

Αστοχίες και Ατυχή Συμβάντα Ελληνικών Φραγμάτων

Ν.Ι. Μουτάφης

Δρ. Πολιτικός Μηχανικός Λέκτορας ΕΜΠ.

Λέξεις κλειδιά: φράγμα, αστοχία, θραύση, υπερπήδηση, κατάρρευση

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Τα φράγματα, όπως και άλλα μεγάλα τεχνικά έργα, ενίοτε αστοχούν. Το ποσοστό είναι ιδιαίτερα μικρό, αλλά όχι μηδενικό. Αδυναμίες σχεδιασμού, περιορισμένοι κανονισμοί, ατέλειες κατασκευής, ανεπαρκής ποιοτικός έλεγχος, κακή λειτουργία, ελλιπής ή ανύπαρκτη συντήρηση, όλα αυτά και άλλα συμμετέχουν ενεργά ή παθητικά στην ανάπτυξη συνθηκών που οδηγούν σε αστοχίες ή σε ατυχή συμβάντα. Τα τελευταία 90 χρόνια έχει καταγραφεί στην Ελλάδα περιορισμένος αριθμός αστοχιών ή ατυχών συμβάντων. Στην παρούσα εργασία γίνεται καταγραφή μερικών περιπτώσεων αστοχιών και ατυχών συμβάντων στον ελληνικό χώρο, περιληπτική περιγραφή των γεγονότων και τέλος εκτίμηση των αιτιών εμφάνισης και εξέλιξης τους.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Διεθνής Επιτροπή Μεγάλων Φραγμάτων (ICOLD) ορίζει την αστοχία φράγματος (failure στα αγγλικά και rupture στα γαλλικά), ως «Κατάρρευση ή μετακίνηση μέρους του φράγματος ή της θεμελίωσής του, τέτοια ώστε το φράγμα να μην μπορεί να συγκρατήσει νερό. Η αστοχία έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων νερού, η οποία θέτει σε κίνδυνο ανθρώπους και περιουσίες κατάντη του φράγματος». Κατά συνέπεια η αδυναμία συγκράτησης νερού που δεν είναι επακόλουθο κατάρρευσης ή μετακίνησης του φράγματος, δεν πρέπει καταγράφεται ως αστοχία. Επί πλέον, κατά τον ορισμό η αστοχία συνοδεύεται με ‘απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων νερού’, αλλά θεωρείται ότι αυτό είναι δυνητικό επακόλουθο και όχι υποχρεωτικό, για να οριστεί ένα γεγονός ως αστοχία.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας η έννοια της ‘αστοχίας’ διευρύνεται, ώστε να περιλάβει τις περιπτώσεις που το σύνολο του έργου και όχι μόνο τα φράγμα αδυνατεί να συγκρατήσει νερό, αρκεί η αδυναμία αυτή να οφείλεται σε ‘κατάρρευση ή μετακίνηση’ του έργου ή της θεμελίωσής του. Με την αυθαίρετη αυτή διεύρυνση του ορισμού, μπορεί να καταγραφεί ως αστοχία η περίπτωση του φράγματος Περδίκια, όχι όμως και οι περιπτώσεις φραγμάτων που ο ταμιευτήρας τους ποτέ δεν γέμισε, λόγω υπερεκτίμησης των υδρολογικών δεδομένων, παρόλο που και τα έργα αυτά αποτελούν ουσιαστικά ‘αστοχία’ στην εκπλήρωση του στόχου τους.

Στην Ελλάδα, ελάχιστα από τα υπάρχοντα φράγματα εμφάνισαν αδυναμίες μετά την κατασκευή τους και δεν μπόρεσαν να ανταποκριθούν στους στόχους για τους οποίους κατασκευάστηκαν. Σε ορισμένα από αυτά, η επιδιόρθωση των προβλημάτων και η αποκατάσταση των ατελειών δεν ήταν τεχνικά ή οικονομικά εφικτή. Τα φράγματα αυτά θεωρείται ότι αστόχησαν ολικά και τα ατυχή αυτά περιστατικά καταγράφονται ως **αστοχίες (failures)**.

Μερικά φράγματα παρουσίασαν, είτε κατά τη διάρκεια της κατασκευής τους είτε μετά την έναρξη λειτουργίας τους, αδυναμία να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις σχεδιασμού τους, εμφάνισαν σοβαρά προβλήματα με πρόκληση ζημιών, αλλά η αδυναμία αυτή ήταν παροδική και τα έργα τελικά ανταποκρίθηκαν στους στόχους τους ικανοποιητικά, με τεχνικές τροποποιήσεις και βελτιώσεις αλλά και οικονομικές επιβαρύνσεις. Τα περιστατικά αυτά καταγράφονται ως **ατυχή συμβάντα (incidents)**.

Η καταγραφή των περιπτώσεων αστοχιών και ατυχών συμβάντων με λεπτομέρειες της εξέλιξής τους, καθώς και η διερεύνηση των αιτιών εμφάνισής τους, αποτελεί σημαντική πηγή άντλησης πληροφορίας για τη συμπεριφορά και τις αδυναμίες των φραγμάτων. Στόχος είναι η συνεχής βελτίωση των παραδοχών σχεδιασμού, των μεθόδων κατασκευής και τέλος η εκτίμηση του βαθμού διακινδύνευσης που συνοδεύει τα έργα αυτά.

2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ (ICOLD)

Η ICOLD, εκδίδει το 1995, το Δελτίο Νο 99, «Στατιστική Ανάλυση Αστοχιών Φραγμάτων» {2}, με τα αποτελέσματα της έρευνας και τα συμπεράσματα της σχετικής επιτροπής εργασίας. Η συλλογή των δεδομένων έγινε με τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων από τις τοπικές επιτροπές μεγάλων φραγμάτων των χωρών-μελών της Διεθνούς Επιτροπής.

