

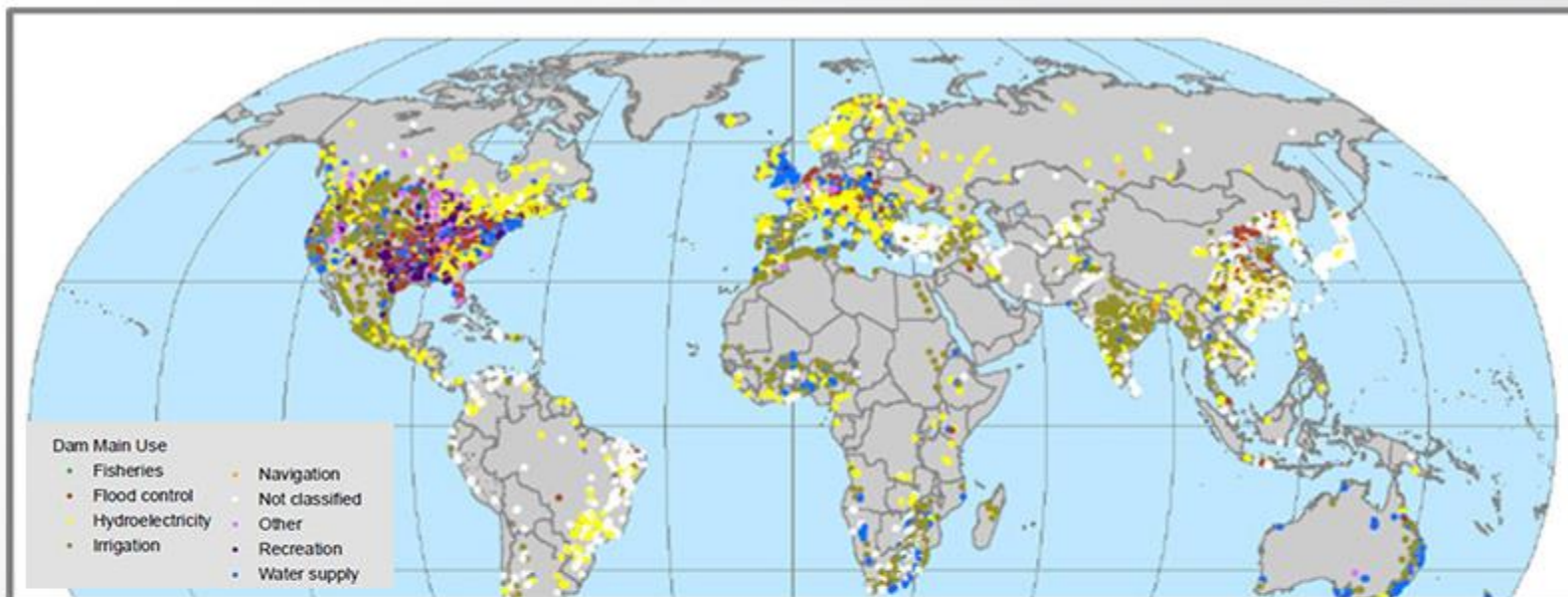


II DECOMMISSIONING DELLE DIGHE: aspetti tecnici ed economici nel panorama internazionale



Tesi di Laurea Magistrale
Corso di Rischi Naturali e Protezione Civile
LM-35 (DM270)
Candidato: Thomas Avramo
Relatori: Daniele Ganora e Ilaria Butera

Le dighe nel mondo



ITALIA:

532 Grandi Dighe

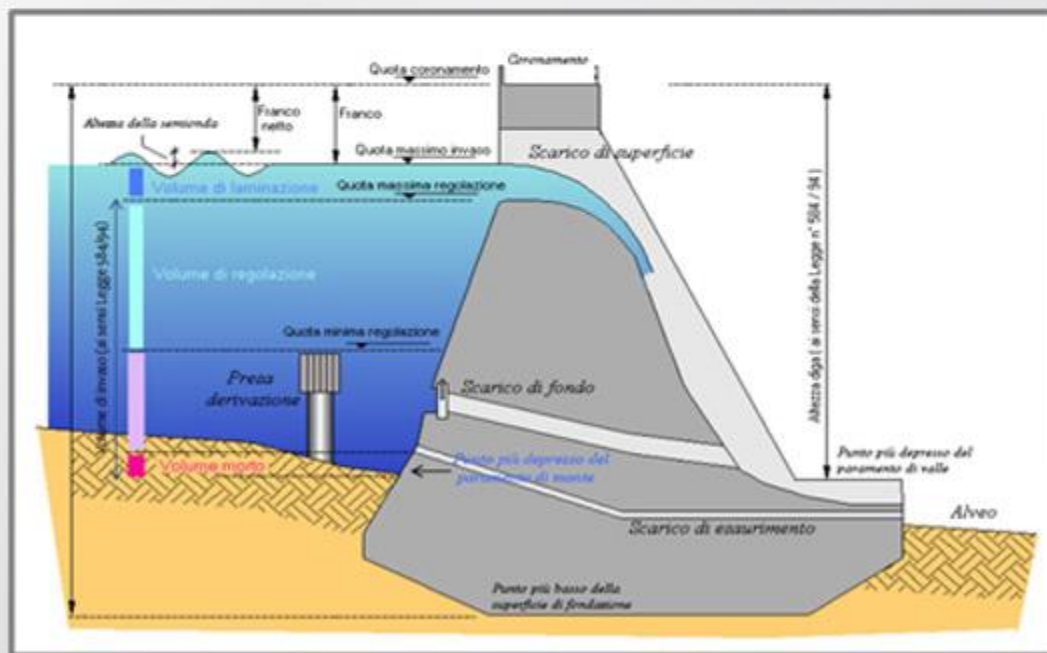
9.000 circa Piccole Dighe.

NORD AMERICA:

50.000 Grandi Dighe

2.000.000 di Piccole Dighe.

Immagine tratta da SEDAN 2020



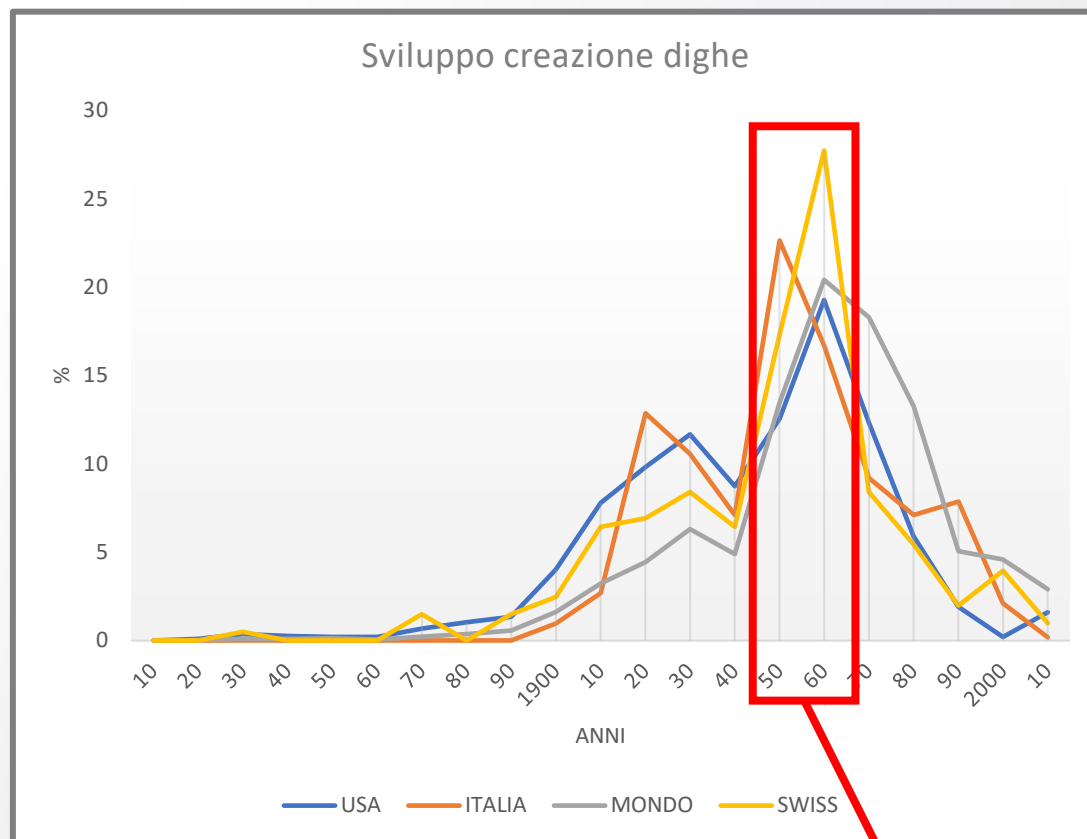
Alcuni elementi caratterizzanti la diga.

