

Φράγματα – Υδραυλικές κατασκευές

9ο εξάμηνο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών



Διάλεξη 1^η: Εισαγωγή

Σπύρος Μίχας, Δημήτρης Δερματάς, Ανδρέας Ευστρατιάδης

Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ακαδημαϊκό έτος 2015-16

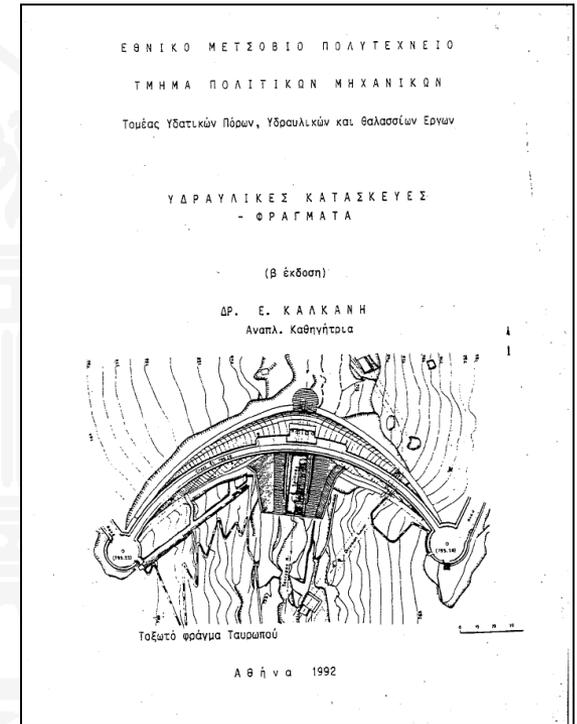
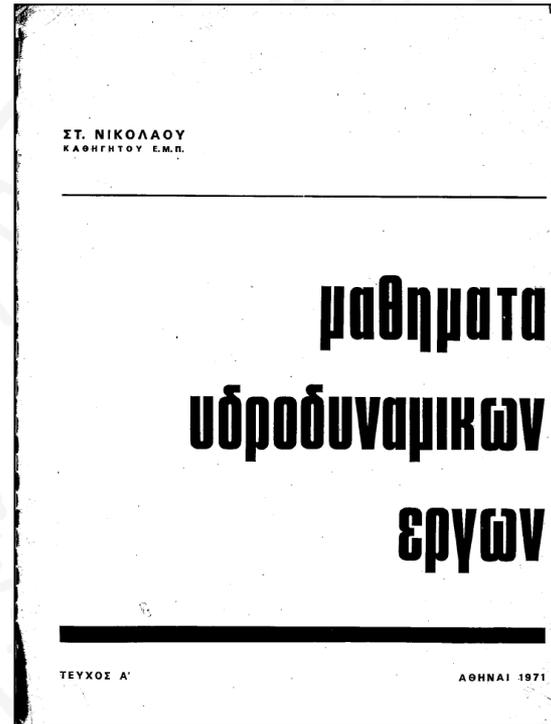
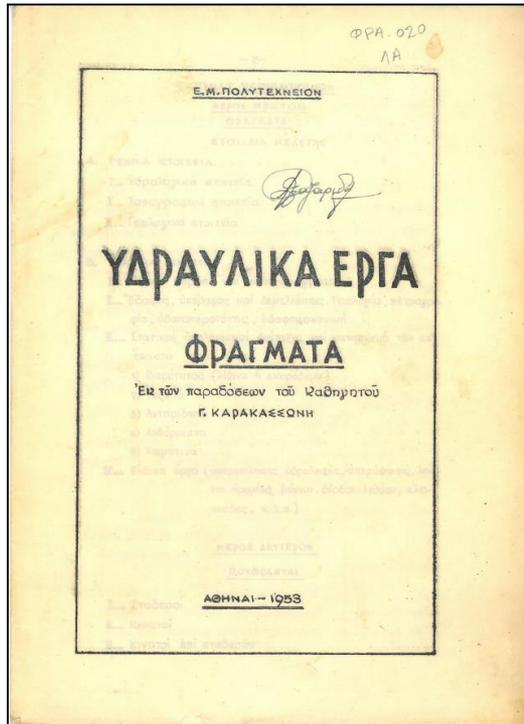
Πρόγραμμα μαθήματος

Ημερομηνία	Αντικείμενο	Άσκηση	Διδάσκων
12/10/2015	Εισαγωγή Βασικές έννοιες. Ιστορικό. Υλοποίηση φραγμάτων. Αστοχίες. Παραδείγματα.	Ασκ. 1: Σχέδιο εκσκαφών θεμελίωσης τεχνικού έργου	ΣΜ, ΑΕ, ΔΔ
19/10/2015	Γενική διάταξη φραγμάτων και συναφών έργων Τύποι φραγμάτων. Γενικές διατάξεις. Κριτήρια επιλογής. Διάρθρωση μελέτης φράγματος. Στάδια κατασκευής έργων.		ΣΜ, ΔΔ
26/10/2015	Γεωφράγματα Γενικά για τα γεωφράγματα. Τύποι γεωφραγμάτων. Βασικά θέματα σχεδιασμού. Θέματα κατασκευής. Υλικά κατασκευής.	Θέμα εξαμήνου: Προμελέτη γεωφράγματος	ΣΜ, ΔΔ
2/11/2015	Ειδικά θέματα γεωφραγμάτων – Φράγματα ΛΑΠΣ Στεγανοποίηση πυρήνα. Φράγματα ΛΑΠΣ. Μembrάνες. Λιμνοδεξαμενές.		ΣΜ, ΔΔ
9/11/2015	Φράγματα σκυροδέματος Φράγματα βαρύτητας. Τοξωτά φράγματα.		NM, ΔΔ
16/11/2015	Φράγματα RCC και σκληρού επιχώματος Φράγματα από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα και σκληρού επιχώματος.	Ασκ. 2: Χρονικός προγραμματισμός διάστρωσης φράγματος RCC	NM, ΔΔ
23/11/2015	Υδρολογία φραγμάτων Λεκάνη απορροής. Εκτίμηση εισροών. Πλημμυρογραφήματα σχεδιασμού. Εκτίμηση οικολογικής παροχής. Εκτίμηση φερτών.	Ασκ. 3: Εκτίμηση πλημμυρών σχεδιασμού	ΣΜ, ΑΕ, ΔΔ
30/11/2015	Ταμειυτήρες Κριτήρια χωροθέτησης. Στεγανότητα λεκάνης κατάκλισης. Καμπύλες ταμειυτήρα. Υδατικό ισοζύγιο. Μελέτη λειτουργίας ταμειυτήρα.	Ασκ. 4: Διαστασιολόγηση ταμειυτήρα	ΣΜ, ΑΕ, ΔΔ
7/12/2015	Υδραυλικός σχεδιασμός έργων ασφαλείας Προσωρινά έργα εκτροπής. Υπερχειλιστές. Αρχές υδραυλικού σχεδιασμού. Ανάσχεση - διόδευση πλημμύρας.	Ασκ. 5: Σχεδιασμός έργων εκτροπής	ΙΣ, ΔΔ
14/12/2015	Τεχνολογία έργων ασφαλείας Συστήματα εκτροπής. Υπερχειλιστές. Λεκάνες ηρεμίας. Εκκενωτές πυθμένα.	Ασκ. 6: Σχεδιασμός υπερχειλιστή	ΣΜ, ΔΔ
21/12/2015	Τεχνολογία έργων αξιοποίησης και λειτουργίας φραγμάτων Υδροληψίες. Αγωγοί μεταφοράς. Υ/Η έργα. Αγωγοί πτώσης. Έργα προσπέλασης. Ηλεκτρομηχανολογικά έργα. Έμφραξη και πρώτη πλήρωση. Παρακολούθηση και συντήρηση έργων. Ασφάλεια φραγμάτων.		ΣΜ, ΔΔ
11/1/2016	Περιβαλλοντικά και θεσμικά θέματα Εθνικό και ευρωπαϊκό πλαίσιο. ΜΠΕ φραγμάτων. Κύκλος ζωής φραγμάτων. Διαχείριση οικολογικής παροχής. Διαχείριση φερτών.		ΣΜ, ΑΕ, ΔΔ
18/1/2016	Παράδοση θέματος		ΣΜ, ΑΕ, ΔΔ

ΔΔ: Δημήτρης Δερματάς, ΣΜ: Σπύρος Μίχας, ΑΕ: Ανδρέας Ευστρατιάδης, ΝΜ: Νίκος Μουτάφης, ΙΣ: Ιωάννης Στεφανάκος

Η ημερήσια εκπαιδευτική εκδρομή-επίσκεψη φραγμάτων προγραμματίζεται για το Σάββατο 7 Νοεμβρίου με εναλλακτική ημερομηνία την 21^η Νοεμβρίου

Το μάθημα των φραγμάτων στο ΕΜΠ



Γενικά για τα φράγματα



Εισαγωγή

- ❑ **Φράγμα:** Ένα σύνολο τεχνικών έργων που αποσκοπεί στην συγκέντρωση και αποθήκευση ύδατος, προκειμένου να μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά ελεγχόμενο τρόπο (...αλλά και η κατασκευή που φράσει τη ροή του νερού).
- ❑ Η αποθήκευση του νερού και δημιουργία μιας τεχνητής λίμνης – ταμιευτήρα, επιτυγχάνεται με τον περιορισμό μιας κοιλότητας από το φράγμα.
- ❑ Η αποθήκευση του νερού γίνεται για την εξυπηρέτηση συγκεκριμένων σκοπών και ποσοτικοποιημένων αναγκών:
 - Ύδρευση
 - Άρδευση
 - Υδροηλεκτρική παραγωγή
 - Αντιπλημμυρική προστασία
 - Άλλες (ιχθυοκαλλιέργεια, αναψυχή, ναυσιπλοΐα, κλπ)
- ❑ Για να λειτουργήσει ένα φράγμα, απαιτείται η πρόβλεψη μιας μεγάλης σειράς βοηθητικών κατασκευών και συσκευών για:
 - Την ασφάλεια της λειτουργίας του
 - Την ελεγχόμενη απόληψη
 - Την εκκένωση
 - Τη λειτουργία και συντήρηση

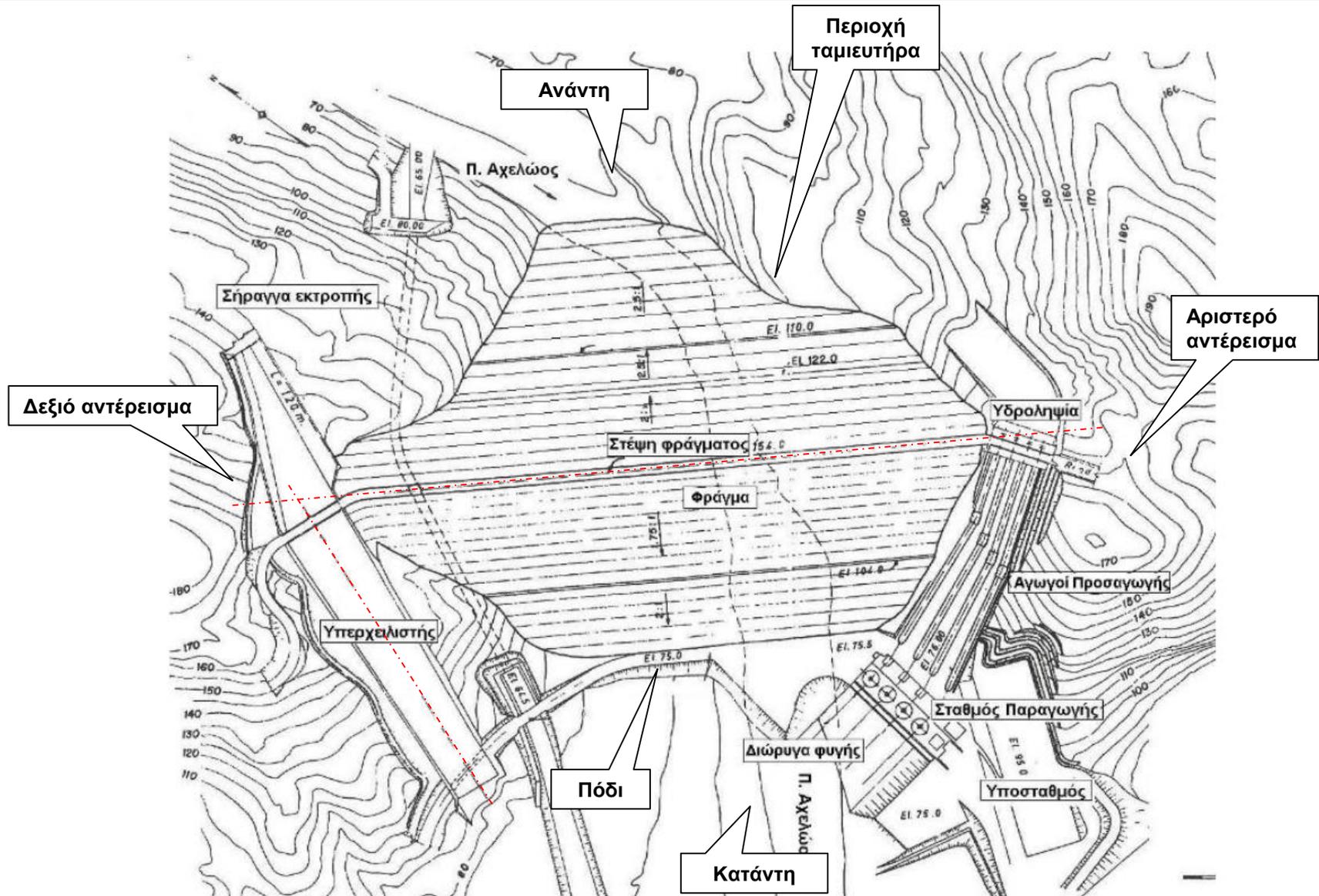
Δημιουργία και ζωή των φραγμάτων

- Καθορισμός της ανάγκης
 - Στόχοι και ανάγκες
 - Διαχειριστικές μελέτες (Οδηγία 2000/60ΕΚ)
 - Στρατηγικές μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Διαδικασίες μελέτης φραγμάτων
 - Βασικές τεχνικοοικονομικές μελέτες
 - Αναγνωριστικές μελέτες – περιοχές έργων
 - Προμελέτες – Εναλλακτικές λύσεις κατασκευής και συνοδών έργων
 - Οριστικές μελέτες – Επιλογές και διεξοδική εξέταση της προτεινόμενης λύσης
- Κατασκευή φραγμάτων
- Διαχείριση και λειτουργία φραγμάτων
 - Λειτουργία και χρήση
 - Μετρήσεις, Επιθεωρήσεις, Συντήρηση
- Ολοκλήρωση κύκλου οικονομικής ζωής
 - Καθαίρεση ή ανακαίνιση/επέκταση/τροποποίηση