Τα βασικά συμπεράσματα της επιτροπής εργασίας συνοψίζονται στα εξής:

- Το ποσοστό μεγάλων φραγμάτων που αστόχησαν ως προς το σύνολο των φραγμάτων, μειώνεται συνεχώς, από 2,2 % για φράγματα τα οποία κατασκευάστηκαν πριν το 1950, σε λιγότερο από 0,5 % για φράγματα μετά το 1950.
- Σε απόλυτους αριθμούς, οι περισσότερες αστοχίες αφορούν φράγματα μικρού ύψους τα οποία όμως αποτελούν και το μεγαλύτερο ποσοστό των φραγμάτων σε λειτουργία. Το ποσοστό αστοχιών παραμένει πρακτικά ανεξάρτητο από το ύψος του φράγματος.
- Οι περισσότερες αστοχίες αφορούν φράγματα που τίθενται σε λειτουργία πρώτη φορά. Το 70% των αστοχιών συνέβησαν τα πρώτα δέκα χρόνια, από την πρώτη πλήρωση και κυρίως κατά τον πρώτο χρόνο.
- Στα γεωφράγματα, η πιο συχνή αιτία αστοχίας είναι α) διάβρωση λόγω υπερπήδησης (31% ως πρωτογενής και 18% ως δευτερογενής αιτία), β) διάβρωση λόγω διασωλήνωσης (15% ως πρωτογενής και 13% ως δευτερογενής αιτία) και γ) διάβρωση της θεμελίωσης (12% ως πρωτογενής και 5% ως δευτερογενής αιτία).
- Στα φράγματα βαρύτητας, η σημαντικότερη αιτία αστοχίας είναι προβλήματα θεμελίωσης λόγω α) διάβρωσης (21%) και β) ανεπαρκούς διατμητικής αντοχής (21%).
- Στα λιθόκτιστα φράγματα, η πιο συχνή αιτία αστοχίας είναι α) η υπερπήδηση (43%) και β) ή διάβρωση της θεμελίωσης (29%).
- Αστοχίες στα συναφή έργα, οφείλονται κυρίως σε ανεπαρκή διαστασιολόγηση του συστήματος υπερχειλίσης (22% ως πρωτογενής και 39% ως δευτερογενής αιτία).

3 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΩΝ

Με εξαίρεση τα αρχαία φράγματα των Μινύων, της Τίρυνθας και της Αλυζίας, φράγματα κατασκευάζονται στον Ελληνικό χώρο από τη δεκαετία του 1920. Εκτιμάται ότι υπάρχουν σήμερα περισσότερα από 100 μεγάλα φράγματα (σύμφωνα με τον ορισμό της ΔΕΜΦ). Ο ακριβής αριθμός δεν είναι γνωστός, αφού δεν υπάρχει στη χώρα μας θεσμοθετημένος φορέας για την καταγραφή και παρακολούθηση των φραγμάτων.

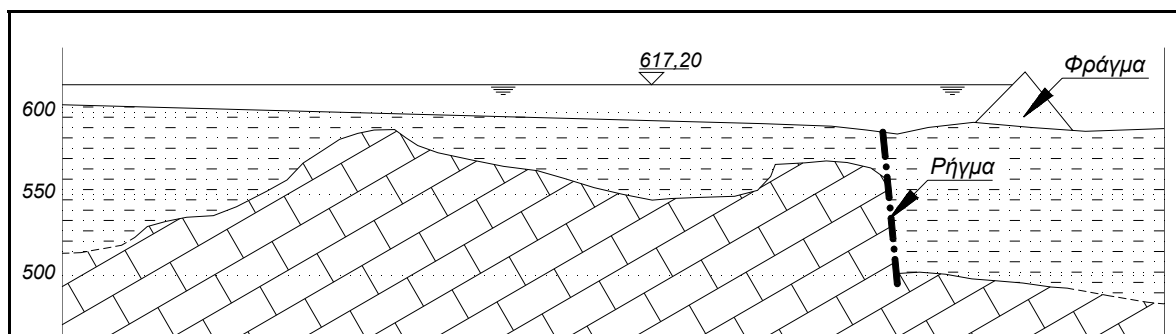
Τα περισσότερα από τα υπάρχοντα φράγματα βρίσκονται σήμερα σε κανονική λειτουργία. Μερικά, είτε κατά την κατασκευή τους είτε κατά ή μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα, εμφάνισαν σοβαρά προβλήματα και αδυναμία λειτουργίας, ώστε να ανταποκριθούν στους στόχους για τους οποίους σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν

Στις επόμενες παραγράφους παρατίθενται βασικά στοιχεία για τα φράγματα που αστόχησαν ή στα οποία συνέβησαν ατυχή συμβάντα, δίνοντας α) στοιχεία του έργου β) απλή περιγραφή του γεγονότος, γ) αναφορά στα πιθανά αίτια του γεγονότος και δ) ενέργειες μετά το γεγονός

3.1 Φράγμα Περδίκας [1962]

Το φράγμα Περδίκας βρίσκεται σε απόσταση 2 km από το χωριό Περδίκας του Δήμου Πτολεμαΐδας και κατασκευάστηκε με μελέτη και δαπάνες του Γερμανικού κράτους, ως προσφορά (αποζημίωση) στην Ελλάδα για τα δεινά του πολέμου. Το φράγμα, η κατασκευή του οποίου ολοκληρώθηκε το 1962, σχεδιάστηκε για να εξασφαλιστεί η υδροδότηση του Βιομηχανικού κέντρου Πτολεμαΐδας Α.Ε.Β.Α.Α. Κύριος του έργου ήταν το τότε Υπ. Συντονισμού, στη συνέχεια το Υπ. Εθνικής Άμυνας και σήμερα το ΥΠ.Ε.Θ.Ο.

Το φράγμα είναι χωμάτινο με κεντρικό πυρήνα, ύψους 22 m, όγκου 530.000 m³ και μήκους στέγης 352 m. Η χωρητικότητα του ταμιευτήρα ανέρχεται στα 10,000 hm³. Η λεκάνη κατάκλυσης και η θεμελίωση του φράγματος διαμορφώνονται μέσα σε αργιλομαργαϊκούς σχηματισμούς, σχετικά χαμηλής διαπερατότητας. Κάτω από το σχηματισμό αυτό απαντώνται τριαδικό - ιουρασικοί ασβεστόλιθοι, με έντονα φαινόμενα καρστικοποίησης. Στην περιοχή θεμελίωσης του φράγματος, ο ασβεστολιθικός σχηματισμός απαντάται σε βάθος της τάξης των 100 m. Ανάντη του φράγματος έχει καταγραφεί παρακατακόρυφο ρήγμα που ανυψώνει τους ασβεστολίθους κοντά στην επιφάνεια. Στην κοίτη του ποταμού εμφανίζονται προσχώσεις. Τυπική τομή του ταμιευτήρα και του φράγματος δείχνεται στην Εικ. 1 και προέρχεται από την έκθεση {1}.



Εικόνα 1. Τομή κατά μήκος της λεκάνης κατάκλυσης {1}. Υπέρκεινται οι στεγανοί αργιλο-μαργαϊκοί σχηματισμοί και υπόκεινται οι καρστικοί ασβεστόλιθοι.