- **Altezza della diga:** è la differenza tra la quota del piano di coronamento e quella del punto più depresso dei paramenti.
- **Coronamento:** Motivo che termina e conclude superiormente un organismo architettonico o parte di esso.
- **Sbarramento:** struttura di ritenuta dell'acqua, costituita da una diga o da una traversa, e dalle opere di scarico.
- **Volume totale di invaso:** volume del serbatoio compreso tra la quota di massimo invaso e quella del punto più depresso del paramento di monte.

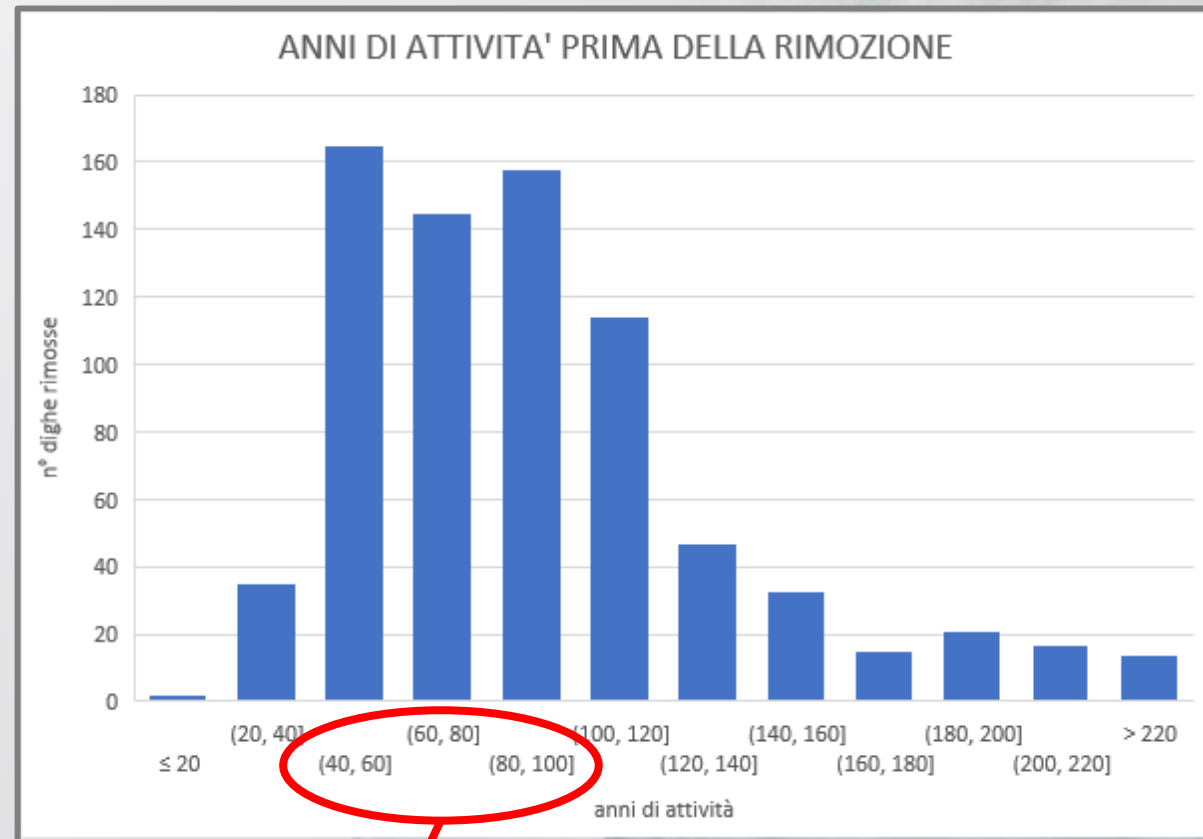
1

2

Quando si sono sviluppate le dighe?



Dopo quanto tempo vengono dismesse?



Agli inizi del 1800
iniziano ad essere
realizzati i primi
sbarramenti.

'50-'60
Sviluppo massimo
della creazione delle
dighe.

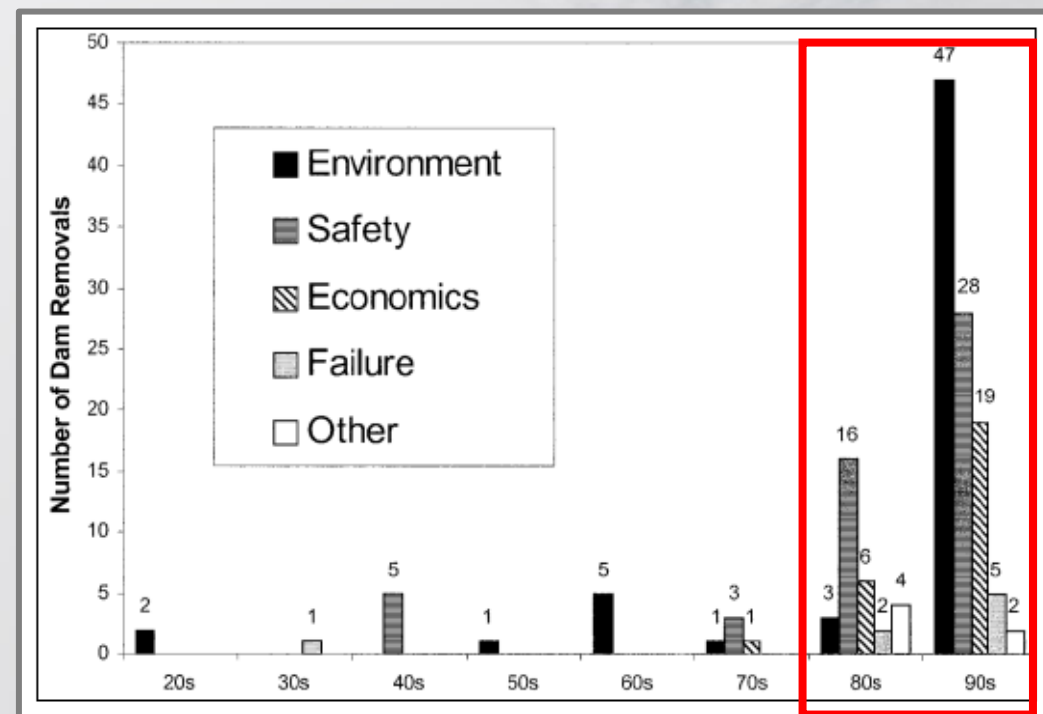
Ad oggi nel 2020 ci
troviamo a dover
fronteggiare il
ripristino ambientale e
la gestione di tali opere

Con l'inizio del XX
secolo lo sviluppo delle
dighe ha un netto
incremento

Alla fine del XX secolo si
intraprendono i primi progetti di
dismissione di dighe negli USA

Cause principali di dismissione

1
2
3



Negli anni '80-'90 la crescente consapevolezza della salvaguardia dell'ambiente a fatto sì che la causa di rimozione delle dighe sia per cause di natura **Ecologica** il cui obiettivo è quello di ridurre l'impatto ambientale, il ripristino ambientale della continuità fluviale e ripristinare il flusso migratorio della fauna ittica.