Κύριοι τύποι φραγμάτων

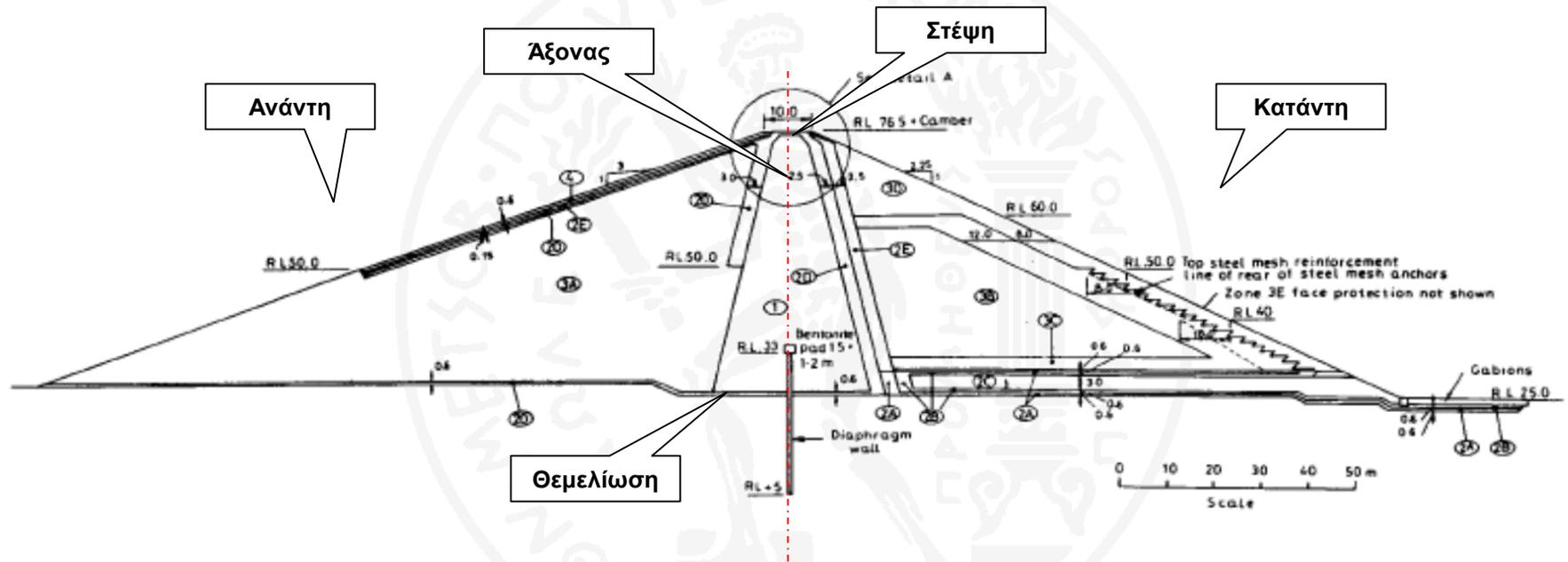
- Σκυροδέματος
 - Βαρύτητας
 - Σκυρόδεμα (συμβατικό)
 - Κυλινδρούμενο σκυρόδεμα
 - Σκληρό επίχωμα (ή ισχνό κυλινδρούμενο σκυρόδεμα)
 - Αντηριδωτά
 - Τοξωτά
- Γεωφράγματα (Αναχώματα, φράγματα από γαιώδη υλικά)
 - Χωμάτινα
 - Ομοιογενή
 - Διαζωνισμένα
 - Λιθόρριπτα με αδιαπέρατο στοιχείο
 - Με αδιαπέρατο πυρήνα
 - Με ανάντη στεγάνωση

Γενική διάταξη φράγματος

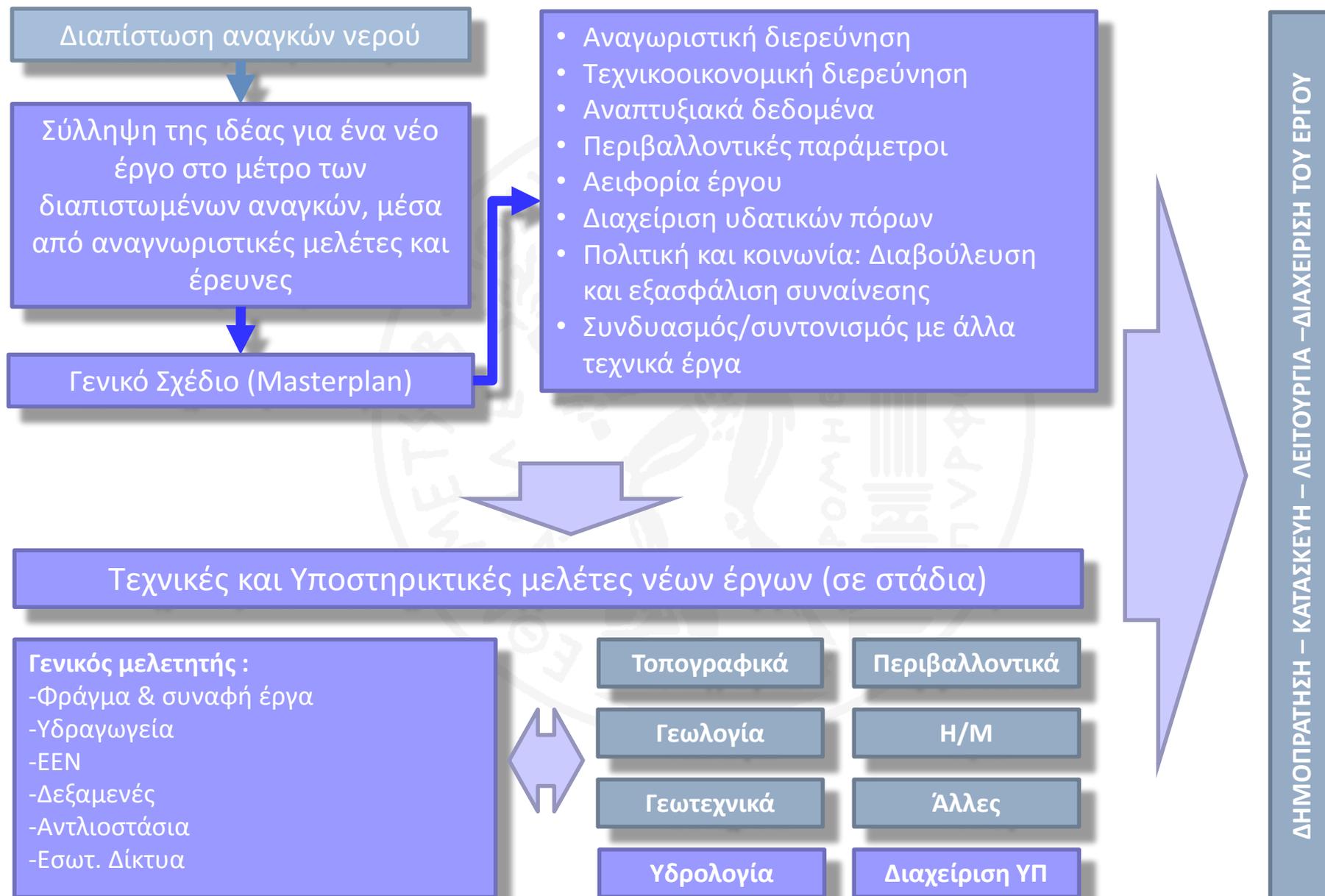


□ Φράγμα Καστρακίου

Τυπική διατομή φράγματος



Σχεδιασμός φραγμάτων



Ιστορία των φραγμάτων

- ❑ Κατασκευάζονται συνεχώς από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα, στους προηγμένους λαούς της κάθε εποχής.
- ❑ Χρήσεις:
 - Αντιπλημμυρική προστασία
 - Άρδευση – Εκτροπή - Έγχειρες βελτιώσεις
- ❑ Μερικά παραδείγματα:
 - Έλεγχος Τίγρη και Ευφράτη (από το 3.000 πΧ)
 - Αίγυπτος Sadd-El-Kafara (2.800 πΧ)
 - Υεμένη Marib (700 πΧ)
 - Ελλάδα Αλυζία (5^{ος} πΧ)
 - Ινδία Dholavira (3^{ος} πΧ)
 - Κίνα Duijiangyan (3^{ος} πΧ)
 - Ρωμαϊκή αυτοκρατορία (1^{ος} πΧ ~4^{ος} μΧ)

Κατασκευή φραγμάτων στη σύγχρονη εποχή

- ❑ Κατασκευή μεγάλων φραγμάτων βαρύτητας από σκυρόδεμα στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής στις αρχές του 20^{ου} αιώνα
 - Έμφαση στην υδροηλεκτρική ενέργεια
 - Οργανωμένη μελέτη
 - Οργανωμένη κατασκευή
 - Δραστικές εξελίξεις στο σχεδιασμό, την κατασκευή και τη διαχείριση
- ❑ Τεχνολογία σκυροδέματος - τοξωτά και αντηριδωτά φράγματα
- ❑ Σταδιακή τελειοποίηση τεχνολογίας των (μη ομοιογενών) φραγμάτων από γαιώδη υλικά και αδιαπέρατο στοιχείο (άργιλος ή άλλο).
- ❑ Κυλινδρούμενο σκυρόδεμα
- ❑ Σταδιακή τελειοποίηση άλλων τεχνολογιών (υπολογιστικές δυνατότητες στο σχεδιασμό, εξοπλισμός κατασκευής, τεχνικές διαχείρισης έργων, κλπ)
- ❑ Διεθνείς και Εθνικοί οργανισμοί. Ασχολούνται με την επιστήμη, την τεχνολογία, το θεσμικό σκέλος, το περιβάλλον.
 - Διεθνής Επιτροπή Μεγάλων Φραγμάτων (ICOLD-CIGB)
 - Ελληνική Επιτροπή Φραγμάτων και Ταμιευτήρων (Εθνικό μέλος της ICOLD)

Τα φράγματα στον κόσμο

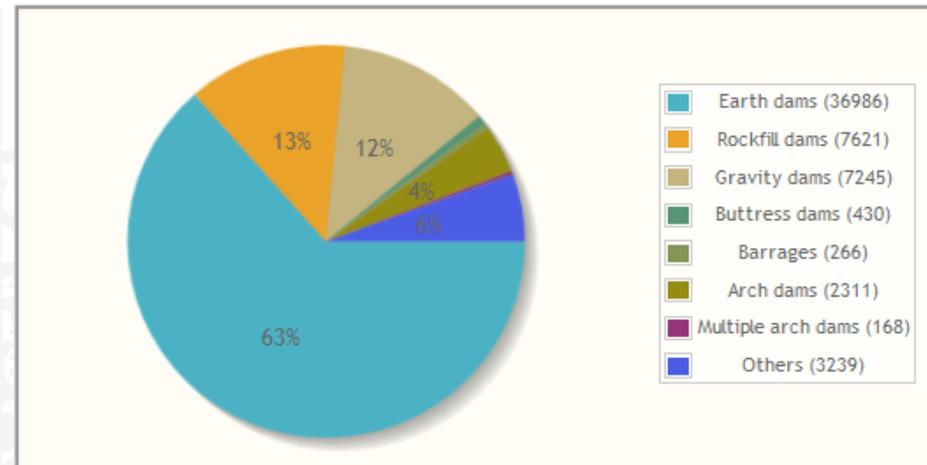
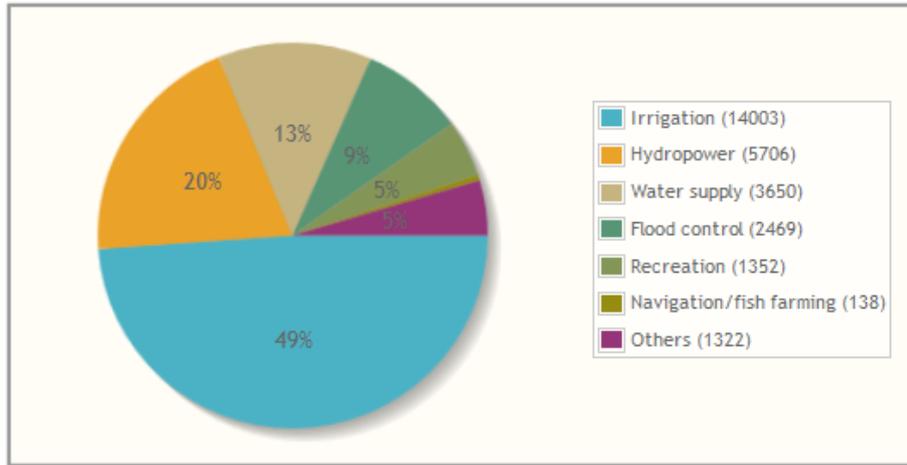


Στατιστικά στοιχεία μεγάλων φραγμάτων του κόσμου

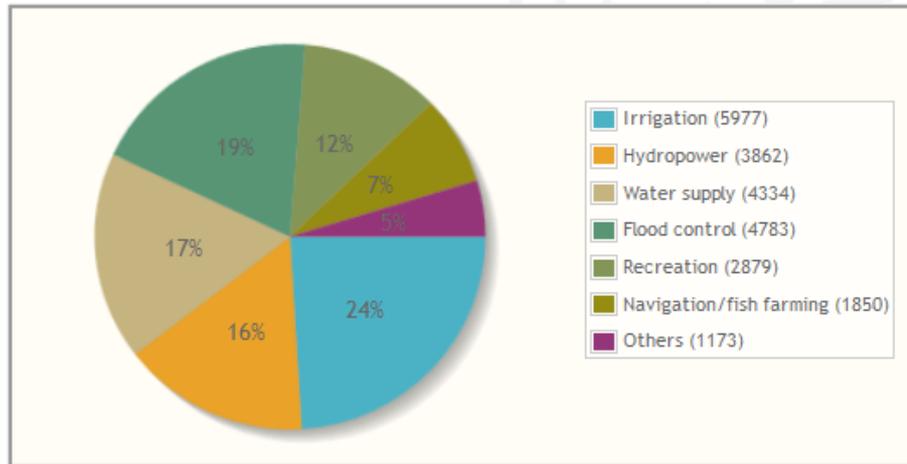
Χώρα	Αριθμός
1 China	23 842
2 United States of America	9 265
3 India	5 102
4 Japan	3 116
5 Brazil	1 392
6 Korea (Rep. of)	1 305
7 Canada	1 166
8 South Africa	1 114
9 Spain	1 082
10 Turkey	976
11 Iran	800
12 France	713
13 United Kingdom	607
14 Mexico	572
15 Italy	542
16 Australia	507
17 Norway	335
18 Albania	308
19 Germany	308
20 Zimbabwe	254
21 Romania	246
22 Thailand	218
23 Portugal	217
24 Sweden	190
25 Bulgaria	181
26 Austria	171
27 Switzerland	167
28 Greece	164
...	
47 Cyprus	57
...	
95 Luxembourg	1

