

**YPF – Young Professional Forum ITCOLD**  
**ITCOLD – Italian Committee on large Dams**  
**OPEN DAY ON DAMS**  
**Napoli 10 aprile 2024**

**LE DIGHE E I SISTEMI DI  
POMPAGGIO**

**F. Fornari**



# CORSO DI FORMAZIONE APPRENDISTI UNIVERSITA' L'AQUILA

Italy Hydro – MAINTENANCE & TECHNICAL SUPPORT  
26 marzo 2024

## COMPONENTI TECNICI



# Complessità delle infrastrutture





# Opere di presa su piccoli corsi d'acqua

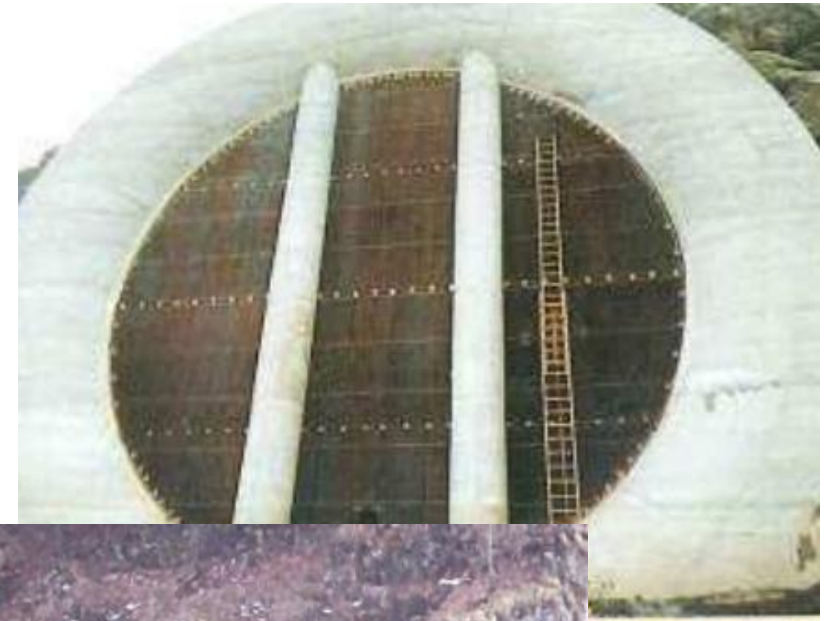


**Problemi gestionali: pulizia da intasamenti materiale lapideo e vegetale**





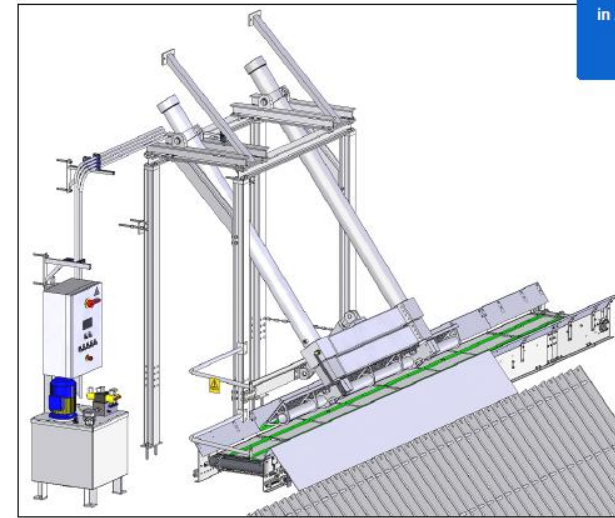
# Opere di presa su fiumi o bacini



## Problemi gestionali:

- pulizia da intasamenti materiale lapideo e vegetale
- Interrimento bacino

# Sgrigliatori



- Problemi gestionali:**
- **Smaltimento differenziato materiale raccolto**





# Dissabbiatori



## Problemi gestionali:

- Smaltimento differenziato materiale raccolto
- Controllo torbidità



# Canali



**Circa 800 km canali all'aperto**

<https://www.itcold.it/wpsysfiles/wp-content/uploads/2016/07/RAPPFIN2012Zinetti.pdf>





# Canali: alcuni incidenti

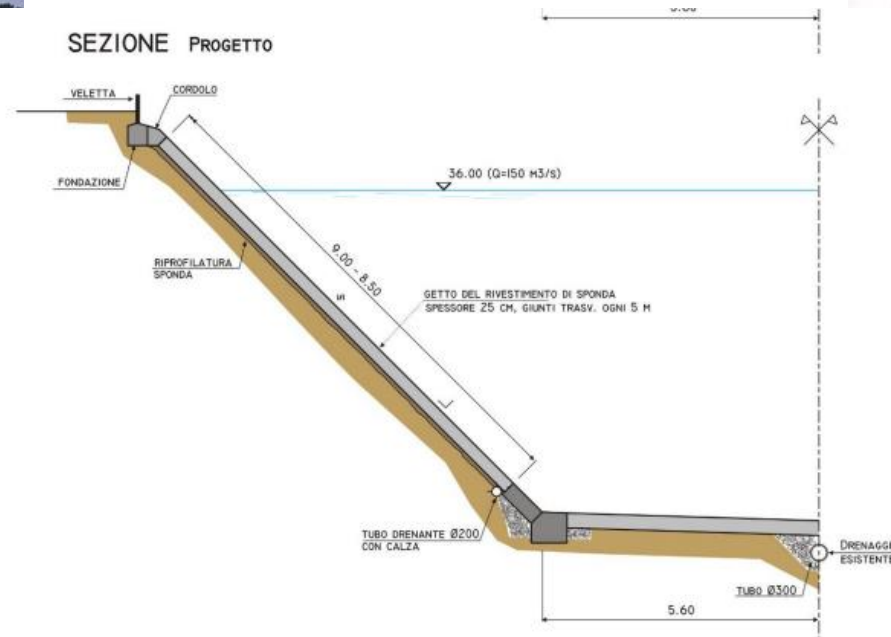


**Crego (VB) 2021 Rottura per caduta  
masso**





# Canali: Interventi



**Sostituzione rivestimento con  
inserimento sistema drenante**





# Canali: alcuni incidenti



marzo2024



**Ludrigno (BG) 2023 cedimento strutturale**



CORSO APPRENDISTI UNIVERSITA' DELL'AQUILA

# Canali: alcuni incidenti



**Palo Viejo (Guatemala)  
2023 : frana per perdite**



**Abanico (Cile) 2023: in  
accertamento**



# Gallerie idrauliche



**Circa 1650 km  
gallerie  
idrauliche**

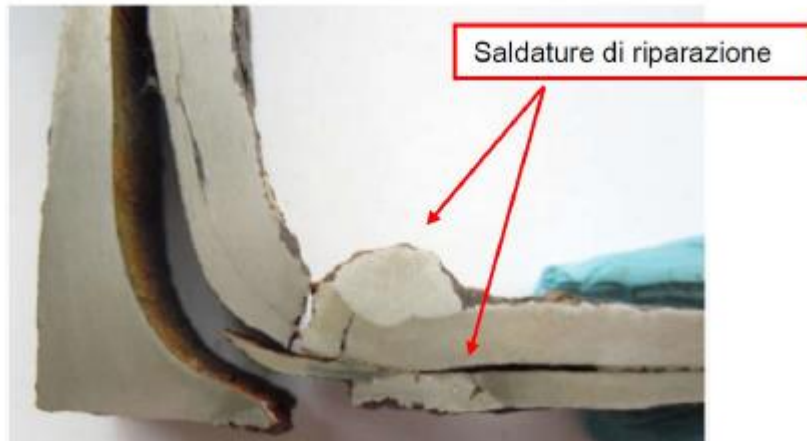




# Gallerie idrauliche: incidente Torrite 2020



**Cedimento  
flangia  
portello  
passo  
d'uomo**



marzo2024

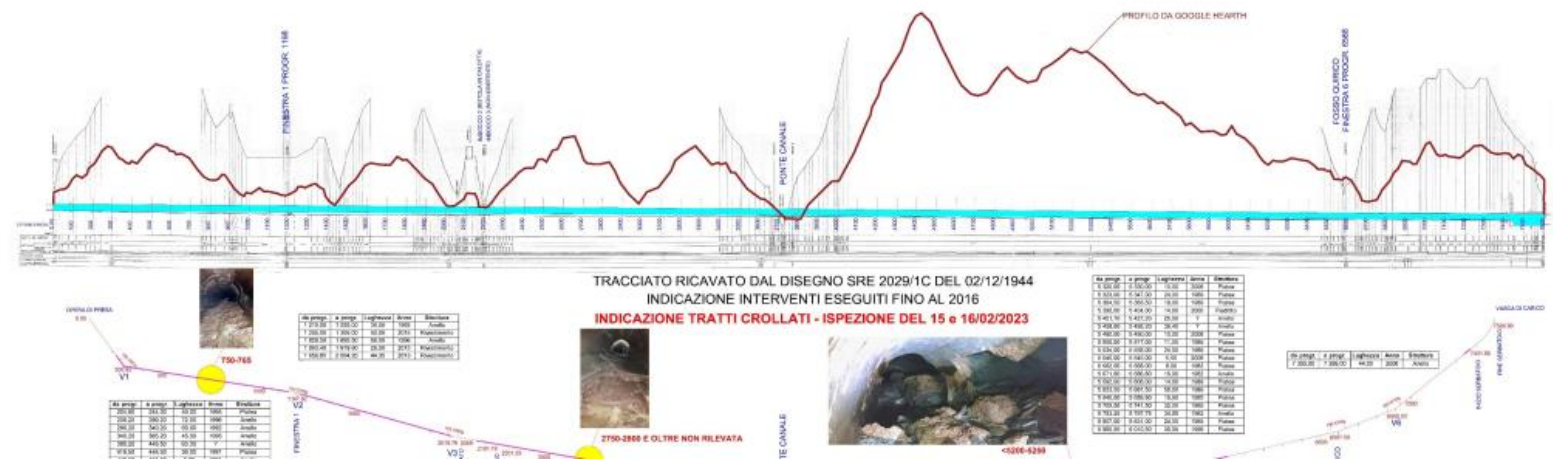
CORSO APPRENDISTI UNIVERSITA' DELL'...



