

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΤΥΠΟΙ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ – ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ»



ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ: ΤΣΟΥΠΑΚΗ ΜΑΡΙΑ
ΧΑΡΩΝΙΤΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΡΩΜΑΝΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ

ΠΑΤΡΑ – ΙΟΥΝΙΟΣ 2022

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα φράγματα αποτελούν τα μεγαλύτερα έργα, που έχουν κατασκευαστεί από τον άνθρωπο. Ιστορικά τα φράγματα έχουν προστατεύσει ολόκληρες περιοχές από πλημμύρες, έχουν αρδεύσει ολόκληρες πεδιάδες και έχουν παράξει τεράστιες ποσότητες καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας. Χωρίς τα φράγματα η μοντέρνα ζωή μας, όπως την ξέρουμε, απλά δεν θα ήταν η ίδια.

ABSTRACT

Dams are the biggest projects that are man-made. Historically dams have protected entire regions from flooding they have irrigated entire plains and produced vast amounts of renewable electricity. Without dams our modern life as we know it simply wouldn't be the same.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμά την εισηγήτρια της εργασίας κυρία Ρωμανού Χριστίνα για τον πολύτιμο χρόνο που μας αφιέρωσε, χωρίς την βοήθεια της οποίας δεν θα μπορούσε να περατωθεί η συγκεκριμένη εργασία.

Ευχαριστούμε επίσης το σύνολο των καθηγητών για τη πληθώρα γνώσεων αλλά και για την διεύρυνση των οριζόντων μας, όσον αφορά στη σύγχρονη εργασία του μηχανικού.

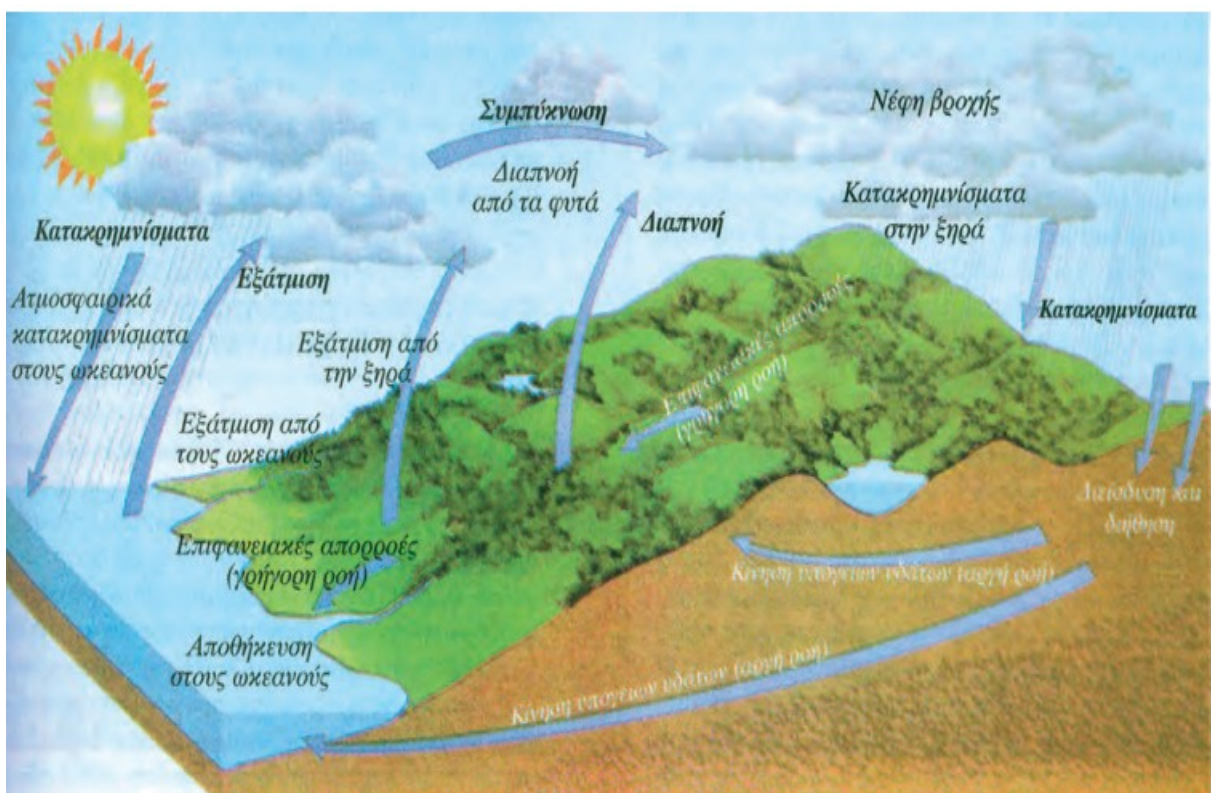
Περιεχόμενα

| | |
|--|----|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | 1 |
| ABSTRACT..... | 2 |
| ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ | 3 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 5 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ | 7 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΦΡΑΓΜΑΤΑ | 17 |
| 2.1 Ορισμός..... | 17 |
| 2.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα..... | 19 |
| 2.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις..... | 21 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΤΥΠΟΙ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ..... | 26 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ | 33 |
| 4.1 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα | 33 |
| 4.2 Κριτήρια επιλογής φράγματος..... | 40 |
| 4.3 Επιλογή τύπου φράγματος..... | 45 |
| ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 47 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 48 |

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συνολική ποσότητα του νερού στον πλανήτη μας μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι αρκετά σταθερή αλλά όχι και η διαθεσιμότητά του. Το νερό βρίσκεται σε συνεχή μετακίνηση και μπορεί να θεωρηθεί ότι διακινείται μέσα σε ένα κλειστό κύκλωμα, το οποίο ονομάζουμε υδρολογικό κύκλο ή κύκλο νερού. Ο υδρολογικός κύκλος μπορεί με απλά λόγια να ορισθεί ως η διαδικασία που περιλαμβάνει τη μεταφορά της υγρασίας από τη θάλασσα στην ατμόσφαιρα και πίσω στη γη.

Ενεργοποιείται από την ηλιακή ενέργεια, η οποία προκαλεί την **εξάτμιση** του νερού από τη θάλασσα. Μια άλλη ειδική μορφή εξάτμισης είναι η **διαπνοή**, η οποία είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη μεταφορά και κίνηση των θρεπτικών συστατικών στα φυτά. Καθώς το νερό διαπνέεται από τα φύλλα, περισσότερο νερό μπορεί τότε να απορροφηθεί δια των ριζών μαζί με τα θρεπτικά συστατικά από το έδαφος. Η συνολική διαδικασία μεταφοράς του νερού στην ατμόσφαιρα καλείται **εξατμισοδιαπνοή** (Βουτσινάς, κ.α.).



Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η μελέτη και παρουσίαση των κυριότερων τύπων φραγμάτων και των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων που χαρακτηρίζουν το καθένα από αυτά.

Στο πρώτο κεφάλαιο επιχειρούμε μια συνοπτική ιστορική αναδρομή στα φράγματα και παράθεση κάποιων από αυτά.

Το δεύτερο κεφάλαιο αφορά στον ορισμό των φραγμάτων, τα βασικά τους χαρακτηριστικά και τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον.

Το τρίτο κεφάλαιο περιλαμβάνει τους τύπους φραγμάτων, που συναντάμε και τη διάκριση τους σε συγκεκριμένες κατηγορίες, ενώ το τέταρτο κεφάλαιο επιχειρεί μια συγκριτική ταξινόμηση μεταξύ τους.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία κλείνει με τα συμπεράσματα και τις βιβλιογραφικές αναφορές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η σύνδεση του ύδατος (ύδωρ), που από τα Αρχαία Ελληνικά μεταφράζεται ως νερό, με τον πολιτισμό χάνεται στα βάθη των αιώνων. Η σημασία του νερού από τις αρχαιότερες εποχές μέχρι και στις μέρες μας θεωρείται ύψιστη, διότι η θετική συμβολή του σε πολυάριθμους τομείς έχει γίνει φανερή. Το νερό στη χώρα μας από τα αρχαία χρόνια μέχρι και σήμερα συνήθιζε να είναι τιμημένο απaráμιλλα και θεωρείτο εκτός από στοιχείο της φύσης και θεότητα.

Οι πιο πολλοί πολιτισμοί, μάλιστα, χρωστούν την δημιουργία τους στο νερό. Οι πολιτισμοί αυτοί είναι ανάμεσα σε άλλους οι Μίνωες, οι Αρχαίοι Έλληνες, οι Ρωμαίοι και οι Άραβες, όπου το ύδωρ αποτυπώνεται στην μυθολογία, την φιλοσοφία (κυρίως με τον Θαλή, ο οποίος ανέφερε συχνά πως το νερό είναι η αρχή των πάντων, γιατί «των πάντων τα σπέρματα έχουν υγρή φύση, το ύδωρ όμως είναι η φυσική αρχή των υγρών πραγμάτων.») Κάλλιιστα οι λαοί αυτοί γνώριζαν ήδη από νωρίς την σημαντικότητα του νερού. Για τον λόγο αυτό, άλλωστε, οι Μινωίτες στις σπηλιές τους λάτρευαν τους αρχαίους θεούς του νερού, κυρίως μέσα σε σπήλαια, όπως το σπήλαιο του Χωστού Νερού.¹

Ο άνθρωπος αποτελεί το μόνο σωζόμενο υποείδος του *homo sapiens*, ο οποίος έχει καταφέρει να δημιουργήσει έργα, τα οποία μέχρι και στις ημέρες μας θεωρούνται άξια ιστορίας και σεβασμού. Τα έργα αυτά μπορεί να είναι ναοί (ναός του Σολομώντα), εκκλησίες (Εκκλησία Κωνσταντινουπόλεως), τείχη (Σινικό Τείχος), καθώς και φράγματα. Το τελευταίο ανθρώπινο έργο αποτελεί και το κομβικό σημείο της εργασίας αυτής.

Μια ιστορική ανασκόπηση στα φράγματα συμφωνεί πως τα φράγματα έχουν καταφέρει να προστατεύσουν περιοχές από πλημμύρες, έχουν κατορθώσει να αρδεύσουν πεδιάδες, ενώ παράλληλα έχουν παράξει αμέτρητες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας. Τα φράγματα, συνεπώς, εξυπηρετούν μεγάλες σκοπιμότητες και στόχους, καθώς έχουν συμβάλει σε αμέτρητους τομείς της ζωής του ανθρώπου.²

¹Καλλέργης Γ. (1986) 'Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία' - Αθήνα

²<https://www.google.gr/search?q=%CF%86%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%BC%CE%B1+%CE%BA%CE%B1%CE%BD%CE%BD%CE%B1%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CF%85+%CE%BA%>

Αν εξετάσουμε την πορεία του ανθρώπου από τα αρχαία χρόνια οι κατασκευές φραγμάτων είναι η παλαιότερη τεχνική του ενασχόληση. Έχουν υπάρξει προστάτες πόλεων και των κατοίκων τους από μεγάλες πλημμύρες και καταστροφές, ενώ έχουν χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για την άρδευση περιοχών και για την παραγωγή τεράστιων όγκων ηλεκτρικής ενέργειας.

Η κατασκευή φραγμάτων είναι κομβική για την ζωή του ανθρώπου. Είναι οι πρώτες τεχνικές κατασκευές, που επεχείρησε ο άνθρωπος, οι οποίες, μάλιστα, εμφανίζονται από τους προϊστορικούς χρόνους. Στα αρχαιότερα φράγματα κατατάσσεται αυτό, που βρίσκεται στον ποταμό Τίγρη και Ιορδάνη. Στην χρονιά 4000 π. Χ. δημιουργήθηκε το φράγμα στον ποταμό Νείλο στην Αίγυπτο και είχε χρόνο ζωής 4.500 έτη.

Το παλαιότερο φράγμα, που αναφέρεται στην Ιστορία (4η χιλιετία π.Χ.), βρίσκονταν στη Γιάβα της σημερινής Ιορδανίας και χρησίμευε για τη συλλογή πόσιμου νερού. Ένα άλλο φράγμα που κατασκευάστηκε την περίοδο 2600-2500 π.Χ., επίσης για τη συλλογή πόσιμου νερού, είναι το Sadd-el-Kafara στο WadiGarawί της Αιγύπτου. Το γεώφραγμα στον ποταμό Ορόντες της σημερινής Συρίας κατασκευάστηκε περί το 1300 π.Χ. και χρησίμευε για συλλογή νερού προς άρδευση και πόση, και είναι ακόμα διατηρημένο, γιατί αξιοποιήθηκε και συντηρήθηκε από μεταγενέστερους λαούς.

Στα νεότερα χρόνια, σπουδαίο θεωρήθηκε το φράγμα Puentes στην Ισπανία, το οποίο κατασκευάστηκε το έτος 1753 και καταστράφηκε το 1891.³

Γυρνώντας στο παρελθόν οι πρώτες κατασκευές φραγμάτων αφορούσαν στην άμυνα απέναντι στις πλημμύρες και την αποθήκευση νερού για μελλοντική χρήση, κυρίως σε γεωργικές καλλιέργειες και φυσικά στην ενυδάτωση των κατοίκων. Ένα από αυτά είναι το φράγμα «Jawa», που βρίσκεται στην Ιαπωνία και έχει ύπαρξη από το 3000 π. Χ., γεγονός που το καθιστά από τα πιο σημαντικότερα και γηραιότερα φράγματα σε ολόκληρο τον κόσμο.

CF%85%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%82&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjg_KK58rOAhWGSRoKHUpJAzMQ_AUICSgC&biw=1366&bih=667#imgrc=EUUnLiNzaQjVFMM%3A
[http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/0/3008488F66DB6548C225727B003BB621/\\$file/Text.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/0/3008488F66DB6548C225727B003BB621/$file/Text.pdf)
³<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teelar/EKDILWSEIS/damConference/eisigiseis/2.7.pdf>

Άλλο παράδειγμα φράγματος, το οποίο αντέχει στον χρόνο είναι αυτό του ποταμού Ορόντες στην χώρα της Συρίας με χρονολογία κατασκευής το 1300 π.Χ. Ο σκοπός κατασκευής του ήταν να μαζεύει νερό για την χρήση του σε αγρούς και για την ύδρευση των ανθρώπων της περιοχής. Με το πέρασμα των χρόνων ,όμως, προσθέτονται επιπλέον στόχοι στις κατασκευές φραγμάτων. Τέτοιοι στόχοι είναι το να παράγουν υδροηλεκτρική ενέργεια, να αξιοποιούνται σε χώρους αναψυχής, αλλά και σε ιχθυοκαλλιέργειες.