4
5
6
7

1 Ricerca e Creazione Database

2

3

4



5

6

7

PROBLEMATICHE RISCONTRATE



- **MANCANZA DI TRACCIABILITÀ DEI PROGETTI DI DISMISSIONE**
- **INCOMPLETEZZA DEI DATI TECNICI E SCIENTIFICI**
- **LIMITATO ACCESSO ALLE RISORSE**

Ricerca e Creazione Database

Database da me creato

NOME DIGA	NAZIONE	TIPO	UTILIZZO	ALTEZZA coronamento [m]	VOLUME [Mm^3]	ANNO DI REALIZZAZIONE	ANNO DI RIMOZIONE	MATERIALE	CAUSA	TIPO DI RIMOZIONE	COSTO RIMOZIONE
DIGA DI BEAUREGARD	ITALIA	ARCO	IDROELETTRICO	132	70	1969	2012	CLS	DGPV	ESPLOSIVO	
DIGA DI SANTA CHIARA D'ULA	ITALIA	ARCHI MULTIPLI	IDRO E IRRIGUO	70	400	1924	1996	CLS	SICUREZZA	PARZIALE SBRECCIO	
DIGA DI DISUERI	ITALIA		IRIGAZIONE	48		1940	1994	TERRA	SICUREZZA	PARZIALE SBRECCIO	
DIGA DI ISOLLAZ	ITALIA		IDROELETTRICO	16.5		1940	2003	MISTO	INFILTRAZIONE	DISTRUZIONE MECCANICA	
KERNANSQUILLEC DAM	FRANCIA	VOLTE MULTIPLE	IDROELETTRICO	15	0.4	1922	1996	CLS	SCADENZA TERMINI DI CONCESSIONE		
SAINT-ETIENNE DU VIGAN DAM	FRANCIA	ARCO	IDROELETTRICO	13		1895	1998	CLS	SCADENZA TERMINI DI CONCESSIONE	ESPLOSIVO	2000000
MAISONS-ROUGES DAM	FRANCIA	TRAVERSA	IDROELETTRICO	4		1922	1998	CLS	SCADENZA TERMINI DI CONCESSIONE		1400000

Database USGS

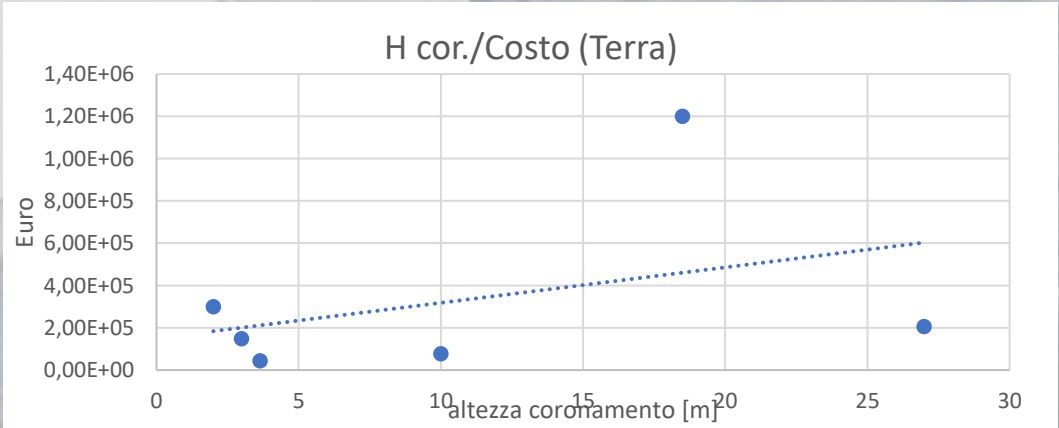
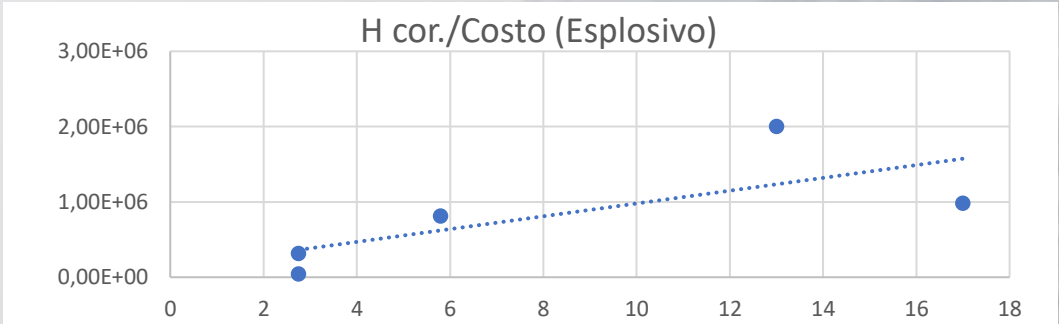
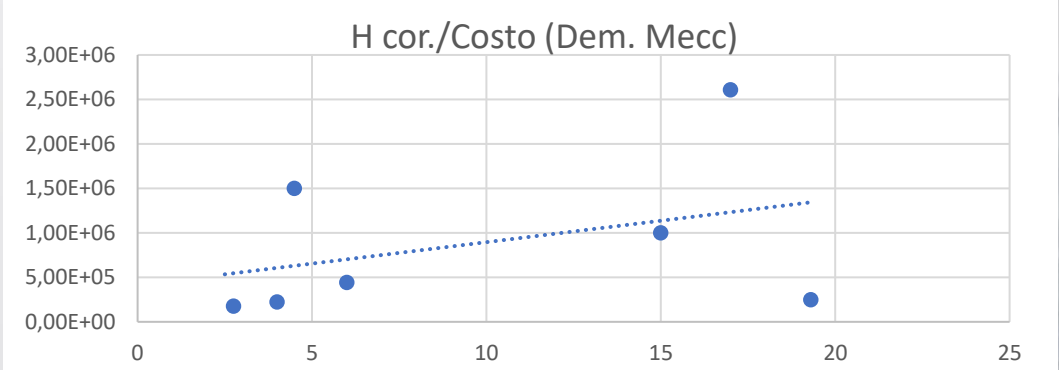
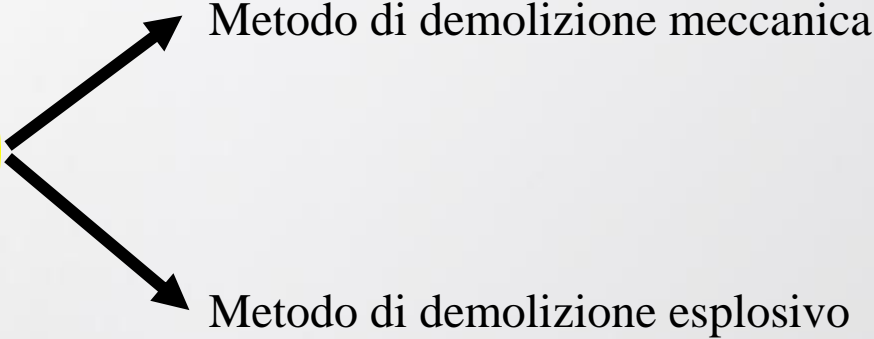
Dam_Name	Year_Remov ed	City_Coun ty	River	HUC8	State	Dam_Height_ft	Dam_Length_ft	Year_Built	Owner	Original Use	Type_Material	Dam_Heig ht_m	Anni di attività
(Unnamed Dam)	2009		Skokomish River		WA	0	0	1953	Tacoma Power			0	56
5th Avenue Dam	2012	Columbus	Olentangy River	Upper Scioto	OH	8	0	1935	Ohio State University powerplant - has not been in use since 1950s	Hydropower	Concrete arch dam	2.4384	77
Acheys Mill Dam	2011	Reading	Unami Creek	Schuylkill	PA	0	0	9999	Private			0	0
Adams Run Dam	2015	Pine Grove/Sch uylkill	Adams Run	Lower Susquehanna- Swatara	PA	9	230	1893	Municipal	Water supply	Earthen	2.7432	122
Adney Gap Pond Dam	1984				VA	12	0	9999				3.6576	0