# Gallerie idrauliche: cedimento galleria Morino (AQ) 2021

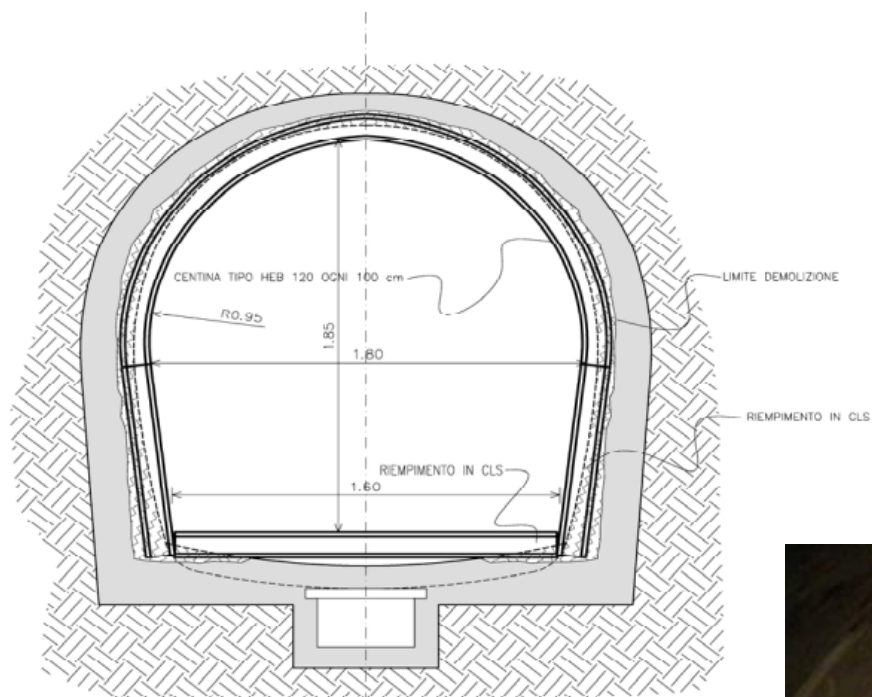


# Ricorrenti problematiche geologiche



# Gallerie idrauliche: interventi

## Centinatura





# Gallerie idrauliche: interventi



**Inserimento  
tubazione**



marzo2024

**enel**  
Green Power

# Ponti canale





# Pozzi piezometrici



marzo2024

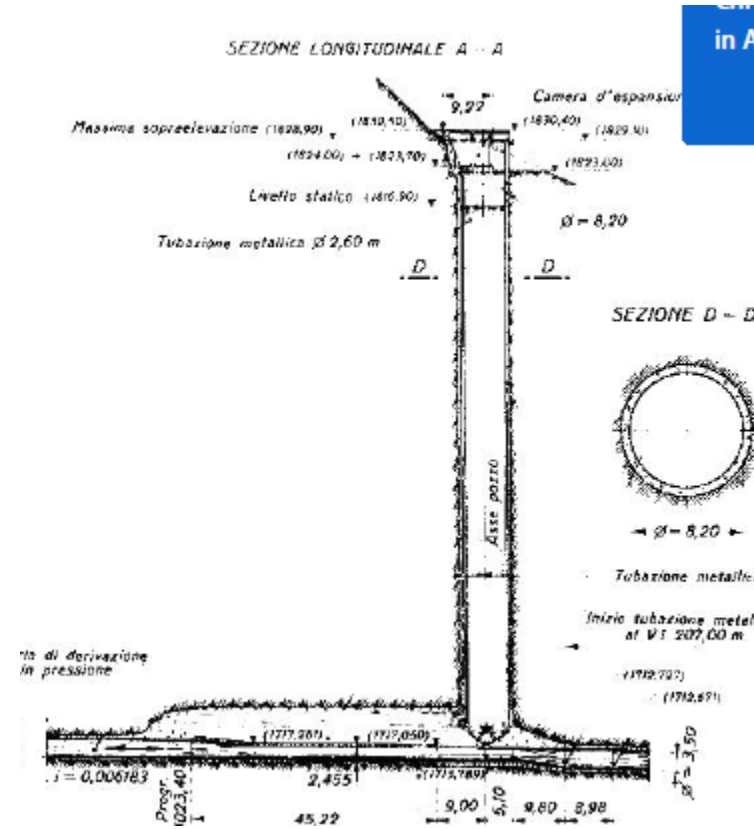


Figura 21.1. Tubazione utilizzata per l'ingegneria

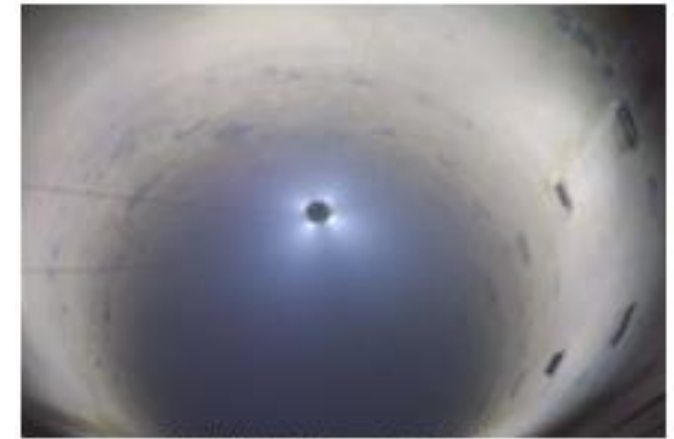


Figura 21.2. Vista dell'interno durante la visita nel pozzo

enel  
Green Power

# Condotte forzate



**Circa 270 km  
condotte**



<https://www.itcold.it/wpsysfiles/wp-content/uploads/2019/03/RAPPFIN-Condotte-forzate-2019.pdf>

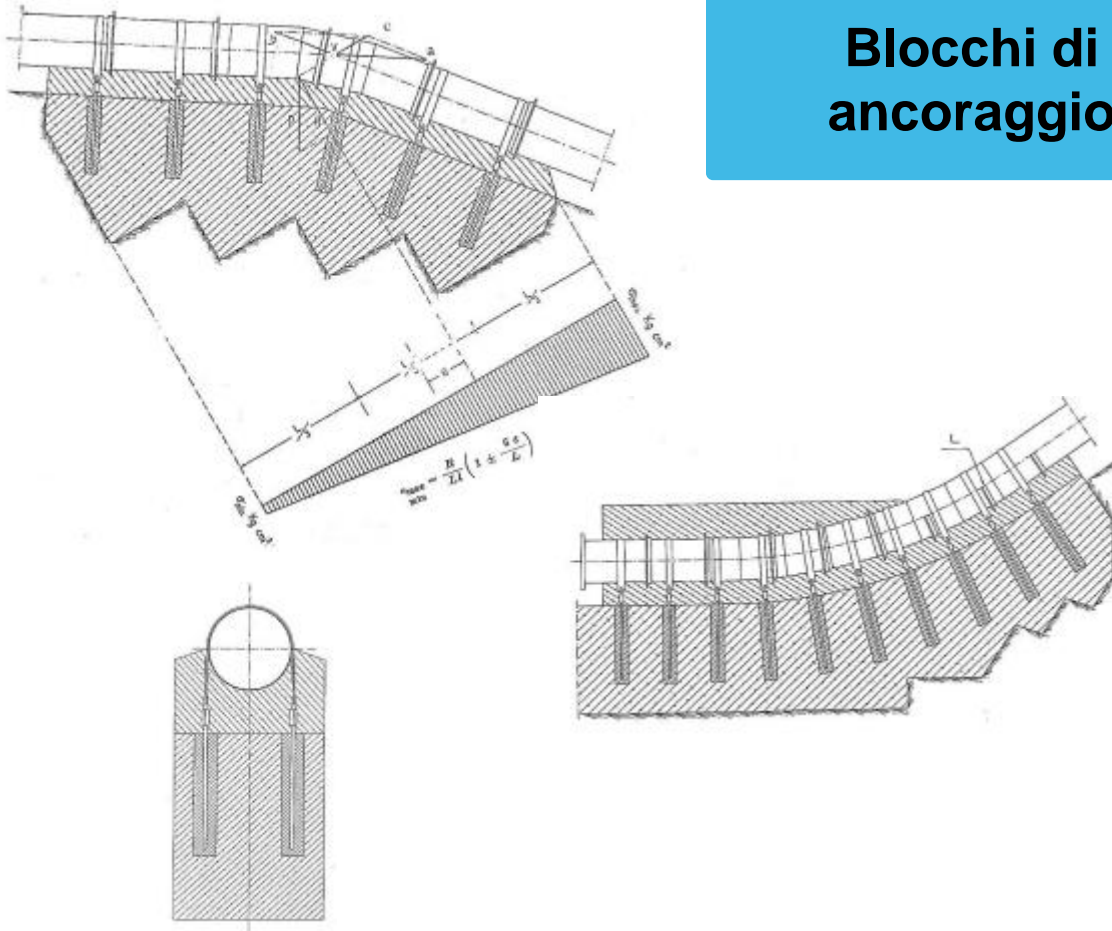


**gel**  
Green Power

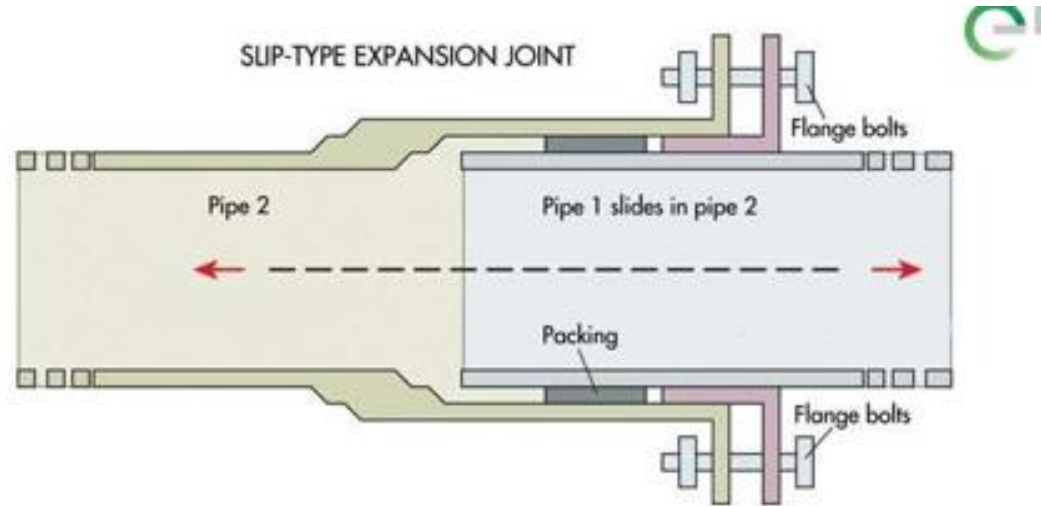


# Condotte forzate: opere civili

**Blocchi di ancoraggio**



# Condotte forzate: opere meccaniche



**Giunti di  
dilatazione**





# Condotte forzate: opere meccaniche

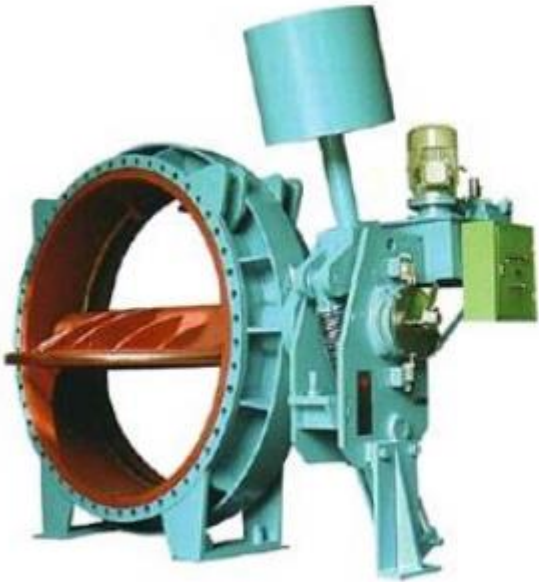


Figura 53 – Valvola a farfalla (sinistra) e valvola rotativa (destra, rif. GM HYDRO Consulting Engineer)