Τα σημερινά φράγματα διαφέρουν από εκείνα των παλαιότερων χρόνων, καθώς ακολουθούν τις αρχές της σύγχρονης εποχής και τεχνολογίας σύμφωνα με τις ενημερωμένες γνώσεις της υδρολογίας και ηλεκτρικής. Από τα εξελιγμένα φράγματα μπορούμε να αναφέρουμε ως παράδειγμα το «ThreeGorgesDam», το οποίο συνιστά το πιο μεγάλο φράγμα σε ολόκληρο τον κόσμο. Η θέση του είναι στην χώρα της Κίνας σε μια επαρχία με το όνομα Χουμπέι και είναι κατασκευασμένο επάνω στα νερά του ποταμού Yangtze, ώστε να καταπολεμούνται οι οδυνηρές πλημμύρες από τις έντονες βροχοπτώσεις. Από το συγκεκριμένο φράγμα παράγεται ηλεκτρική ενέργεια και περνάνε 70000 λίτρα νερού σε κάθε δευτερόλεπτο.

Το νερό ανέκαθεν υπήρξε βασική υποδομή για να αναπτυχθεί η ελληνική γεωργία. Ωστόσο, το να διαχειριστεί κανείς τους υδάτινους πόρους στον αγροτικό τομέα, αποτελεί μια πολύ δύσκολη δραστηριότητα, καθώς αφορά αφενός μέτρα και πολιτικές που στοχεύουν στη βιώσιμη ανάπτυξη με ορθολογική χρήση των πόρων και αφετέρου μελέτες και έργα αξιοποίησης υδατικών πόρων, τα οποία αποτελούν βάθρο κάθε επιχειρούμενης αναδιάρθρωσης μεγάλης εμβέλειας. Το μοντέλο ανάπτυξης της χώρας, λόγω των κοινωνικών και οικονομικών συνθηκών που επικρατούσαν κατά το παρελθόν, στηρίχθηκε κυρίως σε έργα αξιοποίησης υπογείων υδάτων με φρέατα και γεωτρήσεις, ενώ η κατασκευή έργων ταμίευσης επιφανειακών νερών με φράγματα αποτέλεσε μεταγενέστερη δραστηριότητα. Το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων άρχισε να ενδιαφέρεται για την κατασκευή φραγμάτων στη χώρα μας από τα μέσα της δεκαετίας του '60. Τότε, σχεδόν κάθε πρόγραμμα ανάπτυξης περιοχής γεωργικού ενδιαφέροντος περιλάμβανε και τη μελέτη ή την υπόδειξη προς μελέτη φραγμάτων.⁴

⁴http://www.ekke.gr/estia/gr_pages/F_synerg/mikra%20fragmata_yp.georgias/mikra%20fragmata.pdf

Στην Ελλάδα, το πρώτο φράγμα κατασκευάστηκε στην αρχαία Αλυζία (μεταξύ 1^{ου} και 5^{ου} π.Χ. αιώνα). Η Ελλάδα παρουσίασε το πρώτο φράγμα στα παράλια της δυτικής Αιτωλοακαρνανίας, στην αρχαία Αλυζία⁵. Το φράγμα αυτό



Εικόνα 1: Αρχαίο φράγμα Αλυζίας- Ελλάδα

χρονολογήθηκε από τους ιστορικούς γύρω στον 1^ο αιώνα π.Χ, φράγμα το οποίο δίνει μαθήματα για μια από τις σταθερότερες κατασκευές –αφού μέχρι και στη σημερινή εποχή έχει ικανότητα επίσκεψης και θέασης, καθώς θεωρείται ένα από τα πιο προηγμένα τεχνολογικά αρχαία φράγματα της ελληνικής επικράτειας⁶.

Την ίδια εποχή που δημιουργήθηκε το αρχαίο φράγμα της Αλυζίας στον Ελλαδικό χώρο, περίπου την εποχή της ακμής της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, το ύδωρ άρχισε να θεωρείται ένα στοιχείο απαραίτητο και στο τομέα της μηχανικής. Έτσι, έκαναν την εμφάνισή τους οι νεροτροχοί, οι οποίοι είχαν την ικανότητα να δίνουν κίνηση στους μύλους μέσω ιμάντων, έτσι ώστε να επιτευχθεί η παραγωγή αλεύρων. Για πολλά χρόνια οι μύλοι λειτουργούσαν σε ολόκληρη την Ευρώπη.

Τον 18^ο αιώνα οι νεροτροχοί εξελίχθηκαν από τους μηχανικούς σε υδροστρόβιλους καταφέροντας να μετατρέψουν τη κινητική ενέργεια σε μηχανική. Σε μετέπειτα εποχές, δημιουργήθηκαν τα φράγματα, τα οποία εξυπηρετούσαν δυο σκοπούς: *ανάλογα* με τον ποταμό και τις ανάγκες της περιοχής, οι μηχανικοί φραγμάτων στην Ελλάδα ξεκίνησαν συστηματικά από το 1950 την κατασκευή τους, χρησιμοποιώντας τα σαν απλούς ταμιευτήρες ή παράλληλα ως μέσα παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας.⁷

Η ιστορική αναδρομή των φραγμάτων τόσο στην Ελλάδα, όσο και στο εξωτερικό δεν σταματάει εκεί, καθώς στη σημερινή εποχή στον Ελλαδικό χώρο

⁵http://library.tee.gr/digital/m2134/m2134_moutafis.pdf

⁶<http://www.agrinionews.gr/%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CE%B9%CF%80%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%B1%CE%AF%CE%B1-%CE%B1%CE%BB%CF%85%CE%B6%CE%AF%CE%B1/>

⁷http://www.pass2greece.gr/afieroma0_det.asp?afieroma_id=86

υπάρχουν παραπάνω από 50 φράγματα, τα οποία διακρίνονται για τη μοναδικότητά τους.

Για παράδειγμα, στο φράγμα της τεχνητής λίμνης Πολυφύτου του ποταμού Αλιάκμονα, δεσπόζει η Υψηλή Γέφυρα των Σερβίων που έχει μήκος 1.372 μέτρα πάνω από τη λίμνη, ενώ το μεγαλύτερο φράγμα των Βαλκανίων έχει ύψος 175 μέτρα. Οι σχεδιαστές του προφανώς είχαν ως πρότυπα τα μνημεία των Αζτέκων, γιατί η πέτρινη επιβλητικότητά του μόνο με αυτά μπορεί να συγκριθεί. Η τεχνητή λίμνη Κερκίνης ανέστρεψε τα δεδομένα καθώς αντί να χαθεί χλωρίδα και πανίδα με την επικάλυψη περιοχών από νερό, δημιουργήθηκε ένας σημαντικός υδροβιότοπος με τεράστια ποικιλία χλωρίδας και πανίδας που μάλιστα προστατεύεται από τη διεθνή συνθήκη RAMSAR.⁸



Εικόνα 2: Το φράγμα της λίμνης Πολυφύτου του ποταμού Αλιάκμονα στη Κοζάνη

Το πρώτο σύγχρονο φράγμα ήταν του Μαραθώνα, το οποίο κατασκευάστηκε από την ΕΥΔΑΠ το 1931. Επίσης, το πρώτο φράγμα που κατασκευάστηκε από τη ΔΕΗ ήταν εκείνο Λούρου, το 1954. Το Υπουργείο Γεωργίας άρχισε να ενδιαφέρεται για την κατασκευή φραγμάτων στη χώρα μας από τα μέσα της δεκαετίας του '60. Ορισμένα φράγματα επίσης κατασκευάστηκαν και από το ΥΠΕΧΩΔΕ.

Κατά την διάρκεια της δεκαετίας του 1950 -1960 η ιδέα των φραγμάτων φαινόταν σαν μια καλή και καθόλου ακριβή λύση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και συλλογής πόσιμου νερού. Επομένως, δεν αναγνωρίστηκαν οι πιθανές επιπτώσεις για το περιβάλλον ή για την κοινωνία, ενώ όταν αυτό τελικά έγινε, θεωρήθηκε αναγκαίο να θυσιάστούν κάποιες περιοχές, προκειμένου να δοθεί χώρος στην οικονομική ανάπτυξη των οικισμών κοντά στα φράγματα (Pearce 1992:134).

Όπως αναφέρθηκε στο 1ο Πανελλήνιο Συνεδρίο Μεγάλων Φραγμάτων (2008), τα τελευταία 50 χρόνια στη χώρα μας έχει μελετηθεί και κατασκευαστεί

⁸http://www.pass2greece.gr/afieroma0_det.asp?afieroma_id=86

σημαντικός αριθμός μεγάλων φραγμάτων, ύψους άνω των 15m ή μικρότερων με όγκο ταμίευσης που ξεπερνά τα 3εκ. m³. Η κατασκευαστική δραστηριότητα άρχισε τις δεκαετίες 1950~60 και 60~70 και κορυφώθηκε την δεκαετία 1990~2000.

Στα πρώτα χρόνια τα έργα κατασκευάζονταν εξ ολοκλήρου από ξένους οίκους, σιγά σιγά όμως η κατασκευή πέρασε σε Ελληνικά χέρια με αξιόλογη ανάπτυξη από οργανισμούς όπως η ΔΕΗ, το ΥΠΕΧΩΔΕ, το ΥΠΑΓΑΝ αλλά και από ιδιώτες μελετητές και κατασκευαστές.

Μια από τις χώρες, η οποία έχει άξια κατακτήσει μια από τις πρώτες θέσεις στην Ευρώπη σχετικά με τον αριθμό φραγμάτων είναι η Κύπρος. Τα τελευταία 40 χρόνια στην Κύπρο έχουν δημιουργηθεί παραπάνω από 40 φράγματα με σύνολο χωρητικότητας πέρα από 300 εκατοστά κυβικών μέτρων νερού. Τα κυπριακά αυτά φράγματα συντέλεσαν στην ανάπτυξη της κυπριακής γεωργίας, καθώς και στη λύση των προβλημάτων της ύδρευσης.



Εικόνα 3: Το φράγμα Κανναβιού στη Κύπρο με εξελιγμένη τεχνολογία

Βέβαια, στη περίπτωση αυτή οφείλεται να αναφερθεί πως τα κυριότερα φράγματα της Κύπρου είναι χωμάτινα με αργιλικό πυρήνα και ανάχωμα από βραχομάζα ή χώμα.⁹ Το πρώτο φράγμα που κατασκευάστηκε στη Κύπρο, ήταν χωμάτινο και βρισκόταν στη περιοχή Κούκλια, γύρω στο 1900 μ.Χ., ενώ την περίοδο 1945-1958 κατασκευάστηκαν επιμέρους φράγματα. Στη σημερινή εποχή, η Κύπρος έχει παραπάνω από 100 φράγματα, τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως για την άρδευση και την ύδρευση.

Τα φράγματα εξελίσσονται καθημερινά όχι μόνο ιστορικά αλλά και τεχνολογικά, καθώς ιστορία και τεχνολογία θεωρούνται δυο συνοδοιπόροι. Ένα από τα μεγαλύτερα φράγματα στη περιοχή Κανναβιού της Κύπρου υιοθετήθηκε μια νέα τεχνολογία: το φράγμα είναι λιθόρριπτο, όμως το στεγανοποιητικό στοιχείο αποτελεί

⁹[http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/0/3008488F66DB6548C225727B003BB621/\\$file/Text.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/0/3008488F66DB6548C225727B003BB621/$file/Text.pdf)

ανάντη πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα, για την κατασκευή της οποίας χρησιμοποιήθηκαν πρωτοποριακές τεχνικές.¹⁰

Δεν υπάρχουν μόνο αξιοσημείωτα φράγματα στην Ελλάδα, τα οποία έχουν δημιουργηθεί και σχεδιαστεί φιλόδοξα στο πέρασμα των αιώνων. Η Βραζιλία και η Ινδία αποτελούν δυο χώρες, οι οποίες φιλοξενούν ενδιαφέροντα φράγματα. Η κατασκευή μεγάλων φραγμάτων για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και το έλεγχο των πλημμυρών αποτέλεσε ένα κεντρικό άξονα της αναπτυξιακής στρατηγικής που ακολούθησε η Βραζιλία κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα. Η χώρα αυτή μέχρι και τη σημερινή εποχή έχει κατασκευάσει το μεγαλύτερο αριθμό φραγμάτων σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες της Λατινικής Αμερικής.¹¹ Το μεγαλύτερο και ίσως το περισσότερο συμβολικό φράγμα, που κατασκευάστηκε από το απολυταρχικό καθεστώς της Βραζιλίας, μετά από τη σύναψη μιας διακρατικής συμφωνίας μεταξύ Βραζιλίας και Παραγουάης τη δεκαετία του 1970 ήταν το φράγμα Ιταιρú στον ποταμό Paraná στα νότια κοντά στα σύνορα των δύο χωρών.



Εικόνα 2: Το υδροηλεκτρικό φράγμα του Ιταιρú θεωρείται ένα από τα 7 σύγχρονα κατασκευαστικά θαύματα του κόσμου



Εικόνα 1: Το υδροηλεκτρικό φράγμα του Ιταιρú στη Βραζιλία

¹⁰[http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/booklets_gr/808EC6E495B3E127C22576400028AF6B/\\$file/Page1_47\(9.4MB\).pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/booklets_gr/808EC6E495B3E127C22576400028AF6B/$file/Page1_47(9.4MB).pdf)

¹¹<http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=9520>

Άλλο ένα Βραζιλιάνικο φράγμα, το οποίο όμως έλαβε κακή κριτική, αποτελεί το φράγμα της Balbina (δυναμικότητας 250 MW). Το φράγμα θεωρείται ένα από τα ακριβότερα και περισσότερα κακοσχεδιασμένα έργα στη Βραζιλία και “ένα από τα χειρότερα παραδείγματα υλοποίησης έργων στον υδροηλεκτρικό τομέα” σε παγκόσμιο επίπεδο. Όσον αφορά στην Ινδία κατά το δεύτερο μισό του 20ου αιώνα ήταν πλέον μία από τις πρώτες χώρες όσον αφορά στην κατασκευή φραγμάτων.

Συνεχίζοντας, αξίζει να γίνει μια αναφορά σχετικά με την ιστορική αναδρομή των φραγμάτων της ΔΕΗ. Τα πρώτα φράγματα, που κατασκευάστηκαν, ήταν αυτά του Λούρου το 1954, του Λάδωνα το 1955 καθώς και του Ταυρωπού το 1959. Το 1965 κατασκευάστηκε το φράγμα Κρεμαστών στο ποταμό Αχελώο, ενώ το 1969 κατασκευάστηκε και το φράγμα Καστρακίου. Μετά από το φράγμα του Καστρακίου κατασκευάστηκαν χωμάτινα και λιθόρριπτα φράγματα, όπως του Πολυφύτου το 1974 που προαναφέρθηκε στις προηγούμενες γραμμές, καθώς και του Πουρναρίου το 1981.