- ❑ «Μεγάλο φράγμα»: Όταν το ύψος του είναι μεγαλύτερο από 15μ ή/και ο ταμιευτήρας του είναι μεγαλύτερος από 3 εκ.μ³. (Ορισμός ICOLD)
- ❑ Στη ΒΔ της ICOLD υπάρχουν καταγεγραμμένα 58.266 φράγματα που εμπίπτουν στον ορισμού του «μεγάλου φράγματος».
- ❑ Για τα φράγματα αυτά αναφέρονται οι εξής χρήσεις:
 - Υδροηλεκτρική ενέργεια
 - Ύδρευση
 - Αντιπλημμυρική προστασία
 - Άρδευση
 - Ναυσιπλοΐα
 - Αναψυχή
 - Ιχθυοτροφία
 - Άλλες

Στατιστικά στοιχεία για τα φράγματα στον κόσμο (ICOLD)

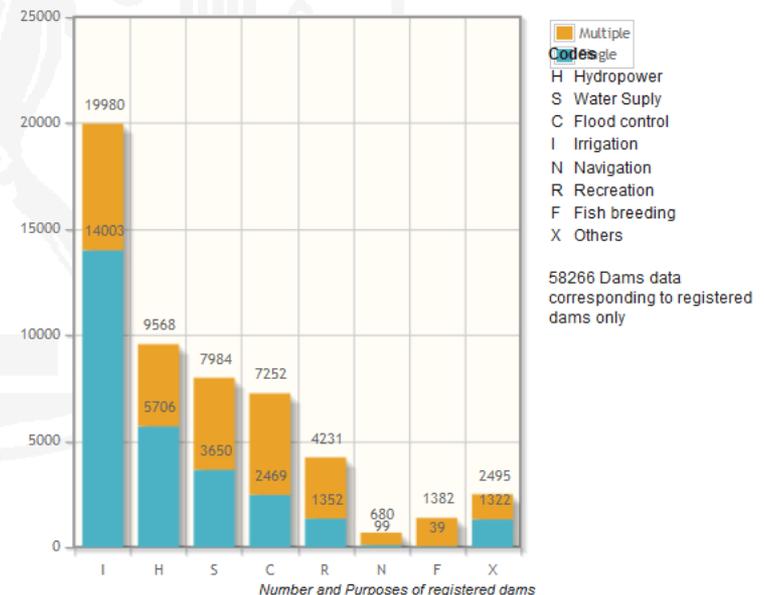


Φράγματα μονής χρήσης



Φράγματα πολλαπλών χρήσεων

Φράγματα ανά τύπο



Στατιστικά μεγέθους (ICOLD)

- Το μεγαλύτερο σε ύψος γεώφραγμα:
 - Rogun, Τατζικιστάν (335μ, υπό κατασκευή)
 - Νουρέκ, Τατζικιστάν (300μ)
 - ...
 - Συκιά (170μ, υπό κατασκευή)*
 - Κρεμαστά (165μ)
- Το μεγαλύτερο σε ύψος φράγμα βαρύτητας
 - Grande Dixence, Ελβετία (285μ)
- Το μεγαλύτερο σε ύψος τοξωτό φράγμα
 - Jinping I, Κίνα (305μ)
- Ο μεγαλύτερος ταμιευτήρας
 - Kariba, Ζιμπάμπουε/Ζάμπια (180,6 δις μ³)
- Η μεγαλύτερη ΥΗΕ εγκατάσταση σε φράγμα
 - Inga, Κονγκό (40.000 MW)
- Η μεγαλύτερη αρδευόμενη από φράγμα έκταση:
 - Shentian, Κίνα (315.000 χλμ²)

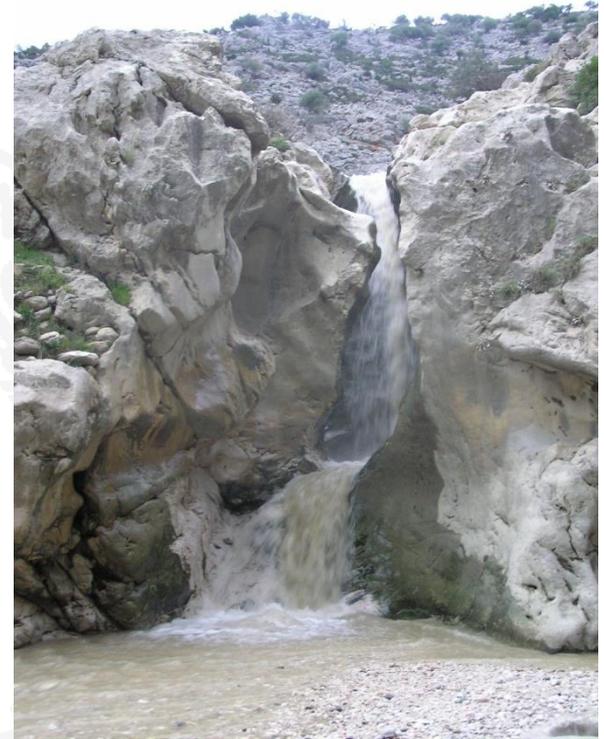
**Δεν αναφέρεται το φράγμα Θησαυρού, 170μ*

Φράγματα του κόσμου



- ❑ Φράγμα Αλυζίας (5^{ος} πΧ)
- ❑ Λιθοδομή. Αντιπλημμυρική προστασία και ανάσχεση φερτών υλών

Φράγματα του κόσμου



□ Φράγμα Αλυζίας

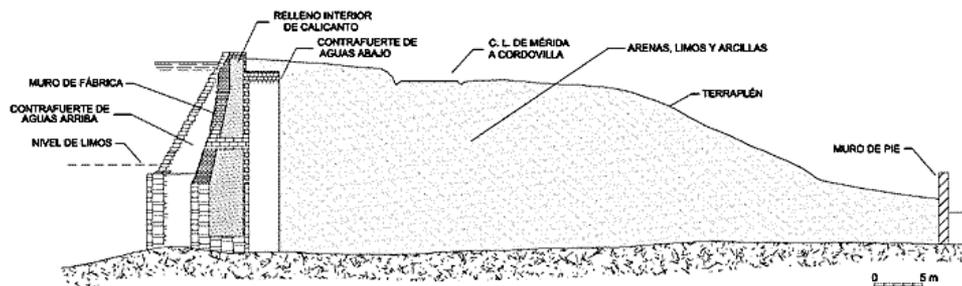


- ❑ **Φράγμα Γκλάνουμ (Glanum, 1^{ος} πΧ)**
- ❑ Έχει χαρακτηριστικά τοξωτού (Chanson)

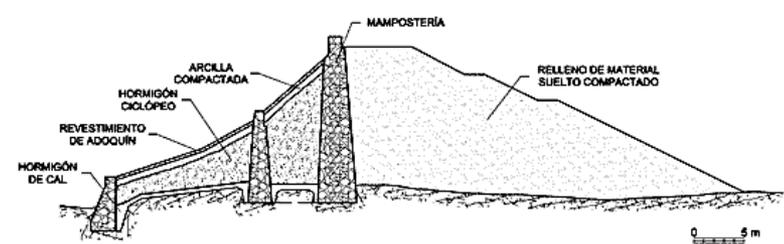
Φράγματα του κόσμου



PRESA DE PROSERPINA
(SECCIÓN)



PRESA DE CORNALVO
(SECCIÓN)



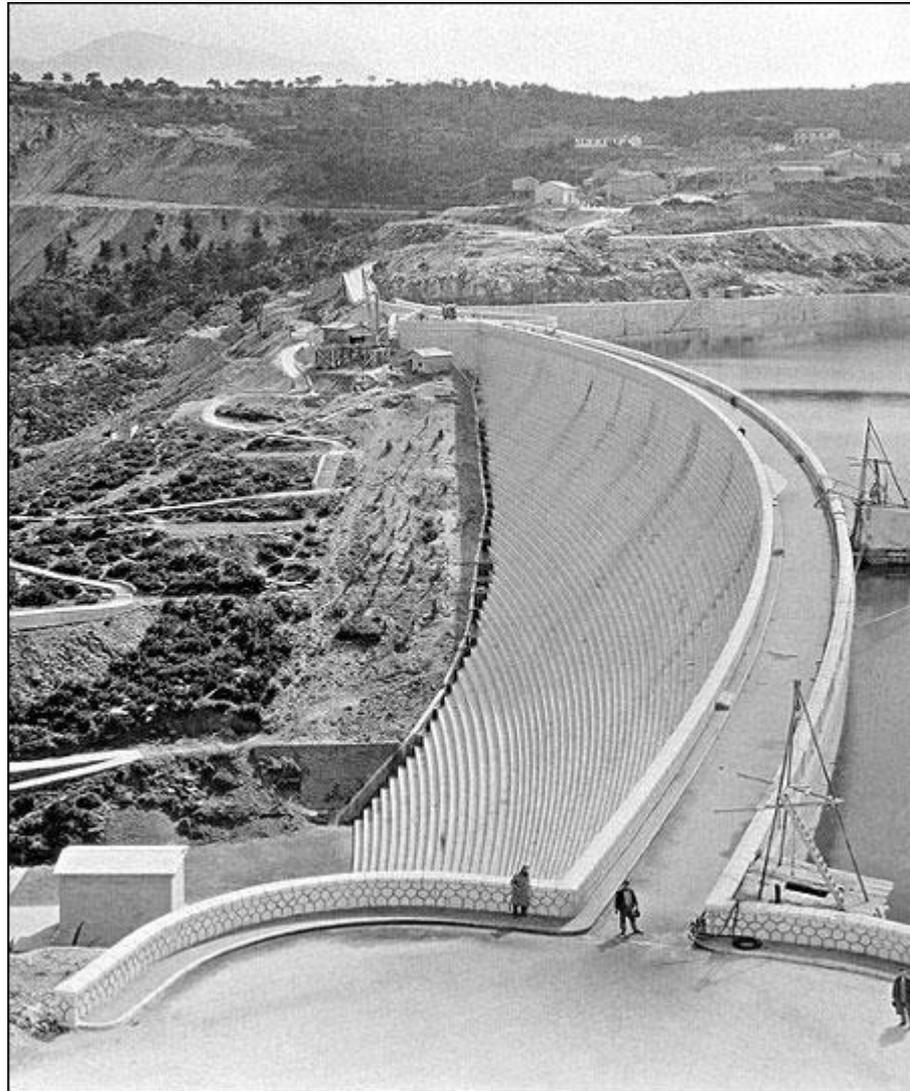
❑ Ρωμαϊκά φράγματα Προσερπίνα και Κορνάλβο, Ισπανία (1^{ος} πΧ)

Φράγματα του κόσμου



- ❑ Φράγμα Ρούζβλετ (Roosevelt), ΗΠΑ, 1911
- ❑ Ύψος 109μ, στέψη 369μ, Ταμιευτήρας 2,1 δις μ³

Φράγματα του κόσμου



- ❑ **Φράγμα Μαραθώνα, Ελλάδα, 1929**
- ❑ **Ύψος 54μ, στέψη 285μ, Ταμιευτήρας 41 εκ.μ³**

Φράγματα του κόσμου



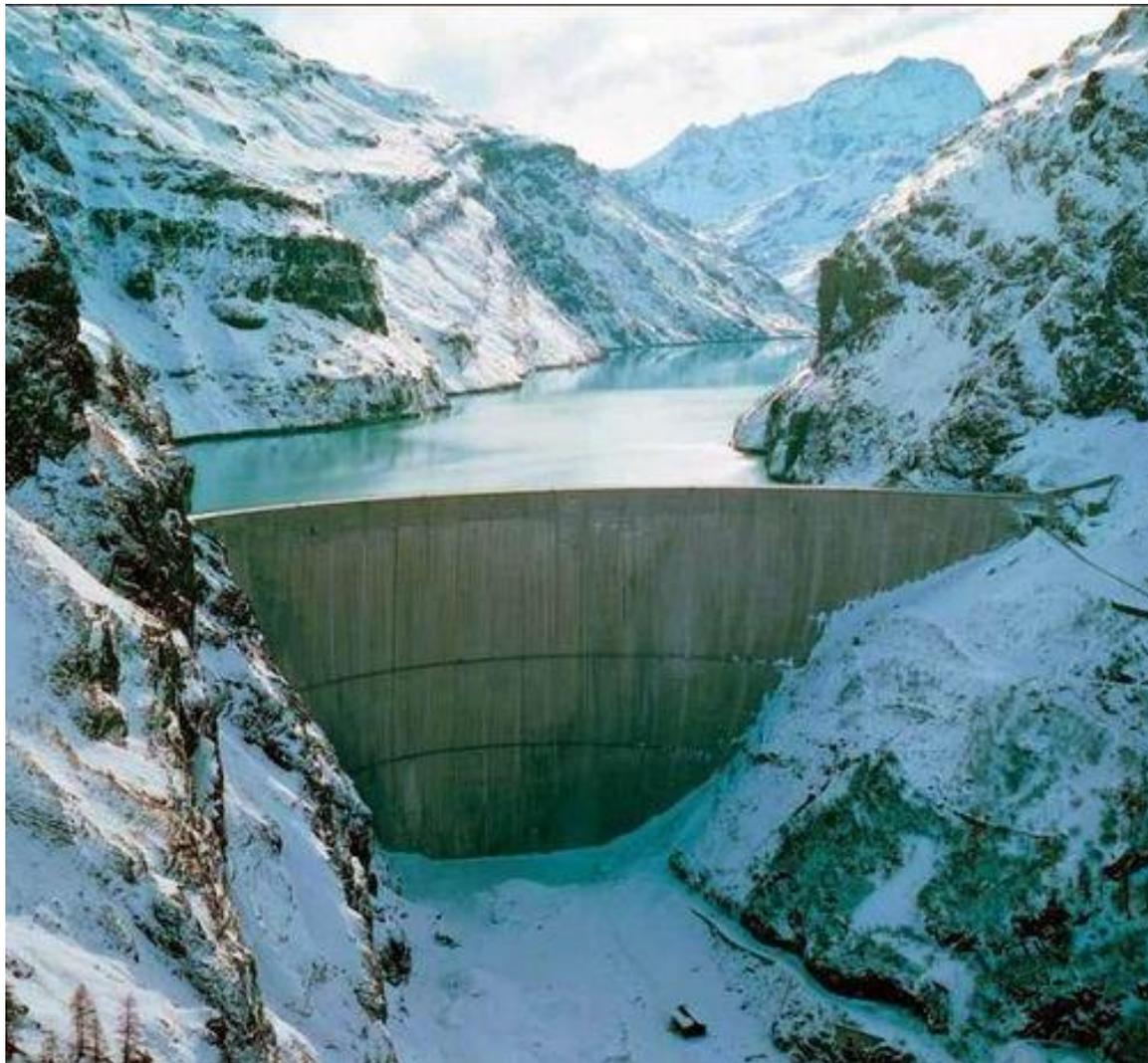
- ❑ **Φράγμα Μπονβίλ (Bonneville), ΗΠΑ, 1937**
- ❑ **Ύψος 60μ, Ταμιευτήρας 662 εκ.μ³, στέψη 820μ, ιχθυόσκαλα**