**Valvole testa  
condotta**

**Tubo aeroforo**



Green Power



# Condotte forzate: alcuni incidenti

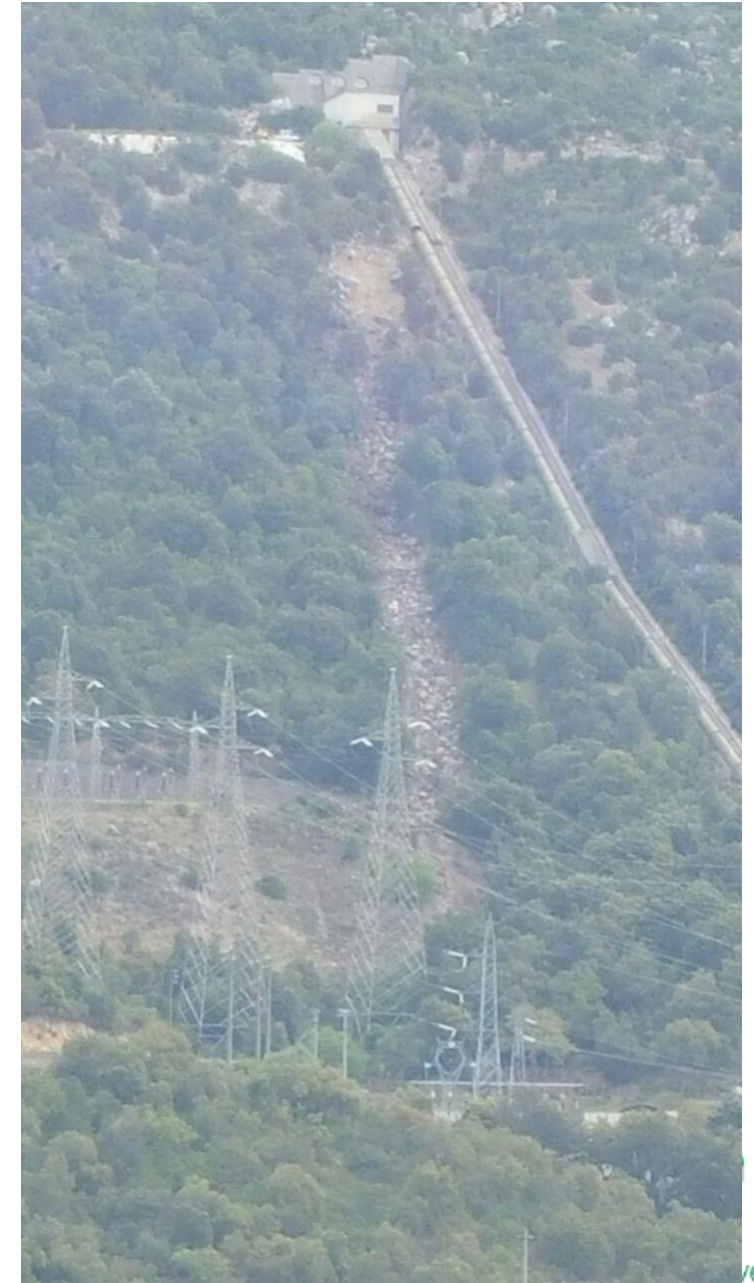


## Cedimento CF Cucchinadorza

5 maggio 2017 h 21.14.30 sgancio valvola a farfalla e chiusura completa in 2 minuti

marzo2024

CORSO APPRENDISTI UNIVERSITA' DELL'AQUILA





# CORSO DI FORMAZIONE APPRENDISTI UNIVERSITA' L'AQUILA

Italy Hydro – MAINTENANCE & TECHNICAL SUPPORT  
26 marzo 2024

## IMPIANTI IDROELETTRICI



# Idroelettrico Italia: taglia impianti

La potenza degli impianti idroelettrici rappresenta il 35% di quella relativa all'intero parco impianti rinnovabile installato in Italia. Escludendo gli impianti di pompaggio puro, alla fine del 2018 risultano in esercizio in Italia 4.331 impianti idroelettrici; nella maggior parte dei casi si tratta di impianti di piccole dimensioni, con potenza complessiva inferiore a 1 MW. In termini di potenza installata, invece, oltre l'80% dei 18.936 MW installati nel Paese a fine 2018 si concentra in impianti con potenza maggiore di 10 MW. Nel corso del 2018 la produzione da fonte idraulica ammonta a 48.786 GWh, pari al 42,6% della produzione totale da fonti rinnovabili. Il 75% dell'elettricità generata dagli impianti idroelettrici è stata prodotta da impianti di potenza superiore a 10 MW, il 19% da quelli di potenza compresa tra 1 e 10 MW e il restante 6% da impianti di piccola dimensione (inferiore a 1 MW)

Classi di potenza	n°	Potenza (MW)	Energia (GWh)
$P \leq 1 \text{ MW}$	3.123	858	3.036
$1 \text{ MW} < P \leq 10 \text{ MW}$	900	2.676	9.084
$P > 10 \text{ MW}$	308	15.401	36.666
Totale	4.331	18.936	48.786,4

**NON MODULABILE =  
SOLARE ED EOLICO**

**MODULABILE 75%**

Fonte: Terna



# Aste idroelettriche: l'utilizzazione è integrale



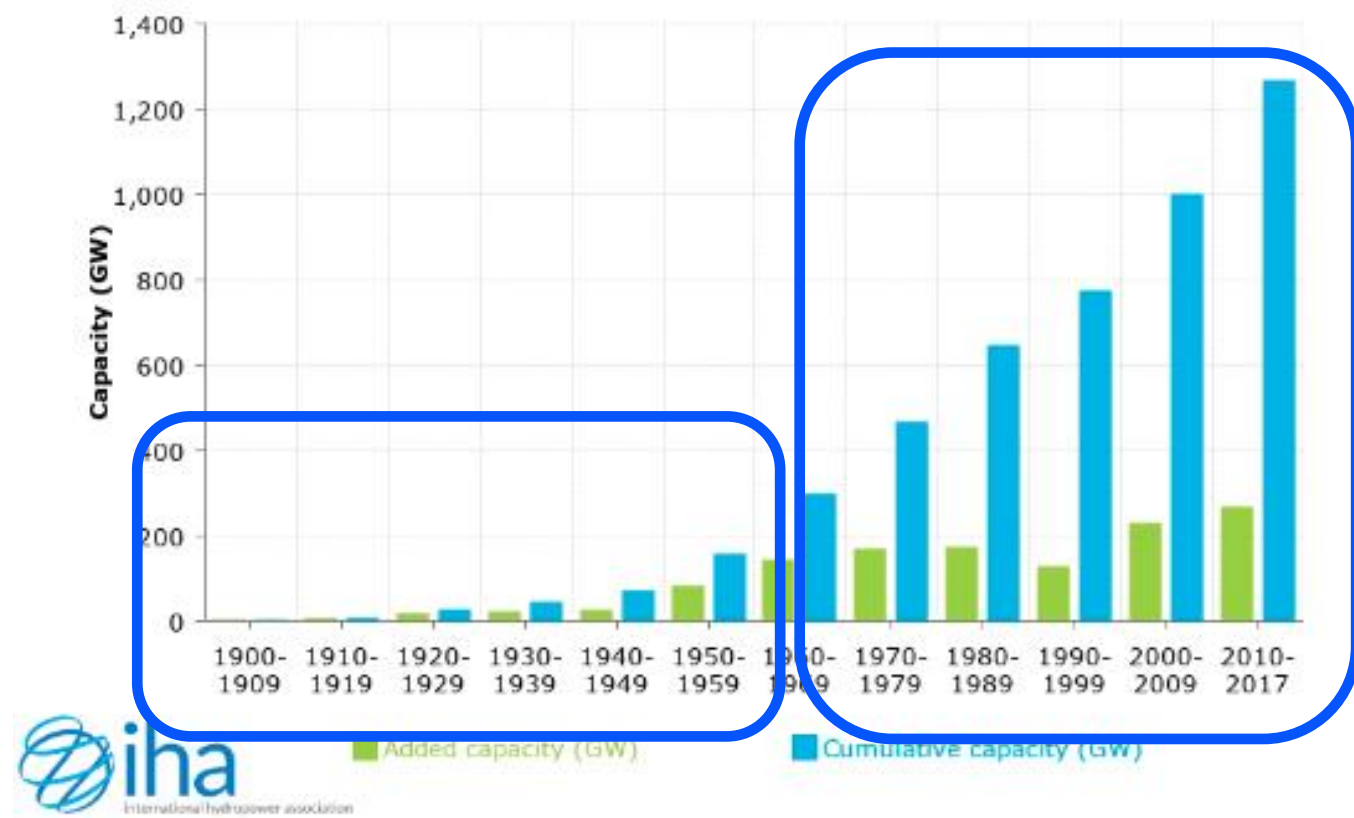
Tutti i principali  
corsi d'acqua  
e i siti per  
utilizzo  
idroelettrico  
sono già stati  
infrastrutturati  
Esistono pochi  
ambiti in cui  
inserire nuovi  
impianti



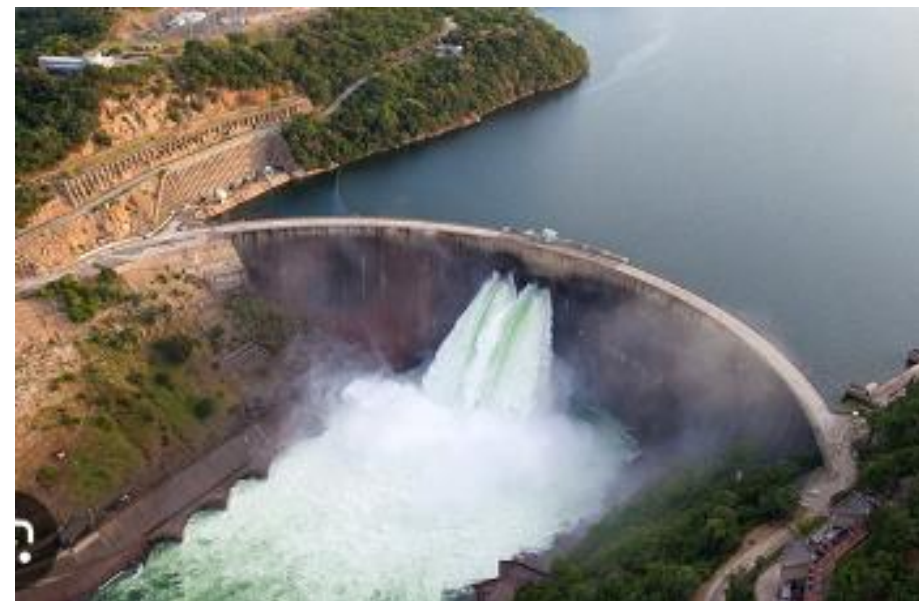
ASTA DEL PIAVE

# Dal primo al terzo mondo

Hydropower installed capacity growth since 1900



marzo2024



KARIBA ZIMBAWE

enel  
Green Power

CORSO APPRENDISTI UNIVERSITA' DELL'AQUILA



# Espansione nel nuovo millennio

Una nuova era per l'energia idroelettrica  
Non molto tempo dopo la fine del XXI secolo, lo sviluppo dell'energia idroelettrica ha guadagnato un rinnovato slancio, in particolare in Asia e in Sud America.

Tra il 2000 e il 2017, quasi 500 GW di potenza installata in tutto il mondo è stato aggiunto, rappresentando un aumento del 65 per cento, con una crescita dal 2010 già superiore a quella registrata nel primo decennio del secolo.

THREE GORGES CHINA



# Il boom cinese



marzo2024

CORSO APPRENDISTI UNIVERSITA' DELL'AQUILA

Video  
<https://www.youtube.com/watch?v=-87IN7CVTkU>

11 minuti

Un gigante con molte polemiche





# Conflitti nell'uso dell'acqua



## GRAND RENAISSANCE ETHIOPIA

marzo2024

CORSO APPRENDISTI UNIVERSITA' DELL'AQUILA

The project is located approximately 700 km north west of the capital Addis Ababa, in the region of Benishangul - Gumaz along the Blue Nile. At the end of the works, the **Grand Ethiopian Renaissance Dam will be the largest dam in Africa**: 1,800 m long, 155 m high and with a total volume of 10.4 million m<sup>3</sup>.

It will create a reservoir covering **1,875 square kilometres** and contain **74 billion cubic metres** of water. The project involves the construction of a **main dam in Roller Compacted Concrete (RCC)**, with 2 power stations installed at the foot of the dam. The power stations are positioned on the right and left banks of the river and comprise 13 Francis turbines with a total installed power of **5,150 MW** and estimated production of **15,700 GWh per year**.

The project is completed by a 15,000 m<sup>3</sup>/s capacity **concrete spillway** and a **rockfill saddle dam** (5 km long, 50 m high and 15.3 million m<sup>3</sup> in volume), both located on the left bank.

The GERD is a major project whose construction required **innovative solutions**. One feature was the composition of the RCC, developed by global experts to have it settle more quickly thereby **improving the production and quality of the material**.