Εικόνα 4: Φράγμα Λάδωνα (1955)



Εικόνα 3: Το φράγμα του Λούρου (1954)

Τα φράγματα Σφηκιάς και Ασωμάτων δημιουργήθηκαν το 1985, των Πηγών Αώου το 1989, ενώ στα τέλη του 1997 κατασκευάστηκαν και τα φράγματα Θησαυρού και Πλατανόβρυσης στο Νέστο, καθώς και του φράγματος της Μεσοχώρας στον Αχελώο. Μια εικονική αναπαράσταση κάποιων φραγμάτων αυτών απεικονίζεται παρακάτω, ενώ σημαντική μνεία αξίζει να γίνει στο ότι τα φράγματα της ΔΕΗ, αν και υψηλά σε κόστος κατασκευής, αποσβένουν το κόστος μέσω της

παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας, όπως άλλωστε αποδεικνύει η μέχρι τώρα ιστορία των πρώτων φραγμάτων στον ελληνικό χώρο.¹²

Το Υπουργείο Γεωργίας ενασχολήθηκε και αυτό με την κατασκευή φραγμάτων στην Ελλάδα κυρίως από τα μέσα της δεκαετίας του '60. Από τα μέσα της δεκαετίας του '70 ξεκίνησε μια περισσότερο συστηματική δραστηριότητα για την ανάθεση μελετών φραγμάτων.

Ορισμένα από τα έργα που μελετήθηκαν ήταν τα:

- Της Λευκόγειας Δράμας (1972),
- της Απολακκιάς Ρόδου (1978),
- του Λειβαδιού Αστυπάλαιας (1978),
- της Φανερωμένης και της Πλακιώτισσας στην περιοχή Μεσαράς Ηρακλείου (1980),
- του Δοξά στην περιοχή του Φενεού Κορινθίας (1982),
- του Χαβρία Χαλκιδικής (1982),
- της Φωλιάς καβάλας (1983),
- του Κατάφυτου Δράμας (1984).¹³

Η ΕΥΔΑΠ ενασχολήθηκε και εκείνη με τη κατασκευή φραγμάτων, κυρίως από το 1925, εποχή κατά την οποία ξεκίνησαν να κατασκευάζονται τα πρώτα σύγχρονα έργα ύδρευσης στην Αθήνα. Το πρώτο έργο ήταν η κατασκευή του φράγματος του Μαραθώνα, έργο το οποίο έθεσε την εκκίνησή του το 1926 και τερμάτισε το 1931. Βέβαια, αργότερα, εξαιτίας της συνεχόμενης αύξησης του Αθηναϊκού πληθυσμού, χρησιμοποιήθηκαν τα νερά της Υλίκης, γεγονός το οποίο ώθησε στη δημιουργία ενός νέου τεχνικού έργου στο ποταμό Μόρνο (1979).



Εικόνα 5: Το φράγμα του Μαραθώνα στην Αττική

¹² Τελικό2

¹³ Τελικό2

Μετά από δεκαετίες συζητήσεων και αντιπαραθέσεων για την διαχείριση των υδάτων παγκόσμια συστήνεται το 1998 η Παγκόσμια Επιτροπή Φραγμάτων, η οποία μετά από δύο χρόνια διατυπώνει τον πρώτο κατάλογο κοινά αποδεκτών θέσεων (Χόνδρος, 2005).

- Τα φράγματα έπαιξαν έναν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη της κοινωνίας και βοήθησαν αποφασιστικά την ανθρωπότητα με πολλαπλά οφέλη.
- Στις περισσότερες περιπτώσεις το κόστος - ιδιαίτερα στον άνθρωπο και το περιβάλλον - ήταν δυσανάλογα μεγάλο σε σχέση με τα οφέλη. Ειδικά για τους κυνηγημένους, τους θιγόμενους και τους φορολογούμενους.
- Η άδικη κατανομή του κόστους-οφέλους από τα φράγματα, και σε σύγκριση με τις εναλλακτικές λύσεις, δημιούργησε πολλές αμφιβολίες αναφορικά με την χρησιμότητα των φραγμάτων για ενέργεια και άρδευση.
- Η συνάντηση όλων εκείνων που βλάπτονται τα Δίκαια τους, με όλους εκείνους που είναι επιφορτισμένοι με τα ρίσκα της επιλογής των διαφορετικών επιλογών για την χρήση του νερού, βοηθάει σημαντικά στην αποφυγή κρίσεων και σε ορθολογικότερη απόφαση.
- Διαπραγματεύσεις ως αφετηρία των διαδικασιών απόφασης, βελτιώνουν σημαντικά την Αποτελεσματικότητα του νερού. Κυρίως για τον λόγο ότι ακατάλληλα έργα εγκαταλείπονται σε πρώιμο στάδιο με προφανές όφελος για την κοινωνία και υλοποιούνται πραγματικά κοινά αποδεκτά έργα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΦΡΑΓΜΑΤΑ

Το νερό, το οποίο μπορεί να καταναλώσει ο άνθρωπος, το πόσιμο νερό, λόγω του ότι σε μεγάλο μέρος του δεν βρίσκεται πάνω στην Γη, καθίσταται απαραίτητο να γίνεται μια συνετή και σωστή χρήση του. Ένα φράγμα δημιουργείται με σκοπό να γίνει μια οργανωμένη επεξεργασία του νερού, όσον αφορά στη ροή του και την αξιοποίησή του, με αποτέλεσμα να θεωρείται μια από τις πιο σημαντικές κατασκευές. Η τεχνική αξιοποίηση του νερού είναι αντικείμενο ενασχόλησης του ανθρώπου από τα παλαιότερα χρόνια ακόμα.

2.1 Ορισμός

«Τα φράγματα, είναι υδραυλικά έργα που κατασκευάζονται στις κοίτες ποταμών ή χειμάρρων, προκειμένου να καταστεί δυνατή η αποθήκευση επιφανειακών απορροών προκειμένου να αποδοθούν σε διάφορες χρήσεις» (ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ & ΤΡΟΦΙΜΩΝ, 2006).

Τα φράγματα αποτελούν κατασκευές σχεδιασμένες με σκοπό την αποθήκευση και την εκτροπή του νερού, την αλλαγή της φυσικής διανομής και το συγχρονισμό των ποτάμιων ροών προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ανθρώπινες ανάγκες (Πολύζος & Παράσχης, 2003). Υπό αυτήν τη μορφή, δημιουργούν ταυτόχρονα αλλαγές στις διαδικασίες για τα φυσικά οικοσυστήματα λειτουργώντας ως εμπόδια στις διαμήκεις ανταλλαγές νερού στους ποταμούς.

Πιο συγκεκριμένα, αλλάζοντας τον τρόπο της ροής αλλάζουν το υδατικό ίζημα και τα θρεπτικά καθεστώτα, μεταβάλλουν τη θερμοκρασία του ύδατος και τη χημεία του, ενώ παράλληλα, «η τεχνητή φραγή των ποταμών αυξάνει το χρόνο παραμονής και τη θερμοκρασία του νερού, μειώνει τη θολερότητα, τροποποιεί τη θερμική στρωματοποίηση και επομένως ενισχύει συνήθως την σε φυσική θέση πρωταρχική παραγωγή, η οποία έχει επιπτώσεις στον άνθρακα και τη θρεπτική ισορροπία».¹⁴

¹⁴<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teclar/EKDILWSEIS/damConference/eisigiseis/2.7.pdf>

Τα σημαντικότερα σύγχρονα φράγματα τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό σχεδιάζονται κυρίως είτε με στόχο την εγκατάσταση υδροηλεκτρικού σταθμού ή για τη συλλογή πόσιμου νερού, τις αρδεύσεις και την αποτροπή πλημμυρών από χείμαρρους.

Τα γνωστότερα ελληνικά φράγματα είναι αυτά που σχετίζονται¹⁵:

- με υδροηλεκτρικά έργα, όπως του Λούρου (1954), του Λάδωνα (1955), του Ταυρωπού (1959), των Κρεμαστών (1965), του Καστρακίου (1969), του Πολυφύτου (1974), του Πουρναρίου (1981), της Σφηκιάς και των Ασωμάτων (1985), του Στράτου (1988) κ.ά.,
- με τη συλλογή πόσιμου νερού, όπως του Μαραθώνα που ξεκίνησε το έτος 1926 και ολοκληρώθηκε το 1931, του Μόρνου που ολοκληρώθηκε το έτος 1979 κ.ά.
- με αρδεύσεις, όπως της Λευκόγειας Δράμας (1972), της Απολακκιάς Ρόδου (1978), του Λειβαδιού Αστυπάλαιας (1978), της Φανερωμένης και της Πλακιώτισσας στην περιοχή Μεσαράς Ηρακλείου (1980), του Δοξά στην περιοχή του Φενεού Κορινθίας (1982), του Χαβρία Χαλκιδικής (1982), της Φωλιάς καβάλας (1983), του Κατάφυτου Δράμας (1984) κ.α.

Πιο αναλυτικά, για να γίνει πιότερο κατανοητή η συμβολή των φραγμάτων στη καθημερινότητα του ανθρώπου, τίθεται απαραίτητο να αναφερθεί η σημαντικότητα του νερού στη ζωή του ατόμου, εφόσον η φυσική αυτή πηγή εκμεταλλεύεται σε καθημερινή βάση από τον ανθρώπινο (αλλά και τον ζωικό πληθυσμό). Τα νερά εκμεταλλεύονται αφενός για δραστηριότητες ηλεκτροπαραγωγικές, οι οποίες έχουν τις αντίστοιχες εγκαταστάσεις και απορρέουν συγκεκριμένα οφέλη και αφετέρου για σκοπούς υγιεινής.

Αναφορικά με την πρώτη περίπτωση, οι δραστηριότητες που συμβαίνουν μέσω της εκμετάλλευσης των νερών είναι η ηλεκτροπαραγωγή, η οποία αποτελείται από τις αντίστοιχες υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις και οι οποίες με την σειρά τους παράγουν την λεγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, διαμέσου των νερών από τους ποταμούς και τις θάλασσες. Η βελτίωση του εδάφους της γης μέσω της άρδευσης και της αποστράγγισης των περιοχών συμβάλλει στο να μετατραπεί η γη σε καλλιεργήσιμο

¹⁵ <http://sfrang.com/historia/selida626.htm>

έδαφος, ενώ οι οικιακές και κοινοτικές υδρεύσεις αποτελούν ακόμα ένα στόχο της κατασκευής φραγμάτων.

Εκτός από τις αστικές, βιομηχανικές και κοινοτικές χρήσεις του νερού δεν παραλείπεται και η εμπορική χρήση του ίδιου, κυρίως μέσω των ιχθυοκαλλιέργειών, της παραγωγής αλατιού, καθώς και της επεξεργασίας ορυκτών και ψύξης μηχανημάτων.

Εν πάση περιπτώσει αξίζει να σημειωθεί, πως οι καταναλωτικές χρήσεις του νερού στην πλειοψηφία τους είναι πολύ μεγαλύτερες από τις διαθέσιμες ποσότητες του νερού και για τον λόγο αυτό γίνεται μεταφορά νερού από περιοχές με άφθονες διαθέσιμες ποσότητες νερού σε περιοχές με ανεπαρκείς ποσότητες νερού.

Πιο συγκεκριμένα, το ζήτημα του νερού στον Ελλαδικό χώρο αποτελεί ένα θέμα αμφιλεγόμενο, καθώς οι απόψεις διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και από άτομο σε άτομο. Η γενικότερη πεποίθηση, που επικρατεί, είναι πως η ποσότητα του νερού στην Ελλάδα είναι ελάχιστη εξαιτίας διαφόρων λόγων, οι οποίοι αναφέρονται σε επιμέρους μέρος της εργασίας αυτής, γεγονός που συμβάλλει στα οφέλη του νερού: όσο μειώνεται η ποσότητα του ύδατος, τόσο μειώνεται και η εφαρμογή των οφελών του πάνω σε διάφορους τομείς.

2.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Οι θέσεις κατασκευής φραγμάτων βρίσκονται σε κοίτες από ποτάμια και χείμαρρους, ώστε να δημιουργούνται υδροταμιευτήρες, με αποτέλεσμα να γίνεται δυνατή η αποθήκευση και αξιοποίηση του νερού στην ύδρευση και γεωργική χρήση. Το γεγονός αυτό συνιστά και το σημαντικότερο πλεονέκτημα των φραγμάτων, το να διοχετεύουν με νερό και να καθιστούν δυνατή την κάλυψη αναγκών ειδικά σε χρονικές στιγμές με επιπλέον ζήτηση.

Ειδικά σε μέρη, τα οποία υποφέρουν από έλλειψη νερού, με την δημιουργία ενός φράγματος γίνεται δυνατή η εξασφάλιση της αναγκαίας ποσότητας ύδατος για τους ανθρώπους, που τα κατοικούν. Επίσης σε περιόδους όπου επικρατεί ιδιαίτερη ξηρασία ένα φράγμα μπορεί να βοηθήσει στην αποθήκευση του νερού από τις βροχές και διοχέτευσή του στην άρδευση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να ευνοείται ο τομέας

της παραγωγής και της μη εποχικής καλλιέργειας και γενικά η προώθηση και άνθηση της γεωργικών ενεργειών.

Επιπλέον, λόγω των θέσεων κατασκευής τους την εποχή του χειμώνα με τις μεγάλες βροχοπτώσεις θέτουν σε προστασία σπίτια και καλλιέργειες ελέγχοντας τον ρυθμό και την στάθμη του νερού. Μέσα από την οργανωμένη επεξεργασία των υδάτων πριμοδοτείται η ναυσιπλοΐα και ευνοούνται οι εμπορικές δραστηριότητες και η ανάπτυξη του τουρισμού. Μέσα στο φράγμα είναι δυνατή η ανάπτυξη του φυτοπλαγκτόν, το οποίο με την σειρά του έλκει ψάρια, με αποτέλεσμα να καθίσταται τελικά το φράγμα σε σημείο αλιείας, το οποίο προσφέρει και εργασία στους κατοίκους της εκάστοτε περιοχής.

Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε ως ένα από τα πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα για τα υδροηλεκτρικά φράγματα, το ότι αξιοποιούν το νερό με σκοπό να παραχθεί υδροηλεκτρική ενέργεια, η οποία συνιστά ανανεώσιμη και πολύ χρήσιμη πλέον μορφή ενέργειας και παράγεται δια μέσου της κίνησης του νερού.