Φράγματα του κόσμου



- ❑ **Φράγμα Γκραντ Ντιζάνς (Grande Dixence), Ελβετία, 1964**
- ❑ **Ύψος 285μ, Όγκος σώματος 6 εκ.μ³, Ταμιευτήρας 400 εκ.μ³, ΥΗΕ 2.069MW**

Φράγματα του κόσμου



- ❑ **Φράγμα Μωβουαζέν (Mauvoisin), Ελβετία, 1957**
- ❑ Ύψος 250μ, στέψη 520μ, Ταμιευτήρας 210 εκ.μ³, ΥΗΕ 363MW

Φράγματα του κόσμου



- ❑ **Φράγμα Καρίμπα, Ζάμπια/Ζιμπάμπουε, 1959**
- ❑ **Ύψος 128μ, στέψη 579μ, Ταμιευτήρας 180 δις μ³, ΥΓΕ 1.626MW**

Φράγματα του κόσμου



- ❑ **Φράγμα Νουρέκ, Τατζικιστάν, 1972**
- ❑ **Ύψος 300μ, στέψη 700μ, Ταμιευτήρας, 10,5 δις μ³, ΥΗΕ 3.015MW**

Φράγματα του κόσμου



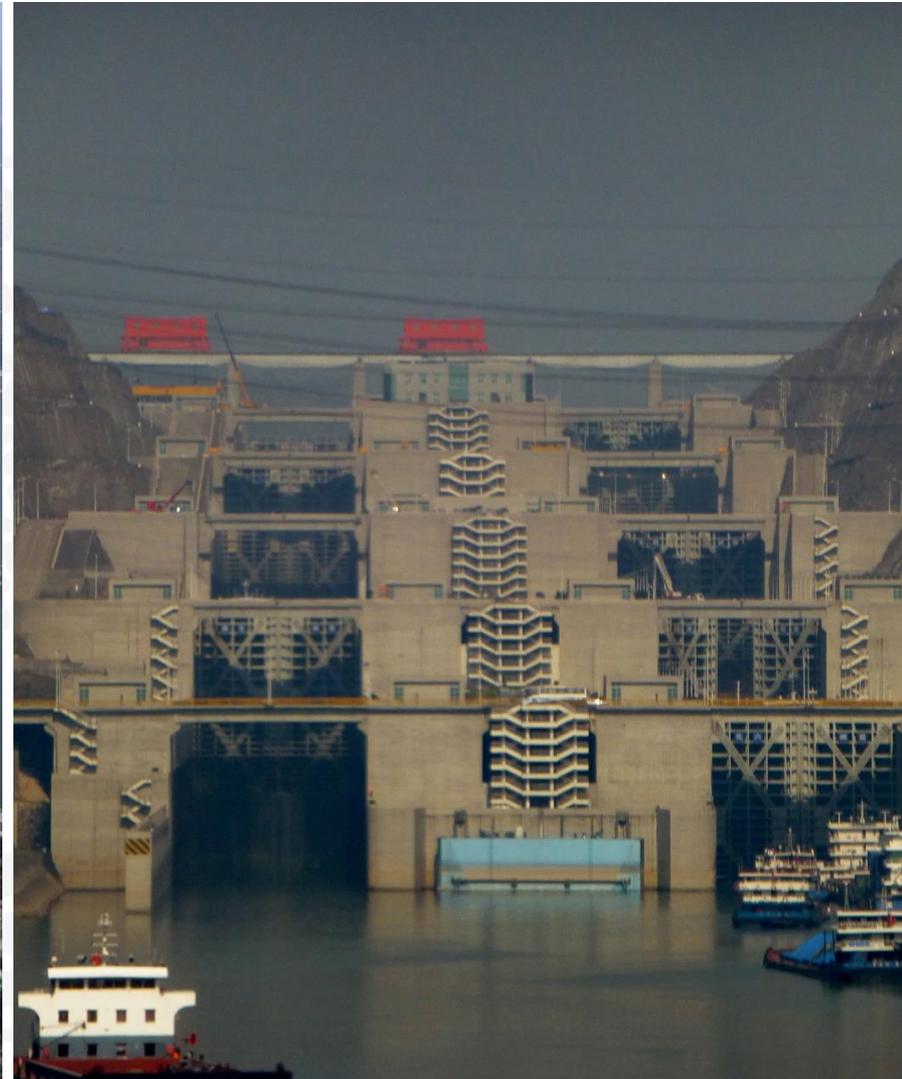
- ❑ **Φράγμα Ταρμπέλλα, Πακιστάν, 1976**
- ❑ Ύψος 144μ, στέψη 2740μ, Ταμιευτήρας 14 δις μ³, ΥΗΕ 3.478MW, όγκος 106 εκ.μ³

Φράγματα του κόσμου



- ❑ **Φράγμα Ιταϊπού, Βραζιλία, 1984**
- ❑ Πολλαπλού τύπου, 14.000MW, 196μ ύψους, στέψη 7.900μ., ταμιευτήρας 12.6 δις μ³

Φράγματα του κόσμου

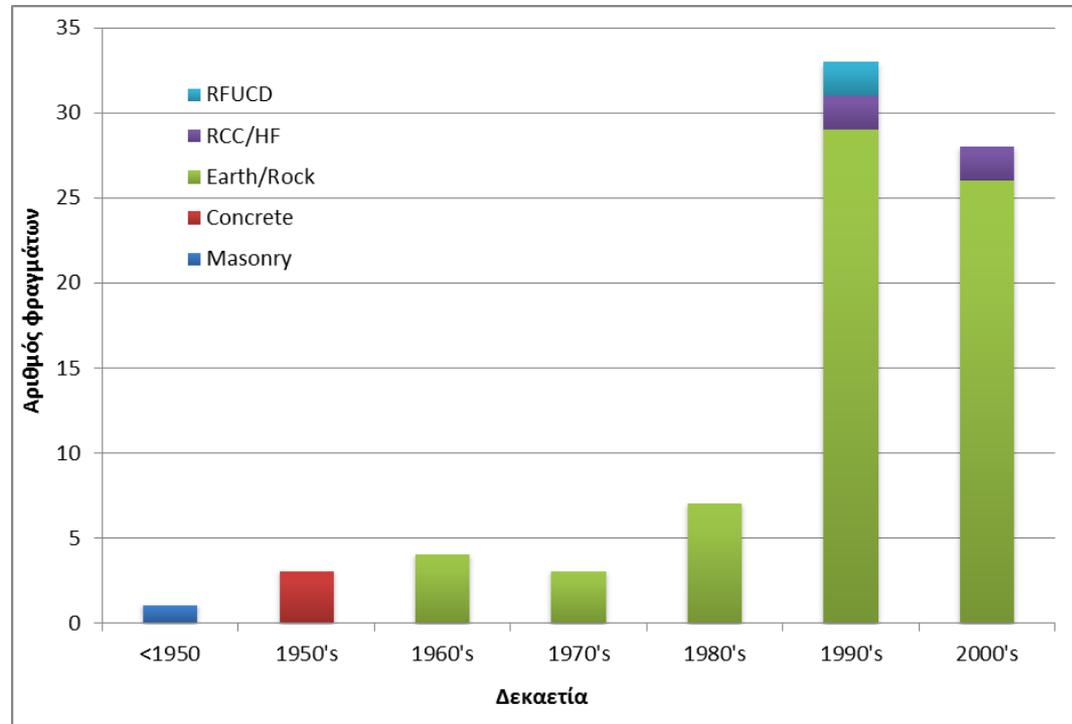


- ❑ **Φράγμα Τριών φαραγγιών, Κίνα, 2003**
- ❑ **Ύψος 181μ, στέψη 2.335μ, ΥΗΕ 22.500MW, ταμειυτήρας 39,3δισ μ³**

Τα φράγματα στην Ελλάδα



Τα φράγματα της Ελλάδας



- 164 φράγματα (συμπ. των υπό κατασκευή)
 - >20 υπό κατασκευή
 - >30 υπό μελέτη
- 12 δις μ³ συνολικός όγκος ταμιευτήρων
- Χρήσεις: μικτή (κυρίως ΥΗΕ της ΔΕΗ) 85%, άρδευση 7%, ύδρευση 8%

Στοιχεία από Γ.Ντουνιά και ΕΕΦΤ

Σύντομο ιστορικό για τα φράγματα της Ελλάδας (1)

- ΔΕΗ. Για υδροηλεκτρική παραγωγή:
 - Φράγματα Λούρου (1954), Λάδωνα (1955), Πλαστήρα (1959) από σκυρόδεμα
 - Φράγματα Κρεμαστών (1965), Καστρακίου (1969), λιθόρριπτα.
 - Φράγματα Πολυφύτου (1974), Πουρναρίου (1981), Σφηκιάς (1985), Ασωμάτων (1985), Στράτου (1988), Πηγών Αώου (1989), Θησαυρού (1997), Πλατανόβρυσης (1997), Μεσοχώρας (1997).
- Τα φράγματα της ΔΕΗ αποτελούν αναμφίβολα τα σημαντικότερα της χώρας.
- Η ΔΕΗ εισήγαγε στη χώρα την τεχνολογία μελέτης και κατασκευής των φραγμάτων.

Φράγματα της Ελλάδας



- ❑ **Φράγμα Ταυρωπού, 1959**
- ❑ Ύψος 83μ, στέψη 220μ, Ταμιευτήρας 400 εκ.μ³

Φράγματα της Ελλάδας



- ❑ **Φράγμα Πουρναρίου I, 1981**
- ❑ Ύψος 102μ, στέψη 580μ, Ταμιευτήρας 730 εκ.μ³

Φράγματα της Ελλάδας



- ❑ **Φράγμα Πλατανόβρυσσης, 1997**
- ❑ Ύψος 95μ, στέψη 270μ, Ταμιευτήρας 57 εκ.μ³

Φράγματα της Ελλάδας



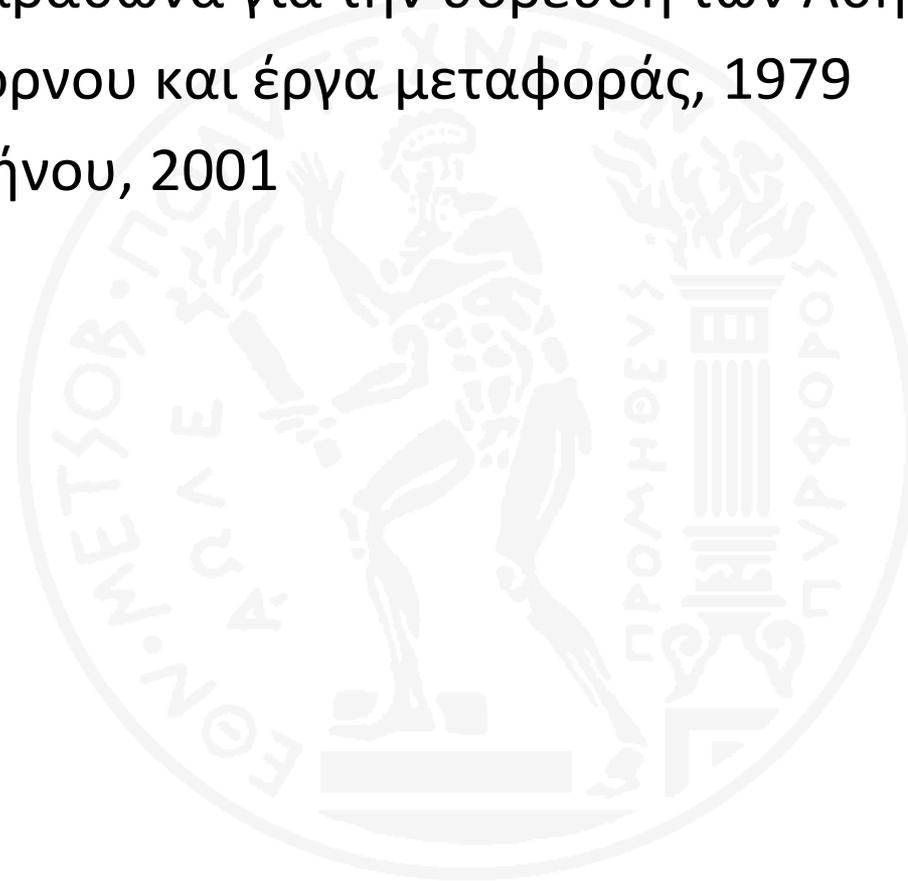
- ❑ **Φράγμα Θησαυρού, 1997**
- ❑ **Ύψος 172μ, στέψη 480μ, Ταμιευτήρας 705 εκ.μ³**



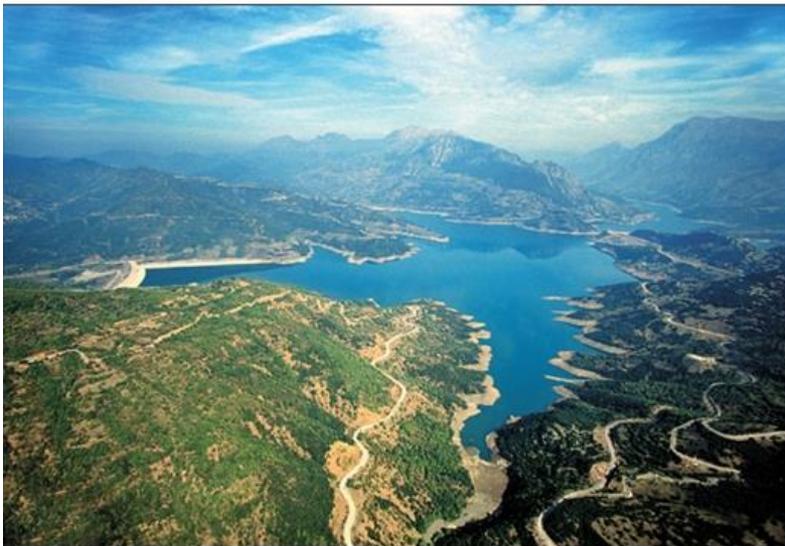
- ❑ **Φράγμα Ιλαρίωνα, 2013**
- ❑ Ύψος 130μ, στέψη 300μ, Ταμιευτήρας 412 εκ.μ³

Σύντομο ιστορικό για τα φράγματα της Ελλάδας (2)

- **ΕΥΔΑΠ.** Για την ύδρευση των Αθηνών:
 - Φράγμα Μαραθώνα για την ύδρευση των Αθηνών 1927
 - Φράγμα Μόρνου και έργα μεταφοράς, 1979
 - Φράγμα Ευήνου, 2001



Φράγματα της Ελλάδας



- ❑ Φράγμα Μόρνου, 1979
- ❑ Ύψος 139μ, στέψη 815μ, Ταμιευτήρας 764 εκ.μ³

Φράγματα της Ελλάδας



- ❑ **Φράγμα Ευήνου, 2001**
- ❑ Ύψος 127μ, στέψη 640μ, Ταμιευτήρας 138 εκ.μ³

Φωτό: Γ.Ντουινιάς

Σπύρος Μίχας, Δημήτρης Δερματάς, Ανδρέας Ευστρατιάδης – Φράγματα και υδραυλικές κατασκευές - Εισαγωγή

Σύντομο ιστορικό για τα φράγματα της Ελλάδας (3)

- Υπηρεσίες του Δημοσίου. Κυρίως για άρδευση (ΥΠΑΑΤ).
- Υπάρχουν δεκάδες φράγματα των διαφόρων υπηρεσιών του Δημοσίου και των ΟΤΑ
- Μερικά από αυτά είναι πολύ σημαντικά, έχουν όμως γενικά μικρότερα μεγέθη.