## Videos

<https://www.webuildgroup.com/en/projects/dams-hydroelectric-plants/grand-ethiopian-renaissance-dam-project/>

<https://www.youtube.com/watch?v=FDCJ2h2h4ME>







# Entracque : impianto di pompaggio



## Video

<https://www.youtube.com/watch?v=y0ATRQO96qs>

**L'impianto più potente**



# Presenzano Power Plant

*Upper and Lower Basins*

## **CESIMA BASIN (UPPER)**

- Altezza Diga: 45,40 m
- Livello di Massimo Invaso: 643,98 m.s.l.
- Livello di massima regolazione: 643,00 m.s.l.
- Livello di minima regolazione: 620,00 m.s.m.
- Volume totale di invaso:  $6,23 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Volume di regolazione:  $6,00 \times 10^6 \text{ m}^3$

## **PRESENZANO BASIN (LOWER)**

- Altezza Diga : 20 m
- Livello di Massimo Invaso: 159,00 m.s.l.
- Livello di massima regolazione: 156,05 m.s.l.
- Livello di minima regolazione: 147,50 m.s.l.
- Volume totale di invaso:  $7,2 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Volume di regolazione:  $6,00 \times 10^6 \text{ m}^3$

Entrambe le dighe sono state realizzate in rockfill (*pietrame sciolto compattato*) con un rivestimento impermeabilizzante in conglomerato bituminoso in due strati dello spessore di 18 cm.



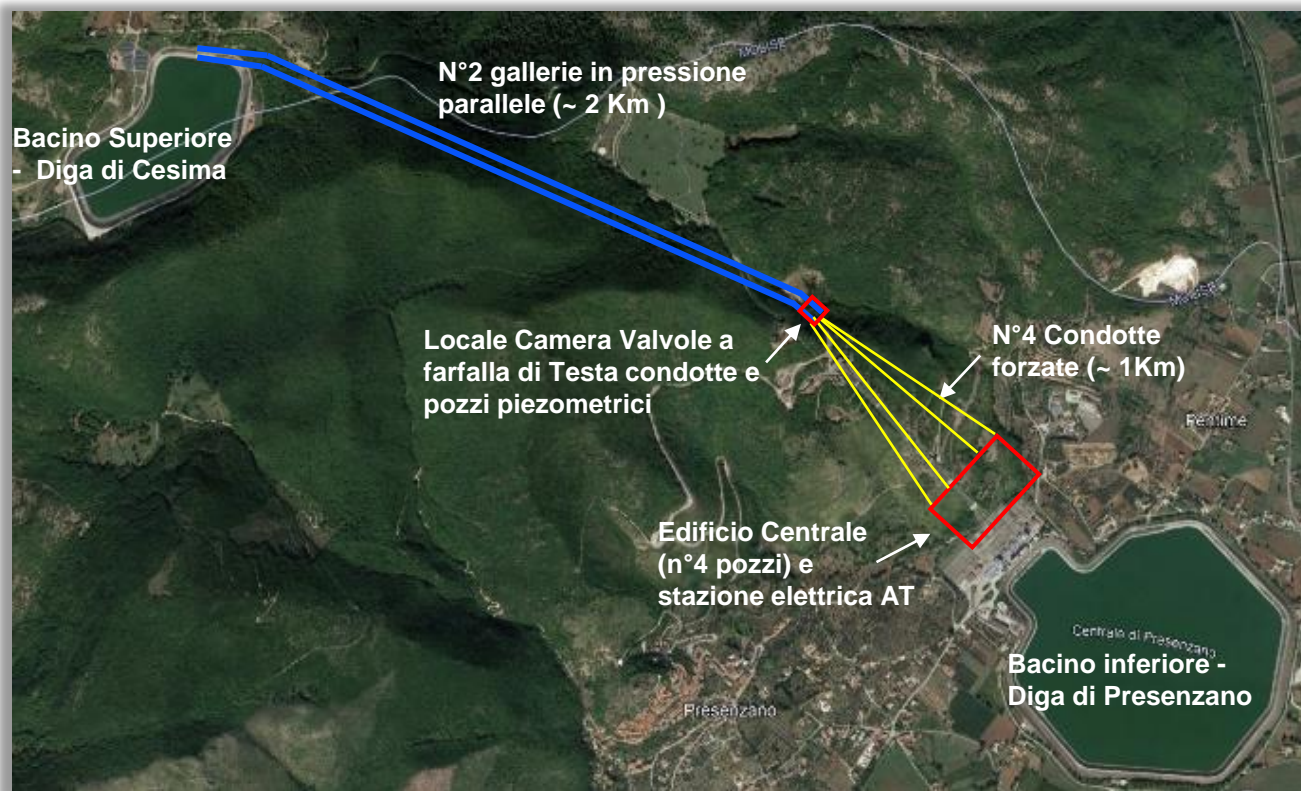




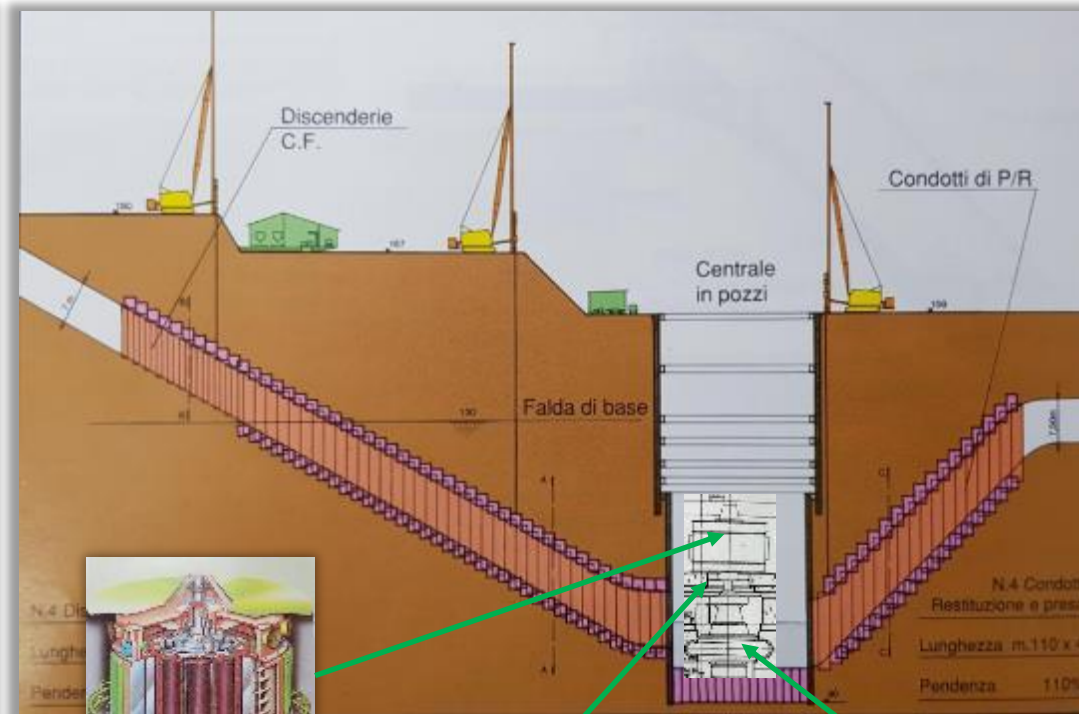
# Presenzano Power Plant

*Design of Plant*

**enel**  
Green Power



La sala macchine dell'impianto si sviluppa in **4 pozzi** paralleli, uno per gruppo reversibile di generazione e pompaggio. L'accesso ai pozzi avviene tramite l'edificio di Centrale, all'interno del quale sono allocati gli uffici della Unità Esercizio e i servizi comuni dell'impianto. Ciascun pozzo, a geometria cilindrica, ha una **profondità di ~ 70 m ed un diametro interno di (~ 21 m)**. Ciascun pozzo è suddiviso in **10 piani**, raggiungibili mediante ascensore, che, oltre al macchinario principale, ospitano i servizi ausiliari di gruppo e i quadri di comando, controllo e protezione.



Alternatore

[300 MVA; 12kV; 428,6 rpm]



Supporto di spinta



Camera a spirale e distributore turbina Francis reversibile

# Sviluppo in Italia

## Richieste di connessione FER a TERNA



Richieste di connessione  
(30/09/2023)

**314.73** Potenza (GW)

**5138** Pratiche

● **135.94** GW (43.19%)  
**3300** Pratiche

● **88.97** GW (28.27%)  
**1702** Pratiche

● **89.81** GW (28.54%)  
**136** Pratiche



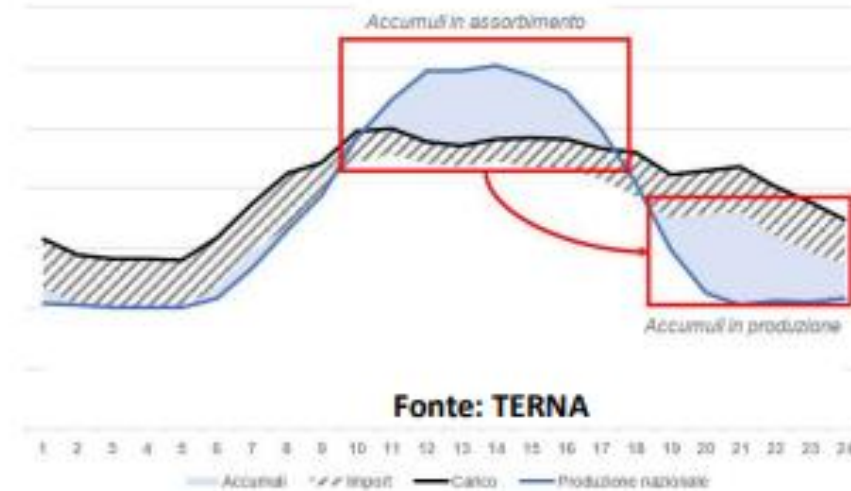
- Molti progetti concentrati al Sud
- Necessità di adeguare il sistema per conciliare dove e quando produco con dove e quanto consumo

Fonte: TERNA

marzo2024



# Necessità di adeguare la rete



**I tempi autorizzativi e i comitati spontanei contrari alle grandi opere le rendono poco appetibili e difficilmente attuabili interventi sistemici**

# Sindrome NIMBY (not in my backyard)

LA DECISIONE

**No della Provincia alla centrale idroelettrica nel centro storico di Seriate**

Impianto idroelettrico nella Valle del Volturno: arriva il 'no' della Regione Molise

Rinnovabili, ma l'idroelettrico è green oppure no?

Enel nuovo progetto di pompaggio nelle Marche

SENZA CATEGORIA

TRA MOLISE E ABRUZZO

**Enel vuole l'acqua del lago di Castel San Vincenzo per produrre energia: associazioni e cittadini pronti alla battaglia per dire no al mega progetto**

*Dieci chilometri di galleria nelle montagne, deforestazione, sbancamenti, tonnellate di detriti e lavori per cinque anni tra Abruzzo e Molise: preoccupa il progetto di Enel sul lago molisano che sorge nell'oasi della Mainarde. L'ex questore di Campobasso a capo della cordata di cittadini che vuole congelare la procedura. Il 6 settembre scadono i termini per presentare le osservazioni su una iniziativa di cui le popolazioni coinvolte non sapevano quasi nulla. Indignati e contrari anche il Soa e il Forum H2O*



# ALLEGATI DI RISERVA



# Funivie



**Piani inclinati e funivie: 25**





# Ponti



**Ponti : circa 2000**



marzo2024

CORSO APPRENDISTI UNIVERSITA' DELL'AQUILA

# Sabotaggio diga Kakhovka (Ucraina)

**Oltre a contaminare le riserve idriche e minacciare il sistema di raffreddamento della centrale nucleare di Zaporizhzhia, il crollo della diga di Kakhovka probabilmente distruggerà centinaia di specie animali e vegetali rare**

Il crollo della diga sul bacino del fiume Dnipro ha costretto migliaia di persone a evacuare l'area.

A parte i danni arrecati alle infrastrutture e alla vita delle persone, l'inondazione rischia anche di distruggere in modo permanente i ricchi habitat animali e le specie vegetali che si trovano lungo le rive del fiume.