Στο σημείο αυτό, όμως, αξίζει να αναφέρουμε και ορισμένα αρνητικά στοιχεία, τα οποία χαρακτηρίζουν την κατασκευή φραγμάτων. Ο έλεγχος της εκροής του νερού από τα φράγματα στέκεται εμπόδιο στο να ανανεωθούν τα διαβρωτικά υλικά της περιοχής και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία απότομων βράχων.

Επίσης, έτσι όπως μειώνεται το ίζημα δεν μπορεί να αποφευχθεί η διάβρωση στην περιοχή με αποτέλεσμα να μην μπορούν πλέον να καλλιεργηθούν άλλοτε γόνιμες εκτάσεις.

Παράλληλα, στο σημείο όπου εκβάλλει ο ποταμός παρατηρείται μείωση του πλαγκτόν και η παρουσία θρεπτικών στοιχείων με παράλληλη αύξηση άλατος στο νερό. Το γεγονός αυτό οδηγεί είδη ψαριών στο να μετακινηθούν προς άλλα νερά ή και ακόμη να εξαφανιστούν. Ένα άλλο αρνητικό στοιχείο, που αξίζει να αναφερθεί, είναι η παρουσία μεγάλου όγκου νερού και άλλων συστατικών, τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα να αυξηθεί το φορτίο και να επιβαρυνθεί ο πυθμένας του ποταμού, σε σημείο, που εγκυμονεί κίνδυνο για πρόκληση σεισμού στην περιοχή.

Μια τέτοια περίπτωση αποτελεί το φράγμα των Τριών Φαραγγιών, όπου καταγγέλλεται από τους κατοίκους της περιοχής πως οι σεισμική δραστηριότητα έχει ενταθεί περαιτέρω από την στιγμή που φτιάχτηκε το φράγμα. Το νερό παραμένει

στον χώρο του ταμιευτήρα για μεγάλο χρονικό διάστημα, με αποτέλεσμα να μετασχηματίζεται η ποσότητα του οξυγόνου σε αυτό, γεγονός που σημαίνει και την ελάττωση του νερού, το οποίο είναι αποθηκευμένο εκεί, ενώ συχνά κάνουν την εμφάνιση τους και τοξικές ουσίες, όπως είναι αυτή του υδρόθειου, καθιστώντας πολλές φορές το νερό των φραγμάτων ακατάλληλο για κατάποση.

Ένα άλλο μειονέκτημα των φραγμάτων είναι ότι δημιουργούν λιμνάζοντα νερά, τα οποία αποτελούν πόλο έλξης για διάφορα έντομα, τα οποία είναι φορείς ασθενειών ή γενικά προκαλούν προβλήματα υγείας στον άνθρωπο.

2.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Οι περιβαλλοντικές μεταβολές, που προέρχονται από τα φράγματα, είναι ποικίλες και συνήθως εξαρτώνται από το είδος, το μέγεθος, τη θέση του φράγματος και του ταμιευτήρα του, τη βιοποικιλότητα και ευαισθησία του οικοσυστήματος, κ.α., ενώ συνοπτικά τις μεταβολές αυτές μπορούμε να τις ταξινομήσουμε ως εξής¹⁶:

➤ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Τα φράγματα έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον γενικότερα, στο υδραυλικό σύστημα ειδικότερα παρά τα πολυάριθμα οφέλη τους. Η κυριότερη υδραυλική επίδρασή τους είναι το γεγονός ότι εκφορτώνεται η λεκάνη που συλλέγει το νερό σε μια στάσιμη δεξαμενή – τον ταμιευτήρα - έναντι στις κοίτες των ποταμών. Μια τέτοια μεταβολή στα φυσιολογικά δεδομένα δημιουργεί μια κατάντη του ρεύματος, η οποία κατάντη περιοχή οδηγείται σε πλήρη ή ολίγη ξηρασία, γεγονός το οποίο οδηγεί τον ταμιευτήρα στη συσσώρευση του νερού.

Εξαιτίας του γεγονότος αυτού:

- Εξαφανίζονται ζωικά είδη,
- Προκαλούνται μεταβολές στα υδατικά οικοσυστήματα,
- Αποσυντίθεται η νεκρή χλωρίδα και πανίδα με ταχύτατους ρυθμούς
- Οι ροές του νερού ρυπαίνονται

¹⁶<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teclar/EKDILWSEIS/damConference/eisigiseis/2.7.pdf>

- Αναδύονται μυρωδιές σαπίλας εξαιτίας της ανέγερσης του υδρογόνου.¹⁷

Παρά το γεγονός ότι μετά από αυτή την αρνητική διαδικασία το ρεύμα του ποταμού διαμορφώνει ένα καινούργιο και υγιεινό οικοσύστημα, η καινούργια υδατική ισορροπία ως προς το χερσαίο οικοσύστημα και το περιβάλλον της θάλασσας δεν μπορεί να αποκτήσει τη οικολογική κατάσταση στην οποία βρισκόταν προηγουμένως.

Αν μη τι άλλο, σημαντικές επιπτώσεις εμφανίζονται και στα χημικά χαρακτηριστικά που απαρτίζουν το νερό του ποταμού. Το νερό πάσχει από έλλειψη οξυγόνου, γεμίζει με θειούχο υδρογόνο, γεγονός που σημαίνει πως απελευθερώνονται απότομα αέρια. Το τελευταίο γεγονός οδηγεί με τη σειρά του σε μια ξαφνική προσθήκη διαφορετικών χημικών ουσιών.

Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι το άζωτο στον αέρα διαλύεται σε ακραία επίπεδα κορεσμού στην κατάντη περιοχή του νερού, που πέφτει από τους υδατοφράκτες. Με αυτόν τον τρόπο το νερό, που είναι κορεσμένο περίπου 150% στο άζωτο, μπορεί να είναι μοιραίο για τα ποτάμια ψάρια.¹⁸

➤ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Εκτός από τις υδραυλικές επιπτώσεις των φραγμάτων, τα φράγματα έχουν αμέριστες επιπτώσεις στη ποιότητα του νερού. Πιο αναλυτικά, οι ταμιευτήρες του νερού φέρνουν επιπτώσεις χημικού, φυσικού και βιολογικού περιεχομένου στο νερό και κατά συνέπεια στα εδάφη και τα πετρώματα. Έτσι, η ποιότητα του νερού αλλοιώνεται, ενώ παράλληλα σημαντικές βιολογικές μεταβολές κάνουν την εμφάνισή τους στους θερμικά στρωματοποιημένους ταμιευτήρες του νερού.

Όσον αφορά στην επιφάνεια το φυτοπλαγκτόν πολλαπλασιάζεται, γεγονός που σημαίνει ότι αυξάνει την εμφάνισή του ίδιου και του οξυγόνου, που απελευθερώνει, διατηρώντας τις συγκεντρώσεις στα κοντινότερα επίπεδα. Το γεγονός

¹⁷<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teelar/EKDILWSEIS/damConference/eisigiseis/2.7.pdf>

¹⁸<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teelar/EKDILWSEIS/damConference/eisigiseis/2.7.pdf>

αυτό είναι ωφέλιμο για την επιφάνεια, όμως η έλλειψη του φυτοπλαγκτόν μπορεί να οδηγήσει σε συνθήκες μη οξυγόνωσης ιστών στο κατώτατο στρώμα ύδατος.¹⁹

Εν συνεχεία, το φαινόμενο της ρύπανσης των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων συνδέεται άμεσα με την υποβάθμιση του εδάφους, αφού τα υλικά της διάβρωσης που συσσωρεύονται σε αυτά μπορούν να υποβαθμίσουν την ποιότητά τους και κατά ακολουθία να υποβαθμίσουν τη ποιότητα των νερών των ταμιευτηρίων των φραγμάτων. που λειτουργούν ως αποδέκτες νιτρικών και διαφόρων άλλων ρυπογόνων ουσιών.²⁰

Συμπερασματικά, οι μεταβολές στη ποιότητα του νερού εξαιτίας του ταμιευτήρα φαίνονται σε όλη τη κοίτη του ρεύματος του ποταμού έχοντας αμέριστες επιπτώσεις στη παραγωγή και τη πανίδα, μέσω της οποίας παρέχεται η βάση για το σύνολο των υπαρχόντων τροφικών αλυσίδων.

➤ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΣΤΟ ΓΗΙΝΟ ΦΛΟΙΟ

Οι επιπτώσεις των φραγμάτων σε αυτήν την περίπτωση συνοψίζονται στη μεταβολή του μικροκλίματος της περιοχής που βρίσκεται το φράγμα, λόγω του ταμιευτήρα και των προκαλούμενων μεταβολών στην υγρασία και τη θερμοκρασία. Ο στάσιμος υδάτινος, όγκος που δημιουργείται, μπορεί επίσης να επηρεάσει την κίνηση του αέρα, όμως οι συγκεκριμένες επιπτώσεις στο γήινο φλοιό δεν θεωρούνται ιδιαίτερα σημαντικές ή ανησυχητικές (Φιλίντας& Πολύζος, 2008).

➤ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η βιολογική ζωή του ποταμού συνήθως μεταβάλλεται γρήγορα στον ταμιευτήρα και στην κατάντη περιοχή, ενώ τα μέρη του βιοοικοσυστήματος που επηρεάζονται άμεσα είναι τα βρεχόμενα μέρη στην ακτή, καθώς τα όρια νερού-εδάφους επεκτείνονται.

«Δασικές και γεωργικές περιοχές μπορούν να βρεθούν κάτω από το νερό. Δεδομένου ότι η στάθμη ύδατος διαφοροποιείται περιοδικά, μερικά είδη αρχίζουν να

¹⁹<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teelar/EKDILWSEIS/damConference/eisigiseis/2.7.pdf>

²⁰<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teelar/EKDILWSEIS/damConference/eisigiseis/2.7.pdf>

ζουν κάτω από το νερό κατά διαστήματα στη ζώνη παλίρροιας. Αυτή η περιοχή μπορεί να αλλάξει σε ελώδη γη ή γη καλαμιώνων εξαρτώμενη από τη δομή του εδάφους. Οι θρεπτικές ουσίες, (φώσφορος, άζωτο κ.λπ.) απελευθερώνονται βιολογικά και διηθούνται από την πλημμυρισμένη βλάστηση και το έδαφος στον υπόγειο υδατικό ορίζοντα και αρκετές φορές επηρεάζουν και τους επιφανειακούς υδατικούς πόρους» (Φιλίντας & Πολύζος, 2008).

➤ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΥΔΡΟΒΙΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Το φράγμα έχει καταστροφικές συνέπειες για τα έμβια όντα του ποταμού και σημαίνει το θάνατο για τα είδη ψαριών που διαβιούν σε ορισμένες περιόδους της ζωής τους στις πηγές ή στο νερό πλημμυρών και άλλες περιόδους στο δέλτα του ποταμού, όπου αυτός ενώνεται με τη θάλασσα.

Λόγω του ότι υπάρχει τεράστια αύξηση στα φυτοπλαγκτόν που τροφοδοτούνται από την αυξανόμενη ποσότητα των θρεπτικών ουσιών, κάποιες φορές η μακροχλωρίδα (macroflora) μπορεί να δράσει ως φορέας λοιμογόνων ασθενειών, ενώ παράλληλα η αύξηση στον πληθυσμό των φυτών του νερού προκαλεί περισσότερες απώλειες εξάτμισης από ότι κανονικά συμβαίνει από την εξατμισοδιαπνοή (Φιλίντας & Πολύζος, 2008).

➤ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΖΩΗ

Τα φράγματα από τη μια πλευρά συμβάλλουν σημαντικά στην εθνική και τοπική ανάπτυξη προσφέροντας οικονομική ανάπτυξη, συστήματα παραγωγής που αρχίζουν πριν από την κατασκευή του φράγματος και θέσεις εργασίας που δημιουργούν με τη σειρά τους νέα απασχόληση και αύξηση των αναγκών για κατοικίες, εγκαταστάσεις και νέα έργα. Επιπρόσθετα, αυξάνεται η κοινωνική ζωή, το εμπόριο και οι πολιτιστικές δραστηριότητες, ενώ βελτιώνεται το επίπεδο αγροτικής παραγωγής στις κατάντη περιοχές λόγω της μείωσης του κινδύνου για πλημμύρες.

Από την άλλη πλευρά, η κατασκευή φραγμάτων κάποιες φορές έχει ως συνέπεια οι γεωργικές εκτάσεις, τα σπίτια και το περιβάλλον που ζουν κάποιοι άνθρωποι να βυθίζονται κάτω από το νερό.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το φράγμα του Aswan (AswanHighDam). «Η δημιουργία του ταμιευτήρα του φράγματος, τώρα γνωστού ως

λίμνη Nasser, απαίτησε την μετεγκατάσταση περίπου 100.000 αιγύπτιων αγροτών, σουδανέζων και νουβίων, οι οποίοι έχασαν την πατρική γη τους και διασκορπίστηκαν στα λιγότερο εύφορα εδάφη στην άνω Αίγυπτο και το ανατολικό Σουδάν» (Φιλίντας & Πολύζος, 2008).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΤΥΠΟΙ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ

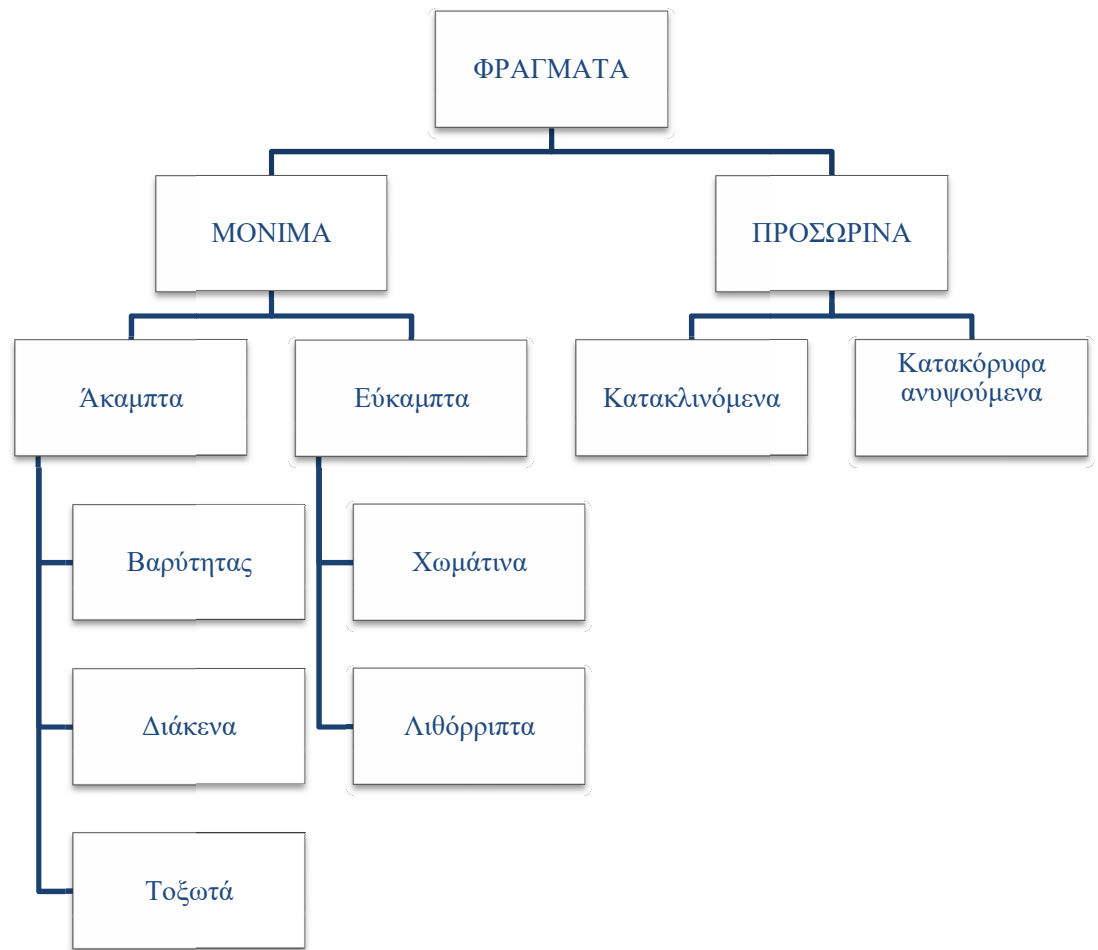
Υπάρχουν πολλοί και διάφοροι τύποι φραγμάτων, που διακρίνονται με βάση κάποιο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό τους. Η πρώτη κατηγορία αφορά στο συνολικό τους ύψος, σύμφωνα με το οποίο διακρίνονται σε χαμηλά και μέσου ύψους φράγματα με τα πρώτα να μην είναι παραπάνω από 30m και τα δεύτερα να κυμαίνονται μεταξύ των 30-60 m.