Κατά την πρώτη πλήρωση του ταμιευτήρα και όταν η στάθμη του ταμιευτήρα είχε ανέλθει περίπου στα δύο τρίτα του ύψους του φράγματος, αναπτύχθηκαν έντονες διαρροές, με αποτέλεσμα την ουσιαστική εκκένωση του ταμιευτήρα σε μικρό χρονικό διάστημα. Η διαρροή πραγματοποιήθηκε με διασωλήνωση και διάπλυση του 'στεγανού' αργιλο-μαργαϊκού σχηματισμού μέσα στις καρστικές διόδους των υποκείμενων ασβεστολιθών. 'Λόγω της αδυναμίας του ταμιευτήρα να συγκρατήσει νερό για το σκοπό που κατασκευάστηκε το φράγμα, το γεγονός αυτό θεωρείται ως αστοχία, επειδή συνυπάρχει και το στοιχείο 'μετακίνησης της θεμελίωσης', με διασωλήνωση, διάπλυση και τελικά διάβρωση. Κατά την αστοχία αυτή δεν τέθηκαν σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές ή περιουσίες.

Δεν είναι σαφές εάν η παρουσία του καρστικού ασβεστολιθικού υποβάθρου είχε εντοπιστεί κατά τη φάση της μελέτης του έργου ή η σημασία της είχε απλώς υποεκτιμηθεί. Γεγονός είναι ότι είχε υποεκτιμηθεί είτε η διαπερατότητα του αργιλο-μαργαϊκού σχηματισμού, είτε η αντοχή του σε διασωλήνωση και διάβρωση. Κατά συνέπεια η αστοχία οφείλεται σε ανεπαρκή έρευνα και ανεπαρκή ή ελλιπή σχεδιασμό του έργου.

Το 1964 έγινε μία προσπάθεια πλήρωσης των καταβοθρών με σκυρόδεμα, η οποία αρχικά φάνηκε να αποδίδει, αφού παρατηρήθηκε σημαντική μείωση των διαρροών κατά 80%. Μετά πάροδο όμως μικρού χρονικού διαστήματος, οι καταβόθρες επαναδραστηριοποιήθηκαν στην αρχική τους παροχευτικότητα. Έκτοτε διατηρείται χαμηλή στάθμη νερού στον ταμιευτήρα, υψομετρικά στο στόμιο των καταβοθρών (βλ. Εικ. 2), το φράγμα θεωρείται ότι αστόχησε και σήμερα αξιοποιείται

τουριστικά η περιλίμνια ζώνη ως χώρος αναψυχής. Σε αμφότερα τα πρανή του φράγματος έχει αναπτυχθεί βλάστηση, όπως φαίνεται στην Εικ. 3.



Εικόνα 2. Ταμιευτήρας φράγματος Περδίκας, στη συνήθη στάθμη. Διακρίνεται δεξιά ο πύργος υδροληψίας.
Εικόνα 3. Ανάντη όψη φράγματος με ανάπτυξη βλάστησης στο πρανές του αναχώματος.

Συνέπειες της αστοχίας ήταν η ολοκληρωτική εγκατάλειψη του έργου, γιατί η υδροδότηση του Βιομηχανικού κέντρου Πτολεμαΐδας επιτεύχθηκε με άλλα μέσα. Μακροπρόθεσμα το έργο άρχισε να αποδίδει ως πόλος έλξης για εκδρομές ή ψάρεμα. Η τοπική κοινωνία πρόσφατα εκδήλωσε ενδιαφέρον αποκατάστασης του έργου, κυρίως για λόγους τουριστικής και ενδεχομένως ενεργειακής εκμετάλλευσης και δευτερευόντως για ύδρευση ή άρδευση.

Η διερεύνηση αποκατάστασης του έργου θα πρέπει να αντιμετωπίσει θέματα κυρίως τεχνικά αλλά και γενικότερων αρχών σχεδιασμού.

Τα τεχνικά θέματα σχετίζονται με:

- Τις μεθόδους σημαντικού περιορισμού των διαρροών με χρήση ιπτάμενης τέφρας ως φτηνό υλικό πλήρωσης των υπογείων διόδων, υλικό που υπάρχει σε αφθονία στην ευρύτερη περιοχή της Πτολεμαΐδας - Καζάνης
- Επικαιροποίηση των υδρολογικών στοιχείων της λεκάνης απορροής και των πλημμυρικών παροχών και όγκων,
- Έλεγχος και επαναλειτουργία του συστήματος εκτροπής και έλεγχος επάρκειας του συστήματος υπερχειλίσας,
- Εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών του φράγματος και έλεγχος της επάρκειας του με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς και τα αποδεκτά πρότυπα

Στα γενικότερα θέματα σχεδιασμού περιλαμβάνονται η:

- η διερεύνηση για τις επιπτώσεις έμφραξης των καταβοθρών στο κατάντη εν ενεργεία υδρογεωλογικό σύστημα,
- η αξιοπιστία της εκτίμησης των τεχνικών χαρακτηριστικών των υλικών κατασκευής του έργου,
- η διακινδύνευση των κατάντη περιοχών και ιδίως του οικισμού Περδίκας, που βρίσκεται κατάντη του φράγματος και μέσα από τον οποία διέρχεται η κοίτη του ποταμοχειμάρρου.

3.2 Φράγμα Καμαρών Ν. Σίφνου [2003]

Το φράγμα Καμαρών βρίσκεται στη νήσο Σίφνο, του νομού Κυκλάδων, σε απόσταση 2 km νοτιοανατολικά από το χωριό Καμάρες. Σκοπός κατασκευής του φράγματος είναι η αντιπλημμυρική προστασία και ο εμπλουτισμός του υπογείου υδροφόρου της περιοχής. Το φράγμα είναι τύπου βαρύτητας, λιθόκτιστο, ύψους 21 m σύμφωνα με τις προβλέψεις της μελέτης, με στέψη στο υψ. +48. Η ανάντη παρειά έχει κλίση 1:15 (Ο:Κ) και η κατάντη 1:1,5. Αμφότερες οι παρειές του φράγματος είναι κτιστές, πάχους ~50 cm, δημιουργώντας μία ιδιαίτερα καλαίσθητη όψη. Η μελέτη του έργου προέβλεπε η εσωτερική λιθοδομή να κατασκευαστεί με χρήση ασβεστο-

τσιμεντοκονιάματος ως συνδετικό υλικό των λίθων, αντί του οποίου κατά τη φάση της κατασκευής χρησιμοποιήθηκε σκυρόδεμα. Το σύστημα υπερχειλίστης έχει τοποθετηθεί επί του φράγματος, κεντρικά στην κοίτη και περιλαμβάνει τεχνικό υπερχειλίστης ευρείας στέψης, διώρυγα πτώσης επί του κατάντη πρανούς, έργο εκτόξευσης και λεκάνη αποτόνωσης.

