

Υπερχειλιστές και εκκενωτές πυθμένα στα τέσσερα παλαιότερα φράγματα της ΔΕΗ από σκυρόδεμα

Δ. Δημόπουλος
Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ

Ι.Π. Στεφανάκος
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Λέκτορας ΕΜΠ

Λέξεις κλειδιά: υπερχειλιστής, εκκενωτής πυθμένα, φράγμα, υδροηλεκτρικό έργο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Τα υδροηλεκτρικά έργα του Λάδωνα, του Ταυρωπού και του Λούρου είναι τα τρία πρώτα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα στην Ελλάδα με φράγματα από σκυρόδεμα. Το μικρό υδροηλεκτρικό έργο του Γλαύκου είναι το πρώτο υδροηλεκτρικό έργο που κατασκευάστηκε στην Ελλάδα (1922-1926), το οποίο ανακαινισμένο λειτουργεί ακόμη. Στην εργασία αυτή εξετάζεται η διαχρονική συμπεριφορά των υπερχειλιστών και των εκκενωτών πυθμένα στα υπόψη έργα, καθώς και τα κριτήρια με τα οποία επιλέχθηκε ο συγκεκριμένος σχεδιασμός τους. Διαπιστώνεται ότι οι υπερχειλιστές των παραπάνω έργων, με τα όποια προβλήματά τους, λειτούργησαν σχεδόν ικανοποιητικά, ενώ ο τρόπος λειτουργίας και συντήρησης των εκκενωτών πυθμένα, σε συνδυασμό με την παλαιότητα των έργων, τους κατέστησε στις ημέρες μας ανενεργούς.

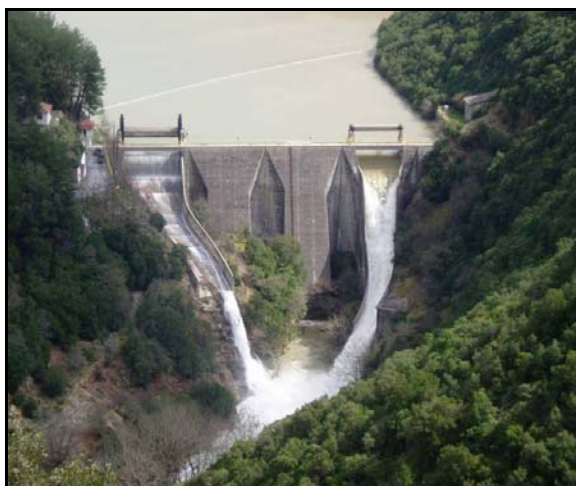
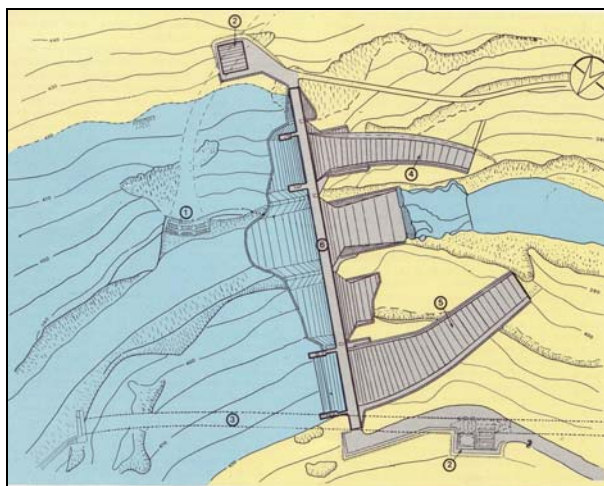
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τη δεκαετία του '50 η ΔΕΗ σε συνεργασία με ξένες κατασκευαστικές και μελετητικές εταιρείες, ολοκλήρωσε τα τρία πρώτα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα (ΥΗΕ) με φράγματα από σκυρόδεμα: του Λάδωνα, του Ταυρωπού και του Λούρου. Το μικρό υδροηλεκτρικό έργο (ΜΥΗΕ) του Γλαύκου κατασκευάστηκε την περίοδο 1922-1926 από τη δημοτική επιχείρηση Γλαύκος στα περίχωρα της Πάτρας και ήταν το πρώτο υδροηλεκτρικό έργο στην Ελλάδα. Το έργο ανακαινίστηκε τη δεκαετία του '90 και είναι πλέον στην ιδιοκτησία της ΔΕΗ. Η διαχρονική συμπεριφορά των υπερχειλιστών και των εκκενωτών πυθμένα στα εν λόγω έργα, καθώς και τα κριτήρια με τα οποία επιλέχθηκαν, παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον, καθώς τα διαθέσιμα στοιχεία από την κατασκευή τους είναι περιορισμένα. Τα στοιχεία των έργων που παρατίθενται σε αυτήν την εργασία, αντλήθηκαν από τα αντίστοιχα ενημερωτικά φυλλάδια {1} και από τα σχέδια, μελέτες και έγγραφα που βρέθηκαν στα αρχεία των αρμοδίων για τα ΥΗΕ υπηρεσιών της ΔΕΗ {2}.

2 ΥΗΕ ΛΑΔΩΝΑ

2.1 Υπερχειλιστές Λάδωνα

Στο ΥΗΕ Λάδωνα υπάρχει ένα σύστημα δύο υπερχειλιστών με θυροφράγματα, πάνω στο σώμα του φράγματος (Εικόνα 1). Ο μικρότερος βρίσκεται στην ανατολική πλευρά του φράγματος και λειτουργεί σχετικά συχνά, ιδιαίτερα κατά τους χειμερινούς μήνες, εξαιτίας της μικρής ρυθμιστικής ικανότητας του ταμιευτήρα του Λάδωνα, ενώ ο μεγάλος λειτουργεί σε σπάνιες περιπτώσεις και ποτέ μέχρι σήμερα στη μέγιστη ικανότητά του.

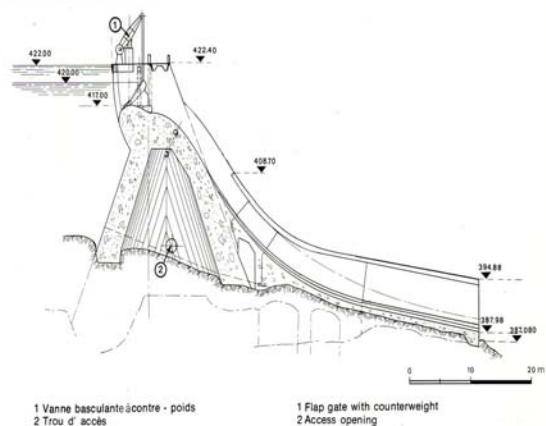


Εικόνα 1. Γενική διάταξη του φράγματος Λάδωνα και οι δύο υπερχειλιστές σε μερική λειτουργία

2.1.1 Ο μικρός υπερχειλιστής

Ο μικρός υπερχειλιστής του ΥΗΕ Λάδωνα βρίσκεται σε υψόμετρο +417 m και διαθέτει αυτόματο θυρόφραγμα που φράζει άνοιγμα μήκους 14 m και ύψους 3 m (Εικόνα 2). Στην ανώτατη στάθμη του ταμιευτήρα σε υψόμετρο +422 m ο μικρός υπερχειλιστής δίνει μέγιστη παροχή 280 m³/s. Η κατασκευή του μικρού υπερχειλιστή ολοκληρώθηκε με την τοποθέτηση του αυτόματου θυροφράγματος και την πρώτη δοκιμαστική λειτουργία του το 1955. Η λογική του αυτόματου μηχανισμού βασίζεται στην απλή μηχανική συμπεριφορά ενός αντίβαρου που κρατάει το θυρόφραγμα κλειστό μέχρι η στάθμη του νερού πάνω από το θυρόφραγμα να φτάσει στο υψόμετρο +420 m, όπου οριακά αντισταθμίζει τη δύναμη του αντίβαρου. Κάθε άνοδος της στάθμης πάνω από αυτό το σημείο μετατοπίζει το θυρόφραγμα προς τα κάτω. Το αντίβαρο διαγράφει μία κυκλική τροχιά και απομακρύνεται οριζόντια από το σημείο περιστροφής του μηχανισμού, άρα ασκεί μεγαλύτερη ροπή και αντισταθμίζει το επιπλέον βάρος του νερού που πιέζει το θυρόφραγμα προς τα κάτω. Καθώς ανεβαίνει η στάθμη το αντίβαρο φτάνει σε ένα οριακό σημείο όπου ο άξονάς του είναι οριζόντιος και ασκεί τη μέγιστη ροπή στο μοχλοβραχίονα της κατασκευής. Σε αυτό το σημείο το θυρόφραγμα είναι τελείως ανοιχτό. Εκτός από τον αυτόματο μηχανισμό, το θυρόφραγμα σε έκτακτες περιπτώσεις μπορεί να ανοίξει με υδραυλικό σύστημα ή χειροκίνητα.