1
2
3
4

5
6
7

Parametro caratteristico/Costo di rimozione

I costi di rimozione trovati sono stati attualizzati ad oggi per operare un confronto uniforme tra i vari progetti.



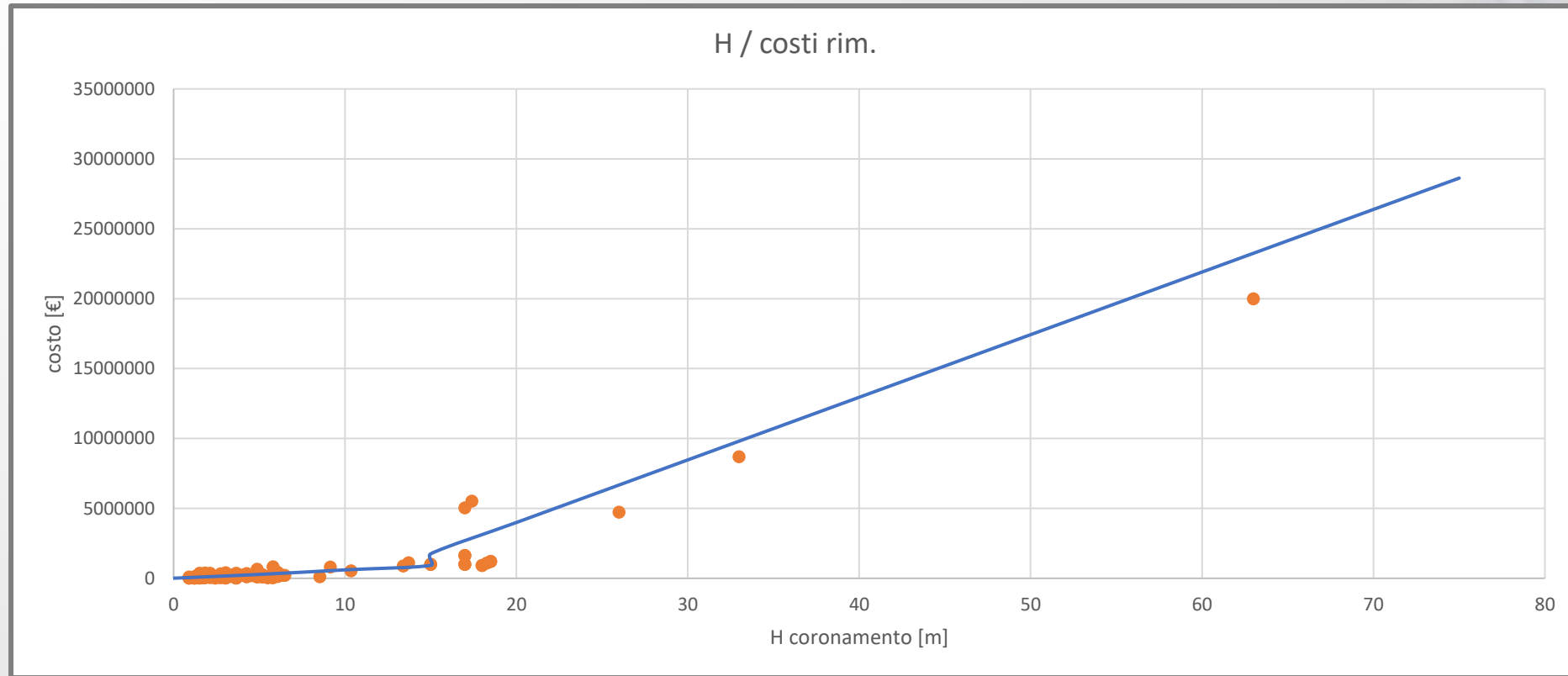
1 Altezza diga/Costo di rimozione

2

Per un confronto ottimale è stato necessario attualizzare i costi dei singoli progetti per operare una stima più corretta.

3

4



Linea (Blu) di correlazione, definita a tratti, per la stima del costo di rimozione in funzione dell'altezza del coronamento (m).

- da $0 < h. \text{ cor.} < 2$ $\Rightarrow Y = 20.000\text{€}$
- da $2 \leq h. \text{ cor.} < 15 \text{ m}$ $\Rightarrow Y = 65.000\text{€}x - 58.000\text{€}$
- da $15 \leq h. \text{ cor.}$ $\Rightarrow Y = 445.000\text{€}x - 4.500.000\text{€}$

In arancione sono rappresentati gli spot riferiti ai costi di rimozione delle varie dighe indagate durante la fase di studio.