«Τα χαμηλά φράγματα με βάση το υδραυλικό ύψος και την υδραυλική συμπεριφορά τους διακρίνονται στα μικρού και στα μεγάλου ύψους φράγματα. Τα πρώτα διακρίνονται στους ζωστήρες, που είναι μηδενικού ύψους κατασκευές, στους ουδούς με ύψος 0,5-2m και στα μικρού ύψους φράγματα που έχουν σαν σκοπό την στερέωση της κοίτης και το ύψος τους κυμαίνεται μεταξύ των 2-6m. Τα μεγάλου ύψους φράγματα έχουν ύψος μεγαλύτερο των 8m και επιδιώκουν τη συγκράτηση των φερτών υλών» (Μαρματάκη, 2015).

Σύμφωνα με τη Διοικητική Αρχή Φραγμάτων (ΔΑΦ), η κατάταξη των φραγμάτων με κριτήρια το ύψος του φράγματος, έχει ως εξής:

| ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ |
|---------------------|--|
| I | Ύψος φράγματος $H \geq 40$ m. ή Όγκος ταμιευτήρα $> 10.000.000$ m ³ , ανεξαρτήτως ύψους φράγματος |
| II | Ύψος φράγματος 40 m. $> H \geq 20$ m. ή Όγκος ταμιευτήρα $\geq 1.000.000$ m ³ , ανεξαρτήτως ύψους φράγματος |
| III | Φράγματα τα οποία δεν εντάσσονται στις κατηγορίες I και II |

Ανάλογα με τα υλικά κατασκευής και τη γεωμετρία τους μπορούν να χωριστούν σε άκαμπτα, εύκαμπτα και μικτά ή σύνθετα. Τα άκαμπτα χωρίζονται σε επιμέρους κατηγορίες δηλαδή τα τοξωτά, τα βαρύτητας και τα αντηριδωτά. Τα εύκαμπτα χωρίζονται στα χωμάτινα και τα λιθόρριπτα, ενώ τα μικτά ή σύνθετα χωρίζονται στα βαρύτητας, χωμάτινα και τα αντηριδωτά.



Η κατηγοριοποίηση, σύμφωνα με τα υλικά κατασκευής και τη γεωμετρία των φραγμάτων είναι αυτή που τα διακρίνει σε (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, 2006):

- εύκαμπτα: κατασκευάζονται από γαιώδη υλικά (αργίλους, άμμους, κροκάλεις) και τεμάχια βράχων και διακρίνονται κυρίως σε χωμάτινα και λιθόρριπτα.
- άκαμπτα: κατασκευάζονται από σκυρόδεμα και διακρίνονται κυρίως σε βαρύτητας και τοξωτά
- μικτά ή σύνθετα: αποτελούν συνδυασμό των δύο προηγούμενων.

Τα άκαμπτα- βαρύτητας φράγματα έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Αντιδρούν στις υδροστατικές πιέσεις, στις ανώσεις, στις δυνάμεις ανατροπής και τις σεισμικές φορτίσεις με το βάρος τους
- Είναι κατασκευασμένα από άοπλο σκυρόδεμα και από κυλινδρικό σκυρόδεμα, (R.C.C. – Roller Compacted Concrete), ενώ σε παλαιότερες εποχές κατασκευάζονταν και λιθόκτιστα.
- Είναι σχεδιασμένα ως προς τη τομή με συγκεκριμένο τρόπο, έτσι ώστε να εξυπηρετούν ορισμένους σκοπούς.

Οι σκοποί αυτοί είναι οι εξής:

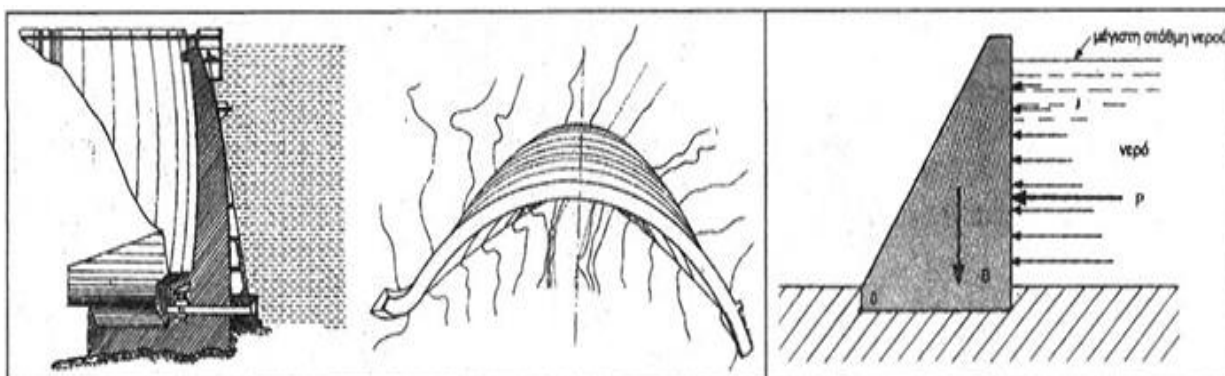
- α. να αντιστέκονται σε ανατροπή και ολίσθηση συνεπεία των υδροστατικών και των σεισμών και
- β. να κάνουν θραύση συνεπεία διαφορικών καθιζήσεων και εφελκυστικών δυνάμεων.²¹

Τα άκαμπτα και τοξωτά φράγματα κατασκευάζονται σε στενές κοιλάδες μεγάλων υψών, σε αντίθεση με τα φράγματα βαρύτητας. Μέσω του τρόπου αυτού επιτυγχάνεται οικονομία ως προς τον όγκο που απαιτεί το σκυρόδεμα σε ποσοστό μέχρι και 70 τοις εκατό. Τα φράγματα της κατηγορίας αυτής είναι κατασκευασμένα

²¹http://www.legah.metal.ntua.gr/pdf/geotechATM/10%20%CE%93%CE%B5%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%9C%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20_%CE%A6%CF%81%CE%AC%CE%B3%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1%20-%20%CE%A3%CF%85%CE%BD%CE%BF%CE%B4%CE%AC%20%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B1.pdf

από οπλισμένο (αλλά κάποιες φορές και άοπλο) σκυρόδεμα. Όταν ξεπερνούν το επιθυμητό πάχος λειτουργούν ως φράγματα βαρύτητας, ενώ έχουν την ικανότητα να μεταφέρουν τις υδροστατικές πιέσεις στα αντερείσματα.

Τέλος, απαιτείται λεπτομερής διερεύνηση των μηχανικών χαρακτηριστικών της βραχομάζας των αντερεισμάτων (αντοχή, μέτρο ελαστικότητας βραχομάζας, προσανατολισμός, εύρος, πυκνότητα και μέγεθος των ασυνεχειών).²²



Εικόνα 6: Τομή και κάτοψη τοξωτού φράγματος

Στη συνέχεια, τα άκαμπτα και αντηριδωτά φράγματα, αποτελούνται από μια πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα, η οποία έχει ως στήριγμα αντηρίδες πλάτους μεταβλητού. Σε σχέση με τα άκαμπτα και τοξωτά φράγματα, τα οποία επιτυγχάνουν οικονομία ως 70%, τα άκαμπτα και αντηριδωτά φράγματα επιτυγχάνουν οικονομία σε ποσοστό έως 90 τοις εκατό. Έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν υδροστατικές πιέσεις στις επιφάνειες θεμελίωσης και έπειτα στα αντερείσματα, ενώ παράλληλα έχει υψηλές απαιτήσεις σε αντοχή.

Τα εύκαμπτα και χωμάτινα φράγματα έχουν την δυνατότητα κατασκευής σε οποιαδήποτε κοιλάδα, ενώ ταυτόχρονα δεν χρειάζονται σχηματισμό θεμελίωσης εξαιρετικής ποιότητας. Η κατασκευή τους επιτυγχάνεται μέσω γαιωδών υλικών, ενώ έχουν οικονομικά υλικά για τη κατασκευή. Μπορούν να διακριθούν σε επιμέρους κατηγορίες, α) τα ομογενή και β) τα ζωνώδη. Τα φράγματα της τελευταίας

²²http://www.legah.metal.ntua.gr/pdf/geotechATM/10%20%CE%93%CE%B5%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%9C%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20_%CE%A6%CF%81%CE%AC%CE%B3%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1%20-%20%CE%A3%CF%85%CE%BD%CE%BF%CE%B4%CE%AC%20%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B1.pdf

κατηγορίας (ζωνώδη) μπορεί να αποτελούνται από έναν κατακόρυφο ή κεκλιμένο αργιλικό πυρήνα.²³

Τα εύκαμπτα και λιθόρριπτα φράγματα έχουν τη δυνατότητα κατασκευής σε οποιαδήποτε κοιλάδα, ενώ παράλληλα δεν χρειάζονται σχηματισμό θεμελίωσης εξαιρετικής ποιότητας (όπως συμβαίνει και στα εύκαμπτα και χωμάτινα φράγματα). Έχουν αρκετά κοινά με τα εύκαμπτα-χωμάτινα φράγματα: δομούνται από οικονομικά υλικά κατασκευής, ενώ το στοιχείο του φράγματος μπορεί να είναι ένας αργιλικός πυρήνας κατακόρυφος ή κεκλιμένος, ανάντη πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα ή ασφαλτικός τάπητας.

Άλλου τύπου κατηγορίες φραγμάτων είναι τα ατσάλινα, τα ξύλινα και τα ελαστικά, ενώ παράλληλα εξαιρετική μνεία αξίζει να γίνει και στη κατηγορία των κυριότερων συνοδικών έργων ενός φράγματος:

- Ανάντη πρόφραγμα (upstream cofferdam)
- Αγωγός προσαγωγής (power or headrace tunnel)
- Σήραγγα εκτροπής (diversion tunnel)
- Σήραγγα ή διώρυγα φυγής (tailrace tunnel/channel)
- Έργο υδροληψίας (intake structure)
- Εκκενωτής πυθμένα (bottom outlet tunnel)
- Υπερχειλιστής ή Εκχειλιστής (spillway)
- Πηγάδι ανάπλασης (surge drum/tank)
- Λεκάνη ηρεμίας (plunge pool)²⁴

Η ταξινόμηση των φραγμάτων μπορεί να εκτελεσθεί και με επιμέρους τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι ανάλογα με την λειτουργία των φραγμάτων.

Έτσι, υπάρχουν:

- Φράγματα αποθήκευσης νερού (storagedams)
- Φράγματα εκτροπής (diversion dams)

²³http://www.legah.metal.ntua.gr/pdf/geotechATM/10%20%CE%93%CE%B5%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%9C%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20_%CE%A6%CF%81%CE%AC%CE%B3%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1%20-%20%CE%A3%CF%85%CE%BD%CE%BF%CE%B4%CE%AC%20%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B1.pdf

²⁴http://engeo-hydro.weebly.com/uploads/3/1/3/9/31391503/dams_newer_low.pdf

- Ανασχετικά φράγματα (detention dams)
- Αναρρυθμιστικά φράγματα (compensation dams)²⁵

Εκτός από τη ταξινόμηση των φραγμάτων ανάλογα με τη λειτουργία τους, υπάρχει η δυνατότητα ταξινόμησής τους, ανάλογα με τη χρήση τους.