COUPE TRANSVERSALE DEVERSOIR GAUCHE
CROSS - SECTION AT LEFT BANK SPILLWAY

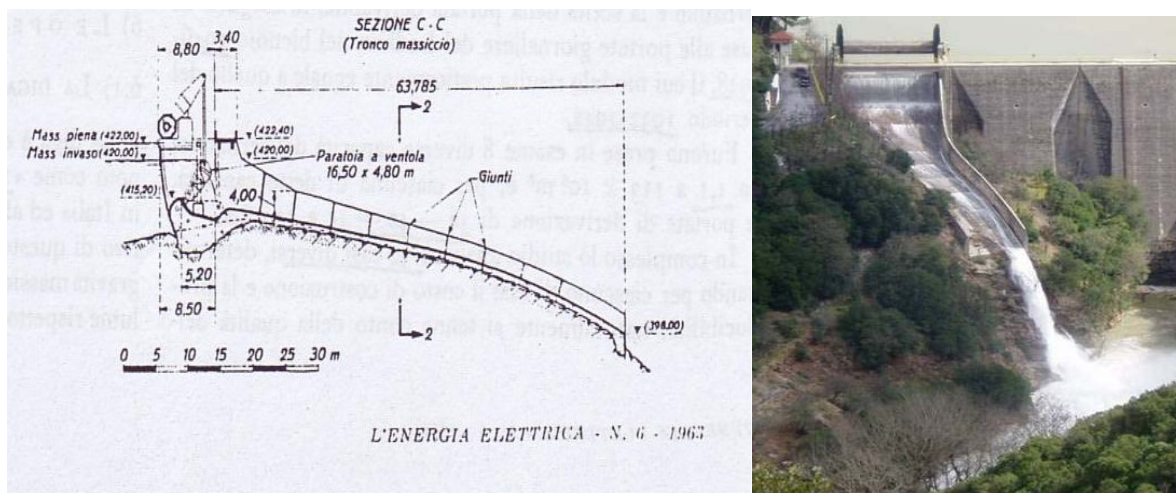


Εικόνα 2. Κατά μήκος τομή του μικρού υπερχειλιστή και διαμόρφωση της κατασκευής αναπήδησης κατάντη

Μετά την υπερχειλίση, το νερό οδηγείται σε διώρυγα η οποία αλλάζει τη φορά της ροής σταδιακά και το οδηγεί με αναπήδηση στη φυσική λεκάνη αποτόνωσης. Για να κρατηθεί το νερό στη διώρυγα και να αντιμετωπιστεί η ανύψωση της στάθμης του στο αριστερό κατά τη ροή άκρο εξαιτίας της φυγοκέντρου δύναμης, το δάπεδο της διώρυγας σταδιακά κλίνει προς τα δεξιά ενώ ο αριστερός τοίχος αυξάνεται σε ύψος (Εικόνα 2).

2.1.2 Ο μεγάλος υπερχειλιστής

Ο μεγάλος υπερχειλιστής του Λάδωνα βρίσκεται σε υψόμετρο +415.20 m και έχει διαστάσεις 16.50×4.80 m στο σημείο όπου φράσσεται με θυρόφραγμα (Εικόνα 3). Στη μέγιστη στάθμη σχεδιασμού (+422 m υψόμετρο ταμιευτήρα) παροχετεύει $445 \text{ m}^3/\text{s}$. Σχεδιαστικά δεν διαφέρει από το μικρό υπερχειλιστή. Διαθέτει μηχανισμό με αντίβαρο που ανοίγει το θυρόφραγμα στη στάθμη +420.50 m. Τα νερά οδηγούνται σε διώρυγα με κλίση πολύ πιο ήπια από αυτή του μικρού υπερχειλιστή και καταλήγουν σε έργο εκτόξευσης σε υψόμετρο +398 m. Η διώρυγα του μεγάλου υπερχειλιστή αποτελείται από 9 σπονδύλους ανάποδου Π στεγανοποιημένους με πίσσα. Τα νερά της υπερχειλίσης καταλήγουν στην ίδια φυσική λεκάνη αποτόνωσης, η οποία διανοίχθηκε στην παλιά κοίτη του ποταμού.



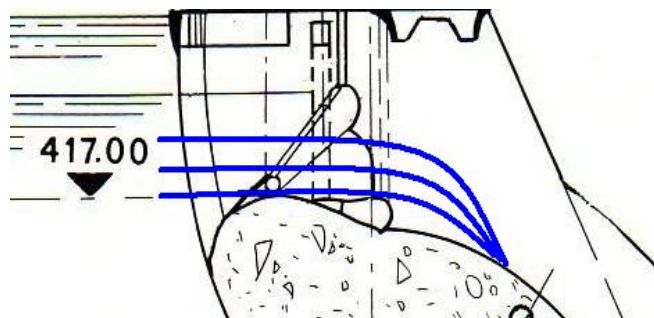
Εικόνα 3. Κατά μήκος τομή του μεγάλου υπερχειλιστή και μερική λειτουργία του

2.1.3 Συμπεράσματα και σχόλια επί του σχεδιασμού των υπερχειλιστών

Το φράγμα του Λάδωνα, το δεύτερο τότε μεγάλο ΥΗΕ στην Ελλάδα, κατασκευάστηκε έτσι ώστε να εξυπηρετεί τις ανάγκες της ΔΕΗ σε ενέργεια, χωρίς όμως να χρειάζεται για τη λειτουργία του εμπειρία και ειδικευμένο προσωπικό. Η επιλογή λοιπόν του τύπου του υπερχειλιστή επηρεάστηκε άμεσα από το γεγονός ότι στην Ελλάδα δεν λειτουργούσαν φράγματα με θυροφράγματα και επίσης δεν είχε αναπτυχθεί κατάλληλο δίκτυο μετεωρολογίας που θα επέτρεπε την πρόγνωση και αντιμετώπιση μεγάλων πλημμυρών με προληπτική ταπείνωση της στάθμης του ταμιευτήρα. Η κοιλάδα του ποταμού από την άλλη απαιτούσε τη δημιουργία υπερχειλιστή με μικρό πλάτος γεγονός που σήμαινε ότι θυροφράγματα θα έπρεπε ούτως ή άλλως να χρησιμοποιηθούν. Η τελική λύση με τα αυτόματα θυροφράγματα με αντίβαρα θεωρήθηκε η κατάλληλη καθώς εξασφάλιζε τη λειτουργία τους χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση και επίσης μείωνε το κόστος κατασκευής των υπερχειλιστών καθώς τους τοποθετούσε πάνω στο φράγμα και όχι στα αντερείσματα. Το πλεονέκτημα όμως της αυτόματης λειτουργίας συγχρόνως δημιούργησε και ένα θυρόφραγμα το οποίο λειτουργεί συχνά σε μια ενδιάμεση θέση και οδηγεί τα νερά στη διώρυγα με πτώση. Για μια πλημμύρα μικρής έντασης και μεγάλης διάρκειας, λειτουργεί μόνο ο μικρός υπερχειλιστής με μισάνοιχτο το θυρόφραγμα για ώρες. Η φλέβα του νερού περνά πάνω από τη στέψη του

θυροφράγματος και προσκρούει στη διώρυγα από ύψος έως και 3 m. Ακόμα όμως και τελείως ανοικτό το θυρόφραγμα οδηγεί τα νερά στη διώρυγα πάνω από ένα μικρό αναβαθμό που σχηματίζεται από το ίδιο και τη διώρυγα όταν ακουμπάει πάνω σε αυτή.

Όπως φαίνεται και στη λεπτομέρεια της τομής (Εικόνα 4) το νερό καταλήγει στην διώρυγα με εμφάνιση έντονου φαινομένου υποπίεσης όταν η ροή αυξάνει. Η υποπίεση αυτή μπορεί να προκαλέσει φθορά στο σκυρόδεμα αλλά και στο ίδιο το θυρόφραγμα όταν η λειτουργία του είναι συχνή.