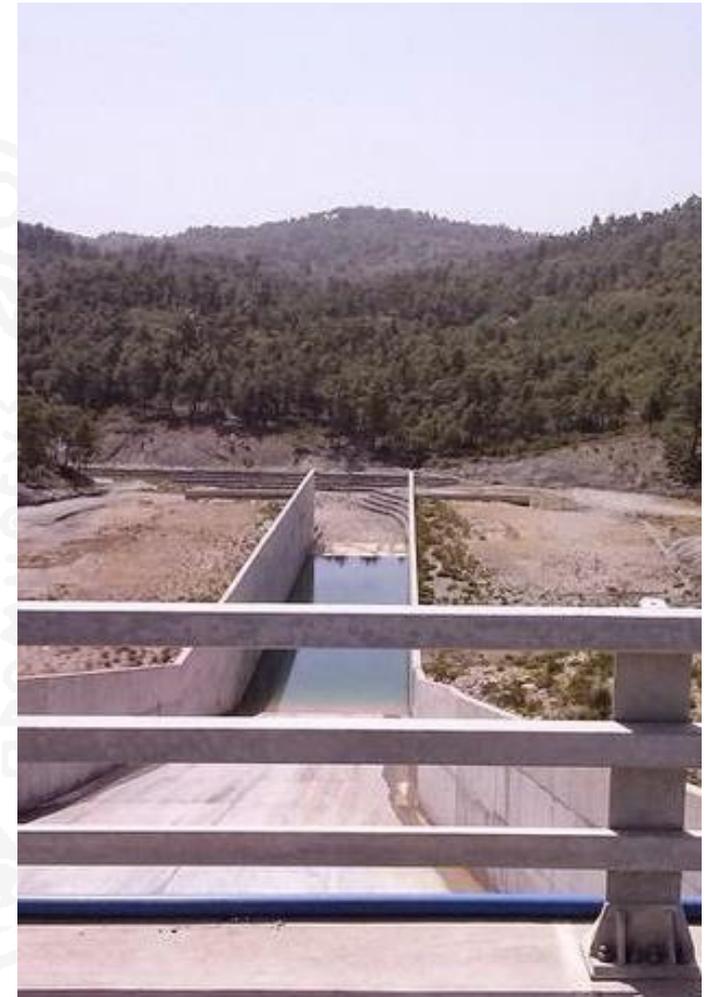
□ Παλαιότερα:	□ Νεώτερα:
■ Κοντιά Λήμνου (1976)	■ Καστανιάς Αλονήσσου (2011)
■ Απολακκιάς Ρόδου (1987)	■ Σαράπη Χίου (2011)
■ Μπραμιανού Κρήτης (1987)	■ Αποσελέμη Κρήτης (2012)

- Έλληνες μελετητές και κατασκευαστές έχουν υλοποιήσει τα περισσότερα από αυτά τα έργα. Πολλοί σήμερα δραστηριοποιούνται και στο εξωτερικό.



- ❑ **Φράγμα Κοντιά Λήμνου, 1976**
- ❑ **Ύψος 25μ, στέψη 254μ, Ταμιευτήρας 1,1 εκ.μ³**

Φράγματα της Ελλάδας



- ❑ **Φράγμα Γαδουρά Ρόδου, 2007**
- ❑ Ύψος 67μ, στέψη 585μ, Ταμιευτήρας 67 εκ.μ³

Φράγματα της Ελλάδας



- ❑ **Φράγμα Άνω Μεράς Μυκόνου, 1997**
- ❑ Ύψος 31μ, στέψη 170μ, Ταμιευτήρας 1 εκ.μ³

Αστοχίες φραγμάτων



Ασφάλεια και αστοχίες φραγμάτων (1)

- Όπως όλα τα τεχνικά έργα, τα φράγματα σχεδιάζονται βάσει παραδοχών σχεδιασμού και συντελεστών ασφαλείας.
- Τα φράγματα, κατά τη διεθνή πρακτική, σχεδιάζονται και κατασκευάζονται με υψηλούς συντελεστές ασφαλείας, με δεδομένες τις σημαντικές επιπτώσεις που έχει τυχόν καταστροφική αστοχία τους.
- Μηχανισμοί αστοχίας:
 - Υπερπήδηση
 - Διασωλήνωση
 - Διάβρωση της θεμελίωσης
 - Αστοχία υλικών
- Στατιστικά στοιχεία αστοχιών (ICOLD Bulletin 99):
 - Μέσος όρος: 1%
 - Μέσος όρος: 0,5% μετά το 1950 (μικρότερη για νεώτερα έτη)

Ασφάλεια και αστοχίες φραγμάτων (2)

- Σήμερα όλα τα φράγματα συνοδεύονται από ενδελεχείς αναλύσεις θραύσης και διόδευσης πλημμυρικού κύματος
 - Σενάρια αστοχίας και κατάρρευσης
 - Διόδευση κύματος
- Σχέδιο αντιμετώπισης εκτάκτων καταστάσεων από την κατάρρευση.
 - Χάρτες θιγομένων εκτάσεων
 - Διαγράμματα χρόνων μετάδοσης κύματος
 - Διαβάθμιση κινδύνου
 - Καθορισμός ασφαλών χώρων συγκέντρωσης και ασφαλών διαδρομών κίνησης
 - Καθορισμός υπευθύνων κονητοποίησης πληθυσμού

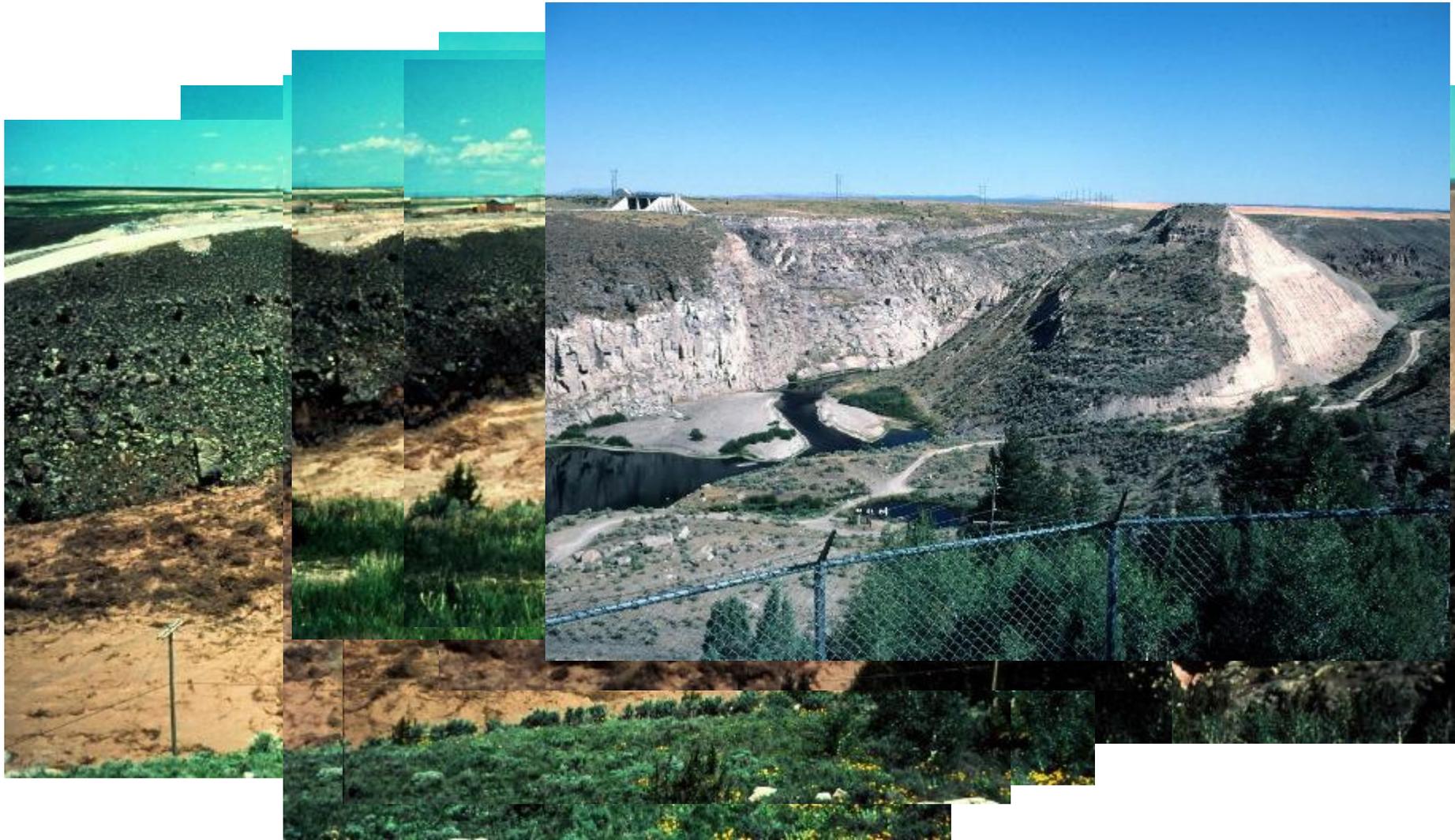
Μερικοί μηχανισμοί αστοχίας

- ❑ Διασωλήνωση: <https://www.youtube.com/watch?v=PC58mGG55io>
- ❑ Ολίσθηση: <https://www.youtube.com/watch?v=BNFQ1EJX4h0>
- ❑ Υπερπήδηση: <https://www.youtube.com/watch?v=VRGTkCv3sU>

Από Association of State Dam Safety Officials (ASDSO)

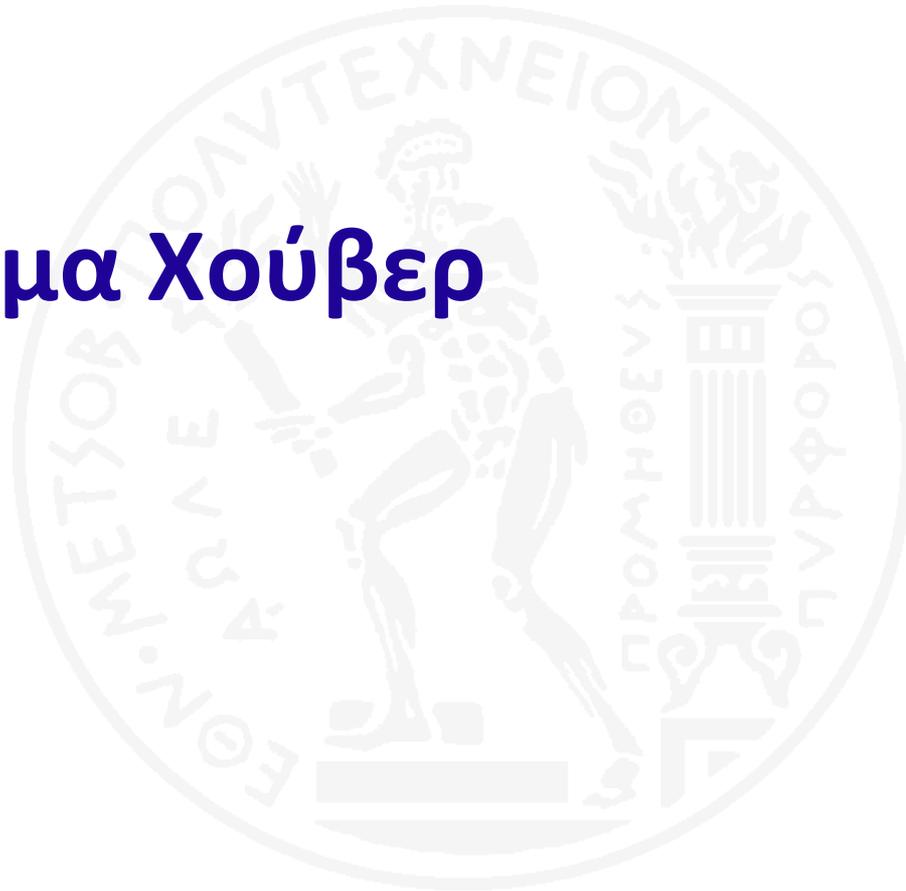


Φράγμα Τέτον, ΗΠΑ, 1976



- ❑ Φράγμα Τέτον, λιθόρριπτο με πυρήνα, ύψος 100μ, ταμ. 350 εκ.μ³
- ❑ Κατάρρευση από διασωλήνωση, κατά την πρώτη πλήρωση

Το φράγμα Χούβερ



Το φράγμα Χούβερ (Hoover)



- ❑ Φράγμα βαρύτητας με τοξωτή διάταξη
- ❑ Κατασκευάστηκε μεταξύ 1931 και 1935, για παραγωγή ενέργειας, άρδευση, αντιπλημμυρική προστασία και αναψυχή