Έτσι, υπάρχουν:

- Φράγματα απλής σκοπιμότητας :
 - α. Υδροηλεκτρικά (hydropower dams)
 - β. Αρδευτικά (irrigation dams)
 - γ. Υδρευτικά (water supply dams)
 - δ. Αντιπλημμυρικά (flood control dams)
 - ε. Ανασχετικά (detention dams)
- Φράγματα διπλής σκοπιμότητας
 - α. Συνδυασμός ανά δύο των προηγούμενων
- Πολλαπλής σκοπιμότητας
 - α. Συνδυασμός ανά τρία ή περισσότερα των προηγούμενων.²⁶

Ανάλογα με τον τύπο των υλικών, από τα οποία κατασκευάζονται και με τον τρόπο που επιτυγχάνουν τη στεγανότητα και τη σταθερότητα τους, τα φράγματα διακρίνονται στις εξής κατηγορίες²⁷:

ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

- Φράγματα βαρύτητας
- Τοξοειδή
- Concrete Buttress Dams

²⁵http://engeo-hydro.weebly.com/uploads/3/1/3/9/31391503/dams_newer_low.pdf

²⁶http://engeo-hydro.weebly.com/uploads/3/1/3/9/31391503/dams_newer_low.pdf

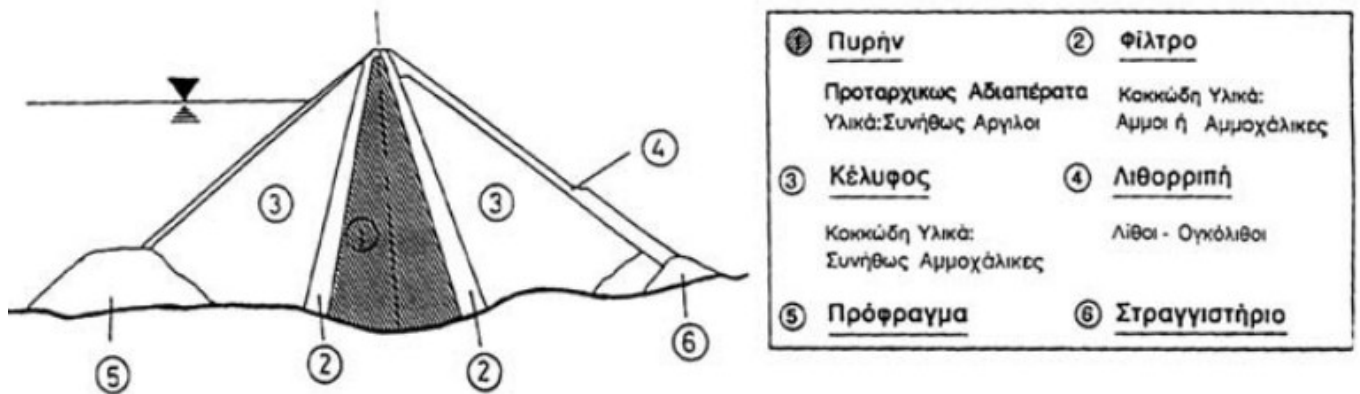
²⁷[http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/0/3008488F66DB6548C225727B003BB621/\\$file/Text.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/0/3008488F66DB6548C225727B003BB621/$file/Text.pdf)

ΧΩΜΑΤΙΝΑ

- Χωμάτινα με αργιλικό πυρήνα
- Χωμάτινα- λιθόριπτα με αργιλικό πυρήνα

ΛΙΘΟΡΙΠΤΑ ΜΕ ΑΝΑΝΤΗ ΠΛΑΚΑ

Τα χωμάτινα φράγματα θεωρούνται πιο εύκολα στην κατασκευή τους, πιο οικονομικά και έχουν τη δυνατότητα κατασκευής σε οποιαδήποτε μορφή κοιλάδας.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ

Τα κριτήρια επιλογής για τον τύπο του φράγματος εξαρτώνται από τη γεωλογία (η επιστήμη που μελετάει τη Γη), την υδρογεωλογία (η επιστήμη που ασχολείται με το υπόγειο νερό), τη τοπογραφία (τη μελέτη του σχήματος των χαρακτηριστικών και της επιφάνειας της γης), τη σεισμικότητα (τη δράση του σεισμού σε μια περιοχή), το κόστος της συλλογής, παρασκευής και μεταφοράς των υλικών, το κόστος των εργατιών και από τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς.²⁸

4.1 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

Α. Φράγμα βαρύτητας

Ο πρώτος τύπος φράγματος που συγκρίνεται είναι το φράγμα βαρύτητας. Τα φράγματα βαρύτητας, όπως είναι γνωστό, δεν ολισθαίνουν ούτε ανατρέπονται εξαιτίας του ίδιου του βάρους τους, ενώ υπάρχουν και δυνάμεις ευστάθειας (ίδιο βάρος κατασκευής και υπερκείμενο βάρος νερού στην ανάντη πορεία). Υπάρχουν επιπλέον δυνάμεις ανατροπής (υδροστατική πίεση, άνωση που περιορίζεται με κουρτίνα τσιμεντενέσεων, υπάρχουν ωθήσεις γαιών και οριζόντια σεισμικά φορτία).

Οι τυπικές διατομές του φράγματος βαρύτητας είναι κατακόρυφη ανάντη πορεία με κλίση κατάντη παρειάς 1:0.80, μια παρακατακόρυφη ανάντη παρεία με κλίση 10:1 και κλίση κατάντη 1:0.75, ενώ αξονοσυμμετρικά υπάρχει κοινή κλίση μεταξύ των δύο παρειών (1:0.70).²⁹ Εφόσον η μελέτη και η κατασκευή των φραγμάτων βαρύτητας είναι ορθή, κυριότερα όσον αφορά στη θεμελίωσή τους, αυτά τα φράγματα έχουν μεγάλο ποσοστό ασφαλείας, γεγονός το οποίο μειώνει με τη σειρά του και τις αστοχίες, γεγονός υψίστης σημασίας.

Για να γίνει περισσότερο κατανοητή η σημαντικότητα της ασφάλειας των φραγμάτων βαρύτητας, αξίζει να γίνει αναφορά στις αστοχίες. 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

²⁸http://users.itia.ntua.gr/dk/courses/yhe/slides/HW_15_Dams.pdf

²⁹http://users.itia.ntua.gr/dk/courses/yhe/slides/HW_15_Dams.pdf

της θεμελίωσής του, τέτοια ώστε το φράγμα να μη 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.³⁰

Εν τέλει, ελάχιστα έως καθόλου φράγματα έχουν χαρακτηριστεί «άστοχα» ή failures, καθώς έχουν ακολουθήσει το πρότυπο φράγματος βαρύτητας. Ενδεικτικό παράδειγμα φράγματος βαρύτητας απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα³¹, ενώ σημαντικό αποτελεί το γεγονός ότι κατασκευάζονται με συγκεκριμένο τρόπο, έτσι ώστε αντέχουν στις πιέσεις του νερού.



Εικόνα 7: Παράδειγμα τύπου φράγματος βαρύτητας

Ωστόσο, υπάρχει ένα παράδειγμα αστοχίας φράγματος βαρύτητας και δεν είναι άλλο από το φράγμα του Μαραθώνα. Η κατασκευή του φράγματος αυτού ξεκίνησε το 1926 και ολοκληρώθηκε το 1929, έργο το οποίο μελετήθηκε και κατασκευάστηκε από την ΟΥΛΕΝ. Το ατυχές συμβάν ήταν το εξής: κατά τη διάρκεια της κατασκευής του φράγματος, ενώ το πρόφραγμα είχε ανυψωθεί, η παροχή του ποταμού Χαράδρου αυξήθηκε μετά από έντονες βροχοπτώσεις, γεγονός που οδήγησε σε πλημμύρα. Το σύστημα εκτροπής του φράγματος δεν ανταπεξήλθε στους όγκους

³⁰<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teelar/EKDILWSEIS/damConference/eisigiseis/7.2.pdf>

³¹<http://www.zbcc168.com/eshowproducts.asp?ID=181>

των πλημμυρών, γεγονός που οδήγησε το φράγμα στη πλήρη κατάρρευση και τη κατάκλυση της περιοχής.³²

Δευτερεύον πλεονέκτημα των φραγμάτων βαρύτητας είναι πως έχουν άμεση σχέση με τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας. Πιο αναλυτικά, τα φράγματα βαρύτητας μπορούν να σχηματίζουν τεχνητές λίμνες, έτσι ώστε αυτές με τη σειρά τους να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αν συνεργαστεί κανείς με κάποιο ειδικά διαμορφωμένο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο, με υγρό το οποίο φτάνει εκτός με ένα αγωγό με μήκος 8.620 μέτρα, και το νερό αυτό κινεί δυο τουρμπίνες που από επάνω είναι γεννήτριες, οι οποίες παρέχουν 75.000 Volt, τότε ξεκινάει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Ένα παράδειγμα αποτελεί το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο του Λάδωνα.³³ Επιμέρους πλεονέκτημά τους (σε σχέση με τα γεωφράγματα) αποτελεί το γεγονός ότι ο υπερχειλιστής αποτελεί τμήμα του φράγματος, ενώ στα γεωφράγματα ο υπερχειλιστής αποτελεί χωριστή κατασκευή, που τοποθετείται σε ένα εκ των αντρευσμάτων (και έχει υψηλό κόστος).³⁴



Εικόνα 8: Το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο του Λάδωνα

³²<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teclar/EKDILWSEIS/damConference/eisigiseis/7.2.pdf>

³³<http://gym-dafnis.ach.sch.gr/fragmata.htm>

³⁴<http://users.civil.ntua.gr/kavvadas/Spec-Topics/PDFs/dams-1.pdf>

Παρά τα αρκετά πλεονεκτήματα των φραγμάτων βαρύτητας έχουν και αρκετά μειονεκτήματα.

Πρώτα απ' όλα,

- Επιβάλλουν μεγάλη φόρτιση ως προς τη βάση τους
- Κατασκευάζονται μόνο σε κοιλάδες με βάση και αντερείσματα από υλικά βραχώδη υψηλών αντοχών και υψηλών μέτρων ελαστικότητας
- Απαιτούν ειδική κατασκευή, καθώς πρέπει οι καθιζήσεις της έδρασης του φράγματος να είναι μικρές, και συνεπώς να αποδέχονται από τον άκαμπτο φορέα του σκυροδέματος
- Πρέπει να κατασκευάζονται σε σχετικά στενές κοιλάδες, καθώς σε μεγάλες κοιλάδες δεν αποτελούν την έσχατη οικονομική λύση.³⁵

B. Τοξωτό φράγμα

Τα τοξωτά φράγματα σε γενικές γραμμές απαιτούν τη μέγιστη φόρτιση ως προς τα αντερείσματα της κοιλάδας, γεγονός το οποίο απαιτεί τη κατασκευή τους σε στενές κοιλάδες με αντερείσματα από βραχώδη υλικά, τα οποία έχουν υψηλή αντοχή. Το καλό με τα τοξωτά φράγματα είναι ότι συνήθως έχουν μεγάλο ύψος (άνω των 150 μέτρων και συχνά άνω των 200 μέτρων), επειδή στα ύψη αυτά είναι οικονομικά συμφέρουσα η λύση τοξωτού φράγματος και επιπλέον στις στενές κοιλάδες οι ταμειυτήρες απαιτούν μεγάλα ύψη φράγματος για να έχουν αξιόλογη χωρητικότητα.³⁶

Μειονέκτημα των τοξωτών φραγμάτων είναι η προϋπόθεσή τους να υπάρχει ένα σταθερό βραχώδες υπόβαθρο, έτσι ώστε να αντέχεται η πίεση που ασκείται και να υπάρχουν ελάχιστες έως καθόλου επιβλαβείς καθιζήσεις.

Το πλεονέκτημα των τοξωτών φραγμάτων είναι πως οι δυνάμεις και οι πιέσεις των νερών ασκούνται πλευρικά στις συναρμογές. Από οικονομικής πλευράς τα τοξωτά φράγματα αποτελούν μία συμφέρουσα λύση, όταν ο λόγος χορδής τόξου

³⁵<http://users.civil.ntua.gr/kavvadas/Spec-Topics/PDFs/dams-1.pdf>

³⁶<http://users.civil.ntua.gr/kavvadas/Spec-Topics/PDFs/dams-1.pdf>

φράγματος προς το ύψος φράγματος είναι μικρότερος του 3 και τα πετρώματα έχουν επαρκείς μηχανικές αντοχές.³⁷

Βέβαια, το να κατασκευάσει κανείς τοξωτά φράγματα είναι μια διαδικασία δύσκολη, αλλά σύμφωνα με την έρευνα του Μουτάφη, πολιτικού μηχανικού, εύλογα βγαίνει το συμπέρασμα πως δεν υπάρχουν αρκετές αστοχίες σε τοξωτά φράγματα, σε αντιδιαστολή με τα χωμάτινα φράγματα.³⁸

Σε γενικές γραμμές, τα τοξωτά φράγματα έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Έχουν μεγάλες αντοχές και υψηλό μέτρο παραμορφωσιμότητας
- Έχει οικονομικότητα ως προς το σκυρόδεμα
- Δεν έχει μεγάλη ευαισθησία σε υποπιέσεις
- Έχει γεωμορφολογικούς περιορισμούς³⁹



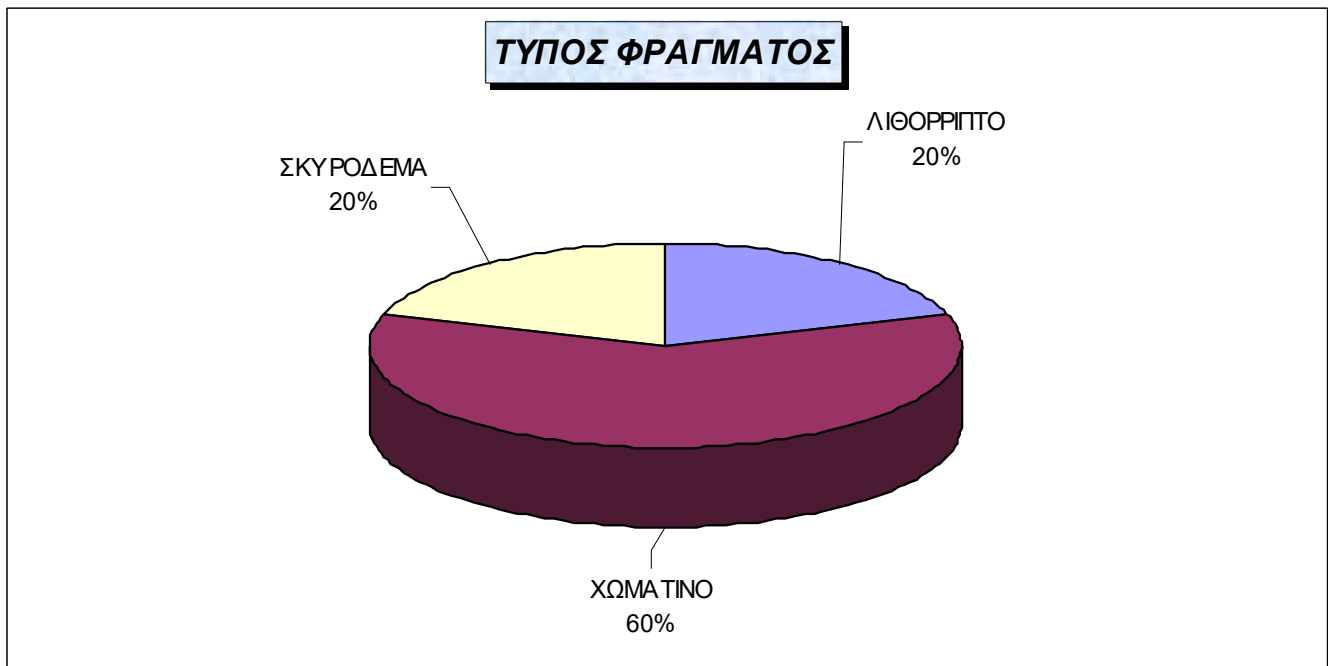
Εικόνα 9: Το τοξωτό φράγμα του Μαραθώνα

³⁷ Achilleos_Gerasimos_Dip_2015.pdf

³⁸ <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teelar/EKDILWSEIS/damConference/eisigiseis/7.2.pdf>

³⁹ <http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg881e/assets/geologikes-meletes-8o-9o-mathima-site.pdf>

Γ. Χωμάτινο φράγμα



Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα γίνεται σαφές πως η πλειονότητα των φραγμάτων είναι χωμάτινα. Συνεπώς, ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι πως τα χωμάτινα φράγματα είναι περισσότερο εύκολα ως προς τη κατασκευή τους.