Στο εσωτερικό του φράγματος και παράλληλα με τον άξονά του, έχει κατασκευαστεί στοά από οπλισμένο σκυρόδεμα, για αποστράγγιση των ενδεχομένως διηθούμενων νερών μέσα στο σώμα του φράγματος. Πρόσβαση στη στοά αποστράγγισης υπάρχει μέσω παρόμοιας στοάς, κάθετης στην κεντρική, το στόμιο της οποίας έχει διαμορφωθεί στην κατάντη παρειά του φράγματος. Το κατάντη στόμιο της στοάς φαίνεται στην Εικ. 4. Το ανάντη άκρο της στοάς πρόσβασης καταλήγει στην ανάντη παρειά του φράγματος και φράσσεται με απλό μεταλλικό θυρόφραγμα. Εκτιμάται ότι η στοά πρόσβασης θα λειτουργούσε ως αγωγός εκτροπής του χειμάρρου κατά τη φάση της κατασκευής.

Η κατασκευή του φράγματος άρχισε το 2002 και στις αρχές Φεβρουαρίου 2003, το σώμα του φράγματος είχε φθάσει στο υψ ~ 42 , δηλαδή 6 m κάτω από την τελική του στέψη, ενώ οι εξωτερικοί τοίχοι ήταν ελαφρώς υψηλότερα. Στα μέσα Φεβρουαρίου άρχισαν έντονες βροχοπτώσεις. Εκτιμάται ότι το θυρόφραγμα στον αγωγό εκτροπής ήταν κλειστό και έτσι δεν ήταν δυνατόν να διοχετευτεί μέρος του πλημμυρικού όγκου στα κατάντη του φράγματος. Όπως είχε συμβεί και παλαιότερα, η άνοδος της στάθμης στον ταμιευτήρα, ανέπτυξε ροή νερού μέσα στο σώμα του φράγματος και εκφόρτισή της σε θέσεις του κατάντη πρανούς. Η ροή αυτή υποδηλώνει ότι το σώμα του φράγματος είναι σχετικά υψηλής διαπερατότητας, γεγονός που επιβεβαιώθηκε όταν αποκαλύφθηκε το εσωτερικό του φράγματος με τις εργασίες αποκατάστασης.

Ο ταμιευτήρας σταδιακά πληρώθηκε και το φράγμα τελικά υπερπηδήθηκε στις 18 Φεβρουαρίου. Η θεμελίωση του φράγματος στο δεξιό αντρείσμα διαβρώθηκε καθ' όλο το ύψος του φράγματος {4}, δημιουργώντας διάκενο ανοίγματος της τάξης των 2 m και όπως φαίνεται στην Εικ. 4.



Εικόνα 4. Κατάντη όψη του φράγματος μετά την αστοχία. Διακρίνεται η διάβρωση του δεξιού αντρείσματος, το στόμιο της στοάς πρόσβασης και τμήμα του συστήματος υπερχειλίστης.

Δεν είναι γνωστό εάν η υπερπήδηση συγκεντρώθηκε για κάποιο λόγο πλησίον του δεξιού αντρείσματος ή ήταν κεντρική στο τμήμα του υπερχειλίστη. Αξιολογώντας την πληροφορία ότι οι εξωτερικοί λιθόκτιστοι τοίχοι στο υπό κατασκευή άνω τμήμα του φράγματος είχαν κατασκευαστεί κατά 2 m υψηλότερα από το κεντρικό τμήμα του υπερχειλίστη, η υπερπήδηση πρέπει να

συγκεντρώθηκε, αρχικά τουλάχιστον, στο κεντρικό τμήμα του φράγματος. Η διάβρωση όμως της θεμελίωσης εξελίχθηκε στο δεξιό αντέρεισμα. Εκτιμάται ότι η διάβρωση είναι αποτέλεσμα αρχικής ροής νερού μέσα από το διαπερατό σώμα του φράγματος προς τη θεμελίωση, αναπτύσσοντας σταδιακά διασωλήνωση στα εδαφικά υλικά της θεμελίωσης και τελικά διάβρωσή τους. Μετά την αρχική διάπλυση των υλικών θεμελίωσης, η ροή του νερού επικεντρώθηκε στο τμήμα αυτό διαβρώνοντας όχι μόνο τη θεμελίωση αλλά και τμήμα του φράγματος.

Το κενό που δημιουργήθηκε μεταξύ της θεμελίωσης και του πλευρικού άκρου του φράγματος αφαίρεσε την υποστήριξη που η θεμελίωση παρείχε στο σώμα, με αποτέλεσμα το δεξιό τμήμα του φράγματος να λειτουργήσει ως πρόβολος. Λόγω της ιδιαίτερα χαμηλής εφελκυστικής αντοχής του υλικού του φράγματος (όπως προέκυψε εκ των υστέρων), επήλθε τελικά θραύση με τη δημιουργία εφελκυστικής ρωγμής καθ' όλο το ύψος του φράγματος, ανοίγματος ~10 cm στη στέψη και τελικά αποκοπή τριγωνικού τμήματος, με περιστροφή. Η ρωγμή φαίνεται στην Εικ. 3. Η παρουσία της στοάς πρόσβασης εξέτρεψε τη ρωγμή προς το δεξιό αντέρεισμα.

Πρόσφατα αποφασίστηκε η αποκατάσταση του έργου σε λειτουργική μορφή με τροποποιημένο σχεδιασμό, προσαρμοσμένο στο υπάρχον έργο και άρχισαν οι σχετικές εργασίες, με κατεδάφιση του τμήματος που είχε αποκοπεί και εκτέλεση εκτεταμένων εργασιών ενίσχυσης και υποστήριξης του υπολοίπου τμήματος.

Συνεκτιμώντας στοιχεία της μελέτη και της κατασκευής, αλλά κυρίως στοιχεία που καταγράφηκαν ή αποκαλύφθηκαν μετά την κατάρρευση και μετά την έναρξη εργασιών αποκατάστασης του έργου, θεωρείται ότι υπήρξε μία αλληλουχία ενεργειών και συμβάντων που τελικά οδήγησε στην αστοχία. Λαμβάνοντας ως βάση τα στοιχεία που θεωρεί η ICOLD για την εκτίμηση των αιτιών αστοχίας στα φράγματα, εκτιμάται ότι στην παρούσα περίπτωση η αστοχία οφείλεται σε:

- Περιορισμένο ή ανεπαρκή σχεδιασμό (επιλογή όχι του πλέον ενδεδειγμένου τύπου φράγματος και εκτίμηση της αντοχής του),
- περιορισμένη ή ελλιπή αξιολόγηση των γεωλογικών στοιχείων (εκτεταμένες ζώνες υλικού εδαφικής δομής στην κοίτη και τα αντερείσματα),
- ανεπαρκή αντοχή υλικών θεμελίωσης (θεμελίωση φράγματος βαρύτητας σε υλικά εδαφικής δομής και κατά συνέπεια μειωμένης αντοχής),
- ανεπαρκή αντοχή υλικών φράγματος (διαμόρφωση τμημάτων του φράγματος με λιθορριπή και όχι λιθόκτιστο),
- λανθασμένοι χειρισμοί (έμφραξη του αγωγού εκτροπής πριν από την ολοκλήρωση του φράγματος και ιδιαιτέρως κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου).