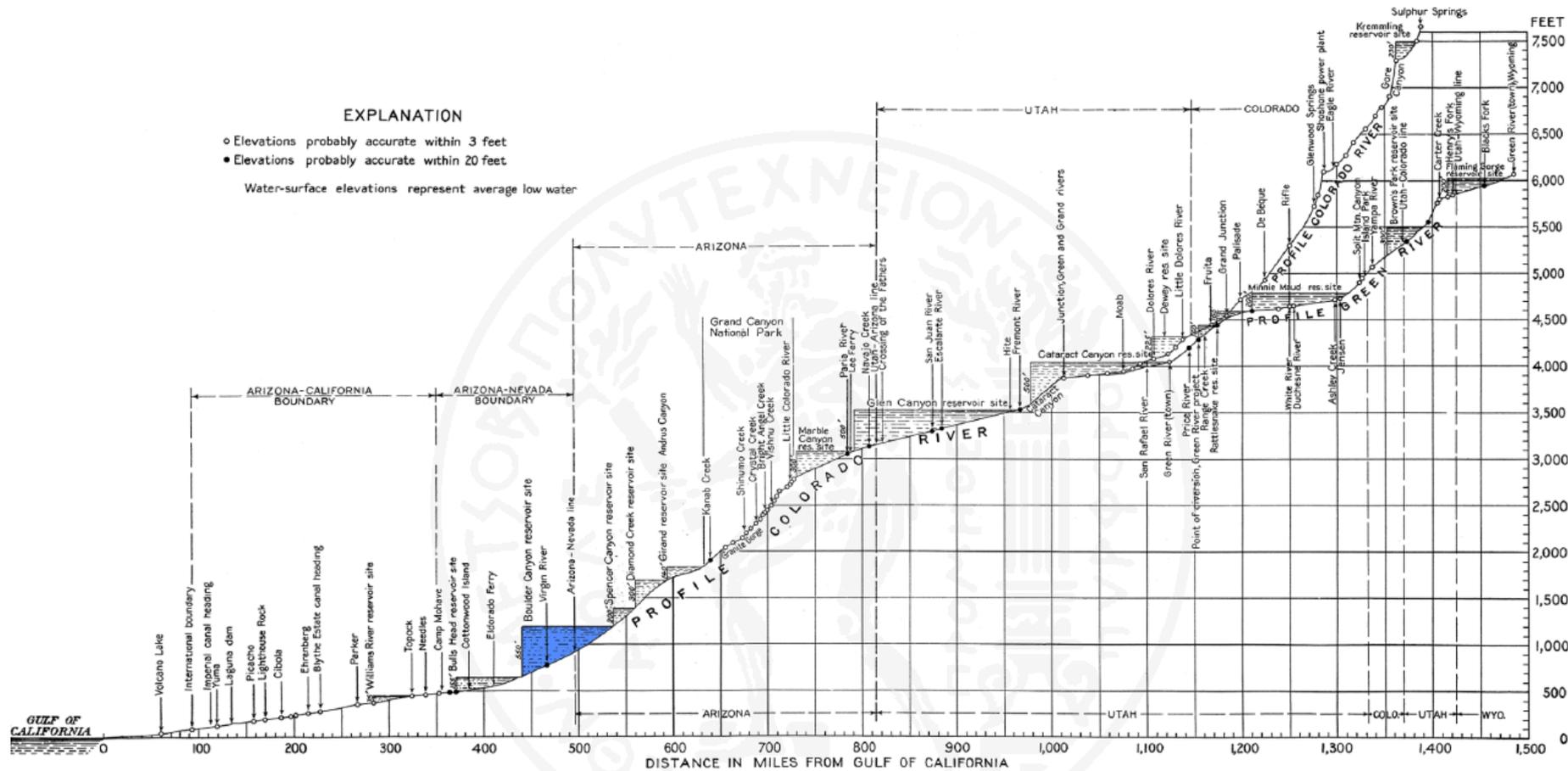
Χαρακτηριστικά του φράγματος Χούβερ

- ❑ Κατασκευασμένο από σκυρόδεμα
- ❑ Όγκος φράγματος: 2,5 εκ.μ³
- ❑ Ύψος φράγματος: 221 μ
- ❑ Μήκος στέψης: 380 μ
- ❑ Πλάτος στέψης: 14 μ
- ❑ Πλάτος στη βάση: 200 μ
- ❑ Μέγιστη παροχή υπερχειλιστών: 2Χ5.500 μ³/δλ
- ❑ Όγκος ταμιευτήρα: 35,2 δις μ³
- ❑ Επιφάνεια ταμιευτήρα: 640 χλμ²
- ❑ Λεκάνη απορροής: 435.000 χλμ²
- ❑ Ισχύς υδροηλεκτρικών μονάδων: 2.000 MW

Γιατί είναι πολύ σημαντικό το φράγμα Χούβερ

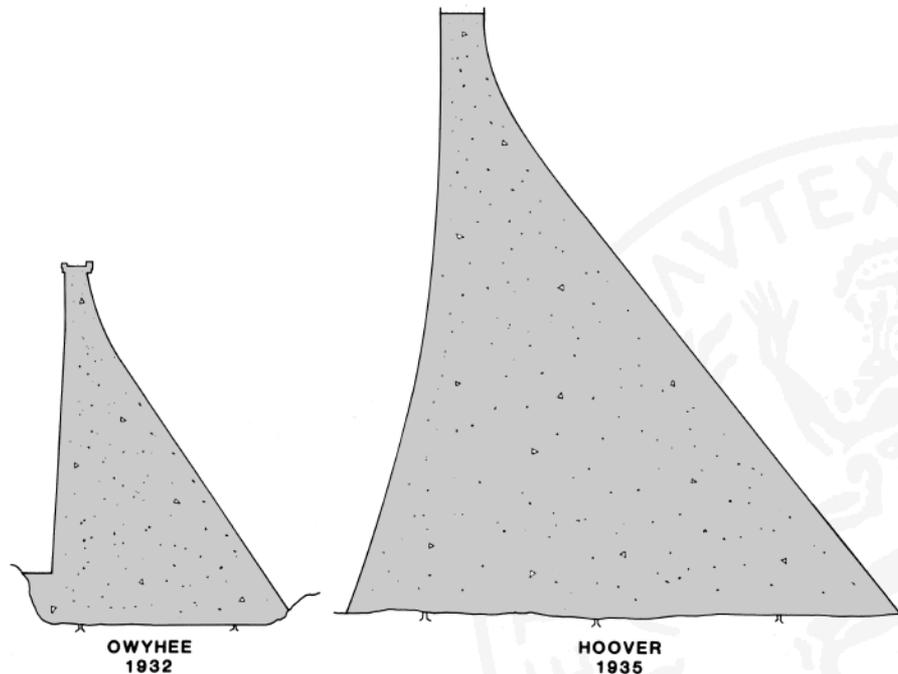
- ❑ **Πρωτοπορία:** Είναι ένα από τα πρώτα σύγχρονα «μεγάλα έργα» χωρίς προηγούμενο.
- ❑ **Μέγεθος επιρροής:** Αποτελεί ορόσημο στην εξέλιξη του εποικισμού των αφιλόξενων ανατολικών ΗΠΑ.
- ❑ **Τεχνική καινοτομία:** Εξέλιξη της επιστήμης του Πολιτικού Μηχανικού.
- ❑ **Ανάπτυξη των μέσων παραγωγής:** η εμπειρία κατασκευής του αποτέλεσε στέρεη βάση ανάπτυξης για μεγάλα έργα.
- ❑ **Δίκαιη διαχείριση υδατικών πόρων:** Συμφωνία χρήσης των υδάτων του ποταμού Κολοράντο διαπολιτειακά και με το Μεξικό.
- ❑ **Βελτιστοποίηση:** αποδοτική εφαρμογή μεθόδων χρονικού και οικονομικού προγραμματισμού, καθώς και διαχείρισης του έργου.
- ❑ **Εξέλιξη των συμβάσεων κατασκευής:** Κοινοπραξίες, ρήτρες, επιβραβεύσεις με στόχο το κοινό όφελος.

Σχεδιασμός χρήσεων και εκμετάλλευσης



- ❑ Διαχείριση υδατικών πόρων του ποταμού Κολοράντο (1922)
- ❑ Πολυετής διαπολιτειακή διαπραγμάτευση μεταξύ 7 πολιτειών των ΗΠΑ
- ❑ Συμμετοχή πολλών ενδιαφερομένων, και των πολιτών. Πολιτικές διαμάχες.
- ❑ Η συμφωνία ισχύει στις βασικές της γραμμές και σήμερα.

Προκαταρκτικός σχεδιασμός



PROBABLE FREQUENCY OF FLOOD DISCHARGES
AT BLACK CANYON

Discharge, Second-Foot	Frequency With Which Discharge May be Equaled or Exceeded
130,000	Once in 5 years
160,000	Once in 10 years
190,000	Once in 20 years
230,000	Once in 50 years
260,000	Once in 100 years

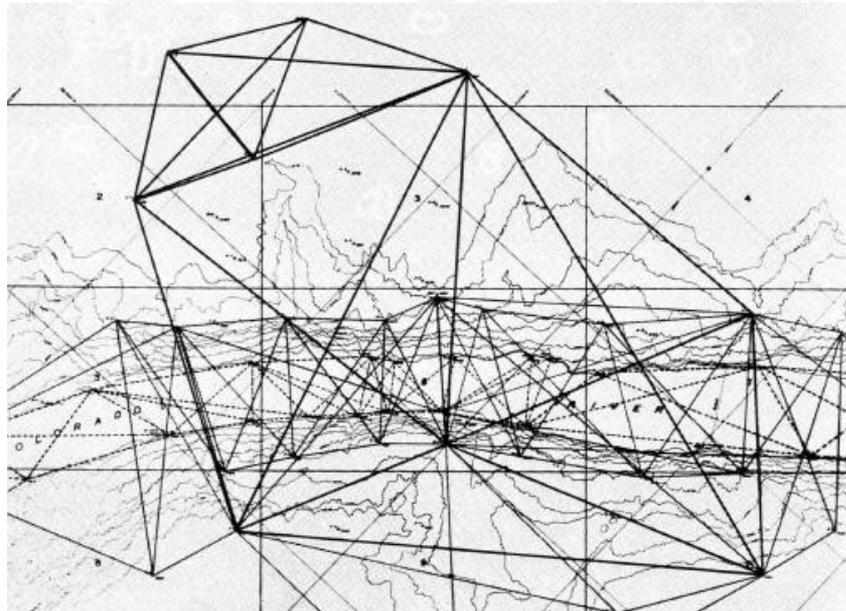
- ❑ Προηγούμενη εμπειρία (USBR)
- ❑ Ενδελεχής έρευνα της περιοχής (γεωλογία, γεωτεχνικά, τοπογραφικά, υδρολογία), ~1920
- ❑ Μετρήσεις της παροχής
- ❑ Εναλλακτικές λύσεις
- ❑ Jack Savage (USBR)



Γεωλογία, τοπογραφικά, γεωτεχνικά

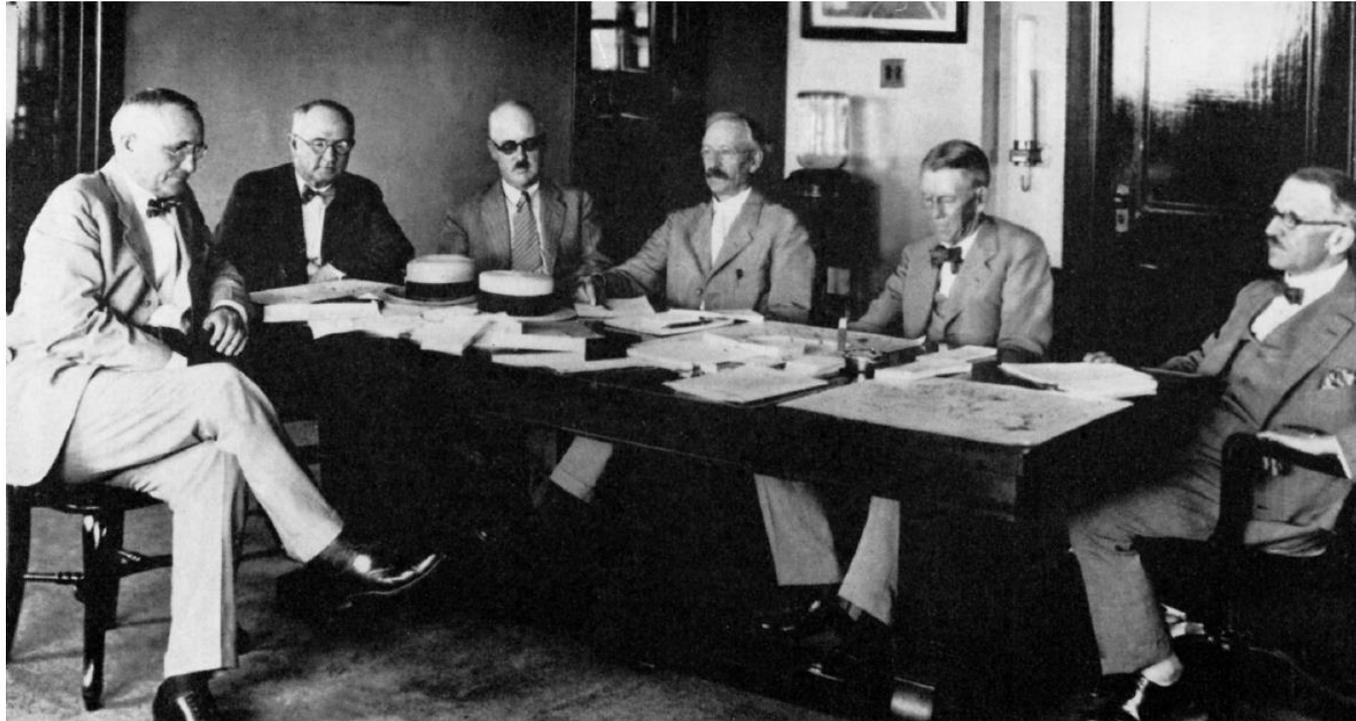


□ Leslie Ransom



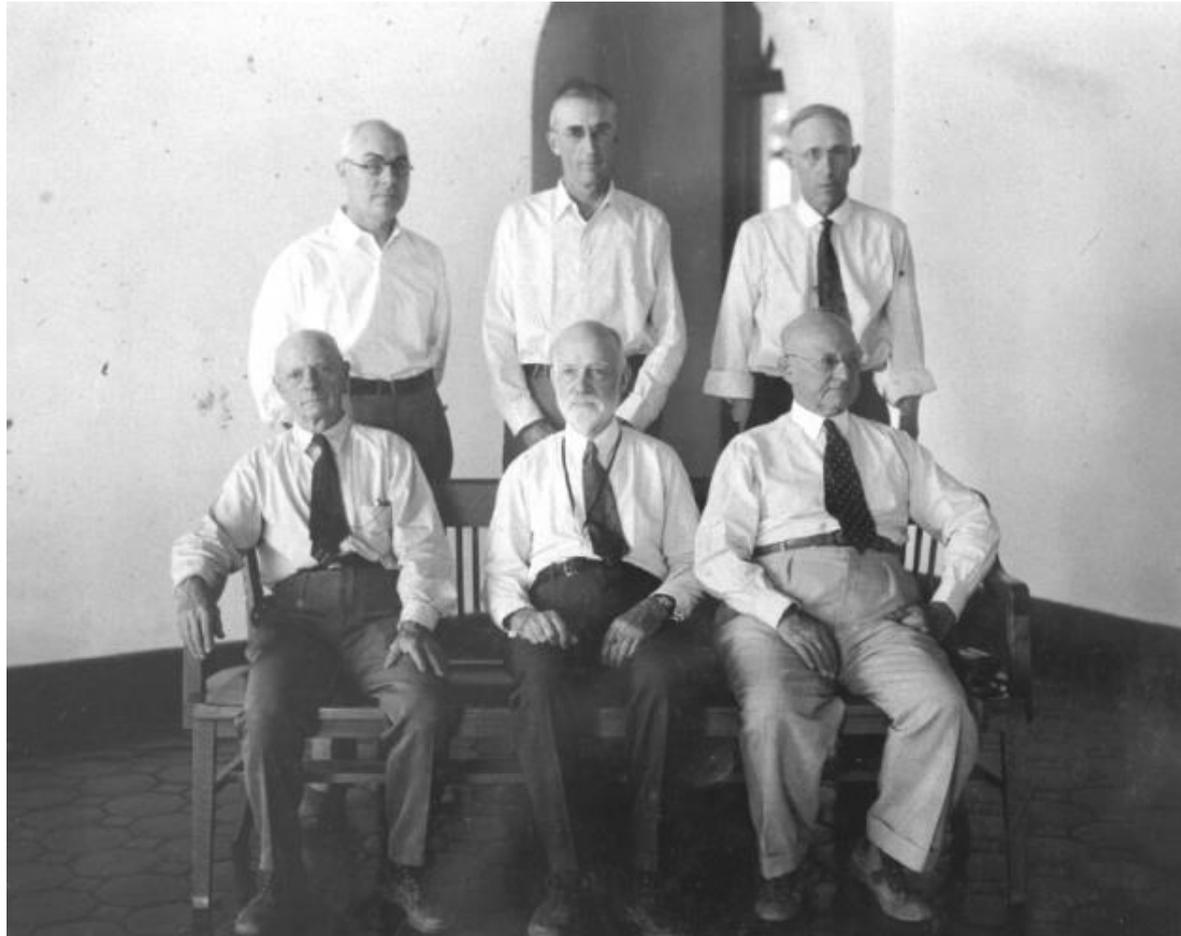
□ Claude Birdseye

«Υψηλός» έλεγχος



- ❑ Αντίληψη του μεγέθους του εγχειρήματος
- ❑ Επιτροπή «σοφών» του ποταμού Κολοράντο (CRB), 1928
- ❑ William L. Siebert (Chair), Elwood Mead (advisor), Charles P. Berkey (Secretary) and Warren J. Mead, Daniel W. Mead and Robert Ridgway
- ❑ Καθοριστική συμβολή στην διερεύνηση των κινδύνων, κυρίως από γεωλογικής άποψης