Όμως, παρά την μεγάλη συμπύκνωσή τους αφήνουν κενά ανάμεσα στους κόκκους, ενώ απαιτείται ύψιστη κατασκευή υπερχειλιστή με κατάλληλη παροχέτευση, έτσι ώστε να αποφευχθεί μια απρόβλεπτη πλημμύρα.⁴⁰ Αν μη τι άλλο, τα χωμάτινα φράγματα έχουν και τα μεγαλύτερα ποσοστά αστοχίας. Είναι αρκετές οι περιπτώσεις αστοχίας χωμάτινων φραγμάτων, που έχουν συμβεί στο παρελθόν. Οι κυριότεροι τρόποι αστοχίας τους είναι (1) με υπερπήδηση, (2) με διασώληνωση και (3) διάφορα άλλα αίτια. Χαρακτηριστική είναι η καταστροφή του χωμάτινου φράγματος στο ποταμό Teton στο Idaho των ΗΠΑ.⁴¹

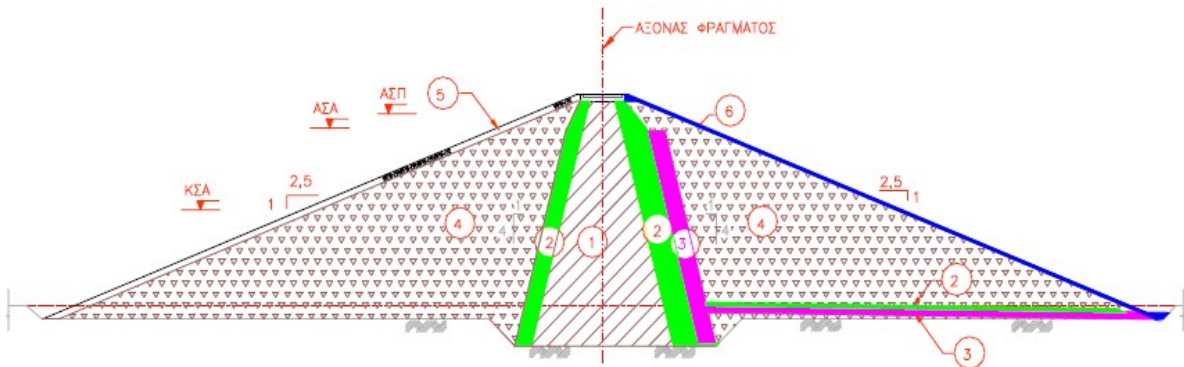
Όμως, παρά τα μειονεκτήματα των χωμάτινων φραγμάτων τα υλικά κατασκευής τους χαρακτηρίζονται από πολύ μεγάλη ποικιλία στην κοκκομετρική τους διαβάθμιση. Από τις αμμώδεις αργίλους του πυρήνα μεταβαίνουν σταδιακά στις

⁴⁰ https://eclass.teiath.gr/modules/document/file.php/PEY130/EARTH_DAMS_PRESENTATION.pdf

⁴¹ <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teelar/EKDILWSEIS/damConference/eisigiseis/8.2.pdf>

λιθορριπές του εξωτερικού κελύφους δημιουργώντας αλληπάλλληλες ζώνες με διαφορετικά μηχανικά χαρακτηριστικά.⁴²

Διαζώνηση χωμάτινου φράγματος



| | |
|--------------------------------|--|
| Ζώνη 1 – Πυρήνας | Αδιαπέρατα υλικά |
| Ζώνη 2 – Φίλτρο | Διαβαθμισμένο αμμώδες υλικό |
| Ζώνη 3 – Στραγγιστήριο | Διαβαθμισμένο χαλικώδες υλικό |
| Ζώνη 4 – Κελύφη | Αμμοχάλικα, κορήματα, κερματισμένος βράχος |
| Ζώνη 5 – Κυματοπροστασία | Ογκόλιθοι - Τρόχμαλοι |
| Ζώνη 6-Κατάντη ζώνη προστασίας | Λίθοι - κροκάλες |

⁴² <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teelar/EKDILWSEIS/damConference/eisigiseis/9.4.pdf>

4.2 Κριτήρια επιλογής φράγματος

Για την κατάλληλη επιλογή της θέσης ενός φράγματος και για τον τύπο κατασκευής λαμβάνονται πάντα υπ' όψη γεωλογικά-γεωτεχνικά κριτήρια, υδρολογικά κριτήρια, καθώς και κριτήρια αναφορικά με τη μορφολογία-τοπογραφία.

Πιο συγκεκριμένα:

- **Τοπογραφικά - μορφολογικά κριτήρια**

Ανάλογα με τον λόγο χορδής προς ύψος της κοιλάδας, που διέρχεται το ρέμα, διακρίνονται σε:

- ✓ φαράγγια: λόγος χορδής/ύψους < 3.
- ✓ στενές κοιλάδες: λόγος χορδής/ύψους < 3-6
- ✓ κοιλάδες: λόγος χορδής/ύψους > 6 ή 7
- ✓ πεδιάδα: επίπεδη περιοχή

Τα φράγματα, που μπορούν να κατασκευαστούν στις επιμέρους κοιλάδες, είναι τα παρακάτω:

- ✓ **Στο φαράγγι:** Λεπτά τοξωτά φράγματα, επειδή αντέχουν σε υψηλές πιέσεις
- ✓ **Στη στενή κοιλάδα:** Μικτά βαρύτητας-τοξωτά και Παχιά τοξωτά, ανάλογα με τις ιδιότητες των αντερεισμάτων και τη θεμελίωση.
- ✓ **Στη φαρδιά κοιλάδα:** Κάθε τύπος φράγματος εκτός τα τοξωτά
- ✓ **Στην πεδιάδα:** Χωμάτινα ή Λιθόρριπτα πολύ μεγάλου μήκους

- **Υδρολογικά κριτήρια**

Τα κυριότερα υδρολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής είναι⁴³:

- ✓ Μέση ετήσια Απορροή: το ποσοστό του νερού των κατακρημνισμάτων που απορρέει επιφανειακά. Εξαρτάται από τη φύση των πετρωμάτων, από τις κλιματικές συνθήκες και το είδος της βλάστησης. Η ποσότητα του νερού που ρέει επιφανειακά κυμαίνεται από 20% έως σπανιότερα 50%.
- ✓ Πλημμυρικές παροχές: υπολογίζονται για συγκεκριμένη περίοδο επανάληψης μέσω στατιστικών μεθόδων, που λαμβάνουν υπόψη τα

⁴³Σημειώσεις Διαλέξεως μαθήματος «Τεχνική Γεωλογία II»

υδρολογικά χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής. Οι τιμές παίζουν καθοριστικό ρόλο στη σχεδίαση των υπερχειλιστών.

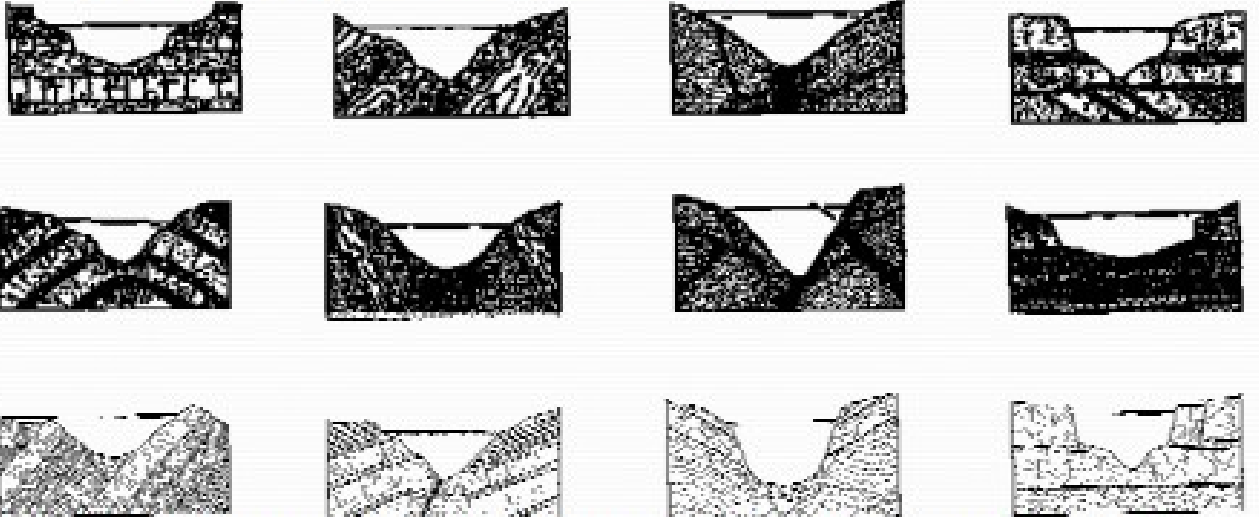
- **Γεωλογικά - γεωτεχνικά κριτήρια**

Από τα συγκεκριμένα κριτήρια εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η επιλογή ή απόρριψη της θέσης του φράγματος, καθώς και του τύπου φράγματος.

- ✓ Εξασφάλιση στεγανότητας των σχηματισμών που δομούν τον ταμιευτήρα
- ✓ Ευστάθεια των πρανών της λεκάνης κατάκλυσης και των αντερεισμάτων
- ✓ Παρουσία στη λεκάνη απορροής βραχωδών και εδαφικών σχηματισμών ανθεκτικών στη διάβρωση
- ✓ Εξασφάλιση ασφαλούς θεμελίωσης του φράγματος
- ✓ Εξασφάλιση στεγανότητας της επιφάνειας θεμελίωσης του φράγματος
- ✓ Παρουσία πετρωμάτων με ικανοποιητικά μηχανικά χαρακτηριστικά προκειμένου να επιτραπεί η ασφαλής θεμελίωση των επιφανειακών και η οικονομική διάνοιξη των υπογείων συναφών έργων.
- ✓ Ύπαρξη δανειοθαλάμων απόληψης υλικών κατασκευής σε σχετικά μικρή απόσταση από το έργο⁴⁴.

⁴⁴Σημειώσεις Διαλέξεως μαθήματος «Τεχνική Γεωλογία II»

Απαιτείται λεπτομερής γεωλογική χαρτογράφηση, δίκτυο δειγματοληπτικών γεωτρήσεων και διενέργεια δοκιμών εισπίεσης νερού σε επιλεγμένες θέσεις της λεκάνης κατάκλυσης.



Ποικίλες σχηματικές απεικονίσεις γεωλογικών συνθηκών οι οποίες ανάλογα με τη φύση των σχηματισμών μπορεί να καταστούν ιδιαίτερα δυσμενείς.

| | ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ | ΧΩΜΑΤΙΝΟ Ή ΛΙΘΟΡΡΙΠΤΟ ΦΡΑΓΜΑ | ΦΡΑΓΜΑ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ | ΤΟΞΩΤΟ ΦΡΑΓΜΑ |
|-------------------------------|---|---|---|--|
| ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ | Απαιτούμενος λόγος Ύψος: Εύρος | > 1:2 | | > 1:5 |
| | Ασυμμετρία της κοιλάδας | μικρή επίδραση | μικρή επίδραση | σημαντική επίδραση |
| | Κατάντη μορφολογία | μικρή επίδραση | σχεδόν χωρίς επίδραση | αποφασιστική |
| | Υπερχειλιστής | συχνά δυσκολίες (τοπογραφικά προβλήματα) | Συνήθως πολύ απλός | απλός |
| ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ | Επίδραση δομής βράχου | μικρή | μικρή | μεγίστης σημασίας |
| | Μηχανικές ιδιότητες βραχώμαζας | μικρής σημασίας | με σημασία | με μεγάλη σημασία |
| | Υδραυλικές ιδιότητες βραχώμαζας | πολύ υψηλής σημασίας. Διάβρωση. Κίνδυνος για το έργο | μεγάλης σημασίας στα πρανή | |
| ΣΕΙΣΜΟΣ | Επίδραση στην ασφάλεια | μικρή | μικρή | μέση |
| ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ | Συχνότητα βλαβών | 6,3% | 2,7% | 3,6% |
| | Σε πλημμυρά | εξαιρετικά υψηλή | πολύ χαμηλή | χαμηλή |
| | Ασφάλειας της δομής του έργου | υψηλή | μέση | χαμηλή |
| | Υπέδαφος | μέση | μέση | υψηλή |
| | Επίδραση αστάθειας κλιτύων ταμειυτήρα στην ασφάλεια του έργου | εξαιρετικά υψηλή | πολύ χαμηλή | χαμηλή |
| | Υλικά κατασκευής | Μεγάλος όγκος, σημασία οι μικρές αποστάσεις μεταφοράς | Μεγάλοι όγκοι, σημασία οι μικρές αποστάσεις μεταφοράς | Μικροί όγκοι, μικρότερης σημασίας η μεταφορά |

ΦΡΑΓΜΑΤΑ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ⁴⁵:

- ✓ Σε υγιή και ικανή βραχόμαζα θεμελίωσης δεν έχουν περιορισμούς ύψους, κλιματολογικών συνθηκών
- ✓ Ευαισθησία σε σεισμούς, καθιζήσεις – διαφορικές καθιζήσεις και υπόγειες υδροστατικές πιέσεις
- ✓ Δεν χρειάζονται υπερχειλιστή, δεν επηρεάζονται από τη μορφολογία, δεν αστοχούν ξαφνικά
- ✓ Έχουν μεγαλύτερο κόστος κατασκευής από τα εύκαμπτα, αλλά φτηνή συντήρηση
- ✓ Δεν επηρεάζονται από τη μορφολογία, δεν αστοχούν ξαφνικά

ΤΟΞΩΤΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ⁴⁶ :

- ✓ Απαιτήσεις για ιδιαίτερα ικανή βραχόμαζα στα αντερείσματα (στην αντοχή και τις παραμορφώσεις)
- ✓ Μικρή ευαισθησία στις υπόγειες υδροστατικές πιέσεις, μικρότερο κόστος από της βαρύτητας
- ✓ Κλιματολογικοί, χρονοβόρα κατασκευή ευαισθησία σε σεισμό

ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ⁴⁷ :

- ✓ Προσφέρονται για βραχόμαζες χαμηλών αντοχών, ετερογενείς σχηματισμούς, σεισμογόνες περιοχές
- ✓ Ευαισθησία στην υπόγεια διάβρωση, αστοχούν ξαφνικά χωρίς προειδοποίηση
- ✓ Μικρός χρόνος και κόστος κατασκευής, μεγάλο κόστος συντήρησης
- ✓ Απαιτούν υπερχειλιστή ή εκχειλιστή και ήπια μορφολογία κοιλάδας

⁴⁵http://engeo-hydro.weebly.com/uploads/3/1/3/9/31391503/dams_newer_low.pdf

⁴⁶http://engeo-hydro.weebly.com/uploads/3/1/3/9/31391503/dams_newer_low.pdf

⁴⁷http://engeo-hydro.weebly.com/uploads/3/1/3/9/31391503/dams_newer_low.pdf

4.3 Επιλογή τύπου φράγματος

Τα χωμάτινα φράγματα κατασκευάζονται σε περιοχές όπου υπάρχουν τα κατάλληλα εδαφικά υλικά και η βραχώμαζα είναι φτωχή ή υπάρχει ετερογένεια στο υλικό. Στα μικρού μεγέθους χωμάτινα χρησιμοποιείται εξ' ολοκλήρου από ένα είδος υλικού (αλλούβια, αποσαθρωμένο υπόβαθρο). Στα μεγάλα χωμάτινα φράγματα, που έχουν ζωνώδη κατασκευή, χρησιμοποιούνται ποικίλα υλικά, που εξάγονται από διαφορετικές πηγές ή παρασκευάζονται με μηχανικό ή υδραυλικό διαχωρισμό. Το σημαντικότερο στοιχείο της κατασκευής είναι ο στεγανός τάπητας ή ο πυρήνας που αποτελείται από αργιλικά υλικά.