La regione allagata ospita una quantità significativa di foreste e riserve: secondo i dati finora raccolti dalle istituzioni ucraine, la breccia e il successivo allagamento rappresentano il danno ambientale più grave avvenuto dal febbraio dello scorso anno.

**Il più grande ecocidio in Ucraina: migliaia di specie minacciate dal crollo della diga di Kakhovka**







# Crollo dighe Wadi Derna (Libia)



- Il crollo delle dighe di Derna è stato catastrofico. Ed è avvenuto nella notte tra il 10 e l'11 settembre 2023, all'indomani della tempesta Daniel.
- Il crollo della diga ha provocato, secondo le stime, 30 milioni di metri cubi di acqua, provocando inondazioni a valle, mentre il Wadi Derna straripava dalle sue rive.
- Le inondazioni hanno parzialmente distrutto la città di Derna. Al 18 settembre, le stime per il numero di vittime variano da 5.300 a 20.000 persone.
- L'evento è stato il secondo crollo di una diga più mortale della storia, dopo il fallimento della diga di Banqiao del 1975 in Cina.

# Crollo dighe Wadi Derna (Libia)



Progetto Hydroproject (YU) 1973-77

Wadi

Altezza 75 m

Volume invaso 18 Mm<sup>3</sup>

Mansour

Altezza 45 m

Volume invaso 1,5 Mm<sup>3</sup>

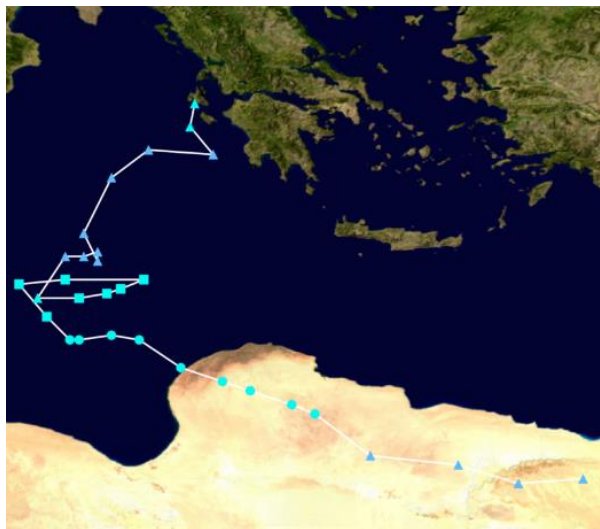
Probabile causa  
del crollo:  
insufficienza  
opere di scarico o  
sifonamento



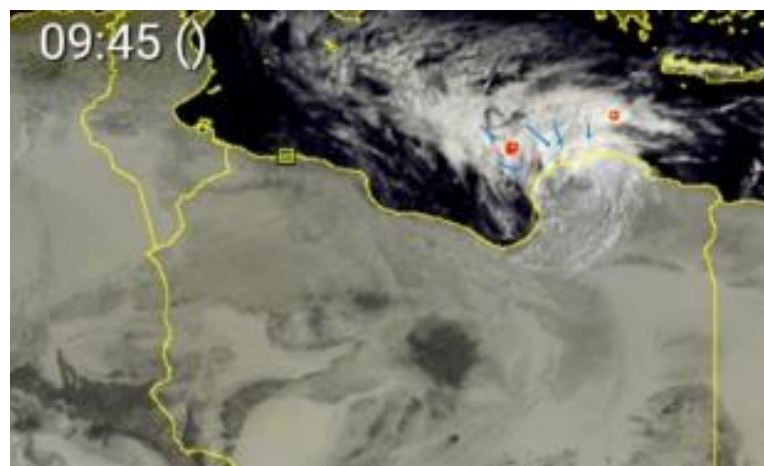




# Il ciclone Daniel



Daniel è considerato dai ricercatori dell'Università di Yale come il più micidiale che abbia colpito l'Africa nella storia registrata, con il suo bilancio di morti che supera le inondazioni in Algeria che uccisero 3.000 persone nel 1927. È anche considerato come la tempesta più letale a livello mondiale almeno dal tifone Haiyan nel 2013 e forse dal ciclone Nargis nel 2008.



Vittime del Ciclone Daniel

Country	Deaths	Damage USD
<u>Greece</u>	17	\$2.14 billion
<u>Turkey</u>	7	—
<u>Bulgaria</u>	4	—
<u>Libya</u>	4,333	\$19 billion

**Danni circa circa  
50 volte il costo  
delle due dighe**



# Alcuni esempi: correzioni comportamenti anomali



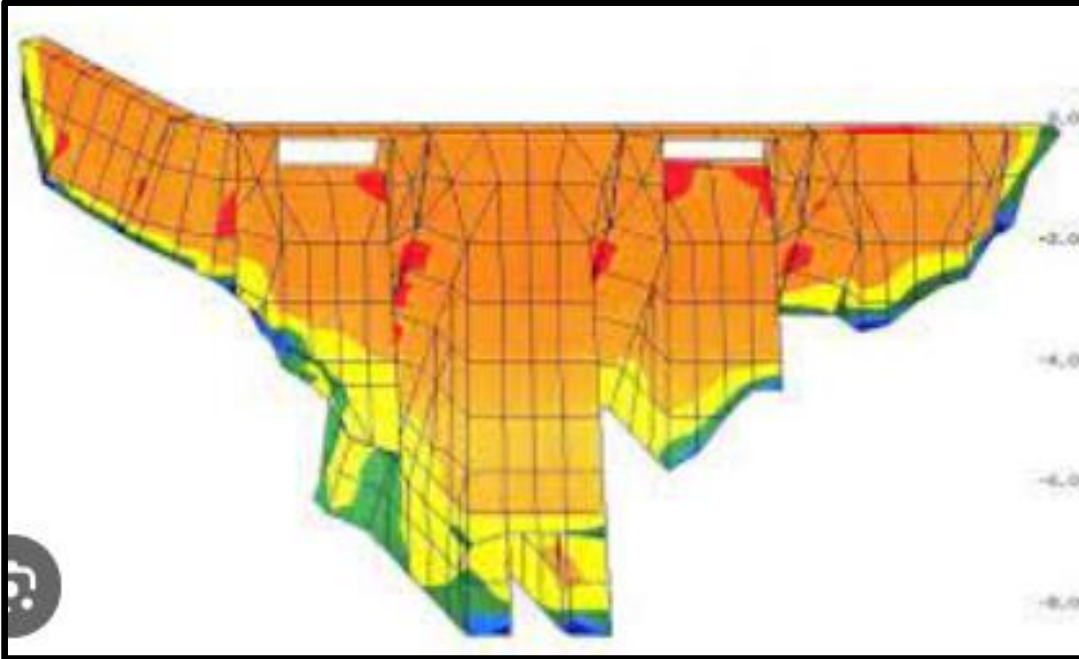
Diga Beauregard (AO)  
Abbassamento per problemi geologici  
2011







# Alcuni esempi: correzioni comportamenti anomali



Diga Poggia (BS)  
Tagli strutturali per riduzione fenomeno alcali  
aggregati  
2009





## Alcuni esempi: adeguamento resilienza



Diga Pagnona (LC)  
Adeguamento capacità ed efficienza scarichi  
2019-2023







# Alcuni esempi: adeguamento resilienza



Diga Rio Lunato (MO)  
Trasformazione assetto statico  
2011-2015

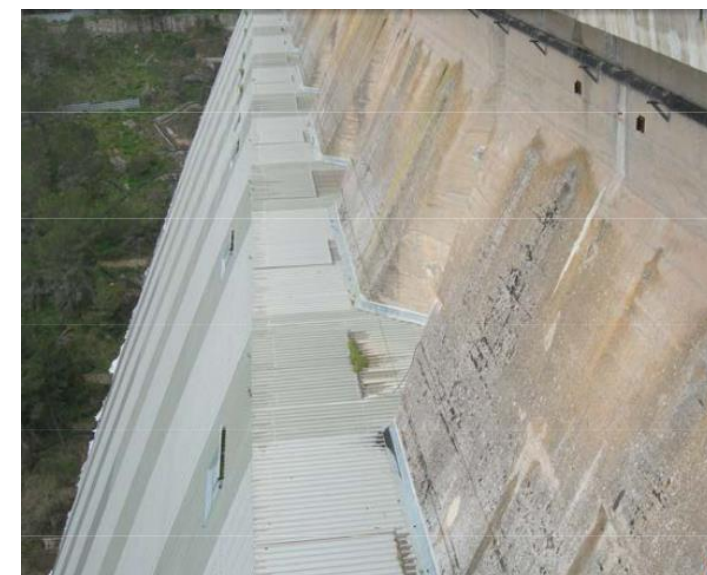




## Alcuni esempi: riduzione del degrado



Diga Ancipa (EN)  
Abbattimento effetti termici paramento valle  
2003-2009







## Alcuni esempi: riduzione del degrado



Diga Chiotas (CN)  
Risanamento mediante malte fibrorinforzate  
2010-2011





## Alcuni esempi: messa in sicurezza



Diga Kastel (VB)  
Realizzazione di una breccia per ripristino invaso  
naturale  
1976





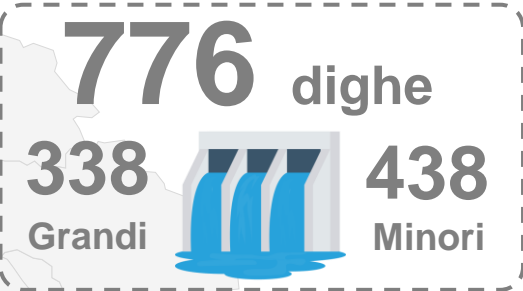
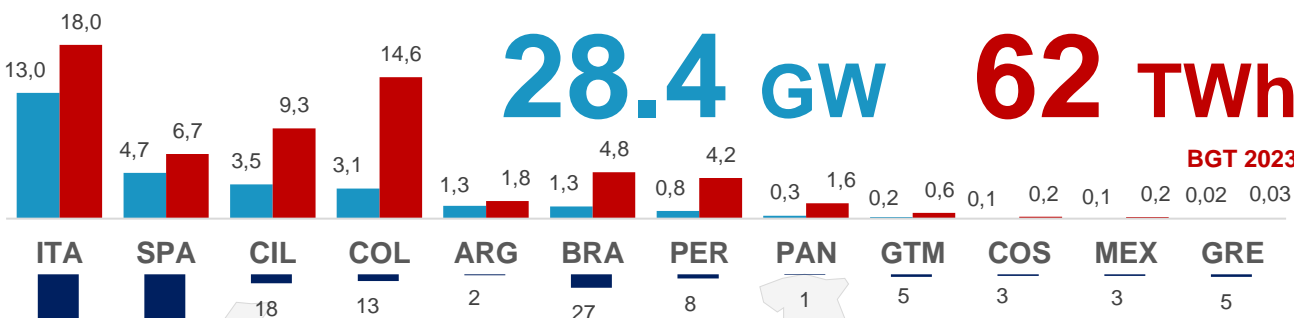
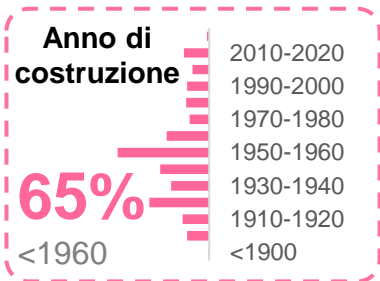
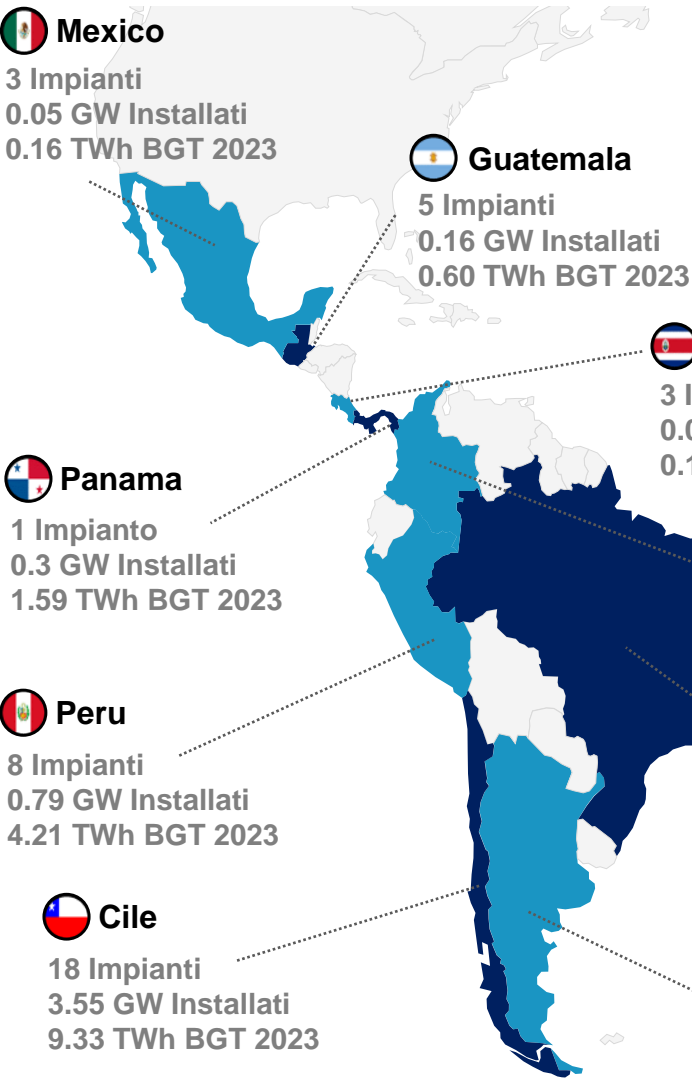