«Ανεξάρτητος μηχανικός»



- ❑ Jack Savage, Sydney O. Harper, B. W. Steele; D. C. Henny, W. F. Durand, and Louis C. Hill
- ❑ Πρώτη για το USBR σύσταση ανεξάρτητου πάνελ μηχανικών

Ενδεδειγμένη προετοιμασία της δημοπράτησης

- ❑ Εξασφάλιση της συνολικής χρηματοδότησης (165 εκ.\$ τότε = 3 δις \$ σήμερα).
- ❑ Το μεγαλύτερο συμβόλαιο κατασκευής των ΗΠΑ έως τότε (1931).
- ❑ Αυστηρές και απαιτητικές τμηματικές και αποκλειστικές προθεσμίες (για εκτροπή, θεμελίωση, υδροληψιών, έμφραξης, ΥΗΕ, κλπ).
- ❑ Κίνητρα κοινοπραξιών για τις μεγαλύτερες κατασκευαστικές εταιρείες των ΗΠΑ.
- ❑ Παροχή υλικών και εξοπλισμού από την κυβέρνηση.
- ❑ Κατανομή των κινδύνων.
- ❑ Ρήτρες καθυστερήσεων και μπόνους νωρίτερης ολοκλήρωσης

Χρονοδιάγραμμα της δημοπρασίας

- ❑ Διακήρυξη: 1/1931
- ❑ Ανάδοχος: 3/1931
- ❑ Εκκίνηση εργασιών: 4/1931



- ❑ Κοινοπραξία των έξι εταιρειών (Six Companies Inc.)
 - Bechtel 30%
 - Utah Construction 20%
 - MacDonald and Kahn 20%
 - Morrison Knudssen 10%
 - J.F.Shea 10%
 - Pacific Bridge 10%



- ❑ Phil Swing, Ray Lyman Wilbur, Elwood Meade

Επιχειρηματικότητα - Ανάλυση κινδύνου - Επιβράβευση

- **Επιχειρηματικότητα και Ανάλυση κινδύνου**
- Εγγυήσεις σε κεφάλαια (10% του προϋπολογισμού)
 - Προσαρμογή της προσφοράς του αναδόχου



- **Εισροές κεφαλαίων νωρίς και επένδυσή τους**

□ **Επιβράβευση**

- Κίνητρα (οικονομικά) έγκαιρης ολοκλήρωσης



- **Ολοκλήρωση έργου 24 μήνες νωρίτερα**

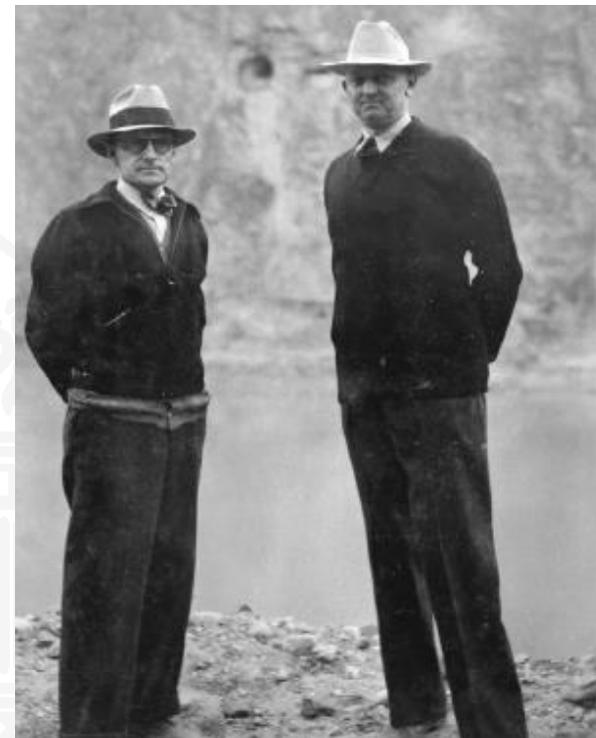
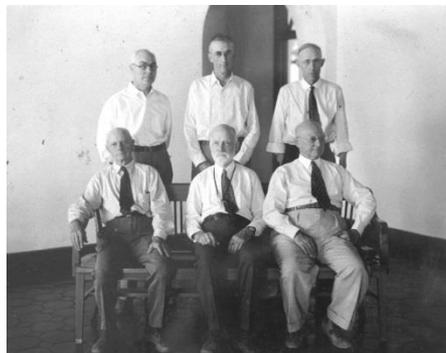
□ **Νικητές**

- Φθηνότερη προσφορά (κράτος)
- Δύο έτη πρόσθετης παραγωγής ρεύματος, αντιπλημμυρικής προστασίας και άρδευσης (κράτος)
- Χρηματική επιβράβευση ενωρίτερης ολοκλήρωσης (Ανάδοχος)

Τι έγιναν οι Ανάδοχοι;

- ❑ Τα κέρδη και η εμπειρία που αποκόμισαν τους επέτρεψαν:
 - Να διεκδικήσουν νέα μεγάλα έργα
 - Να επεκτείνουν τις δραστηριότητές τους
 - Να βελτιώσουν τα μέσα και τις διαδικασίες παραγωγής
 - Να χτίσουν τις ίδιες εταιρείες τους
- ❑ Σήμερα, τρεις από τις εταιρείες είναι από τις μεγαλύτερες του κόσμου:
 - Bechtel
 - Morrison Knudssen
 - J.F.Shea
- ❑ Οι δύο πρώτες αναλαμβάνουν το σχεδιασμό, κατασκευή και λειτουργία οποιουδήποτε τεχνικού έργου στον κόσμο (και στο διάστημα!).
- ❑ Και οι τρεις δεν παραλείπουν να αναφέρουν τη συμμετοχή τους στην κατασκευή του φράγματος Χούβερ, όταν ανατρέχουν στην ιστορία τους.

«Αιέν άριστεύειν»: Αναζήτηση των άριστων



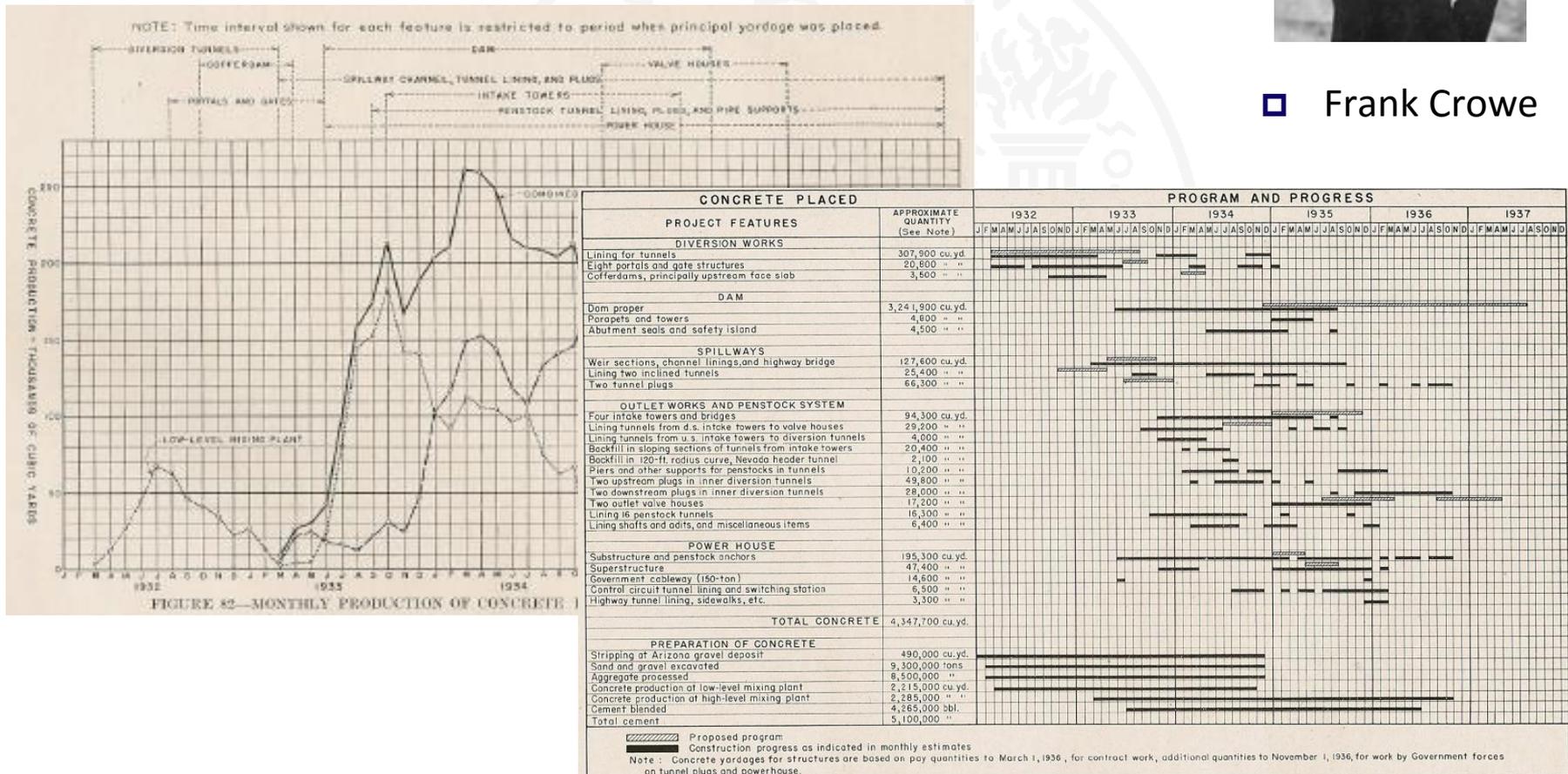
- «Συγκέντρωση άριστων» σε γνώσεις, εμπειρία, ικανότητες (USBR, Ανάδοχοι, πολιτεία)

Καινοτομία: Οργάνωση και Προγραμματισμος

- ❑ Εξαιρετικές τεχνικές διαχείρισης έργων
- ❑ Εφαρμογή τεχνικής CPM (πριν την επίσημη ανακάλυψή της)
- ❑ Οργάνωση εξειδικευμένων και φιλόδοξων μεθόδων κατασκευής
- ❑ Χρηματοοικονομική διαχείριση



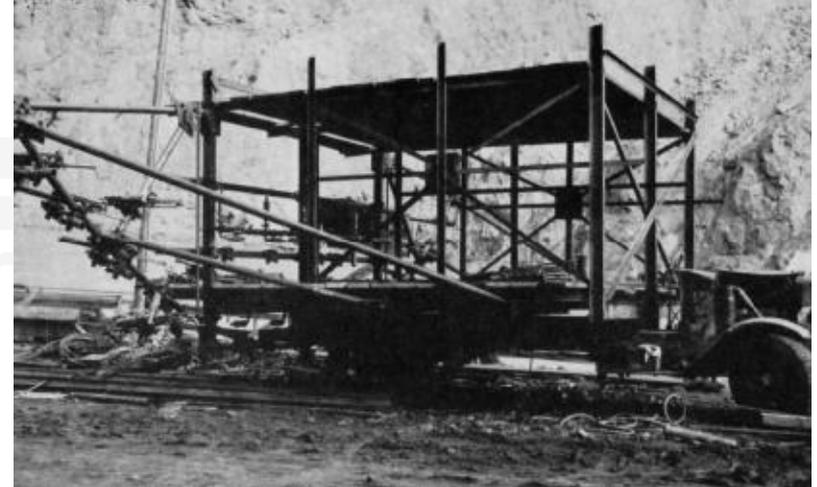
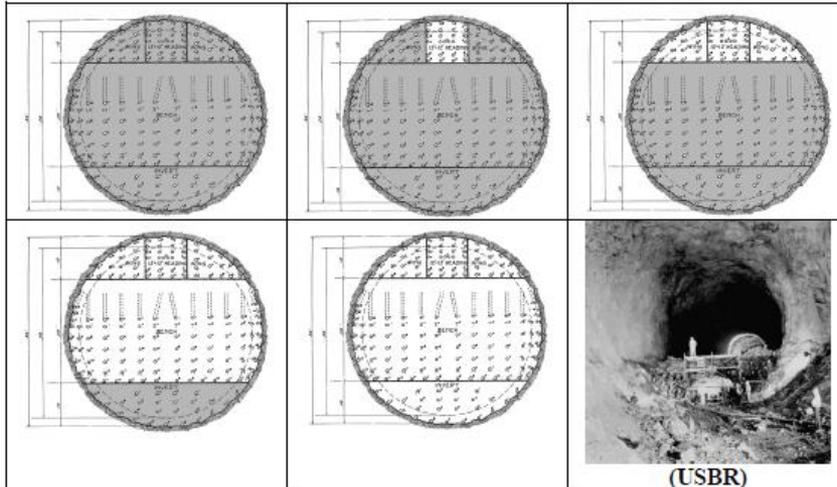
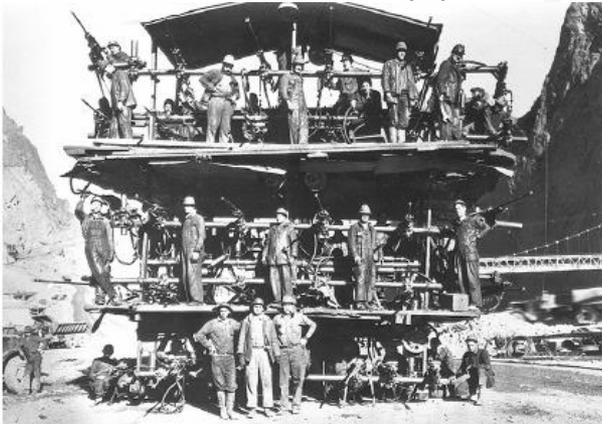
❑ Frank Crowe