Εικόνα 4. Λεπτομέρεια τομής της στέγης και αποκόλληση της φλέβας νερού

Όπως αναφέρθηκε, η λεκάνη αποτόνωσης για την καταστροφή της κινητικής ενέργειας του νερού, είναι μια φυσική λεκάνη ανοιγμένη πάνω σε βράχο στην παλαιά κοίτη του ποταμού. Η απόφαση να μη χρησιμοποιηθεί λεκάνη από σκυρόδεμα έγινε για λόγους οικονομικούς αλλά και αισθητικούς καθώς ο βράχος θεωρήθηκε υγιής και δεν χρειαζόταν κάποιου είδους ειδική προστασία. Αυτό που δείχνει ότι δεν μελετήθηκε σε λεπτομέρεια ήταν η διαμόρφωση της λεκάνης εξ' αιτίας της πτώσης του νερού σε αυτή. Η συχνή λειτουργία του μικρού υπερχειλιστή προκάλεσε φθορά και υποχώρηση της δεξιάς παρειάς ενώ η λειτουργία του μεγάλου υπερχειλιστή προκάλεσε τη δημιουργία ενός μικρού ρέματος στην αριστερή παρειά της λεκάνης και κοντά στη θεμελίωση του τελευταίου σπονδύλου, χωρίς όμως καμία επικινδυνότητα. Συνολικά, η μη επένδυση της λεκάνης με σκυρόδεμα, άλλαξε το σχήμα της χωρίς όμως να κινδυνεύει το φράγμα ή οι υπερχειλιστές.

Σημειώνεται επίσης ότι το φράγμα του Λάδωνα δεν διαθέτει εκκενωτή πυθμένα.

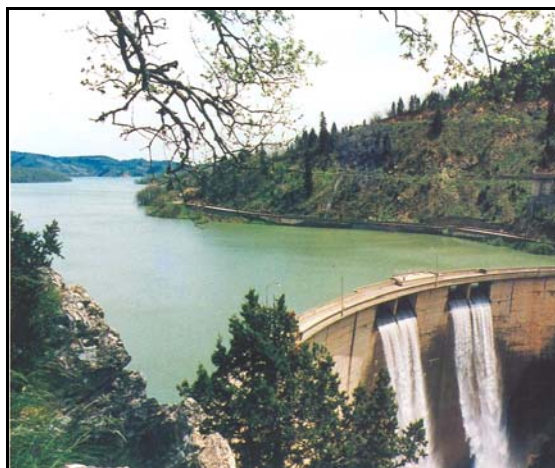
3 ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΕΣ ΤΑΥΡΩΠΟΥ

3.1 Υπερχειλιστές Ταυρωπού

Οι υπερχειλιστές του φράγματος αποτελούνται από δύο ζεύγη ελευθέρων στομιών περίπου στο μέσο της στέγης, τα οποία οδηγούν το νερό στον κατάντη πόδα του φράγματος ύστερα από πτώση 70 m (Εικόνα 5). Οι υπερχειλιστές βρίσκονται σε υψόμετρο +792 m και κάθε ανοικτό στόμιο έχει διαστάσεις 3.50×2.50 m. Συνολικά, το άνοιγμα των υπερχειλιστών είναι 14.00×2.50 m και η μέγιστη παροχή τους $460 \text{ m}^3/\text{s}$ στην ανώτατη στάθμη της λίμνης, που είναι στο +794.30 m. Ο συγκεκριμένος τύπος υπερχειλιστή είναι ο ιδανικός για τοξωτό φράγμα καθώς δεν αποτελεί ξεχωριστό έργο και μειώνει τις δαπάνες κατασκευής του στο ελάχιστο. Η κινητική ενέργεια του νερού καταστρέφεται σε πρώτο στάδιο κατά τη διάρκεια της πτώσης και σε δεύτερο στάδιο κατά την πρόσκρουση του νερού στον πόδα του φράγματος, όπου κατάλληλα διαμορφωμένη διώρυγα με ενισχυμένο σκυρόδεμα και κλίση προς τα κατάντη οδηγεί το νερό στην παλαιά κοίτη του ποταμού.

Η ρύθμιση της στάθμης του ταμιευτήρα γίνεται και με τη βοήθεια της σήραγγας προσαγωγής η οποία παρέχει $26.40 \text{ m}^3/\text{s}$ όταν λειτουργεί ο σταθμός. Αυτό σημαίνει ότι η υπερχειλίση από το φράγμα μπορεί να υποβοηθηθεί και από ένα έργο το οποίο έχει άλλη λειτουργία και συνολικά ανέρχεται στα $486.40 \text{ m}^3/\text{s}$. Το τοξωτό φράγμα όμως που διευκόλυνε του γάλλους μηχανικούς στην

επιλογή υπερχειλιστή, τους προβλημάτισε για έναν πολύ σημαντικό λόγο. Από την εμπειρία του Β' παγκοσμίου πολέμου, οι μηχανικοί γνώριζαν ότι ένα φράγμα με τόσο μικρό όγκο σκυροδέματος μπορούσε εκτός από αναπάντεχα και απρόβλεπτα φυσικά φαινόμενα, να καταστραφεί και από ανθρώπινη δραστηριότητα. Ο βομβαρδισμός τοξωτών φραγμάτων από Συμμάχους και Γερμανούς ήταν ένα εφαρμοσμένο σχέδιο το οποίο επέφερε μεγάλες καταστροφές στις κατάντη περιοχές. Αρκούσε μια μόνο έκρηξη στο κέντρο της ανάντη πλευράς για να προκαλέσει ολοκληρωτική απώλεια του έργου αρκετά σύντομα, αν όχι στιγμιαία, άρα και μετακίνηση του τεράστιου υδάτινου όγκου του ταμιευτήρα προς τα κατάντη με τη μορφή υδάτινου μετώπου 70 m. Για να αποφευχθούν οι καταστροφές, έστω και την τελευταία στιγμή, στο έργο προστέθηκαν δύο ακόμα κατασκευές ασφαλείας. Ο εκκενωτής πυθμένα και η διάταξη ανατίναξης της φραγής στη σήραγγα εκτροπής.



Εικόνα 5. Οι δύο υπερχειλιστές του Ταυρωπού από ανάντη και κατάντη (σε λειτουργία)

3.2 Εκκενωτές πυθμένα Ταυρωπού

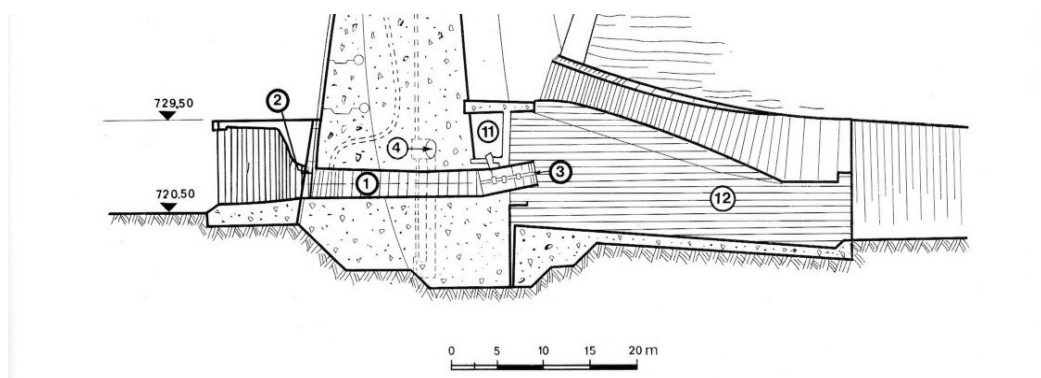
Οι εκκενωτές πυθμένα αποτελούνται από δύο δίδυμους αγωγούς εσωτερικής διαμέτρου 2.20 m ο καθένας. Στην ανάντη πλευρά η είσοδος των αγωγών είναι κατασκευασμένη με ειδικές εσχάρες από σκυρόδεμα οι οποίες εμποδίζουν τη διέλευση μεγάλων αντικειμένων όπως κορμοί δέντρων και κατακρημνίσματα τα οποία θα μπορούσαν να τους φράξουν. Αμέσως μετά το έργο εισόδου, ένα κατακόρυφο θυρόφραγμα μπορεί να απομονώσει τον αγωγό για επισκευές και συντήρηση. Ο χειρισμός αυτού του θυροφράγματος ελέγχεται από ένα δωμάτιο στο μέσο του φράγματος και σε υψόμετρο +789.95 m (Εικόνα 6). Το έργο εξόδου του κάθε εκκενωτή είναι και το πιο ενδιαφέρον. Πρόκειται για μία βαλβίδα κοίλης φλέβας σχεδιασμένη έτσι ώστε να αποτονώνει την ενέργεια του νερού διασπείροντας τη ροή.

Οι εκκενωτές ανοίγουν με ένα μηχανικό σύστημα από δύο ηλεκτρικούς κινητήρες συνδεδεμένους σε σειρά, που μετακινούν προς τα πίσω το κυλινδρικό κάλυμμα της βαλβίδας επιτρέποντας έτσι τη ροή του νερού. Οι δύο εκκενωτές μπορούν να ανοίξουν και χειροκίνητα (Εικόνα 7).