5

6

7

1

2

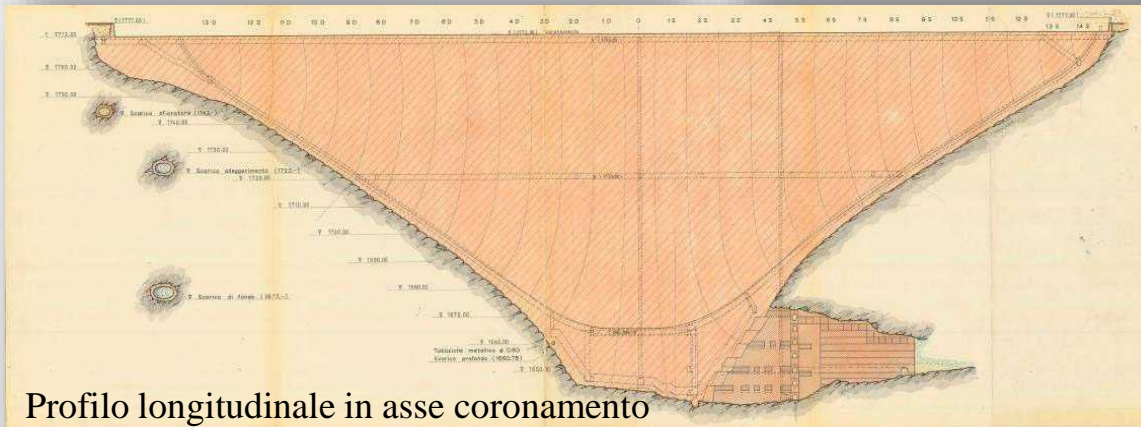
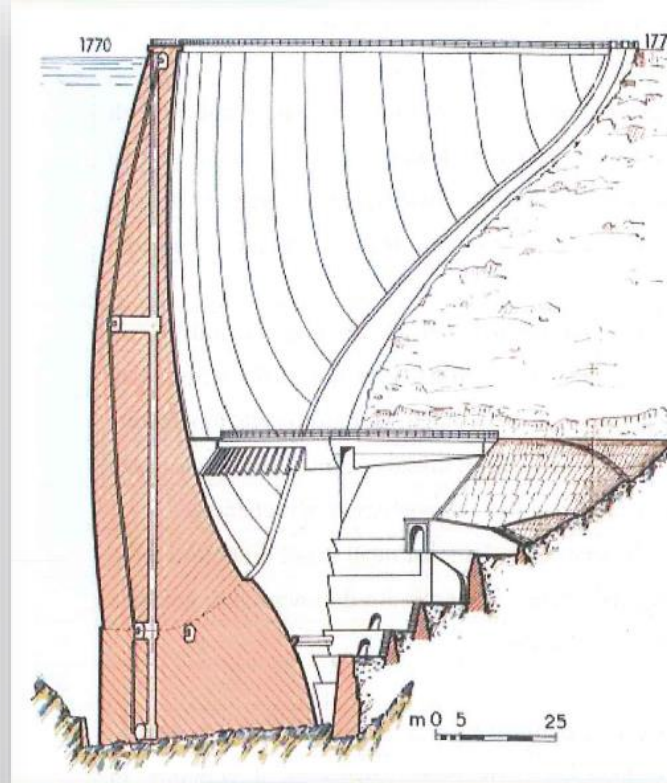
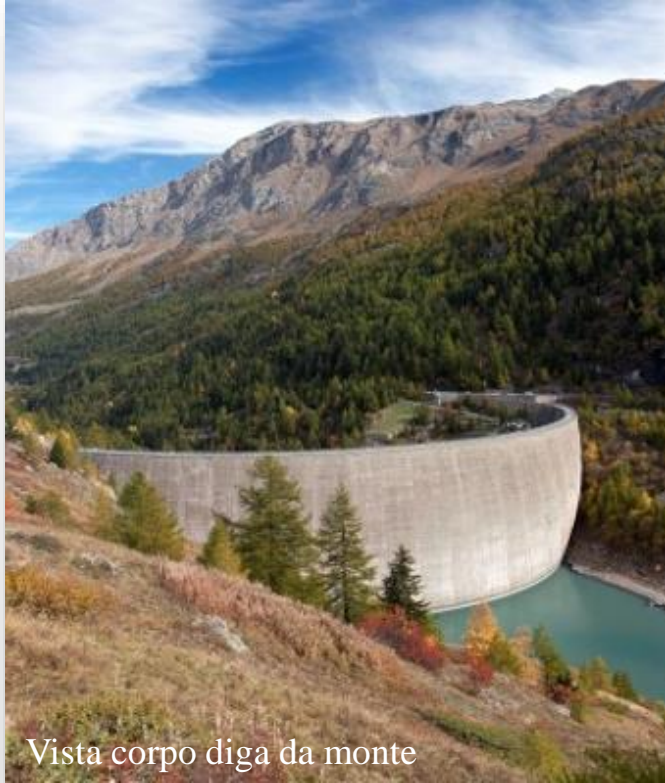
3

4

5

Caso studio: Diga di Beauregard (Valgrisenche AO.)

Stato di fatto della diga prima dell'adeguamento.



Profilo longitudinale in asse coronamento

- Altezza massima totale di 132 m
- Sviluppo del coronamento di 394 m
- Quota coronamento 1772 m s.l.m.
- Quota di massimo invaso 1770 m s.l.m.
- Spessori da 5 m a 40 m alla base
- Capacità utile di invaso 70.000.000 m³

6

7

1

2

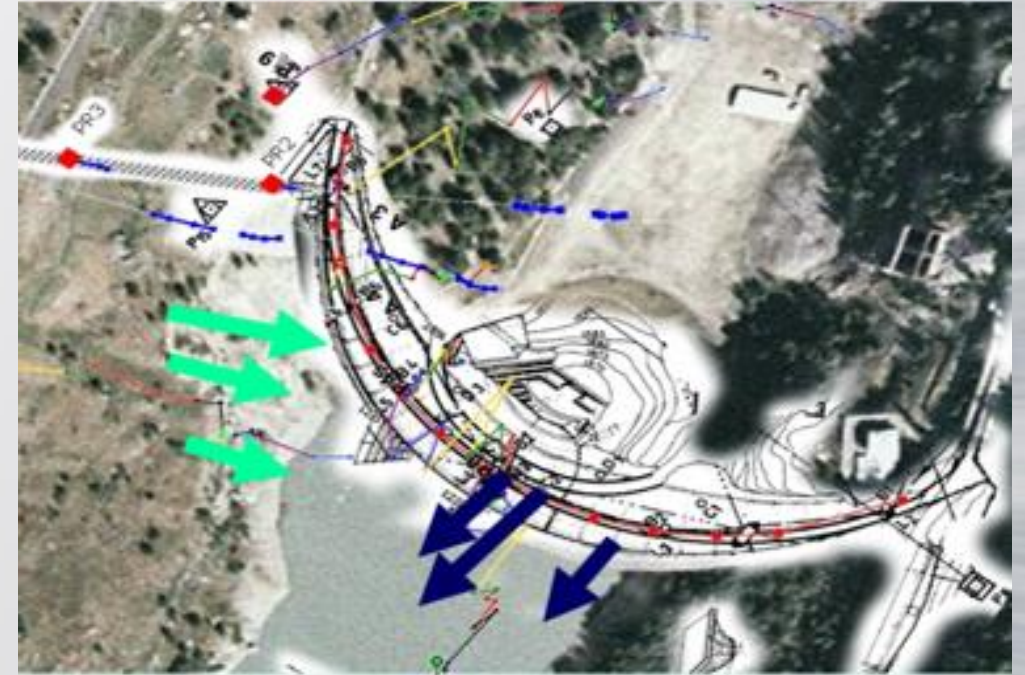
3

4

5

Come mai è stato deciso di intervenire sul corpo diga ?

DGPV (Deformazione gravitativa profonda di versante)



Il movimento del versante alla sinistra orografica “costringeva” il manufatto a una deriva costante verso monte che è la causa della profonda fessura al paramento di valle e del dissesto della parte superiore.

Le fessurazioni nel corpo diga si formarono fino dai primi invasi sperimentali.