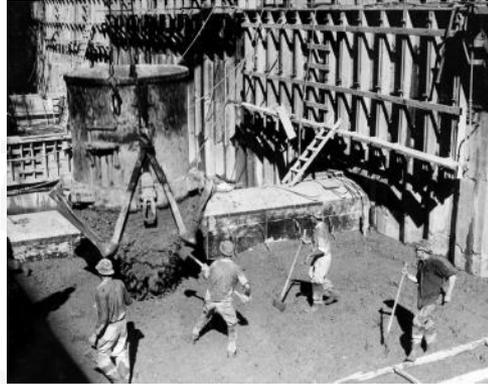
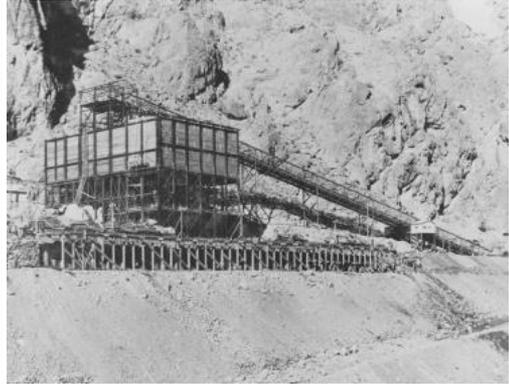
- ❑ Διαγράμματα προγραμματισμού και ελέγχου παραγωγής σκυροδέματος και σκυροδέτησης

Καινοτομία: Κατασκευή σηράγγων

- Εκσκαφή των τεσσάρων σηράγγων
 - Σε 16 μέτωπα
 - Εξαερισμός (μετά από αρκετούς θανάτους)
 - Εκσκαφή με τα πρώτα jumbo
 - Ολισθαίνοντες ξυλότυποι



Καινοτομία και τελειοποίηση: σκυρόδεμα

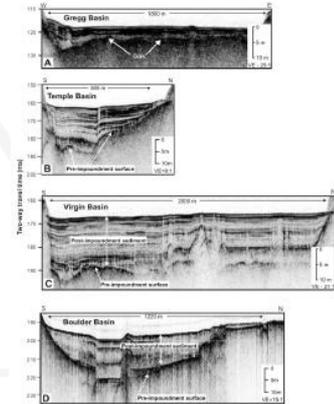
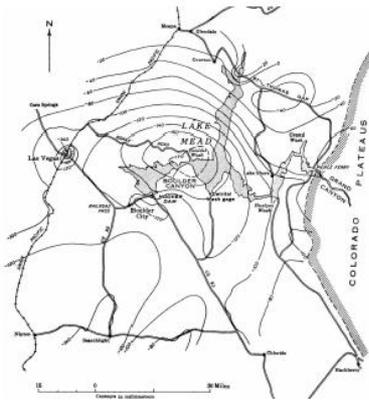


- ❑ Δύο επί τόπου μονάδες παραγωγής σκυροδέματος (χαμηλή και υψηλή)
- ❑ Μεταφορά και έγχυση
- ❑ Ψύξη αδρανών
- ❑ Ψύξη μονολίθων με εγκιβωτισμένο δίκτυο σωληνώσεων
- ❑ Όργανα μετρήσεων στο σώμα



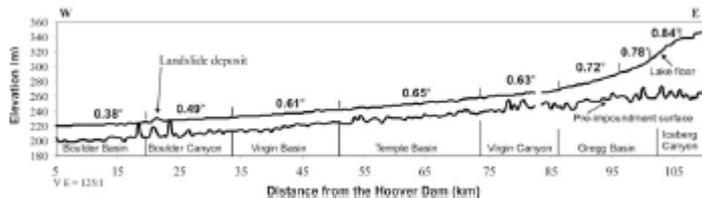
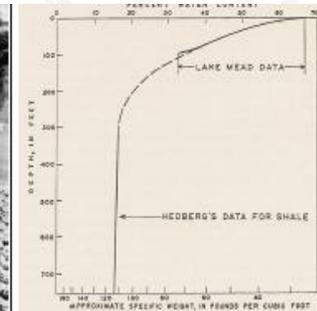
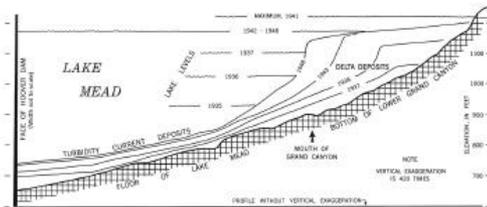
Καινοτομία: Σεισμικές έρευνες

- Πρώτες έρευνες για την επίδραση της κατασκευής της λίμνης στο φλοιό της γης
- Πρώτες έρευνες για την επίδραση της κατασκευής του ταμιευτήρα στη σεισμικότητα της περιοχής



Καινοτομία: Φερτές ύλες

- Πρώτη εμπειρισταωμένη μελέτη διαχείρισης φερτών υλών



Καινοτομία: Ασφάλεια και υγιεινή

- ❑ Μέτρα ασφαλείας (με νεκρούς)
- ❑ Εφεύρεση του εργοταξιακού κράνους
- ❑ Εγκατάσταση πρώτων βοηθειών
- ❑ Νερό για τους εργάτες
- ❑ Διατροφή
- ❑ 3Χ8ωρες βάρδιες



Καινοτομία: Τουριστική ανάπτυξη

- ❑ Ανάπτυξη τουριστικών υπηρεσιών (έως σήμερα)
- ❑ Αναφέρονται μέχρι και 700.000 επισκέπτες ετησίως
- ❑ Οργανωμένες επισκέψεις σε όλα τα σημαντικά σημεία του έργου
- ❑ Μουσείο της ιστορίας της κατασκευής
- ❑ Τουριστικό εμπόριο



Το μέλλον των φραγμάτων

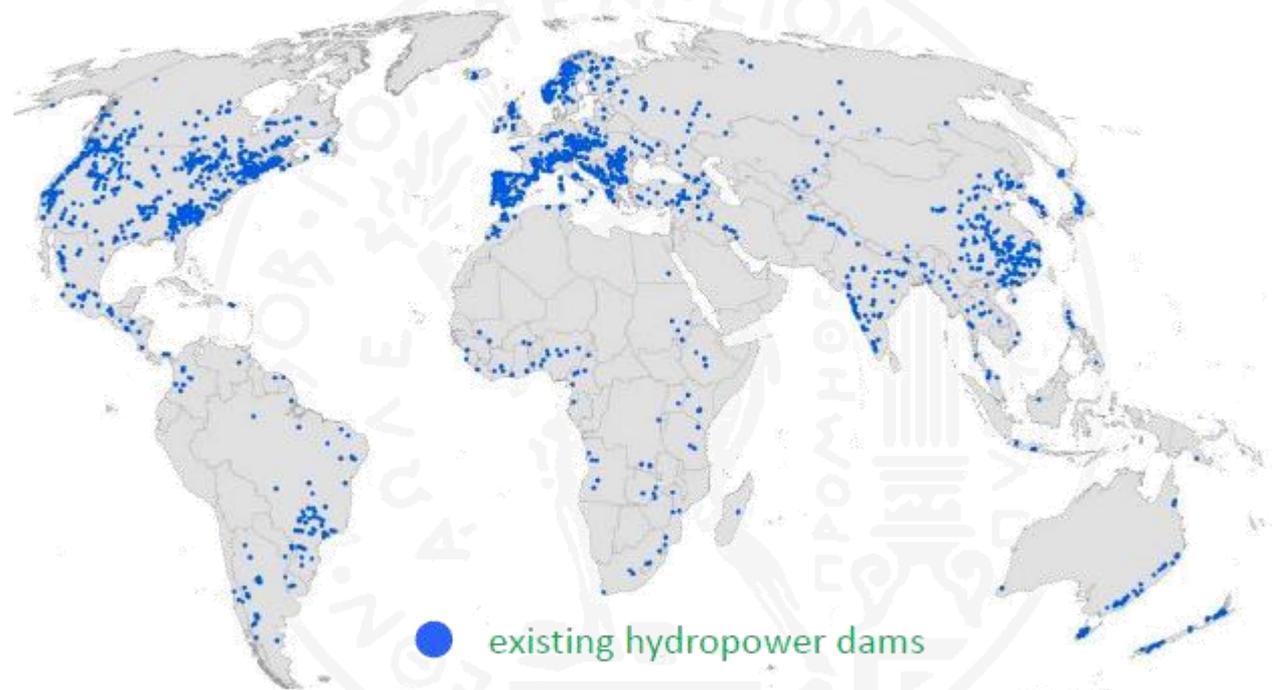


Φράγματα και περιβάλλον

- ❑ Οι αναμενόμενες επιπτώσεις από την κατασκευή των φραγμάτων αποτελούν σήμερα βασικό πυλώνα αξιολόγησης της σκοπιμότητάς τους.
- ❑ Οι επιπτώσεις μπορεί να είναι αρνητικές και θετικές
- ❑ Διεθνείς οργανισμοί (επιστημονικοί ή χρηματοδότες) αναζητούν διαρκώς τρόπους μετριασμού των επιπτώσεων και δικαιότερης διαδικασίας αξιολόγησής τους.
- ❑ Κατά τα ευρήματα της ICOLD (Dams and development, 2001), οι βασικοί άξονες προεραιοτήτων σε σχέδια κατασκευής μεγάλων φραγμάτων:
 - Κοινωνική αποδοχή
 - Διεξοδική και διαφανής εξέταση επιλογών και εναλλακτικών
 - Σωστή διαχείριση των υφιστάμενων φραγμάτων
 - Προστασία των ποταμών και των οικοσυστημάτων τους
 - Αναγνώριση δικαιωμάτων και συμμετοχή στα οφέλη
 - Εξασφάλιση της τήρησης των όρων χρήσης
 - Διακρατική συνεργασία για την ειρήνη και την ασφάλεια

Φράγματα παραγωγής ΥΗΕ σήμερα

Existing hydropower dams

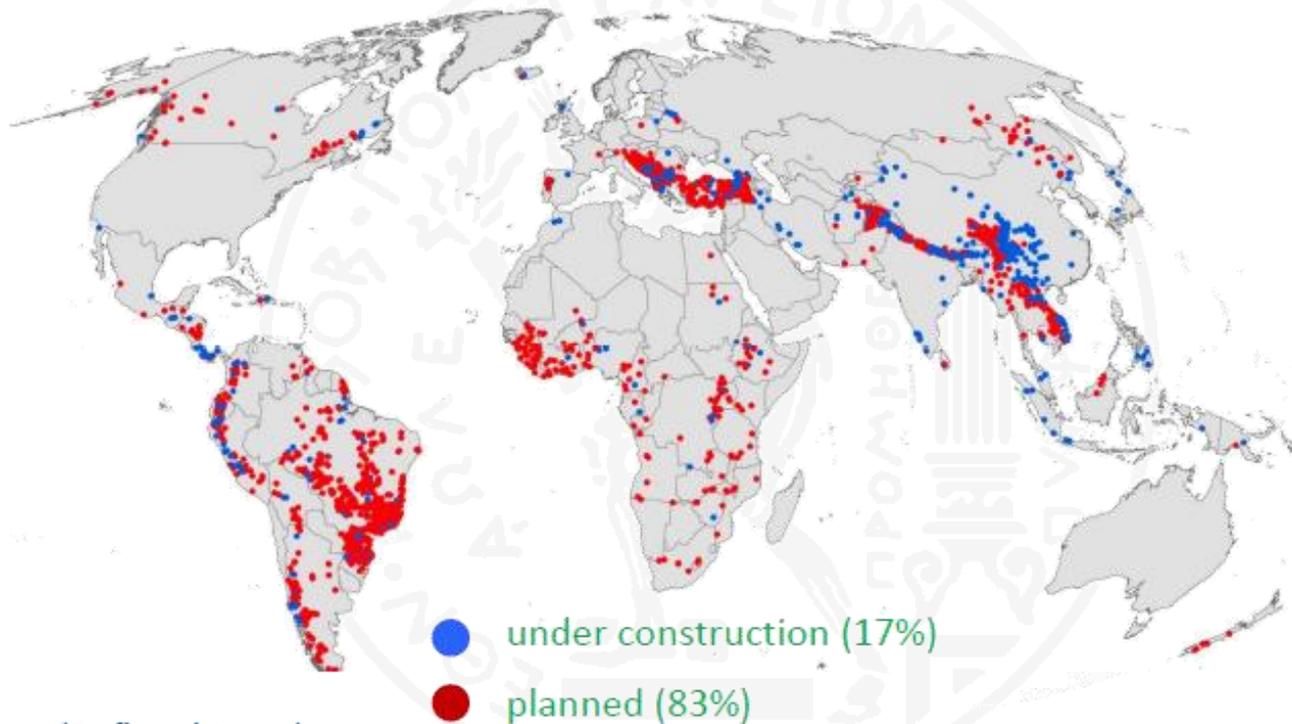


(Lehner *et al.* 2011: GRanD database)

□ Πηγή: Zarfl *et al.*

Φράγματα παραγωγής ΥΗΕ στο μέλλον

Spatial distribution of 3,700 future hydropower dams



□ Πηγή: Zarfl *et al.*

Το μέλλον των φραγμάτων

- ❑ Οι επιπτώσεις από την κατασκευή των φραγμάτων είναι σημαντικές.
- ❑ Τα φράγματα παρουσιάζουν μεγάλα πλεονεκτήματα σε ότι αφορά την εξυπηρέτηση των αναγκών του ανθρώπου.
- ❑ Καθοριστικό ρόλο παίζουν οι χρήσεις της υδροηλεκτρικής παραγωγής και της άρδευσης.
- ❑ Έχουν σημαντικά εξελιχθεί οι τεχνικές ανάλυσης βιωσιμότητας και προώθησης έργων των φραγμάτων.
- ❑ Αναμένεται να αυξηθεί ο σημερινός ρυθμός κατασκευής φραγμάτων, ιδιαίτερα για υδροηλεκτρική παραγωγή.