## Alcuni esempi: messa in sicurezza

Diga Isollaz (AO)  
Demolizione e risagomatura  
2002-2003



# La realtà idroelettrica del Gruppo ENEL

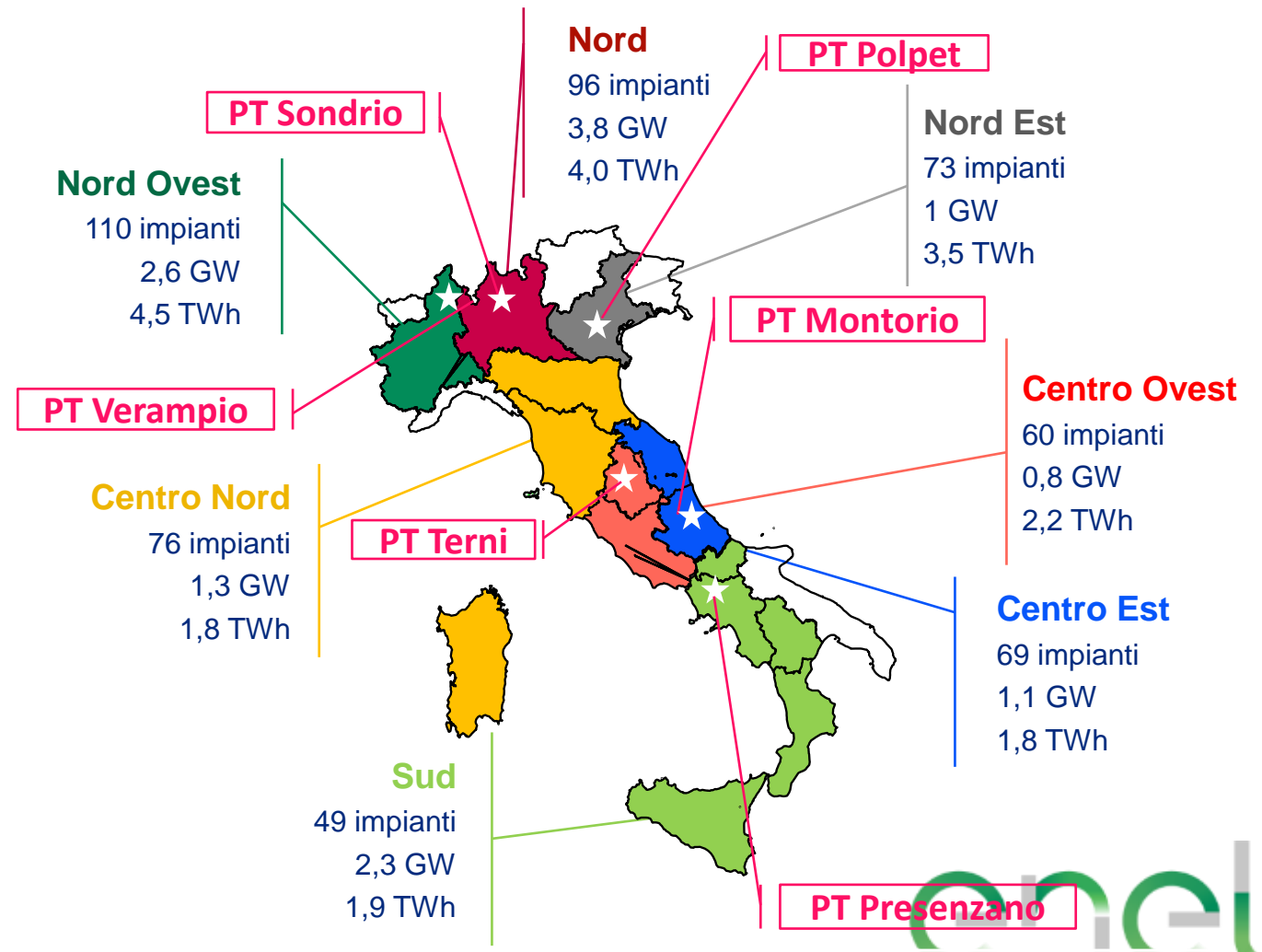




# Hydro Italy - Organizzazione

## Idroelettrico ENEL

- 15 Regioni, 7 aree idroelettriche
- Più di 423 dighe di cui 188 grandi dighe
- > 2.500 km di canali, condotte, gallerie
- 25 tra funivie, piani inclinati e cremagliere
- 6 Control Room



Un parco di centrali e infrastrutture civili associati (dighe, canali, gallerie...) complesso e con una ricca storia, con impatto diretto su migliaia di stakeholders e sottoposto ad una normativa e supervisione sulle dighe molto esigente.

# Prime esperienze industriali

I primi progetti idroelettrici

Il primo progetto idroelettrico al mondo fu utilizzato per alimentare una singola lampada nella casa di campagna di Cragside nel Northumberland, in Inghilterra, nel 1878. Quattro anni dopo, il primo impianto a servire un sistema di clienti privati e commerciali è stato aperto in Wisconsin, USA, e nel giro di un decennio, centinaia di centrali idroelettriche erano in funzione.



In Nord America furono installate centrali idroelettriche a Grand Rapids, Michigan (1880), Ottawa, Ontario (1881), Dolgeville, New York (1881), e Niagara Falls, New York (1881). Erano usati per rifornire mulini e illuminare alcuni edifici locali.

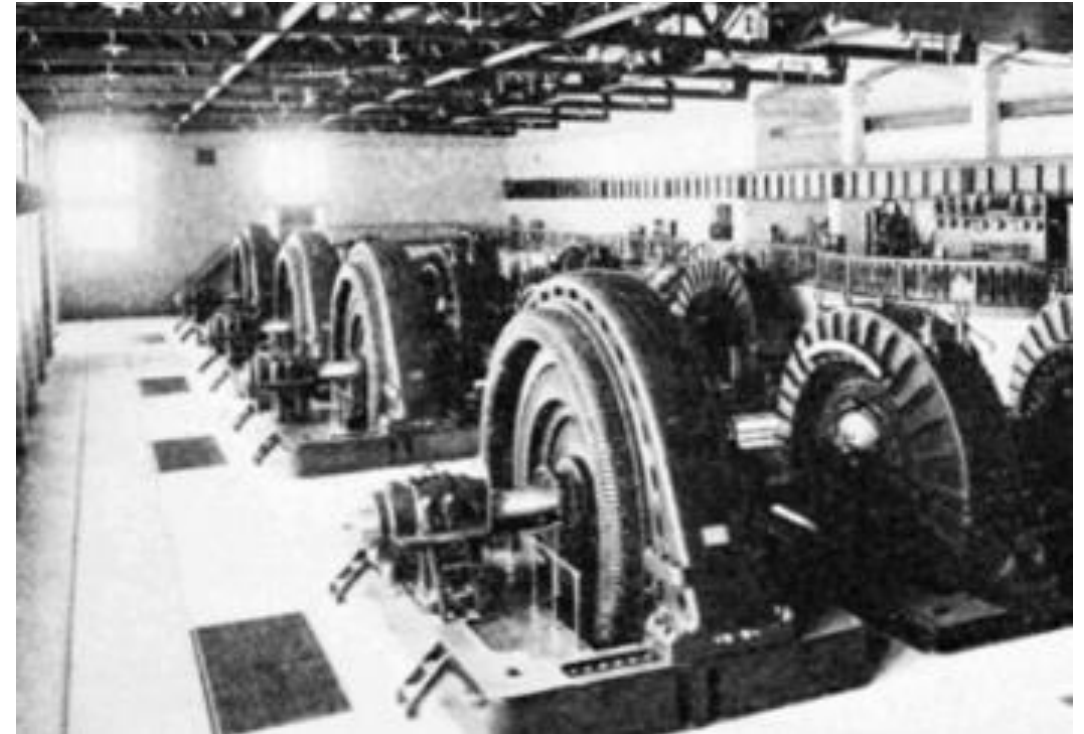
Alla fine del secolo la tecnologia si stava diffondendo in tutto il mondo, con la Germania che produceva il primo sistema idroelettrico trifase nel 1891, e l'Australia che lanciava il primo impianto pubblico nell'emisfero australe nel 1895. Nel 1895, il più grande sviluppo idroelettrico del mondo dell'epoca, la centrale elettrica di Edward Dean Adams, fu creata alle cascate del Niagara.





# Idroelettrico Italia

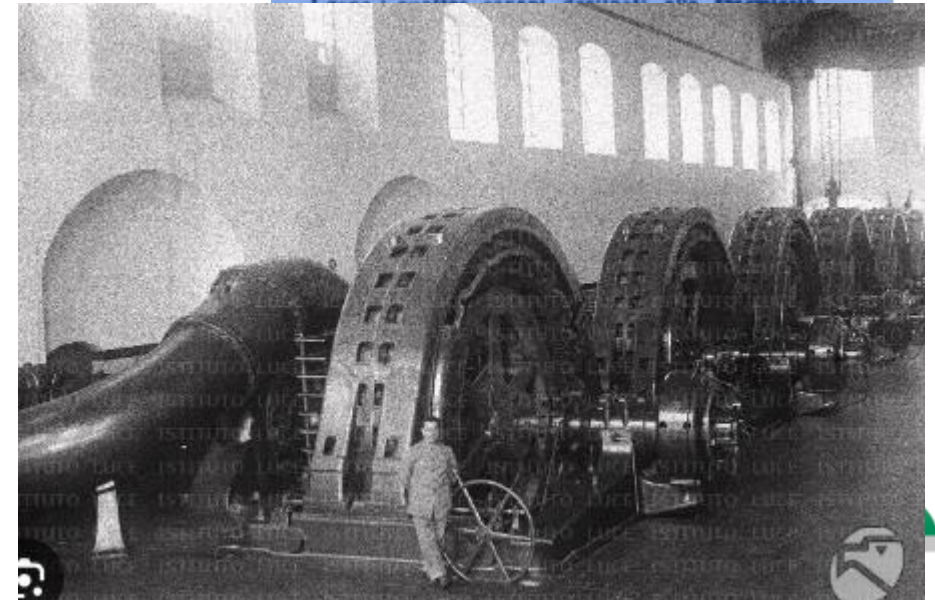
Nel 1883, l'ingegnere italiano Lorenzo Vanossi concepisce a Chiavenna il **primo generatore elettrico della provincia di Sondrio azionato dalla forza idraulica**, ma toccherà aspettare il 1895 perché venga attivata la prima grande centrale idroelettrica italiana di Paderno, costruita sull'Adda da Edison, società nata nel 1884 dal Comitato di Giuseppe Colombo, che aveva già creato, nel 1883 a Milano la prima centrale termica destinata a illuminare la città.