3.3 Εκκένωση και από τη σήραγγα εκτροπής

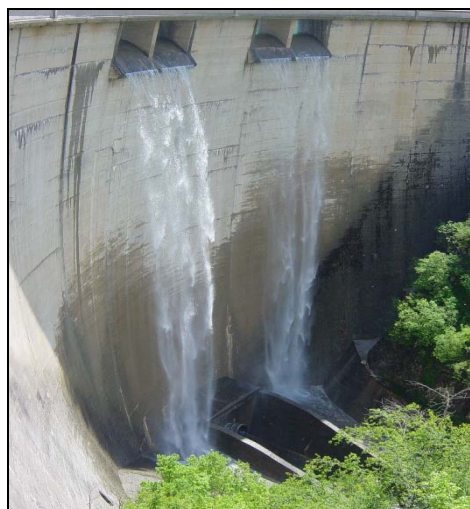
Η σήραγγα εκτροπής μήκους 145 m και εσωτερικής διαμέτρου 5.26 m είναι επενδυμένη με σκυρόδεμα ενώ το τελευταίο τμήμα της (μήκους περίπου 60 m) είναι εκσκαφή σε βράχο χωρίς επένδυση. Περίπου 10 m πριν το τέλος του σκυροδέματος (70 m από το τέλος της σήραγγας) τοποθετήθηκε το 1959 ειδικό μεταλλικό πώμα έτσι ώστε να ξεκινήσει η διαδικασία πλήρωσης του ταμιευτήρα. Το μεταλλικό πώμα προστατεύεται με δύο μεταλλικές θύρες. Στην επιφάνειά του έχει ειδικές εσοχές στις οποίες μπορούν να τοποθετηθούν εκρηκτικά έτσι ώστε σε περίπτωση ανάγκης να το ανατινάξουν και να επιτρέψουν τη διέλευση του νερού και την εκκένωση του ταμιευτήρα.

Προφανώς μετά την ανατίναξη της φραγής αυτής, το νερό δεν μπορεί να σταματήσει παρά μόνο όταν ο ταμιευτήρας αδειάσει.



1. Εκκενωτής πυθμένα, 2. Ανάντη θυροφράγμα, 3. Βαλβίδα κοίλης φλέβας, 4. Στοά πρόσβασης, 11. Δωμάτιο χειρισμού, 12. Διώρυγα από σκυρόδεμα.

Εικόνα 6. Κατά μήκος τομή των εκκενωτών πυθμένα στη βάση του φράγματος Ταυρωπού



Εικόνα 7. Οι δύο εκκενωτές και οι δύο υπερχειλιστές του φράγματος Ταυρωπού, από κανάντη

3.4 Συμπεράσματα από τη λειτουργία των υπερχειλιστών

Το φράγμα του Ταυρωπού είναι το μοναδικό τοξωτό φράγμα με διπλή καμπυλότητα στην Ελλάδα και το μοναδικό φράγμα το οποίο διαθέτει ανοικτούς υπερχειλιστές ελεύθερης πτώσης. Σε μεταγενέστερα φράγματα από σκυρόδεμα στα οποία ο υπερχειλιστής μπορούσε να κατασκευαστεί πάνω στο σώμα του φράγματος, προτιμήθηκε η λύση υπερχειλιστή με θυροφράγματα ελεγχόμενα από το προσωπικό του έργου. Η εμπειρία από τη λειτουργία του έργου έδειξε ότι αφενός η ρυθμιστική ικανότητα του ταμιευτήρα και αφετέρου η προληπτική ταπείνωση της στάθμης του σε περίπτωση πλημμύρας από τον αγωγό προσαγωγής, δημιουργούν συνθήκες που κάνουν σπάνια την υπερχειλίση από τα ελεύθερα στόμια. Παρά τη σπανιότητα του φαινομένου, εξαιτίας του μεγάλου ύψους πτώσης (70 m περίπου) το έργο καταστροφής ενέργειας στον κατάντη πόδα του φράγματος φθείρεται έντονα κατά τη λειτουργία του υπερχειλιστή. Το νερό της πλημμύρας συμπαρασύρει στερεά αντικείμενα, όπως κλαδιά και κορμούς δέντρων, τα οποία ορισμένες φορές φτάνουν ως τα

ελεύθερα στόμια και πέφτουν πάνω στο σκυρόδεμα στη βάση του φράγματος το οποίο τραυματίζουν. Η ίδια η δύναμη του νερού άλλωστε προκαλεί αρκετές ζημιές στο σκυρόδεμα και ιδιαίτερα στα σημεία στα οποία αυτό έχει παρουσιάσει ατέλειες όπως σκασίματα και ρωγμές. Για να αποφευχθεί μεγάλης έκτασης ζημιά που θα σημαίνει δαπανηρή επισκευή, το σημείο στο οποίο καταλήγει το νερό ελέγχεται σε ετήσια βάση και συμπληρώνεται με νέες στρώσεις σκυροδέματος, ενώ γίνεται επιδιόρθωση παλαιότερων φθορών όποτε χρειάζεται.

3.5 Συμπεράσματα από τη λειτουργία των εκκενωτών πυθμένα

Οι εκκενωτές πυθμένα ελέγχονται από ένα δωμάτιο στο οποίο έχει τοποθετηθεί και ο υδραυλικός μηχανισμός ανοίγματος των βαλβίδων τους. Αυτό το δωμάτιο βρίσκεται στη χαμηλότερη προσβάσιμη στοά στο σώμα του φράγματος σε υψόμετρο +725 m (Εικόνα 6). Αυτός ο σχεδιασμός είναι από τη φύση του προβληματικός καθώς σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης και ενώ το έργο κινδυνεύει, η πρόσβαση σε ένα τόσο χαμηλό και δύσκολο σημείο είναι εξαιρετικά επικίνδυνη και επίφοβη.

Το δωμάτιο ελέγχου γενικά είναι αρκετά ξηρό χωρίς ιδιαίτερα ίχνη υγρασίας στο δάπεδο ή στους τοίχους γεγονός που διευκολύνει την καλή λειτουργία και συντήρηση των μηχανών. Οι μηχανές διατηρούνται σε καλή κατάσταση και μπορούν να τεθούν σε λειτουργία βάζοντας το υδραυλικό σύστημα υπό πίεση ανά πάσα στιγμή, δοκιμή που επαναλαμβάνεται τακτικά. Αν η υδραυλική αντλία δεν λειτουργήσει, οι βαλβίδες ανοίγουν χειροκίνητα από τον ίδιο χώρο.

Οι ίδιοι οι εκκενωτές όμως, εκτός από τη δοκιμαστική λειτουργία τους κατά την παράδοση του έργου το 1959, δεν έχουν ανοίξει ποτέ. Αυτό αποτέλεσε μια επιλογή από φόβο μήπως κάποιος εκκενωτής δεν μπορέσει να ξανακλείσει και έτσι το έργο τεθεί σε αδράνεια μέχρι ο ταμιευτήρας αδειάσει εντελώς (κάτι που εξαρτάται όχι μόνο από την παροχή των εκκενωτών αλλά και από τις εισροές στον ταμιευτήρα). Ο σχεδιασμός κάθε εκκενωτή απαιτεί τη λειτουργία του σε τακτά χρονικά διαστήματα έτσι ώστε να απομακρύνονται τα φερτά που καθιζάνουν στην είσοδό του. Αυτή η λειτουργία «καθαριότητας» εγγυάται κατά κάποιον τρόπο ότι όταν και αν χρειαστεί, ο εκκενωτής δεν θα παροχετεύσει μεγάλο όγκο φερτών και έτσι δεν θα φράξει από αυτά. Μετά την παράδοση του έργου και μέχρι το 1977 ενώ γινόταν τακτική συντήρηση και δοκιμή των επιμέρους τμημάτων τους, οι βαλβίδες δεν άνοιξαν έτσι ώστε να διαφύγει έστω και λίγο νερό. Το 1977 η γαλλική κατασκευαστική εταιρεία έκανε μία επιθεώρηση του έργου και χρησιμοποιώντας σκάφανδρο σε συνθήκες που χαρακτήρισε εξαιρετικά δύσκολες, διαπίστωσε ότι στην είσοδο των εκκενωτών έχουν συσσωρευτεί κορμοί δέντρων και κλαδιά, ενώ φάνηκε ότι πιο βαθιά υπάρχει ένας μεγάλος όγκος αμμοχάλικων και ιλύος που έχουν σχηματίσει μια αδιαπέραστη μάζα. Η επιλογή να μη λειτουργήσουν οι βαλβίδες κοίλης φλέβας θεωρήθηκε από τη γαλλική εταιρεία κατανοητή και εν μέρει δικαιολογημένη, αλλά η κατάσταση στην οποία είχαν περιέλθει οι εκκενωτές τους καθιστούσε πλέον άχρηστους. Σήμερα, τριάντα χρόνια μετά συμπεραίνεται ότι οι εκκενωτές θα είναι σε πολύ χειρότερη κατάσταση και πλέον το άνοιγμά τους, αν είναι εφικτό, επιτρέπεται να επιχειρηθεί μόνο σε περίπτωση άμεσης και ακραίας ανάγκης και ως τελευταία λύση αφού είναι βέβαιο ότι δεν θα μπορέσουν να λειτουργήσουν σωστά.