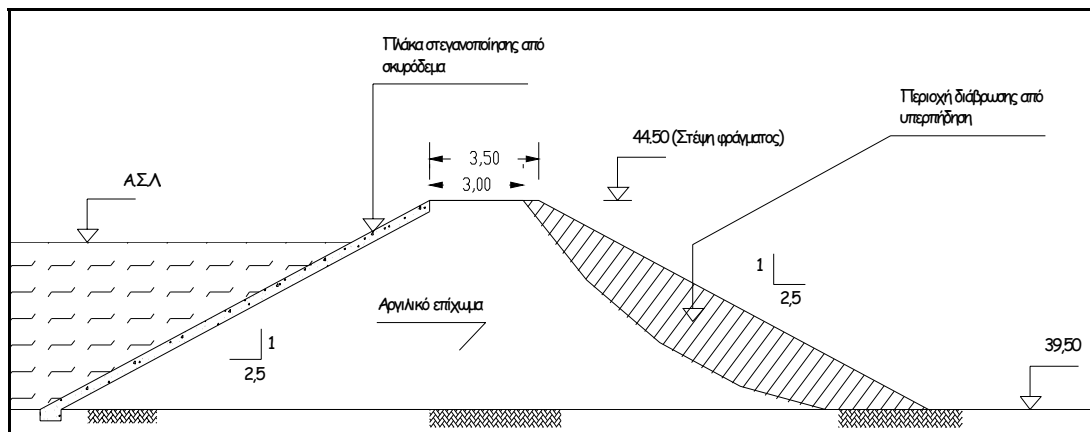
Από την αστοχία δεν υπήρξαν απώλειες ζωής ή περιουσίας. Το κύμα που κινήθηκε κατά μήκος της κοίτης του χειμάρρου, δεν προξένησε ιδιαίτερες ζημιές. Εκτός από την αδυναμία του έργου να εκπληρώσει τους στόχους για τους οποίους κατασκευάστηκε, άλλες επιπτώσεις της αστοχίας είναι η σημαντική οικονομική ζημιά, οι συμβατικές ή/και οικονομικές επιπτώσεις στον κατασκευαστή του έργου και τέλος η δυσμενής εικόνα που σχηματίστηκε για τους φορείς διαχείρισης.

4 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΤΥΧΩΝ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΥΠΕΡΙΠΗΔΗΣΗΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

4.1 *Φράγμα Αγίας Χανίων, Ν.Κρήτης [1968], [2000]*

Το φράγμα Αγίας βρίσκεται 9 km δυτικά των Χανίων και κατασκευάστηκε κατά τα έτη 1928-1929 από τοπικό φορέα ηλεκτροπαραγωγής, με σκοπό την υδροηλεκτρική παραγωγή. Το φράγμα είναι χωμάτινο με ανάντη πλάκα σκυροδέματος, αξιοσημείωτη και σημαντική πρωτοπορία για την εποχή εκείνη. Το μέγιστο ύψος του φράγματος είναι της τάξης των 5 m, με στέψη στο υψ. +44.50, πλάτος στέψης 3.5 m και μήκος 480 m. Τα πρηνή του φράγματος έχουν διαμορφωθεί με ενιαία κλίση 2.5:1 (Ο:Κ) {5}. Ο υπερχειλιστής είναι κλιμακωτός, με τρεις βαθμίδες, από σκυρόδεμα και στέψη στο υψ. +43. Στο φράγμα της Αγίας έχουν καταγραφεί δύο ατυχή συμβάντα. Το πρώτο στις

29/2/1968 και το δεύτερο στις 15/1/2000. Και τα δύο οφείλονται σε τοπική υπερπήδηση του φράγματος λόγω αδυναμίας του υπερχειλιστή να ανταποκριθεί στις εισρέουσες πλημμυρικές παροχές. Και στις δύο περιπτώσεις, η υπερπήδηση κατέληξε σε τοπική διάβρωση και κατολίσθηση μέρους του κατάντη πρανούς του αναχώματος, όπως δείχνεται στην Εικ. 5.



Εικόνα 5. Ενδεικτική διατομή φράγματος και περιοχή διάβρωσης από την υπερπήδηση του φράγματος

Λόγω του μεγάλου μήκους του φράγματος και της παλαιότητάς του, η στέψη του φράγματος εμφανίζει υψομετρικές διακυμάνσεις, με αποτέλεσμα όταν γίνεται υπερπήδηση του αναχώματος η ροή να συγκεντρώνεται στα χαμηλά τμήματα της στέψης και σε μικρά σχετικά μήκη του φράγματος. Αποτέλεσμα ήταν οι ζημιές να μην είναι εκτείνονται σε όλο το μήκος του φράγματος αλλά τμήματα περιορισμένου μήκους. Οι ζημιές από την υπερπήδηση περιορίστηκαν σε φθορά του αναχώματος και στην οικονομική επιβάρυνση για την αποκατάστασή τους.

Αμφότερα τα ατυχή συμβάντα συνδέονται με ανεπάρκεια του υπερχειλιστή, η οποία μπορεί να οφείλεται είτε σε λανθασμένη επιλογή της παροχής σχεδιασμού είτε σε ανεπαρκή υδρολογική μελέτη.

4.2 Φράγμα Μυλοποτάμου Ν.Του [2003]

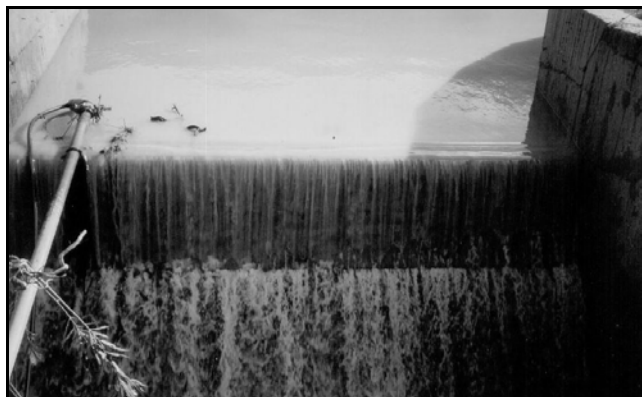
Το φράγμα Μυλοποτάμου βρίσκεται στη νήσο Ίο των Κυκλάδων, 1,5 km από τον οικισμό Μυλοποτάμου και κατασκευάστηκε για την κάλυψη των αναγκών ύδρευσης και άρδευσης της περιοχής. Η κατασκευή του έργου άρχισε το 1992 και ολοκληρώθηκε το 1996.