# Italia all'avanguardia

## A Tivoli è passata la storia

Avreste mai pensato che da Tivoli potesse passare la storia dell'energia? Fino all'Ottocento il comune vicino a Roma era conosciuto solo per le sue bellezze artistiche e naturali. Nel 1892, sotto i ruderi della Villa di Mecenate (oggi Santuario di Ercole Vincitore), iniziò l'attività commerciale della centrale idroelettrica di Acquoria, alimentata dalla cascata dell'Aniene. Un evento che fece storia: l'impianto iniziò a rifornire la capitale d'Italia con la prima linea al mondo in corrente alternata su scala industriale, con un record sia nella lunghezza (27 km) sia nella tensione (5000 Volt).





# Idroelettrico Italia: centrali storiche ancora in attività



## Enel Green Power: inaugurata la nuova mostra interattiva nella centrale idroelettrica di Acquoria

La centrale idroelettrica di Acquoria a Tivoli si trasforma in un percorso interattivo e multimediale alla scoperta delle energie pulite e rinnovabili. Un modo innovativo per entrare in relazione con i grandi temi della produzione e della sostenibilità energetica. Grazie all'allestimento a cura dello studio di design multidisciplinare Dotdotdot, la centrale diventa un luogo di formazione e entertainment dove l'energia, elemento intangibile, diventa presente e animata.

### Video

<https://www.youtube.com/watch?v=mjXvsC-MFlw>

**Un'industria sempre viva**

marzo2024

CORSO APPRENDISTI UNIVERSITA' DELL'AQUILA



# La maturità

Un secolo di rapidi cambiamenti

Il XX secolo vide rapide innovazioni e cambiamenti nella progettazione degli impianti idroelettrici.

Le politiche emanate dal presidente degli Stati Uniti Franklin Roosevelt, tra cui il New Deal nel 1930, sostennero la costruzione di diversi progetti multiuso come le dighe Hoover e Grand Coulee con energia idroelettrica che rappresentavano il 40% della produzione di elettricità del paese entro il 1940. [1][2]

Dagli anni quaranta agli anni settanta, spinti inizialmente dalla seconda guerra mondiale seguita da una forte crescita economica e demografica del dopoguerra, i servizi pubblici costruirono significativi sviluppi idroelettrici in tutta l'Europa occidentale, così come in Unione Sovietica, Nord America e Giappone. [3]

marzo2024

CORSO APPRENDISTI UNIVERSITA' DELL'AQUILA





# Grandi progetti di trasformazione del territorio

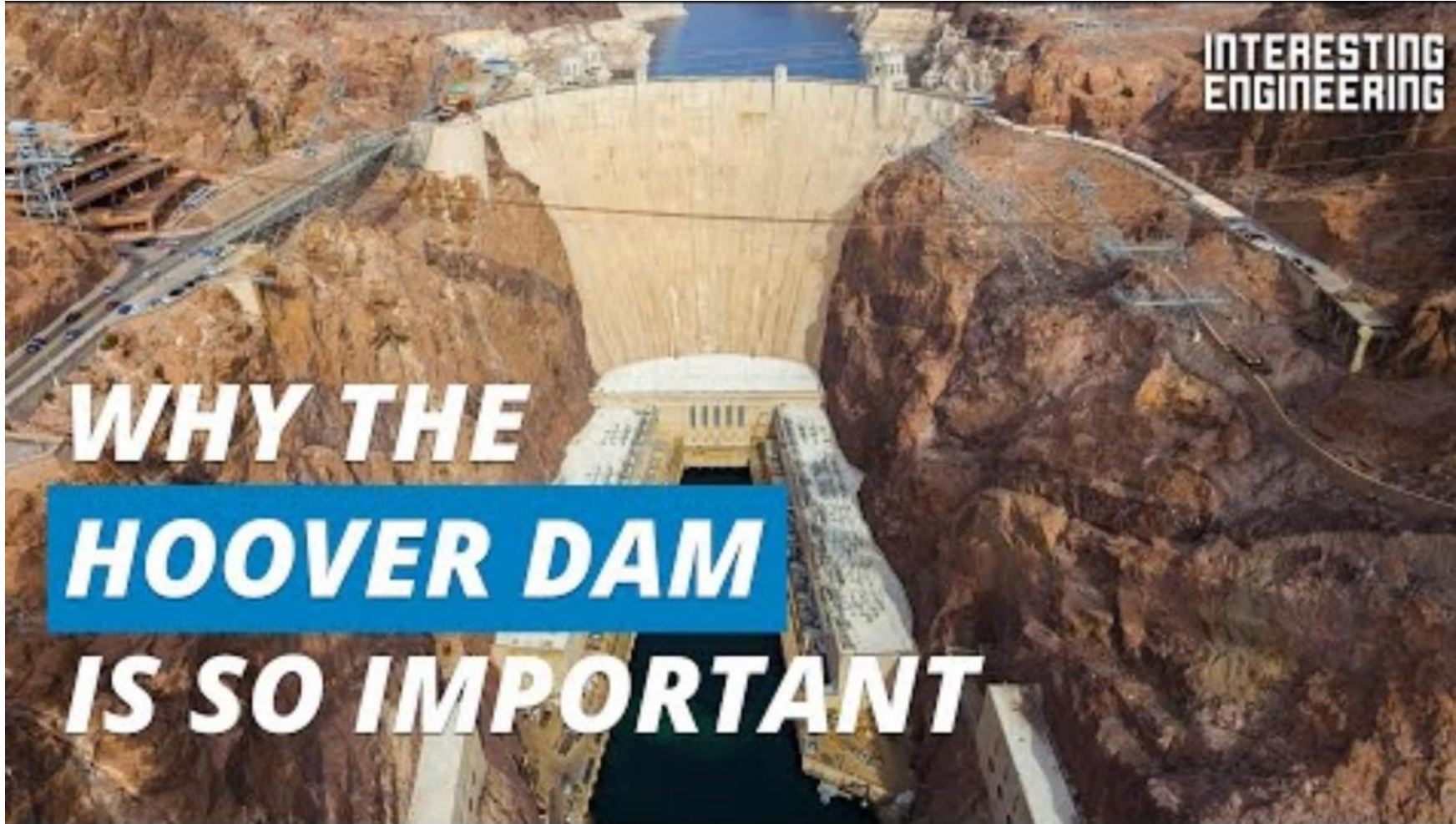


marzo2024

UNIVERSITA' DELL'AQUILA



# Grandi progetti di trasformazione del territorio



Video  
<https://www.youtube.com/watch?v=Qjz-DvzkHMw>

Lo sviluppo del Sud  
Ovest degli USA

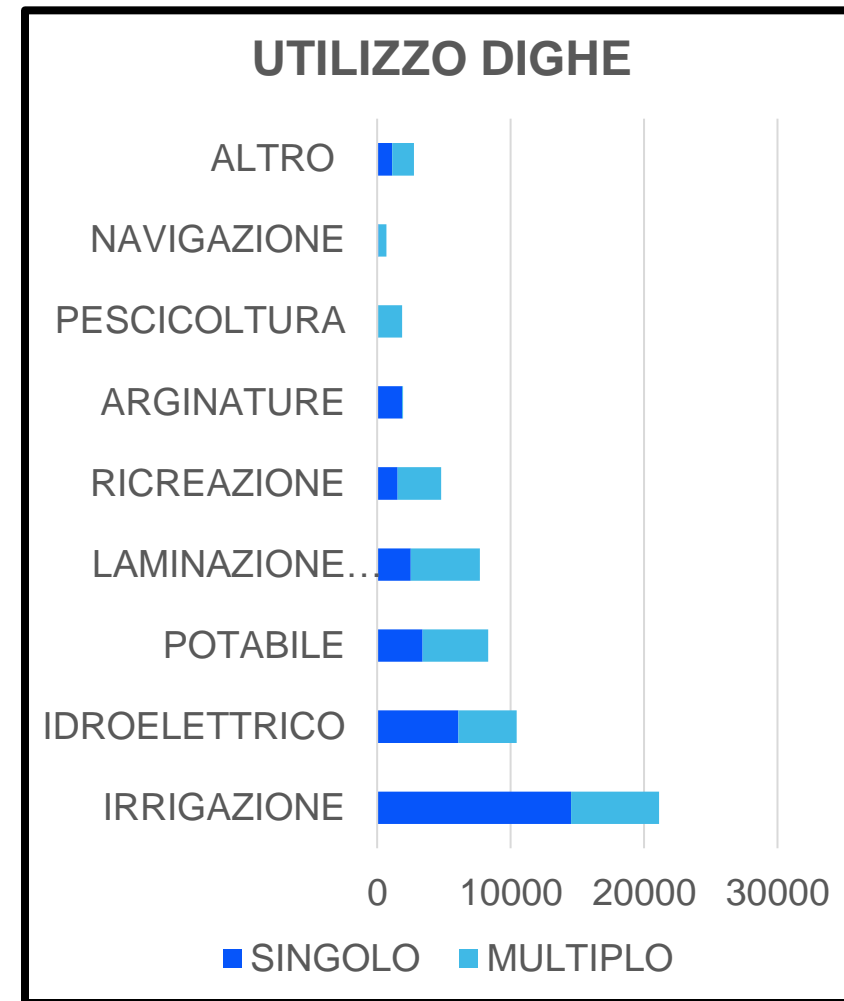




# Uso plurimo e sostenibilità

Verso la fine del secolo, durante il quale la comprensione globale aumentò sugli impatti ambientali e sociali, ci fu un processo di rivalutazione del valore e del ruolo dell'energia idroelettrica nello sviluppo nazionale.

L'Associazione internazionale per l'energia idroelettrica (IHA), costituita sotto gli auspici dell'UNESCO nel 1995, ha iniziato i lavori sulle linee guida per la sostenibilità dell'IHA nel 2004, che tenevano conto delle priorità strategiche della WCD, nonché delle politiche di salvaguardia della Banca mondiale, Standard di performance della International Finance Corporation e principi Equator. Queste linee guida hanno portato allo sviluppo del Hydropower Sustainability Assessment Protocol (HSAP), uno strumento multi-stakeholder per valutare i progetti in tutte le fasi del loro ciclo di vita.



# Scale pesci: pesci liberi dal lago di Lugano all'Adriatico



Il corridoio fluviale di oltre 500 chilometri che dal Mare Adriatico porta al Lago di Lugano è di nuovo interamente percorribile dai pesci. Una scala di risalita -l'ultima di cinque realizzate sui fiumi Po, Ticino e Tresa- inaugurata nel 2017 a Isola Serafini, tra Cremona e Piacenza. L'aggiramento delle dighe permetterà alle specie ittiche di meglio colonizzare gli spazi, a vantaggio della biodiversità e della pesca. A beneficiarne più di tutti sarà l'anguilla: l'assenza di ostacoli le permetterà di completare il ciclo di vita, interrotto su questo corso d'acqua dal 1962.