Τα λιθόρριπτα φράγματα κατασκευάζονται σε περιπτώσεις όπου, λόγω χαμηλής αντοχής των πετρωμάτων στη θέση του φράγματος, δεν μπορεί να κατασκευαστεί τσιμεντένιο. Είναι αναγκαία, λοιπόν, η ύπαρξη στην περιοχή δανειοθαλάμων κατάλληλων για την κατασκευή της λιθορριπής, πετρώματα σκληρά που δεν αποσαθρώνονται εύκολα. Επίσης, αναγκαία είναι η ύπαρξη αργιλικού υλικού για την κατασκευή του αργιλικού πυρήνα αλλιώς κατασκευάζεται ανάντη πλάκα σκυροδέματος ή ασφαλτικός τάπητας.

Τα φράγματα βαρύτητας, λόγω της βαριάς κατασκευής τους, απαιτούν πετρώματα με μεγάλη φέρουσα ικανότητα ($8,5-11,5 \text{ kg/cm}^2$ ή $0,85-1,1 \text{ MPa}$) στην επιφάνεια του εδάφους ή σε βάθος 7-10 m. Απαιτούν μεγάλες ποσότητες σκυροδέματος σε σχέση με τους άλλους τύπους φραγμάτων άρα και ικανές ποσότητες δανειοθαλάμων για την διάθεση ποσοτήτων αδρανών υλικών και ταυτόχρονα να βρίσκονται σε ικανή απόσταση από τη θέση του φράγματος. Κατά την κατασκευή θα πρέπει το μήκος της στέψης να είναι πέντε φορές μεγαλύτερο από το ύψος του φράγματος και το πλάτος της βάσης θα πρέπει να είναι τα $2/3$ του ύψους μέχρι τη στέψη. Αποτελούν τα πιο ασφαλή φράγματα από άποψη κατασκευής και αντιμετωπίζουν τις υδροστατικές δυνάμεις, που εκδηλώνονται με τάση να προκαλέσουν ανατροπή ή ολίσθηση.

Τα τοξωτά φράγματα κατασκευάζονται καμπυλωτά προς τα ανάντη. Η πίεση του νερού του ταμιευτήρα τείνει να μειώσει την καμπυλότητα του τόξου και να το ωθήσει προς τα κατόντη. Λόγω των ισχυρών τάσεων, που ασκούνται οριζόντια μέσα στο φράγμα προς τα ακρόβαθρα, τα οποία θα πρέπει να αντισταθούν σ' αυτές, θα πρέπει τα ίδια και τα θεμέλια να αντέξουν το φορτίο της κατασκευής. Το

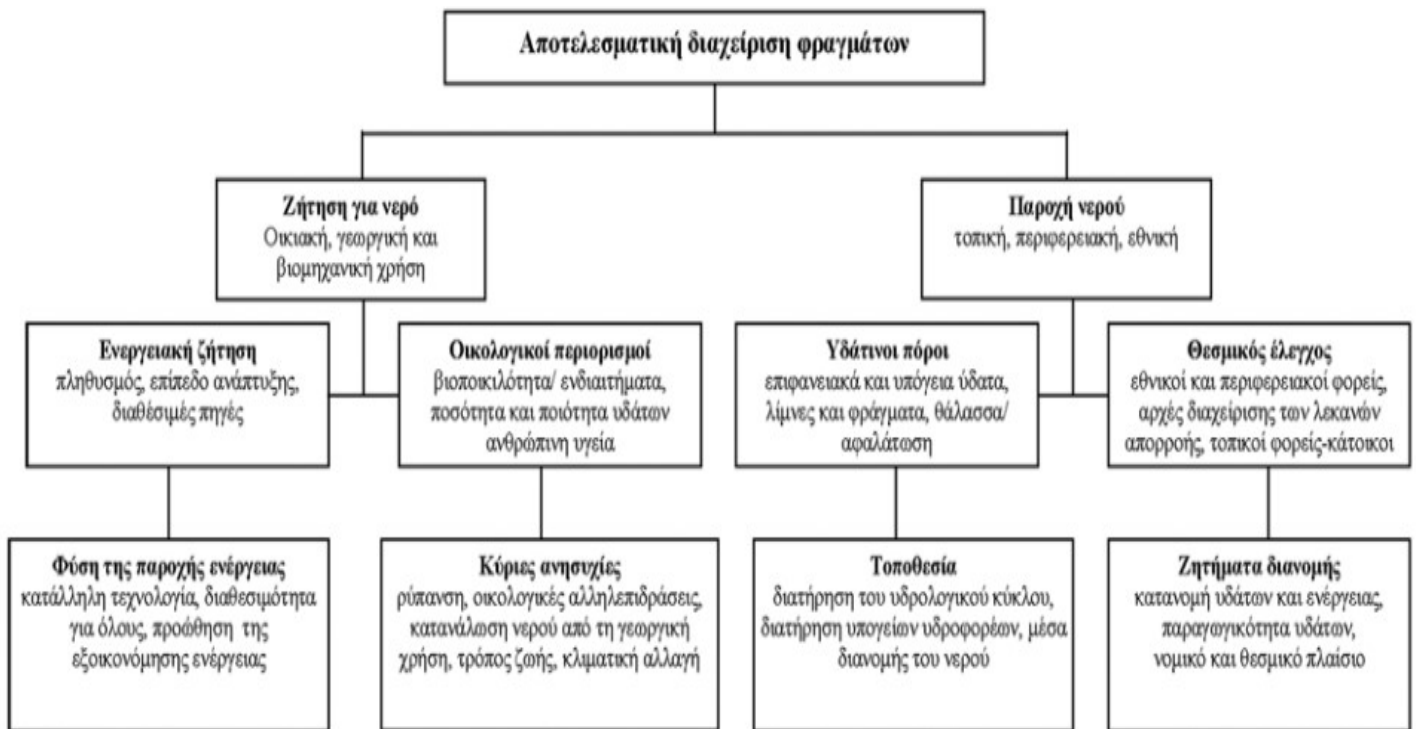
πέτρωμα θεμελίωσης και εκείνο των αντερεισμάτων, λοιπόν, θα πρέπει να είναι πολύ ψηλής ποιότητας (55-75 kg/cm² ή 5,5-7,5 MPa).

Τα παχιά τοξωτά φράγματα προσφέρονται για κοιλάδες με λόγο πλάτους προς ύψος μεταξύ 3 και 5, δηλαδή κοιλάδες με πολύ ανθεκτικά πετρώματα θεμελίωσης και στα αντερείσματα (>3,22 MPa).

Τα λεπτά τοξωτά φράγματα προσφέρονται για κοιλάδες με λόγο πλάτους προς ύψος <3 και με μεγάλη αντοχή των αντερεισμάτων (5,35-7,49 MPa).

Τα αντηριδωτά φράγματα προσφέρονται σε περιοχές όπου υπάρχει έλλειψη σκυροδέματος. Απαιτούν πέτρωμα μεγάλης φέρουσας ικανότητας (22-32 kg/cm² ή 2,2-3,2 MPa).

<http://ikee.lib.auth.gr/record/135313/files/GRI-2014-13299.pdf>



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τον Χόνδρο (2006) η συζήτηση για τα μεγάλα φράγματα είναι τελικά μια συζήτηση για το σκοπό και την διαδρομή της ίδιας της ανάπτυξης, όπου οφείλουν οι αποφασίζοντες για τα μεγάλα φράγματα και τις εναλλακτικές τους λύσεις να συμπεριλάβουν τις διαφορετικές ανάγκες, τις προσδοκίες, τους στόχους αλλά και τις επιταγές της σύγχρονης αντίληψης για την προστασία του περιβάλλοντος.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι η Ελλάδα είναι ίσως η μοναδική χώρα στην Ευρωπαϊκή Ένωση, «η οποία στερείται συγκεκριμένου θεσμικού νόμου ή κανονισμού σχετικού με την παρακολούθηση μετά την κατασκευή, τη λειτουργία των φραγμάτων και γενικότερα των αναχωμάτων ταμιευτήρων νερού, είτε πρόκειται για κλασικού τύπου ταμιευτήρες σε κοίτες υδατορευμάτων, είτε για εξωποτάμιες λιμνοδεξαμενές»(Καπλανίδης, 2008).

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να γίνονται περιβαλλοντικές παρεμβάσεις με στόχο (Καπλανίδης, 2008):

- τη βελτίωση του μικροκλίματος της λεκάνης απορροής,
- την προστασία από διαβρώσεις εδαφών και την πρόσχωση του ταμιευτήρα, την επαύξηση της επιφανειακής απορροής,
- τη διατήρηση της ιχθυοπανίδας,
- την αειφόρο διαβίωση της ορνιθοπανίδας, και
- την προσέλκυση ήπιων δραστηριοτήτων ανθρώπινης αναψυχής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Καπλανίδης, Α. (2008). Τα Φράγματα και οι Λιμνοδεξαμενές του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων. 1ο Πανελλήνιο συνέδριο Μεγάλων Φραγμάτων, ΤΕΕ, ΤΕΕ-Τμ.ΚΔΘ, 13-15 Νοεμβρίου, 2008: Λάρισα.

Πολύζος, Σ. και Παράσχος, Κ. (2003). Προϋποθέσεις σχεδιασμού και κατασκευής μεγάλων Φραγμάτων: Η Εμπειρία από τα έργα Σμοκόβου και Αχελώου. Πρακτ. Συνεδρίου: «Διαχείριση Υδάτινων Πόρων και Αειφόρος Ανάπτυξη της Θεσσαλίας», Λάρισα Δεκέμβριος.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ & ΤΡΟΦΙΜΩΝ (2006). Τα Φράγματα και οι Λιμνοδεξαμενές. Υπ.Α.Α.Τ. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: http://www.ekke.gr/estia/gr_pages/F_synerg/mikra%20fragmata_yp.georgias/mikra%20fragmata.pdf

Χόνδρο, Γ. (2006). Φράγματα και ανάπτυξη. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική ανάπτυξη: http://www.ecocrete.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=2226&Itemid=82

Σημειώσεις Διαλέξεως μαθήματος «Τεχνική Γεωλογία II», http://www.legah.metal.ntua.gr/pdf/tex2/2014/dialexis/06%20%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82%20%CE%93%CE%B5%CF%89%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1%CF%82%20%CE%99%20_%20%CE%A6%CF%81%CE%AC%CE%B3%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1%20-%20%CE%93%CE%B5%CF%89%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%AC%20%CE%9A%CF%81%CE%B9%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%B1%20%CE%A3%CF%87%CE%B5%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D.pdf

http://www.ekke.gr/estia/gr_pages/F_synerg/mikra%20fragmata_yp.georgias/mikra%20fragmata.pdf

http://library.tee.gr/digital/m2134/m2134_moutafis.pdf

<http://www.agrinionews.gr/%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CE%B9%CF%80%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%B1%CE%AF%CE%B1-%CE%B1%CE%BB%CF%85%CE%B6%CE%AF%CE%B1/>

http://www.pass2greece.gr/afieroma0_det.asp?afieroma_id=86

[http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/0/3008488F66DB6548C225727B003BB621/\\$file/Text.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/0/3008488F66DB6548C225727B003BB621/$file/Text.pdf)

[http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/booklets_gr/808EC6E495B3E127C22576400028AF6B/\\$file/Page1_47.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/booklets_gr/808EC6E495B3E127C22576400028AF6B/$file/Page1_47.pdf)

<http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=9520>

<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teclar/EKDILWSEIS/damConference/eisigiseis/2.7.pdf>

<http://sfrang.com/historia/selida626.htm>

http://www.legah.metal.ntua.gr/pdf/geotechATM/10%20%CE%93%CE%B5%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%9C%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20_%CE%AE%6%CF%81%CE%AC%CE%B3%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1%20-%20%CE%A3%CF%85%CE%BD%CE%BF%CE%B4%CE%AC%20%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B1.pdf

http://engeo-hydro.weebly.com/uploads/3/1/3/9/31391503/dams_newer_low.pdf

[http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/0/3008488F66DB6548C225727B003BB621/\\$file/Text.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/0/3008488F66DB6548C225727B003BB621/$file/Text.pdf)

http://users.itia.ntua.gr/dk/courses/yhe/slides/HW_15_Dams.pdf

<http://www.zbcc168.com/eshowproducts.asp?ID=181>

<http://gym-dafnis.ach.sch.gr/fragmata.htm>

<http://users.civil.ntua.gr/kavvadas/Spec-Topics/PDFs/dams-1.pdf>

[Achilleos_Gerasimos_Dip_2015.pdf](#)

<http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg881e/assets/geologikes-meletes-8o-9o-mathima-site.pdf>

https://eclass.teiath.gr/modules/document/file.php/PEY130/EARTH_DAMS_PRESENTATION.pdf