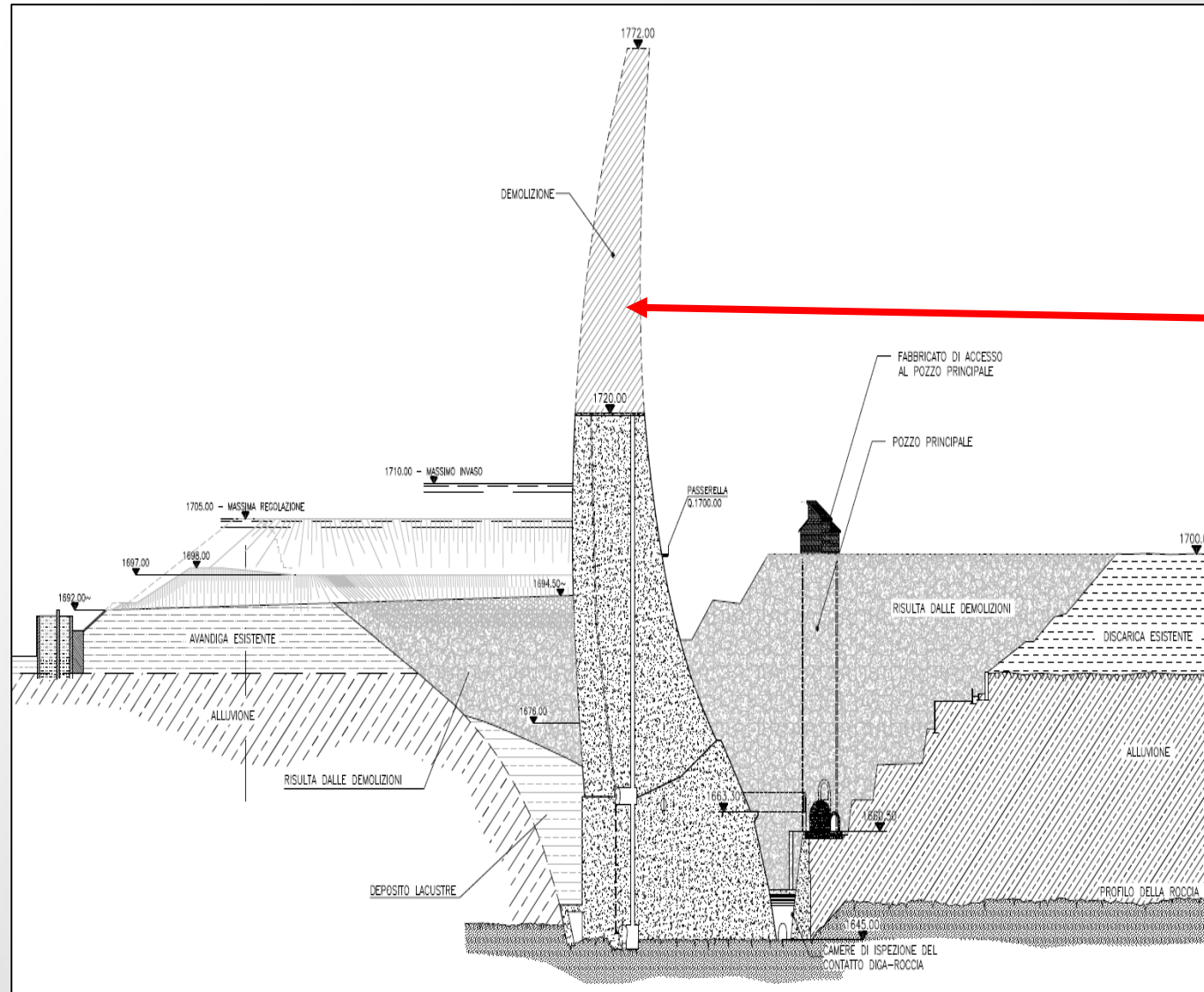
6

7

1
2
3
4
5

Caso studio: Diga di Beauregard (Valgrisenche AO.)

Il progetto di dismissione e la fase di demolizione.



Volata di demolizione
del coronamento.

Caratteristiche diga dopo adeguamento strutturale:

- Livello di massimo invaso: 1.720 m s.l.m.
- Capacità utile di invaso: 2.000.000 m³
- Livello di esercizio dell'invaso: 1.702 m s.l.m.

6
7

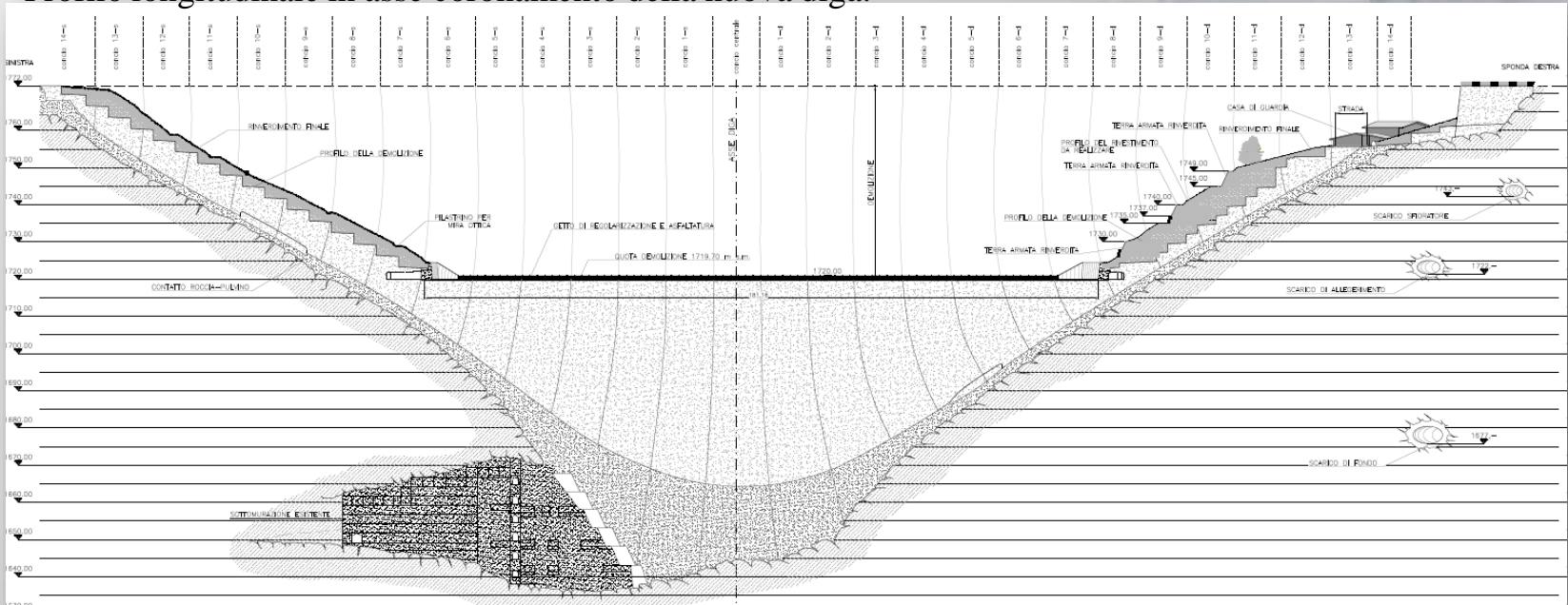
1
2
3
4
5
6
7

Caso studio: Diga di Beauregard (Valgrisenche AO.)

Il progetto di dismissione e il risultato finale.