3.6 Σχόλια για τη δυνατότητα εκκένωσης μέσω της σήραγγας εκτροπής

Η σήραγγα εκτροπής στο φράγμα του Ταυρωπού έχει - εξαιτίας της κακής κατάστασης των εκκενωτών - σημαντικό πλέον ρόλο για τη λειτουργία του έργου. Σε περίπτωση που χρειαστεί το άμεσο άδειασμα του ταμιευτήρα και αφού η πιθανότητα οι εκκενωτές να μη λειτουργήσουν είναι μεγάλη, έχει καταστρωθεί ειδικό σχέδιο ανατίναξης του πώματος με το οποίο έχει φραγεί η εκτροπή. Για την προστασία της διάταξης αυτής από ανθρώπινες δραστηριότητες, αποφασίστηκε η κατασκευή ενός τοίχου από τούβλα στην έξοδο της σήραγγας, ο οποίος διαθέτει θύρα για την πρόσβαση των συνεργείων συντήρησης. Ο τοίχος αυτός δεν διαθέτει φέροντα στοιχεία και έτσι θα παρασυρθεί από το νερό αν το πώμα ανατιναχθεί. Η ίδια η σήραγγα διατηρείται σε άριστη κατάσταση με μόνο ορισμένες μικρές κατακρημνίσεις βράχων από την οροφή της, χωρίς όμως καμία επικίνδυνη συνέπεια.

Σε αντίθεση με τον εκκενωτή, η εκτροπή δεν διαθέτει έργο καταστροφής ενέργειας κατάντη, ακριβώς γιατί δεν έχει σχεδιαστεί να λειτουργήσει παρά μόνο ως έκτακτη λύση. Ενδιαφέρον λοιπόν θα ήταν να αναλογιστεί κανείς τις καταστροφές που θα προκαλούσε η ανατίναξη της φραγής και οι προϋποθέσεις με τις οποίες αυτή θα αποφασιζόταν (αμετάκλητα προφανώς) σε περίπτωση ανάγκης. Η επιλογή να μην ανοιχθούν οι εκκενωτές, οι οποίοι είναι μια κατασκευή που σχεδιάζεται να ξανακλείνει όταν κριθεί σκόπιμο, έχει οδηγήσει το έργο σε οριακή κατάσταση διαχείρισης με μόνο «τελικές» και «αμετάκλητες» λύσεις. Αυτές οι λύσεις δεν απομακρύνουν τον κίνδυνο καταστροφών αλλά τις κάνουν δυνητικά μικρότερης έκτασης.

4 ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΗΣ

4.1 Υπερχειλιστής Λούρου

Ο υπερχειλιστής του ΥΠΕ Λούρου είναι ένας ανοιχτός υπερχειλιστής χωρίς θυροφράγματα και καταλαμβάνει 75 από τα 96 m του μήκους της στέψης. Λειτουργεί όταν το νερό στον ταμιευτήρα φτάσει το υψόμετρο των +96 m και έχει σχεδιαστεί για μέγιστη παροχή 940 m³/s. Εξαιτίας του μεγάλου του μήκους, ο υπερχειλιστής φαίνεται να συμπίπτει με τη στέψη του φράγματος σε όλο της το μήκος, η οποία στέψη έχει διαμορφωθεί κατάλληλα έτσι ώστε να παροχετεύει τα νερά της πλημμύρας πάνω από το φράγμα χωρίς αποκόλληση της ροής από το στερεό όριο. Μία τέτοιου είδους υπερχειλίση σημαίνει καταστροφή του έργου σε άλλου τύπου φράγμα όπως χωμάτινο ή λιθόρριπτο. Στο Λούρο όμως το οπλισμένο σκυρόδεμα με το οποίο έχει κατασκευαστεί το φράγμα του δίνει την απαραίτητη αντοχή για να μπορέσει να επιτρέψει χωρίς κίνδυνο τη ροή του νερού από πάνω του. Η διαμόρφωση λοιπόν του φράγματος σε ένα μεγάλο υπερχειλιστή εξοικονόμησε στην κατασκευαστική εταιρεία μεγάλες δαπάνες που θα χρειαζόνταν για την κατασκευή ενός διαφορετικού έργου υπερχειλίσης. Αριστερά και δεξιά του υπερχειλιστή υπάρχουν καθοδηγητικοί τοίχοι ύψους 3.75 m και λειτουργούν μαζί με τον υπερχειλιστή ως διώρυγα η οποία συγκλίνει τη ροή προς ένα σημείο κατάντη του φράγματος, το κέντρο του κύκλου στο οποίο βασίστηκε η όλη καμπύλη κατασκευή. Αμέσως κατάντη του υπερχειλιστή, για την καταστροφή της ενέργειας του νερού, έχουν κατασκευαστεί εμπόδια από οπλισμένο σκυρόδεμα στα οποία προσπίπτει δημιουργώντας τοπικά ένα μικρό υδραυλικό άλμα (Εικόνα 8).

Τα εμπόδια αυτά έχουν ύψος 1.50 m και είναι θεμελιωμένα μέσα σε κιβώτια από σκυρόδεμα για να εξασφαλιστεί η αντοχή τους έναντι ανατροπής από τις δυνάμεις που ασκεί το νερό προσπίπτοντας πάνω τους. Συνολικά υπάρχουν 6 εμπόδια τα οποία έχουν διάταξη όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα. Το έργο καταστροφής ενέργειας είναι αγκυρωμένο πάνω στον κατάντη πόδα του φράγματος έτσι ώστε η ροή του νερού να επιβραδύνεται πριν φτάσει στην κοίτη του ποταμού και προκαλέσει διάβρωση του εδάφους κοντά στο πόδα, άρα και κίνδυνο για το φράγμα.

4.2 Εκκενωτές πυθμένα Λούρου

Για να διευκολυνθεί η συντήρηση του φράγματος με κατέβασμα της στάθμης του ταμιευτήρα και γενικά η αύξηση της κατάντη παροχής του ποταμού Λούρου κατά περίπτωση (για οικολογικούς και αρδευτικούς λόγους), στη μελέτη του φράγματος προστέθηκαν και δύο εκκενωτές πυθμένα. Οι εκκενωτές πυθμένα σχεδιάστηκαν σύμφωνα με τα γαλλικά πρότυπα που συναντιούνται και στο φράγμα του Ταυρωπού. Αποτελούνται και εδώ από δύο δίδυμους αγωγούς με βαλβίδες κοίλης φλέβας οι οποίοι για υψόμετρο ταμιευτήρα +96 m δίνουν μέγιστη παροχή 17.50 m³/s. Οι δίδυμοι μεταλλικοί αγωγοί έχουν εσωτερική διάμετρο 1.20 m και βρίσκονται εντοιχισμένοι μέσα στο φράγμα σε υψόμετρο +83.22 m. Το άνοιγμα και κλείσιμο των εκκενωτών γίνεται χειροκίνητα από την κατώτερη στοά πρόσβασης στο φράγμα.

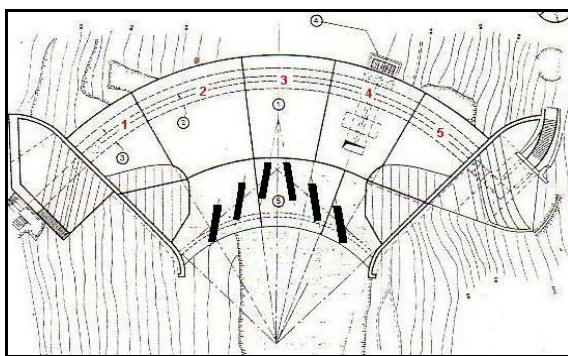
4.3 Συμπεράσματα από τη λειτουργία υπερχειλιστή και εκκενωτών

Το φράγμα του Λούρου θεωρείται ένα από τα μικρότερα ΥΠΕ στην Ελλάδα και μάλιστα διαθέτει έναν από τους μικρότερους ταμιευτήρες εμβαδού μόνο 0.15 km². Η μικρή έκταση του ταμιευτήρα

σημαίνει ότι η ικανότητα ανάσχεσης του έργου είναι πρακτικά μηδενική. Σε περίπτωση πλημμύρας λοιπόν, είναι σχεδόν βέβαιο ότι ο υπερχειλιστής θα λειτουργήσει. Η κατασκευή ενός ανοιχτού υπερχειλιστή χωρίς θυροφράγματα και χωρίς πολυπλοκότητα στο τρόπο λειτουργίας απέτρεψε την εμφάνιση οποιουδήποτε προβλήματος από το 1954 μέχρι σήμερα παρότι το φράγμα υπερχειλίζει συχνά. Η συχνή ροή όμως του νερού προς τα κατάντη και ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια πλημμυρών, επέτρεψε και μια έντονη στερεομεταφορά. Ιλύς και χαλίκια από κοντινά στο ποτάμιο σύστημα εργοτάξια, όπως αυτό κατά τη διαπλάτυνση του δρόμου Άρτας - Ιωαννίνων, παρασύρθηκαν σταδιακά από τα επιφανειακά νερά και κατέληξαν στον ποταμό Λούρο. Η συχνή κίνηση των νερών πάνω από το φράγμα δημιούργησε ταχύτητες ικανές έτσι ώστε όλα αυτά τα στερεά σιγά-σιγά να γεμίσουν ένα μεγάλο μέρος του ταμιευτήρα και ιδιαίτερα την περιοχή της υδροληψίας του αγωγού προσαγωγής προς το σταθμό παραγωγής. Σήμερα η πλήρωση του ταμιευτήρα από φερτά υλικά υπολογίζεται σε ποσοστό 80% της συνολικής χωρητικότητάς του. Ένα μικρό τμήμα της υδροληψίας λειτουργεί, ενώ οι εκκενωτές πυθμένα περιήλθαν πλήρως σε αχρηστία.

