενέργειας τα έργα μικρότερα των 50KW.
- Τέλος, μια άλλη δυνατότητα, όπου αυτό προκύπτει ή προσφέρεται από τα έργα ή το φυσικό ανάγλυφο, είναι η δημιουργία και αξιοποίηση ταμιευτήρα ημερήσιας αποθήκευσης με κίνητρα, για υδροηλεκτρική εκμετάλλευση στις ζώνες υψηλής ζήτησης, αλλά και για πιο αποδοτική εκμετάλλευση από εκείνη του “run of river”, ιδιαίτερα κατά τους μήνες με χαμηλές ροές, προσβλέποντας στο μέλλον για συνεργασία με τις λοιπές ΑΠΕ.

6 Ευχαριστίες

Το ερευνητικό έργο υποστηρίχτηκε από το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ.) στο πλαίσιο της Δράσης «2η Προκήρυξη ερευνητικών έργων ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ. για την ενίσχυση Μεταδιδακτορικών Ερευνητών/τριών» (Αριθμός Έργου: 00138).

7 Βιβλιογραφία

- Kaldellis, J.K. (2007). The contribution of small hydro power stations to the electricity generation in Greece: Technical and economic considerations. *Energy policy*, 35(4): 2187-2196.
- Kougias, I, Patsialis, T, Theodossiou, N., Ganoulis, J. (2013). Hydropower projects within a municipal water supply system. Optimum allocation and management using Harmony Search. *Exploring Innovative and Successful Applications of Soft Computing*, IGI Global.
- Patsialis, T., Kougias, I., Kazakis, N., Theodossiou, N., Droege, P. (2016). Supporting Renewables' Penetration in Remote Areas through the Transformation of Non-Powered Dams. *Energies*, 9(12): 1054.
- RAE - Regulatory Authority for Energy (www.rae.gr).
- Vasilikos K. (2012). Small Hydro in Greece-Comparative advantages of small hydro and problems concerning their development in our country. *European HYDROPOWER Summit – Bucharest*.
- ΥΠΕΚΑ - Ministry of Environment & Energy (www.ypeka.gr).