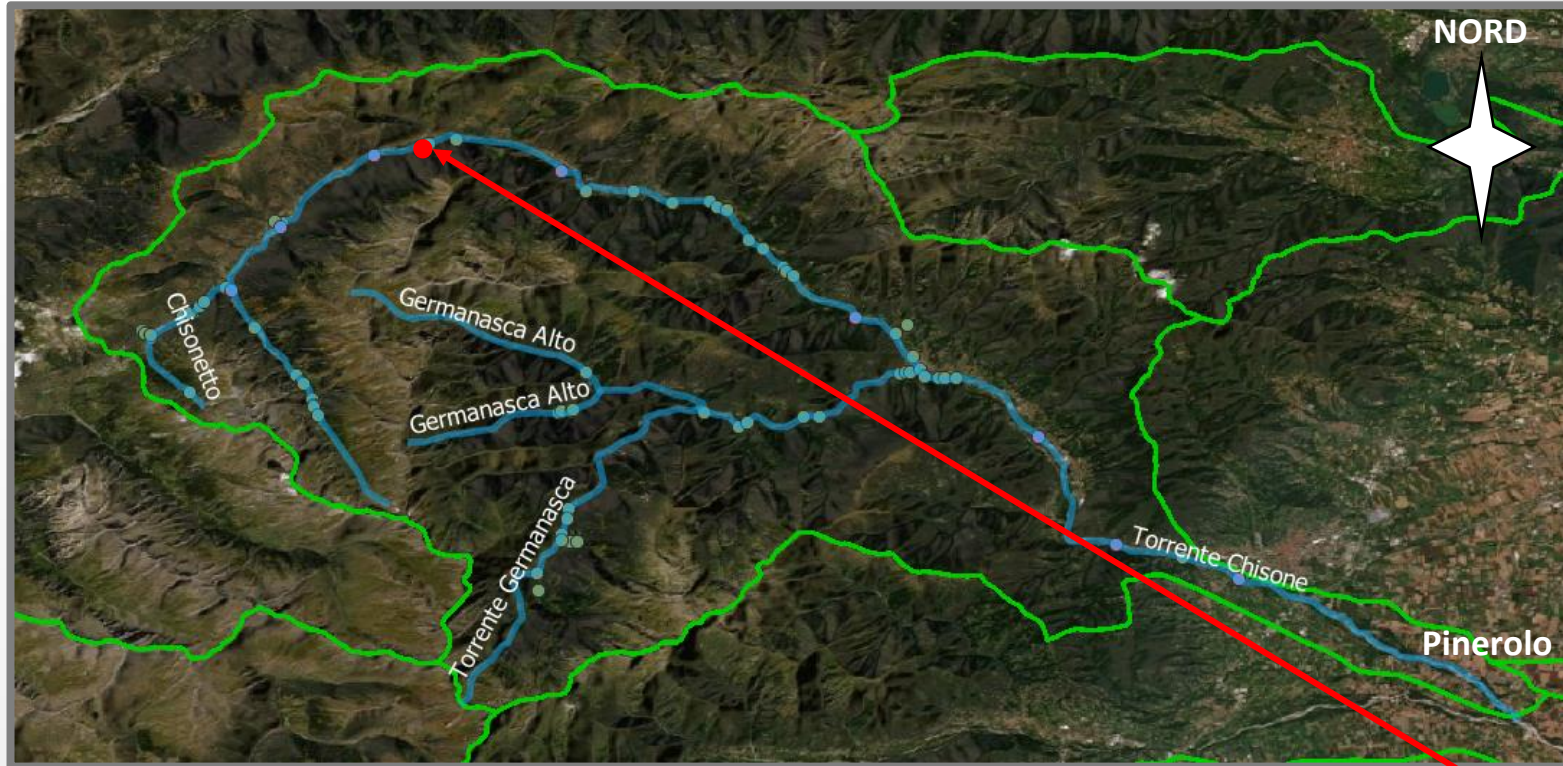
Profilo longitudinale in asse coronamento della nuova diga.



1
2
3
4
5
6

Applicazione al Bacino del Torrente Chisone.

Inquadramento generale



Dati Bacino torrente Chisone

Stato	Italia
Regioni	Piemonte
Lunghezza	53,2 km
Portata media	12,30 m ³ /s
Bacino idrografico	604,38 km ²
Altitudine sorgente	2 900 m s.l.m.
Nasce	monte Barifreddo - Val Chisone
Sfocia	Pellice

Sull'asta del Torrente Chisone sono presenti 31 sbarramenti (AMBER). È presente una diga sull'asta torrentizia, la **Diga di Pourrieres** altezza del coronamento 10 m. E' che costruita attorno agli anni '50 e nel 2006 è stata oggetto di un progetto di ristrutturazione, con l'introduzione di un scala per i pesci.

Come parametro di confronto si è fatto riferimento all'**River Fragmentation Index (RFI)** calcolato secondo la formula di (Cote et al, 2008).

RFI allo stato di fatto **40,71%**.



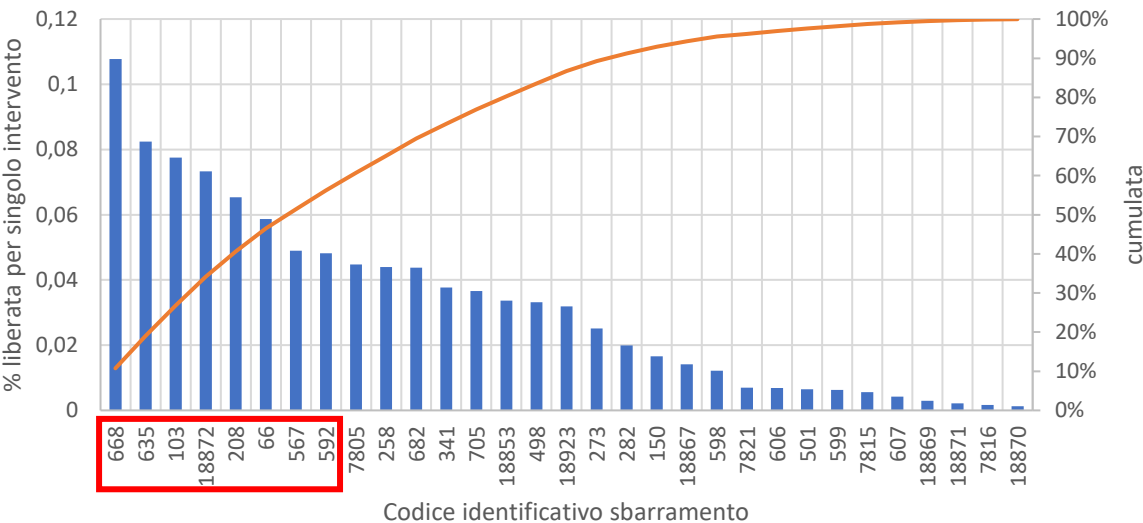
7

1
2
3
4
5
6

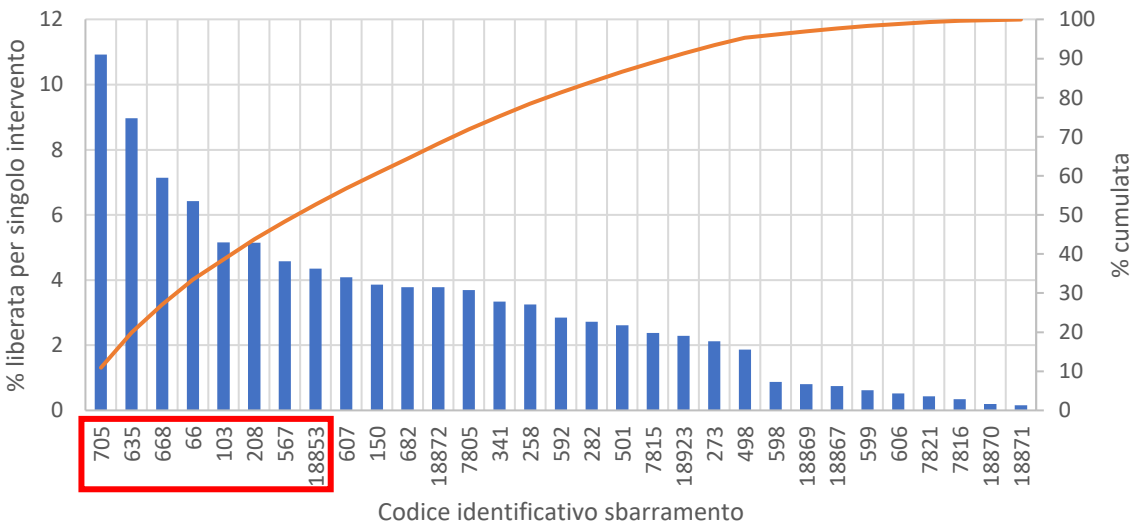
Applicazione al Bacino del Torrente Chisone

Metodo di scelta degli sbarramenti su cui intervenire

Metodo di scelta CASO 1



Metodo di scelta CASO 2



$$\% \text{ liberata} = \frac{l_m}{\sum_{i=1}^n l_n} * 100$$

RFI = 38,10%

$$\% \text{ liberata} = \frac{l_m + l_v}{\sum_{i=1}^n 2l_n} * 100$$

RFI = 30,50%

l_m = lunghezza lineare di asta fluviale a monte dello sbarramento considerato fino al raggiungimento del successivo.
 l_v = lunghezza lineare di asta fluviale a valle dello sbarramento considerato fino al raggiungimento del successivo.
 $\sum_{i=1}^n l_n$ = somma di tutte le aste fluviali.