Το φράγμα είναι ομοιογενές χωμάτινο, ύψους 23 m, πλάτους στέψης 7 m και μήκους στη στέψη ~100 m και δημιουργεί εσωποτάμιο ταμιευτήρα χωρητικότητας ~240.000 m³. Οι κλίσεις αμφοτέρων των πρανών του αναχώματος είναι 2,5:1 (Ο:Κ). Το σώμα του φράγματος κατασκευάστηκε με αργιλώδη αμμοχάλικα, από τη λεκάνη κατάκλυσης και υλικά παλαιάς αναβαθμίδας μεταξύ των δύο χειμάρρων που συμβάλλουν ανάντη του φράγματος. Η στεγανοποίηση του φράγματος επιτυγχάνεται με γεωμεμβράνη πολυαιθυλενίου διαστρωμένη στο ανάντη πρανές του αναχώματος. Η μεμβράνη συγκρατείται στη θέση της με πλαστικούς σωλήνες γεμάτων με τσιμεντένεμα.

Στο κατάντη πρανές του φράγματος υπάρχει ζώνη από βραχώδη προϊόντα εκσκαφής πλάτους 3 m, ενώ στον πόδα του πρανούς, υπάρχει αναβαθμός από λίθους πλάτους της τάξης των 20 έως 30 m. Το κατάντη πρανές του φράγματος και ο αναβαθμός ποδός χρησιμοποιήθηκαν ως χώρος απόρριψης βραχωδών προϊόντων από τις απαιτούμενες εκσκαφές του έργου.

Ο υπερχειλιστής είναι μετωπικός, χωρίς ρυθμιστικό αναβαθμό, πλάτους 5,0 m, ενώ στη διώρυγα πτώσης το πλάτος μειώνεται στα 4,0 m. Η παροχή σχεδιασμού ανέρχεται σε 1,95 m³/s και το ελεύθερο ύψος φράγματος (freeboard) σε 0,30 m. Μετά την ολοκλήρωση του έργου τοπικοί παράγοντες κατασκεύασαν αυθαίρετα κατακόρυφο τοίχιο από σκυρόδεμα στο στόμιο του

υπερχειλιστή, προκειμένου να αυξήσουν τη χωρητικότητα του ταμιευτήρα, όπως φαίνεται στην Εικ. 6, μειώνοντας την παροχευτικότητα.



Εικόνα 6. Υπερχειλιστής με αυθαίρετο πρόσθετο τοίχιο για αύξηση της χωρητικότητας του ταμιευτήρα

Τον Ιανουάριο 2003 καταγράφηκαν ακραίες βροχοπτώσεις στο νησί, που κατέληξαν σε υψηλή πλημμυρική παροχή εισροής στον ταμιευτήρα. Η λειτουργία του υπερχειλιστή ήταν σχετικά άμεση. Η στάθμη στον ταμιευτήρα έφθασε στη στέψη του φράγματος και στη συνέχεια ακολούθησε υπερπήδηση. Από σημάδια που άφησε η πλημμύρα στη στέψη του φράγματος, καταγράφεται ότι η στάθμη του νερού έφθασε σε ύψος μεγαλύτερο του 0.4 m πάνω από τη στέψη. Η υπερπήδηση συνέβαινε σε όλο το πλάτος του φράγματος συν τους εκατέρωθεν δρόμους, δηλαδή σε πλάτος που υπερέβαινε τα 100 m. Με τα δεδομένα υπερχείλισης, η μέγιστη παροχή εκτιμάται ότι ξεπέρασε τα $35 \text{ m}^3/\text{s}$, δηλαδή σημαντικά υψηλότερη από την παροχή σχεδιασμού του υπερχειλιστή ($1.95 \text{ m}^3/\text{s}$). Η υπερπήδηση του φράγματος θα ήταν φυσικά αναπόφευκτη ακόμη και αν δεν είχε κατασκευαστεί το τοίχιο στη στέψη του υπερχειλιστή.

Από μαρτυρίες κατοίκων η υπερπήδηση του φράγματος συνεχιζόταν για ώρες. Παρά την υπερπήδηση του το φράγμα δεν διαβρώθηκε αλλά έπαθε μόνο εκτεταμένες ζημιές {7}. Η αντοχή του στη διάβρωση οφείλεται στη ζώνη βραχωδών υλικών που είχαν διαστρωθεί (είχαν ουσιαστικά απορριφθεί) στο κατάντη πρανάς του φράγματος καθώς και στον αναβαθμό ποδός του πρανούς. Τμήματα του φράγματος και των δρόμων πρόσβασης διαβρώθηκαν και τα υλικά παρασύρθηκαν και αποτέθηκαν κατάντη του φράγματος, όπως φαίνεται στην Εικ. 7.



Εικόνα 7. Κατάντη όψη φράγματος μετά το ατυχές συμβάν και υλικά που διαβρώθηκαν και παρασύρθηκαν.

Οι επιπτώσεις της αστοχίας ήταν οι ζημιές στο φράγμα, τους δρόμους και τις κατάντη περιοχές από διαβρώσεις και αποθέσεις υλικών. Σημειώνεται ότι εάν είχε διαβρωθεί το φράγμα θα είχαν τεθεί σε σοβαρό κίνδυνο ανθρώπινες ζωές και περιουσίες κατάντη του έργου.

Το ατυχές συμβάν εκτιμάται ότι οφείλεται σε λανθασμένη επιλογή της πλημμύρας σχεδιασμού του υπερχειλιστή. Δεν είναι γνωστό στο γράφοντα εάν αυτό οφείλεται σε λανθασμένες εκτιμήσεις της υδρολογικής μελέτης ή απλώς σε λανθασμένες παραδοχές κατά την επιλογή της πλημμύρας σχεδιασμού.

Οι ζημιές στο έργο και στις κατάντη περιοχές έχουν αποκατασταθεί, το τοιχίο στον υπερχειλιστή έχει καθαριστεί αλλά δεν είναι γνωστό στο γράφοντα εάν έχει γίνει διεύρυνση και τροποποίηση του υπερχειλιστή του έργου.

5 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΤΥΧΩΝ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΥΠΕΡΠΗΔΗΣΗΣ ΠΡΟΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

5.1 Φράγμα Μαραθώνα [1928]

Η κατασκευή του φράγματος Μαραθώνα άρχισε τον Οκτώβριο 1926 και ολοκληρώθηκε το 1929. Το φράγμα είναι τύπου βαρύτητας, με κεντρικό σώμα από ‘κυκλώπειο’ σκυρόδεμα και εξωτερική επένδυση με λαξευμένους λίθους μαρμάρου. Το φράγμα, που έχει όγκο 179.000 m^3 , ύψος 63 m και μήκος στη στέψη 285 m, δημιουργεί ταμιευτήρα χωρητικότητας 41 hm^3 . Το έργο μελετήθηκε και κατασκευάστηκε από την εταιρία ULEN & Co. USA.