Αφού λοιπόν τα φερτά έχουν φτάσει το υψόμετρο +96 m όπου βρίσκεται η στέψη, αυτό σημαίνει ότι η είσοδος του εκκενωτή πυθμένα που έχει κατασκευαστεί στα +83.22 m βρίσκεται θαμμένη κάτω από 12.50 m περίπου ιλύος, χαλικιών, κλαδιών δέντρων και κορμών που τα τελευταία 53 χρόνια έχει μεταφέρει ο ποταμός Λούρος. Είναι λοιπόν βέβαιο ότι οι εκκενωτές έχουν περιέλθει σε αχρηστία και η λειτουργία τους είναι αδύνατη αν δεν απομακρυνθεί πρώτα αυτός ο μεγάλος όγκος φερτών.

Η απογοητευτική εικόνα των εκκενωτών και του μπαζωμένου ταμιευτήρα θα μπορούσε πιθανώς να είχε αποφευχθεί, εάν σε τακτά χρονικά διαστήματα η ΔΕΗ άνοιγε τους εκκενωτές έτσι ώστε να παρασυρθούν με την έντονη ροή του νερού και τα φερτά τα οποία επικάθονταν κοντά στο φράγμα. Η χρήση των εκκενωτών, σε συνδυασμό με ένα πρόγραμμα εργασιών για την απομάκρυνση μεγάλου μεγέθους στερεών όπως πέτρες και κλαδιά, θα καθυστέρουσε τη πλήρωση του ταμιευτήρα και σίγουρα θα επέτρεπε την οικολογική παροχή ιζήματος κατάντη του φράγματος. Το γεγονός ότι τέτοια ποσότητα ιλύος τελικά παγιδεύτηκε στον ταμιευτήρα μας αποδεικνύει - εκ των υστέρων βέβαια - ότι στο Λούρο είχε αναπτυχθεί μια έντονη διαδικασία στερεομεταφοράς από τους ορεινούς όγκους της Άρτας προς τον Αμβρακικό κόλπο. Το μεγαλύτερο μέρος των φερτών είναι λεπτόκοκκα και ιλύς τα οποία έχουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη παράκτιων οικοσυστημάτων και με την κατασκευή του φράγματος έπαψαν να παρέχονται στις κατάντη περιοχές. Η έλλειψη αρχικής μελέτης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από το φράγμα οφείλεται κατά κύριο λόγο στην παλαιότητα του αλλά και στο ιστορικό πλαίσιο στο οποίο μελετήθηκε και κατασκευάστηκε. Το έργο λειτούργησε ικανοποιητικά τα πρώτα χρόνια αλλά τα προβλήματα δεν άργησαν να φανούν. Σήμερα ο Λούρος, 53 χρόνια μετά την κατασκευή του, λειτουργεί με μεγάλο μέρος της υδροληψίας κλειστό από φερτά και με έναν ταμιευτήρα με ωφέλιμη χωρητικότητα μικρότερη του 20% της αρχικής. Μια λύση που μπορεί να δοθεί για την περαιτέρω χρήση του έργου είναι η προσπάθεια ανύψωσης της στάθμης του ταμιευτήρα με την τοποθέτηση ανατρεπόμενων θυροφραγμάτων στην στέψη του φράγματος. Τέτοιες μέθοδοι έχουν εφαρμοστεί ήδη σε δύο φράγματα στην Κύπρο με επιτυχία, δίνοντας σημαντικά οφέλη τόσο στην αποθήκευση νερού όσο και στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 8. Υπερχειλιστής σε λειτουργία και κάτοψη του φράγματος Λούρου

5 ΜΥΗΕ ΓΛΑΥΚΟΥ

5.1 Υπερχειλιστής Γλαύκου

Το πρώτο φράγμα, το οποίο κατασκευάστηκε την περίοδο 1922-1926, είχε υπερχειλιστή με ένα θυρόφραγμα και τελείως διαφορετική μορφή από τη σημερινή. Δύο χρόνια μόλις μετά την ολοκλήρωση του, το 1928, παρασύρθηκε κάτω από το βάρος ογκόλιθων που κατέβηκαν μαζί με το νερό από τους ορεινούς όγκους και καταστράφηκε. Η καταστροφή αυτή επηρέασε καταλυτικά το σχεδιασμό του δεύτερου έργου στην ίδια θέση, το οποίο λειτουργεί έως σήμερα.

Στην σημερινή του μορφή, ο υπερχειλιστής του ΜΥΗΕ Γλαύκου αποτελείται από δύο θυροφράγματα. Τα θυροφράγματα αυτά έχουν μεταξύ τους εντελώς διαφορετική λειτουργία και μορφή. Ένας εκχειλιστής λοιπόν με δύο εντελώς διαφορετικά θυροφράγματα, το ένα ηλεκτροκίνητο τοξωτό θυρόφραγμα διαστάσεων 4.00×4.00 m και το άλλο αυτόματο με αντίβαρο διαστάσεων 9.00×4.00 m (πλάτος $\times$ ύψος).

5.1.1 Ηλεκτροκίνητο τοξωτό θυρόφραγμα

Το τοξωτό θυρόφραγμα βρίσκεται κοντά στο δεξιό αντέρεισμα του έργου, λειτουργεί με ηλεκτρισμό και ο έλεγχός του γίνεται από ένα φυλάκιο στη γέφυρα ακριβώς από πάνω του (Εικόνα 9α). Σε περίπτωση διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος στην περιοχή, δεν υπάρχει βοηθητική γεννήτρια και η λειτουργία του πρέπει να γίνει χειροκίνητα με τη συνεργασία τουλάχιστον δύο ανθρώπων. Μόλις ανοίγει το τοξωτό θυρόφραγμα, τα νερά οδηγούνται σε μία μικρή διώρυγα επενδυμένη με ειδική στρώση πλακιδίων εξαιρετικά σκληρού γρανίτη έτσι ώστε να μην καταστρέφονται κατά την πρόσκρουση των φερτών πάνω στην επιφάνειά τους (Εικόνα 10). Στη συνέχεια το νερό χωρίς να συναντά άλλη διάταξη καταστροφής ενέργειας οδηγείται στην παλαιά κοίτη του χειμάρρου. Καθώς δεν υπάρχει ταμιευτήρας για την ανάσχεση της πλημμύρας, ο χειρισμός του ηλεκτροκίνητου τοξωτού θυροφράγματος γίνεται εμπειρικά και κατά την κρίση του φύλακα, για να αποτρέψει τη λειτουργία του αυτόματου θυροφράγματος με το αντίβαρο. Όταν λοιπόν φτάσουν σε στάθμη όπου το αντίβαρο αρχίζει να μετακινείται, ο φύλακας ανοίγει το ελεγχόμενο τοξωτό θυρόφραγμα και επιτρέπει τη διέλευση νερού και φερτών από κάτω του. Όταν το θυρόφραγμα αυτό ανοίξει εντελώς και εάν η στάθμη συνεχίσει να ανεβαίνει, τότε δίνεται εντολή να εγκαταλειφθεί η προσπάθεια καθώς ο φύλακας δεν μπορεί να προσφέρει καμία επιπλέον υπηρεσία.