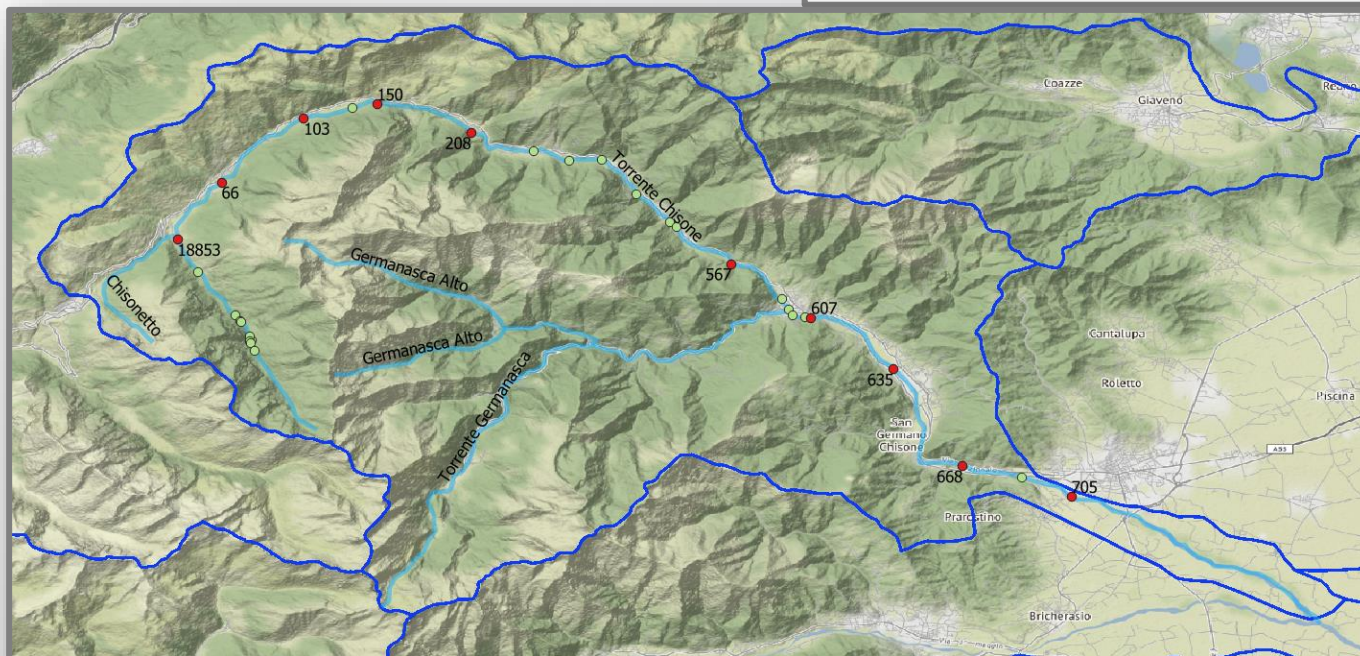
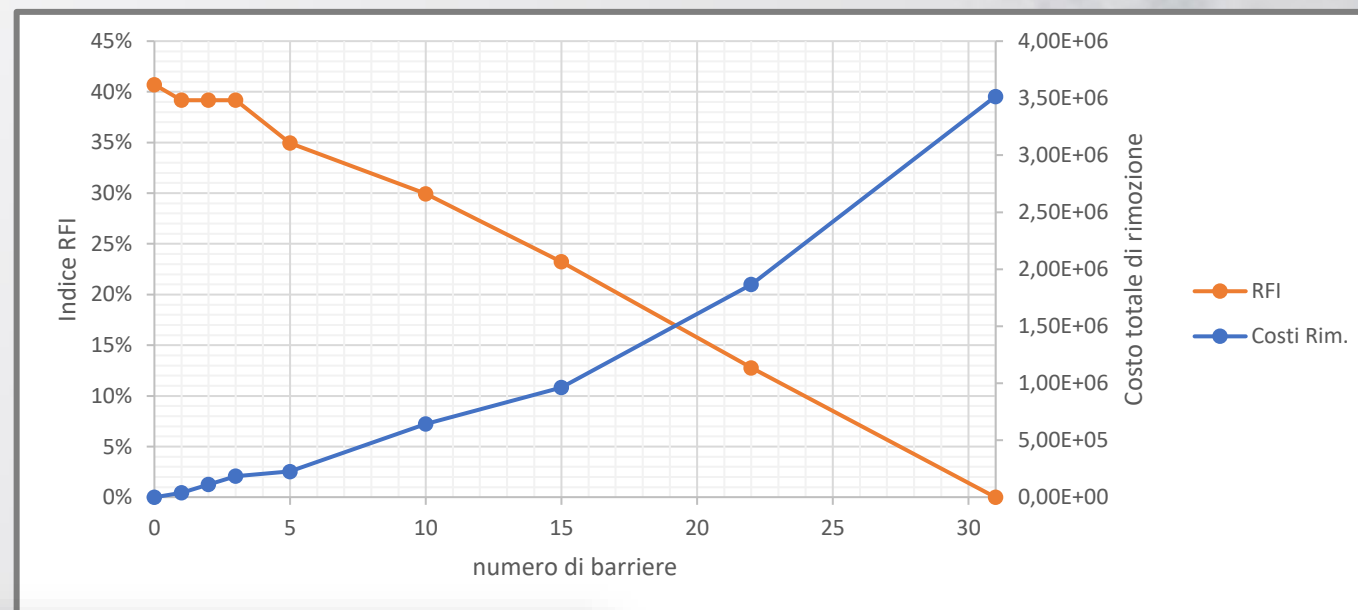
7

1
2
3
4
5
6

Applicazione al Bacino del Torrente Chisone

Metodo di scelta degli sbarramenti su cui intervenire

Linea generale dell'andamento dei costi di rimozione in funzione del numero di barriere rimosse contemporaneamente individuate con il Caso 2, legata all'indice RFI.



Prese ad esempio le prime 10 barriere nell'ordine come riportato nel modello di scelta del Caso 2. La spesa che eventualmente sarebbe necessaria alla rimozione di tali sbarramenti sarebbe intorno ai 650.000€ a cui corrisponde un indice RFI pari a circa il 30 %.

7

1
2
3
4
5
6
7



Conclusioni Finali

La causa maggiore di dismissione negli ultimi anni è quella ambientale.

Essendo molti gli sbarramenti dislocati sul territorio, è molto importante la decisione su quali sbarramenti intervenire per poter ottimizzare l'effetto complessivo.

Durante la fase decisionale è estremamente importante la collaborazione con le associazioni e tutti i portatori di interesse.

La parte economica è la parte fondamentale da cui nascono contenziosi e quindi fondamentale poter stimare a priori i costi di rimozione

La mancanza di esperienza e di normative ben precise fa sì che si debba imparare dalle esperienze pregresse per poter minimizzare gli errori.

A close-up photograph of a human hand holding a thin, brown tree branch. The hand is positioned in the center-left of the frame, with fingers wrapped around the branch. Several bright green leaves are attached to the branch, some in the foreground and others further back. The background is a soft, out-of-focus green, suggesting a forest or garden setting. A semi-transparent dark rectangle is overlaid on the upper part of the image, containing the text 'GRAZIE PER L'ATTENZIONE' in white, serif, all-caps font.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

*“Fino ad ora l'uomo è stato contro la Natura,
d'ora in poi sarà contro la propria natura.”*

Dennis Gabor