Ο υπερχειλιστής του φράγματος είναι πλευρικός, διατεταγμένος στο δεξιό αντέρεισμα, παροχής σχεδιασμού $100 \text{ m}^3/\text{s}$, με κεκλιμένη διώρυγα πτώσης, χωρίς έργο εκτόξευσης. Τα νερά καταλήγουν με ελεύθερη πτώση σε λεκάνη αποτόνωσης.



Εικόνα 8. Φράγμα Μαραθώνα. Υπερπήδηση προφράγματος και κατάκλυση περιοχής θεμελίωσης φράγματος - Φωτογραφία από αρχείο ΕΥΔΑΠ {8}

Κατά τη διάρκεια της κατασκευής του έργου και ενώ είχε ανυψωθεί το πρόφραγμα και εκτελούντο εργασίες στην περιοχή θεμελίωσης του φράγματος, η παροχή του ποταμού Χαράδρου αυξήθηκε μετά από έντονες βροχοπτώσεις, εξελισσόμενη σε πλημμυρική. Το σύστημα εκτροπής, του οποίου η δυναμικότητα δεν είναι γνωστή στον γράφοντα, δεν μπόρεσε να αντεπεξέλθει στους πλημμυρικούς όγκους, με αποτέλεσμα την πλήρωση του χώρου ανάντη του προφράγματος, την υπερπήδηση του προφράγματος και τελικά την κατάρρευση του και την κατάκλυση του χώρου κατασκευής του φράγματος. Φωτογραφία εποχής (βλ. Εικ. 8) από το αρχείο της ΕΥΔΑΠ, δείχνει

το χώρο των έργων (βλέποντας ανάντη) μετά την υπερπήδηση του προφράγματος και την κατάκλυση της περιοχής.

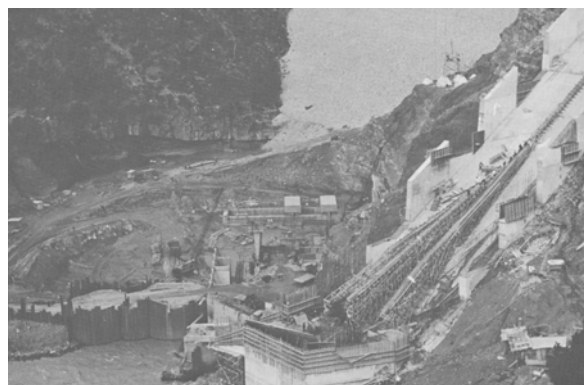
Το ατυχές συμβάν οφείλεται στην υπερπήδηση του προφράγματος και αποδίδεται είτε σε λανθασμένη επιλογή της πλημμύρας σχεδιασμού του συστήματος εκτροπής, είτε σε εμφάνιση ακραίου πλημμυρικού γεγονότος. Οι επιπτώσεις από το ατυχές αυτό συμβάν δεν είναι γνωστές.

5.2 Φράγμα Κρεμαστών[1962], [1964]

Το φράγμα Κρεμαστών βρίσκεται στον ποταμό Αχελώο, είναι χωμάτινο με κεντρικό πυρήνα και κελύφη από αμμοχάλικα, ύψους 160 m, μήκους στη στέψη 465 m και όγκου 8.17 hm^3 . Το έργο κατασκευάστηκε στις αρχές της δεκαετίας του '60 από την εταιρία Keiser Eng. & Contractors με μελέτη της ECI. Κατά τη φάση κατασκευής το έργο καταπονήθηκε δύο φορές από έντονα πλημμυρικά γεγονότα με υπερπήδηση των έργων ελέγχου των νερών και σοβαρές οικονομικές επιπτώσεις και σημαντικές χρονικές καθυστερήσεις. Επί πλέον έχουν καταγραφεί αριθμός πλημμυρών που είχαν σχετικά μικρές επιπτώσεις στο έργο.

Το πρώτο από τα δύο σημαντικά περιστατικά συνέβη το Δεκέμβριο του 1962 {9}, όταν είχε διανοιχτεί η σήραγγα εκτροπής και η προστασία της από τα νερά του ποταμού γινόταν με ανάντη πρόφραγμα. Κατά τη διάρκεια πλημμύρας το πρόφραγμα υπερπηδήθηκε και διαβρώθηκε ολοκληρωτικά, πλημμυρίζοντας τη σήραγγα και σημαντικό τμήμα των εργοταξιακών εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού. Λαμβάνοντας υπ' όψη το γεγονός ότι οι πλημμύρες του Αχελώου συχνά δημιουργούσαν ζημιές στο έργο των Κρεμαστών, εκτιμάται ότι το ύψος του προφράγματος δεν είχε επιλεγεί ορθά για την αναμενόμενη πλημμύρα και το ατυχές συμβάν οφείλεται ουσιαστικά σε αδυναμία σχεδιασμού. Η εταιρία κατασκεύασε νέο και υψηλότερο πρόφραγμα από σκυρόδεμα.

Το δεύτερο σημαντικό περιστατικό συνέβη το Νοέμβριο 1964, με τη σήραγγα εκτροπής σε πλήρη λειτουργία, το φράγμα κατασκευασμένο σε σημαντικό ποσοστό και τις εργασίες κατασκευής του σταθμού παραγωγής (στον πόδα του φράγματος) σε εξέλιξη. Μεταξύ του χώρου κατασκευής του σταθμού παραγωγής και του στομίου εξόδου της σήραγγας εκτροπής είχε κατασκευαστεί το κατάντη πρόφραγμα από γεωυλικά το οποίο υπερπηδήθηκε και διαβρώθηκε πλήρως κατά τη διάρκεια πλημμύρας, κατακλύστηκε ο χώρος του σταθμού και διακόπηκαν οι εργασίες σκυροδέτησης, όπως φαίνεται στην Εικ.9.



Εικόνα 9. Φράγμα Κρεμαστών. Υπερπήδηση κατάντη προφράγματος - Κατάκλυση σταθμού παραγωγής
Εικόνα 10. Φράγμα Κρεμαστών Αποκατάσταση κατάντη προφράγματος με πασσαλοσανίδες

Το πρόφραγμα επανακατασκευάστηκε με πασσαλοσανίδες και σκυρόδεμα, όπως φαίνεται στην Εικ. 10. Εκτιμάται ότι η αστοχία οφείλεται σε λανθασμένη επιλογή ύψους προφράγματος, δηλαδή σε αδυναμία σχεδιασμού.