5.1.2 Αυτόματο θυρόφραγμα με αντίβαρο

Το αυτόματο θυρόφραγμα με αντίβαρο λειτουργεί όπως τα αντίστοιχα θυροφράγματα του ΥΗΕ Λάδωνα. Ένα αντίβαρο συνδέεται μέσω βραχίονα με το θυρόφραγμα σχηματίζοντας μια διάταξη ζυγού (Εικόνα 9β). Όταν το νερό φτάσει 30 cm πάνω από το θυρόφραγμα, το βάρος του αναγκάζει το αντίβαρο να ανασηκωθεί επιτρέποντας στο θυρόφραγμα να κατέβει. Στη νέα θέση ισορροπίας, αν το νερό συνεχίσει να ανεβαίνει το αντίβαρο μετακινείται και αυτό ώσπου το θυρόφραγμα κάτω από το βάρος του νερού που συνεχώς ανεβαίνει, ανοίξει εντελώς. Το νερό οδηγείται σε μικρή διώρυγα η οποία είναι επίσης επενδυμένη με γρανίτη και στο τέλος της έχει μια κάθετη διάταξη από σκυρόδεμα ενισχυμένο με χαλύβδινες πλάκες το οποίο συγκρατεί τα μεγάλα φερτά και αποτονώνει εν μέρει την ενέργεια του νερού (Εικόνα 10). Το αυτόματο θυρόφραγμα εξαιτίας του τρόπου λειτουργίας του, παρουσιάζει μεγάλα μειονεκτήματα στην περίπτωση του Γλαύκου. Όταν λειτουργήσει επιτρέπει τη διέλευση του νερού από πάνω του, αλλά μαζί με το νερό παρασύρονται και όλα τα φερτά που μετακινούνται από τους ορεινούς όγκους και τα οποία επικάθονται πάνω στο θυρόφραγμα δυσκολεύοντας έτσι το κλείσιμο του. Στις λίγες περιπτώσεις που έχει λειτουργήσει, παρέμεινε ανοικτό και μετά το πέρας της πλημμύρας και χρειάστηκε η δύσκολη και επίπονη επέμβαση των υπευθύνων του έργου έτσι ώστε να απομακρυνθούν όλες οι πέτρες (μερικές από τις

οποίες ζύγιζαν πάνω από 100 kg) και να μπορέσει το αντίβαρο να αναστηλώσει και πάλι το θυρόφραγμα. Η λειτουργία λοιπόν του αυτόματου θυροφράγματος είναι η τελική λύση για την αντιμετώπιση μιας πλημμύρας, όταν το ηλεκτροκίνητο θυρόφραγμα δεν λειτουργήσει ή δεν μπορεί να παροχετεύσει τον πλημμυρικό όγκο. Η τελευταία περίπτωση που το αυτόματο θυρόφραγμα άνοιξε, ήταν τη δεκαετία του '80.

Το σύστημα του υπερχειλιστή με τα δύο θυροφράγματα δεν περιλαμβάνει έργο καταστροφής της ενέργειας κατάντη με υδραυλικό άλμα και λεκάνη ηρεμίας. Η μικρή κατασκευή κατάντη του αυτόματου θυροφράγματος με το αντίβαρο έχει κατασκευαστεί για την προστασία της διώρυγας και της επένδυσης από γρανίτη από μεγάλους μεγέθους φερτά, τα οποία περνώντας πάνω από το θυρόφραγμα προσκρούουν στο τέλος της επένδυσης με κίνδυνο να την υποσκάψουν (Εικόνα 10).

Κατά τη λειτουργία των υπερχειλιστών, μεγάλες ποσότητες φερτών κινούνται με τη βοήθεια του νερού, με μεγάλες ταχύτητες προς τα κατάντη υποσκάπτοντας την κοίτη του ποταμού κοντά στον πόδα του έργου. Για να προστατευτεί η θεμελίωση, προστέθηκε στο έργο ακριβώς κατάντη του υπερχειλιστή ένας μονόλιθος οπλισμένου σκυροδέματος με πάχος 1.50 m. Πάνω από αυτό το μονόλιθο περνάει η ροή και από τα δύο θυροφράγματα και οδηγείται στην παλαιά κοίτη του χειμάρρου. Η συνεχής λειτουργία του ηλεκτροκίνητου θυροφράγματος απόξεσε σιγά-σιγά το επιφανειακό σκυρόδεμα του μονολίθου και αποκάλυψε σε μεγάλα τμήματα τον οπλισμό του.

Η απουσία αντίστοιχων φθορών κατάντη του αυτόματου θυροφράγματος, οφείλεται στο γεγονός ότι αυτό δεν έχει λειτουργήσει. Ο οπλισμός που έχει αποκαλυφθεί είναι πλήρως οξειδωμένος και παραμορφωμένος. Οι επισκευές που συνήθως γίνονται κατά τους θερινούς μήνες είναι πλήρωση των σκαμμένων τμημάτων με σκυρόδεμα, το οποίο όμως δεν αναπτύσσει επαρκείς αντοχές και σίγουρα δεν λειτουργεί ως οπλισμένο σκυρόδεμα. Κατά τους χειμερινούς μήνες λοιπόν οι επισκευές ξηλώνονται αποκαλύπτοντας και πάλι το διαβρωμένο οπλισμό. Στην κατάντη του άκρη το οπλισμένο σκυρόδεμα έχει σπάσει σχεδόν σε όλο το μήκος του και στη θέση όπου ενώνεται με την κοίτη του χειμάρρου έχει σχηματιστεί από υποσκαφή μία τάφρος βάθους τουλάχιστον 1.50 m. Σε αυτή τη τάφρο, η οποία είναι γεμάτη με νερό, έχουν προστεθεί βαρέλια με σκυρόδεμα έτσι ώστε να αποτρέψουν περαιτέρω υποσκαφή. Αυτό δημιουργεί προβλήματα στη λεπτομερή διερεύνηση ολόκληρου του μεγέθους της υποσκαφής. Η τύρβη που προκαλεί το νερό στην τάφρο, κατά τη λειτουργία του ηλεκτροκίνητου θυροφράγματος, προκάλεσε την απομάκρυνση ορισμένων βαρελιών από τη θέση τους και τη μεταφορά τους σε θέσεις ως και 50 m κατάντη.

5.2 Εκκενωτής πυθμένα Γλαύκου

Το φράγμα του Γλαύκου είναι μικρού ύψους, έχει πολύ μικρό ταμιευτήρα και υπάρχει μηχανισμός για την έκπλυση των φερτών (το τοξωτό θυρόφραγμα), συνεπώς δεν κρίθηκε αναγκαία (και σωστά) η κατασκευή εκκενωτή πυθμένα.



Εικόνα 9α. Ηλεκτροκίνητο τοξωτό θυρόφραγμα



Εικόνα 9β. Αυτόματο θυρόφραγμα με αντίβαρο



Εικόνα 10. Λεκάνη κατάντη των θυροφραγμάτων



6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Ο υπερχειλιστής του ΥΗΕ Λάδωνα, με δύο αυτόματα θυροφράγματα με αντίβαρα, στα 50 χρόνια λειτουργίας του δεν έχει παρουσιάσει προβλήματα ή ιδιαίτερες φθορές. Τα δύο αυτόματα θυροφράγματα λειτουργούν ανάλογα με τη στάθμη του ταμιευτήρα γεγονός που δεν επιτρέπει να γίνεται διαχείριση της πλημμύρας κατά περίπτωση, ανοίγοντας προληπτικά ή με συγκεκριμένη παροχή τα θυροφράγματα. Αν και έχει εγκατασταθεί υδραυλικό σύστημα μετακίνησης των θυροφραγμάτων, αυτό δεν μπορεί να θεωρηθεί αξιόπιστο καθώς προστέθηκε μεταγενέστερα και δεν περιέχει μηχανισμούς ακριβούς ελέγχου (έτσι ώστε να ανοίξει το θυρόφραγμα στο ποσοστό που χρειάζεται). Επίσης, το ΥΗΕ Λάδωνα δεν διαθέτει εκκενωτή πυθμένα. Η επιλογή του συγκεκριμένου τύπου υπερχειλιστή και η απουσία εκκενωτή πυθμένα, σήμερα θεωρείται απόφαση ξεπερασμένη και προβληματική. Τη χρονιά της κατασκευής του όμως δεν υπήρχε και η κατάλληλη εμπειρία στη ΔΕΗ να διαχειριστεί ένα διαφορετικό τύπο θυροφραγμάτων ή ακόμα και του ίδιου του εκκενωτή πυθμένα, όπως φάνηκε και στα φράγματα του Ταυρωπού και του Λούρου.

Το ΥΗΕ του Ταυρωπού διαθέτει υπερχειλιστή με δύο ζεύγη ελεύθερων στομιών στο μέσο της στέψης αλλά και εκκενωτή πυθμένα από δίδυμους μεταλλικούς αγωγούς που καταλήγουν σε βαλβίδες κοίλης φλέβας. Το έργο καταστροφής ενέργειας του νερού (με πτώση) και η διώρυγα δεν παρουσιάζουν σημαντική φθορά αποτέλεσμα της καλής ποιότητας σκυροδέματος που χρησιμοποιήθηκε αλλά και της εξαιρετικά σπάνιας λειτουργίας του υπερχειλιστή. Ο εκκενωτής πυθμένα όμως, ενώ συντηρείται ακόμα στα μηχανικά του μέρη, έχει περιέλθει πλέον σε αχρηστία. Η απώλεια του εκκενωτή δεν συντελέστηκε στα πλαίσια κάποιας κατασκευαστικής αστοχίας, αλλά με την επιλογή να μην ανοίξει ποτέ από το 1959 από το φόβο μήπως δεν ξανακλείσει. Τα φερτά και το στρώμα ιλύος που έχουν συσσωρευτεί στην είσοδο του εκκενωτή ύστερα από 50 σχεδόν χρόνια, είναι φυσικά τόσο πολλά που ενώ μηχανικά είναι ακόμα λειτουργικός ο εκκενωτής, είναι σχεδόν βέβαιο ότι αν ποτέ ανοίξει - σε περίπτωση εξαιρετικά μεγάλου κινδύνου - θα γεμίσει με φερτά και θα φράξει. Η επιλογή της ΔΕΗ να μην ανοίξει τον εκκενωτή, έχει προφανώς άμεση σχέση με την εποχή κατασκευής του φράγματος και την έλλειψη εμπειρίας στη διαχείρισή του. Ο φόβος μήπως ο εκκενωτής δεν κλείσει υποδηλώνει τη γενικότερη επιφύλαξη και απειρία που υπήρξε στον τρόπο λειτουργίας και συντήρησης στα πρώτα ΥΗΕ. Η θέση και ο τύπος του φράγματος θα μπορούσαν να γίνουν περισσότερο εκμεταλλεύσιμα αν χρησιμοποιούνταν υπερχειλιστές με θυροφράγματα, ενώ η λειτουργία του εκκενωτή θα μπορούσε να καθυστερήσει την πλήρωση του ταμιευτήρα με φερτά, παρατείνοντας έτσι τη ζωή του έργου.

Το ΥΗΕ του Λούρου είναι όμως αυτό το οποίο δίνει τα πιο χρήσιμα συμπεράσματα από τη λειτουργία του. Και αυτό γιατί το φράγμα του Λούρου, παρουσιάζει αρκετά προβλήματα και εγείρει τους αντίστοιχους προβληματισμούς. Ο υπερχειλιστής του Λούρου είναι στη στέψη του φράγματος χωρίς θυροφράγματα. Ο απλός σχεδιασμός του δεν δημιούργησε προβλήματα κατά τη λειτουργία του. Αυτό που προκάλεσε όμως προβλήματα είναι η μέτρια ποιότητα του σκυροδέματος με το οποίο κατασκευάστηκε ολόκληρο το έργο. Η καταγραφή της παθολογίας έδειξε μεγάλης έκτασης διαρροές μέσω των αρμών που κάνουν την πρόσβαση στην κάτω στοά επιθεώρησης του έργου αδύνατη χωρίς αδιάβροχο εξοπλισμό. Στην κάτω στοά επιθεώρησης του έργου βρίσκεται και το δωμάτιο ελέγχου του εκκενωτή του φράγματος το οποίο όμως δεν χρειάζεται πλέον να είναι προσβάσιμο καθώς ο εκκενωτής, όπως ο αντίστοιχος του Ταυρωπού, δεν έχει ανοίξει ποτέ από την ημέρα παράδοσης του έργου και έτσι θεωρείται πλέον άχρηστος. Το σημαντικό στο φράγμα του Λούρου είναι ότι παρά τη μέτρια ποιότητα των σκυροδεμάτων, αυτό που τελικά καθιστά το έργο προβληματικό είναι η πλήρωση του ταμιευτήρα με φερτά σε ποσοστό 80%. Αυτή η διαπίστωση αποδεικνύει και τη χρησιμότητα ενός λειτουργικού εκκενωτή καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής ενός έργου. Η επιλογή όμως να μη λειτουργήσει ο εκκενωτής προκαλεί σύντομα απώλειά του και στη συνέχεια λειτουργική απώλεια και του ίδιου του φράγματος, καθώς δεν υπάρχει αξιόπιστος τρόπος ταπείνωσης της στάθμης για να γίνουν εργασίες καθαρισμού απ' τα φερτά. Ο λειτουργικός εκκενωτής στην περίπτωση του Λούρου θα είχε και μία οικολογική χρησιμότητα. Η σύσταση των φερτών στον ταμιευτήρα αποτελείται κατά κύριο λόγο από λεπτόκοκκα φερτά και ιλύ, φερτά δηλαδή που θα μπορούσαν να κινηθούν προς τα κατάντη με το άνοιγμα του εκκενωτή. Η απόθεση μέσα σε 50 χρόνια τόσο μεγάλου όγκου φερτών, φανερώνει έναν έντονο μηχανισμό στερεομεταφοράς και μάλιστα στοιχείων εξαιρετικά χρήσιμων στο οικοσύστημα (ιλύς, λεπτόκοκκα) από τον ποταμό Λούρο, ο οποίος διακόπηκε οριστικά με την κατασκευή του φράγματος. Η διακοπή αυτή άλλαξε τις ισορροπίες κατάντη της θέσης του έργου.

Το παλαιότερο σε λειτουργία υδροηλεκτρικό έργο στην Ελλάδα, το ΜΥΗΕ Γλαύκου (1922-1926, 1928), έχει υπερχειλιστή με δύο διαφορετικού τύπου θυροφράγματα, ένα ηλεκτροκίνητο τοξωτό θυροφράγμα και ένα αυτόματο με αντίβαρο. Οι συνήθειες πλημμυρικές παροχές αντιμετωπίζονται με το άνοιγμα του ηλεκτροκίνητου τοξωτού θυροφράγματος. Το αυτόματο θυροφράγμα με αντίβαρο, λειτουργεί όπως τα αντίστοιχα θυροφράγματα του ΥΗΕ Λάδωνα, αλλά με πολύ μεγαλύτερα λειτουργικά προβλήματα, που το κάνουν σχεδόν ανενεργό. Το σύστημα του υπερχειλιστή με τα δύο θυροφράγματα δεν περιλαμβάνει έργο καταστροφής της ενέργειας κατάντη με υδραυλικό άλμα και λεκάνη ηρεμίας.

Από τις παραπάνω διαπιστώσεις προκύπτουν οι εξής προτάσεις:

- α. Ο σχεδιασμός υπερχειλιστών με αυτόματα θυροφράγματα με αντίβαρα, θα πρέπει να αποφεύγεται γιατί δεν εξασφαλίζεται με αυτά η απαιτούμενη λειτουργική αξιοπιστία.
- β. Σε όλα τα φράγματα, ακόμη και σε αυτά με μικρό ταμιευτήρα, εφόσον δεν διαθέτουν κατασκευή έκπλυσης φερτών θα πρέπει να προβλέπεται εκκενωτής πυθμένα.
- γ. Οι εκκενωτές πυθμένα θα πρέπει να διατηρούνται λειτουργικοί με κατάλληλη συντήρηση και με συχνές δοκιμαστικές λειτουργίες σε τακτά χρονικά διαστήματα.
- δ. Πρέπει να επιδιώκεται ο κατάλληλος σχεδιασμός αλλά και η συχνή χρήση των εκκενωτών πυθμένα, έτσι ώστε να είναι δυνατό το πέρασμα προς τα κατάντη των λεπτόκοκκων τουλάχιστον φερτών υλικών.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Ενημερωτικά φυλλάδια Δ/νσης Επικοινωνίας ΔΕΗ για τα παραπάνω έργα, εκδόσεις ΔΕΗ.
2. Σχέδια, μελέτες και έγγραφα από τα αρχεία των αρμοδίων για τα υδροηλεκτρικά έργα υπηρεσιών της ΔΕΗ.

Spillways and bottom outlets of the four older concrete dams of Public Power Corporation (Greece)

D. Dimopoulos

Civil Engineer (Dipl. NTUA)

J.P. Stefanakos

Civil Engineer (Dipl. NTUA, DIC, MSc, MBA, PhD), Lecturer at NTUA

ABSTRACT: Ladonas, Tavropos and Louros hydroelectric projects are the three older large hydroelectric projects (HEP) in Greece with concrete dams. The small hydroelectric project (SHEP) of Glafkos is the oldest hydroelectric project built in Greece (1922 - 1926), which has been refurnished and is still in operation. In this work, the performance of the spillways and the bottom outlets of the above projects, during the many years of their life, is examined and the criteria for their specific design are discussed. It was found out that the spillways performed rather satisfactorily, with some minor problems, while the way the operation and the maintenance of the bottom outlets was done, in combination with the ageing of the projects, resulted to the fact that today the bottom outlets are practically out of service.