5.3 Φράγμα Φανερωμένης Ν. Νάξου [2001]

Το Φράγμα Φανερωμένης στη Νάξο βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα του νησιού, στο χείμαρρο Σκίνο και σε απόσταση μερικών εκατοντάδων μέτρων από τη θάλασσα. Το φράγμα κατασκευάστηκε για κυρίως για άρδευση καθώς και για ενίσχυση της ύδρευσης της Χώρας Νάξου με $\sim 400.000 \text{ m}^3$ ετησίως.

Το φράγμα είναι τύπου ΛΑΠΣ (Λιθόρριπτο με Ανάντη Πλάκα Σκυροδέματος), ύψους 48.5 m, πλάτους στέψης 5 m, μήκους στη στέψη 260 m και όγκου 351.500 m^3 . Η κλίση της πλάκας είναι 1.4:1 (Ο:Κ).

Το σύστημα εκτροπής περιλαμβάνει μεταλλικό αγωγό εκτροπής Φ1200, μήκους 225 m, διατεταγμένου επιφανειακά στη θεμελίωση του φράγματος και της πλίνθου στο δεξιό αντέρεισμα, και κυρίως ανάντη πρόφραγμα. Το σύστημα εκτροπής έχει σχεδιαστεί για παροχή $11 \text{ m}^3/\text{s}$, που αντιστοιχεί σε εισερχόμενη πλημμύρα περιόδου επαναφοράς 2 έτη.

Κατά τη φάση κατασκευής, όταν το ανάχωμα του φράγματος είχε υπερβεί υψομετρικά το πρόφραγμα, και κατά τη διάρκεια πλημμυρικού γεγονότος, ο αγωγός εκτροπής δεν μπόρεσε να ανταποκριθεί αποτελεσματικά στην εισερχόμενη πλημμύρα, με αποτέλεσμα την υπερπήδηση του προφράγματος, την κάλυψη του χώρου μεταξύ φράγματος και προφράγματος με νερό και την απόθεση ιλύος και άλλων φερτών. Η δημιουργία λίμνης ανάντη του φράγματος αναπτύσσει διήθηση μέσα από το ανάχωμα, στο οποίο δεν είχε κατασκευαστεί ακόμη η ανάντη πλάκα. Η διήθηση που ενδεχομένως να ήταν περιορισμένη λόγω της προστατευτικής στρώσης εκτοξευομένου σκυροδέματος στην ανάντη παρειά του αναχώματος, δεν είχε ουσιαστικές επιπτώσεις στο ανάχωμα του φράγματος.

Το ατυχές συμβάν, το οποίο αποδίδεται σε επιλογή μικρής πλημμύρας σχεδιασμού, δεν έθεσε σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές ή περιουσίες, προξένησε καθυστερήσεις και επέφερε οικονομικές επιβαρύνσεις στο έργο.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας τα στοιχεία που παρατέθηκαν, οι δύο αστοχίες που αναφέρονται, οφείλονται σε αδυναμίες σχεδιασμού και ατελείς ή λανθασμένες ενέργειες κατά την κατασκευή. Καμία όμως δεν οφειλόταν σε επιλογές βασισμένες σε υδρολογικά στοιχεία.

Αντιθέτως, όλα τα ατυχή συμβάντα που αναφέρονται, συνδέονται με υπερπήδηση φράγματος ή προφράγματος και ήταν αποτέλεσμα λανθασμένων επιλογών στις παροχές σχεδιασμού των επιμέρους τεχνικών έργων, δηλαδή των συστημάτων υπερχειλίσης και εκτροπής.

Εμφανίζεται επομένως ότι οι παράγοντες ‘εκτίμηση παροχών’ και ‘επιλογή παροχών σχεδιασμού’ είναι κομβικής σημασίας στο σχεδιασμό και στην υλοποίηση των μεγάλων έργων που καλύπτονται από το γενικό τίτλο ‘φράγματα’.

Το σύνολο των αστοχιών και ατυχών συμβάντων που αναφέρθηκαν συνδέονται κατά κανόνα με αυθαίρετες και μη τεκμηριωμένες επιλογές των εμπλεκόμενων φορέων υλοποίησης του έργου (π.χ. μελετητής, κατασκευαστής, κύριος του έργου, υπεύθυνος ποιοτικού ελέγχου κλπ), γεγονός που υποδηλώνει είτε την ανυπαρξία σχετικών κανονισμών είτε την ύπαρξη ελλειπών κανονισμών, είτε τέλος τη μη εφαρμογή των υπάρχοντων κανονισμών. Η παράθεση στοιχείων για τις αστοχίες που έχουν συμβεί μπορεί να βοηθήσει προς αυτή την κατεύθυνση.

Η παρούσα εργασία καλύπτει μόνο μερικές από τις περιπτώσεις φραγμάτων που παρουσίασαν φαινόμενα αστοχίας. Υπάρχουν και άλλα. Φιλοδοξεί όμως να αποτελέσει μία βάση για συλλογή στοιχείων και συμπερασμάτων, αλλά κυρίως να βοηθήσει ώστε μειωθεί η εσωστρέφεια που συνήθως ακολουθεί φαινόμενα αστοχιών ή δυσλειτουργίας.

7 ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. ICOLD Bulletin 59, 1987: Dam Safety Guidelines
2. ICOLD Bulletin 99, 1995: Dam failure and statistic analysis
3. Kaesaris, W., Falconnier, A et al, 1965. Felsmechanik III/1,)
4. Καλαούζης, Γ. 2004 Φράγμα Καμαρών Σίφνου, Υδροοικονομία, No 19
5. Σκούρτης, Κ. Στεφασδούρος, Μ. 2000. Αποκατάσταση Βλαβών φράγματος Αγιάς, Έγγραφο ΔΕΗ
6. ENVECO A.E. 2005. Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων για τον υφιστάμενο ΥΗΣ Αγιάς στην Κρήτη
7. Στεφασδούρος, Μ. 2003 Υπερπήδηση Φράγματος επιτοάμιας Λιμνοδεξαμενής Μυλοπόταμου Νήσου Ίου. Τεχνική Έκθεση
8. Μαραθώνας: Internet www.eydap.gr
9. Engineering Consultants, INC., Denver, Colorado. 1974. Kremasta Project Report (Volume I)

Failures and incidents of Greek dams

N. I. Moutafis

Civil Eng., B.Sc., M.Sc., Ph.D. Lecturer NTUA

Keywords: dam, failure, incident, overtopping, collapse

ABSTRACT: Dams, like all large structures, sometimes fail. The percentage of failures is very small but is not absolute zero. Faulty designs, limited norms and regulations, construction errors, inefficient quality control, improper operation, lack of or limited maintenance, they all contribute, actively or passively, to the development of conditions leading to failures or incidents. In the last 90 years a few failures and incidents have been recorded in Greece. This paper records a few cases of dam failures and incidents in Greece, presenting the sequence of events leading to failure and the reasons for the development of those events.