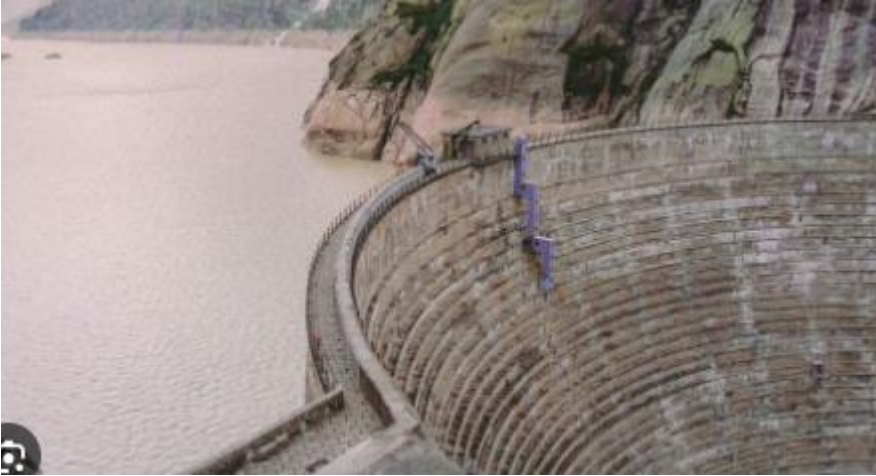
**Video**

**<https://www.youtube.com/watch?v=GA61zQIJG74>**

**Ma quali e quanti pesci passano?**



# Grandi interventi di riabilitazione: reazione AA



SPITTAL DAM SWISS

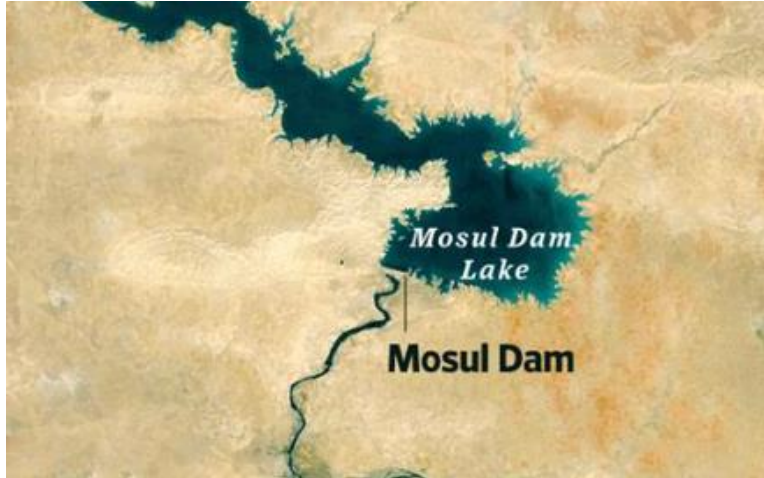


**Video**

**<https://www.theb1m.com/video/spitallamm-dam>**

**Ricostruire invece che demolire**

# Intervento riabilitazione Mosul (IRAQ)



**Video**

<https://youtu.be/vyQ037pMB04>

**Difendere e mantenere un tesoro**



# Integrazione con altre fonti un esempio in Australia

Il progetto Snowy 2.0 è l'espansione dello Snowy Mountains Hydro-electric Scheme, una rete di impianti idroelettrici attiva nella regione e gestita da Snowy Hydro.

L'impianto Snowy 2.0 aumenterà di 2.000 MW la capacità di generazione di energia elettrica del sistema Snowy Mountains Hydro-electric Scheme, che ha già una capacità di 4.100 MW. Il nuovo impianto triplicherà la capacità di pompaggio del sistema, che attualmente viene impiegato per coprire il fabbisogno energetico in caso di picchi di domanda o di carenza di approvvigionamento da fonti rinnovabili, come quella eolica o solare, quando non c'è vento o sole a sufficienza.

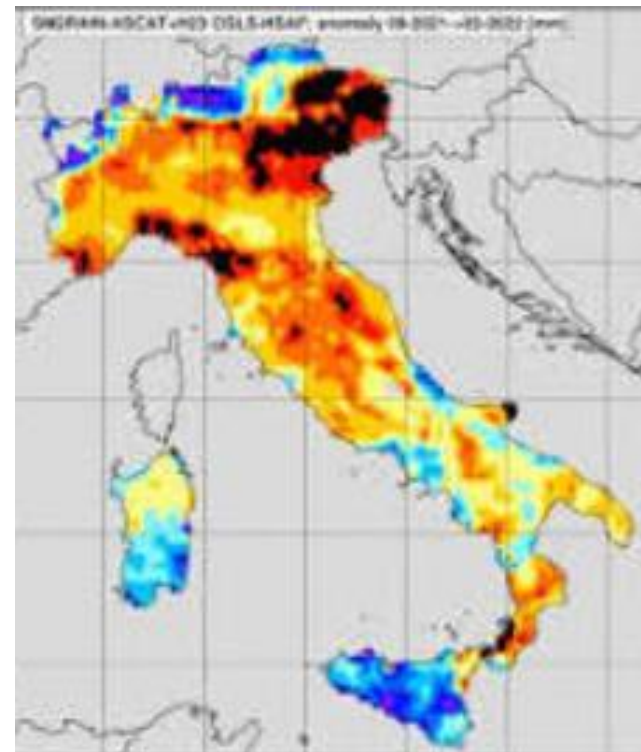
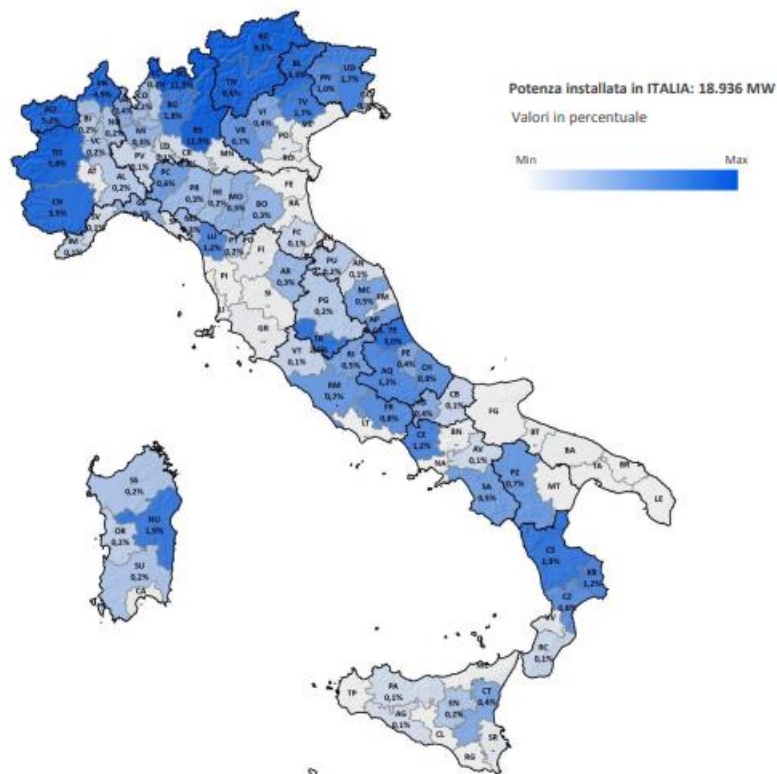


## Video

<https://www.snowyhydro.com.au/snowy-20/about/>

**Nuovo impianto fra dighe esistenti**

# Idroelettrico Italia: distribuzione geografica

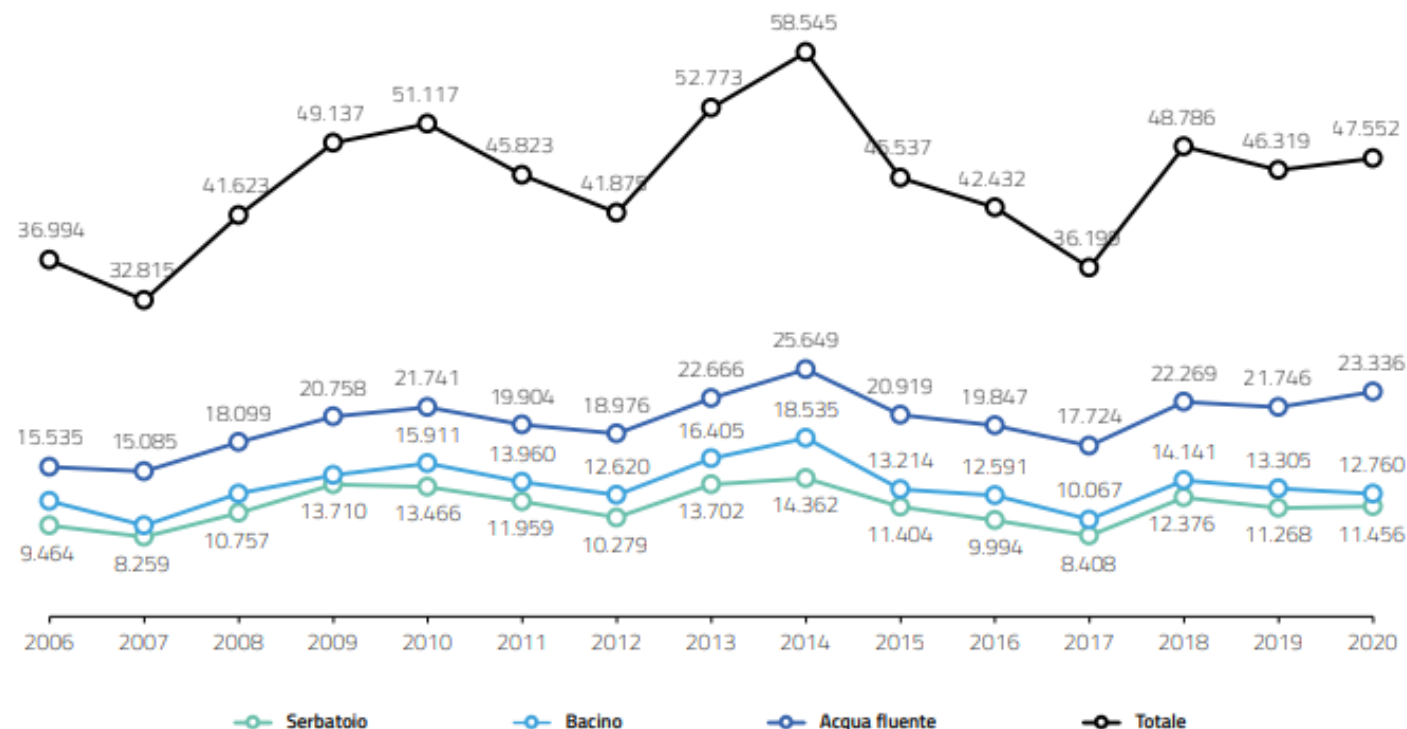


PIOVOSITA' + SALTO + UTILIZZO



# Evoluzione climatica

Secondo tipologia di impianto



**Mentre negli ultimi 15 anni la produzione idroelettrica italiana oscillava intorno ai 40 TWh negli ultimi due anni c'è stato un crollo di oltre il 30%**



# Isola Serafini: impianto ad acqua fluente



## Video

<https://cremona1.it/video/vita-di-fiume-centrale-isola-serafini/>

DA 4:13

La traversa più importante





# Presenzano Power Plant

## Key Numbers

- ❖ Anno del primo parallelo con la RTN 1990
- ❖ Salto motore netto: 487 m
- ❖ Potenza installata: 1200 MVA
- ❖ Potenza efficiente: 1.000 MW
- ❖ N. 4 Gruppi Binari (alternatore turbina Francis reversibile monostadio)
- ❖ Potenza Gruppo 250 MW
- ❖ Portata massima Generazione 250 m<sup>3</sup>/s
- ❖ Portata Massima Pompaggio 195 m<sup>3</sup>/s
- ❖ Producibilità (Pompaggio) 1.245,6 GWh
- ❖ Rendimento del ciclo 74%
- ❖ Coefficiente energetico 1,12 kWh/m<sup>3</sup>
- ❖ Funzionamento Max Potenza Gen. 6,5 h
- ❖ Funzionamento Max Potenza Pompaggio 8 h



# Ricerca di sistema

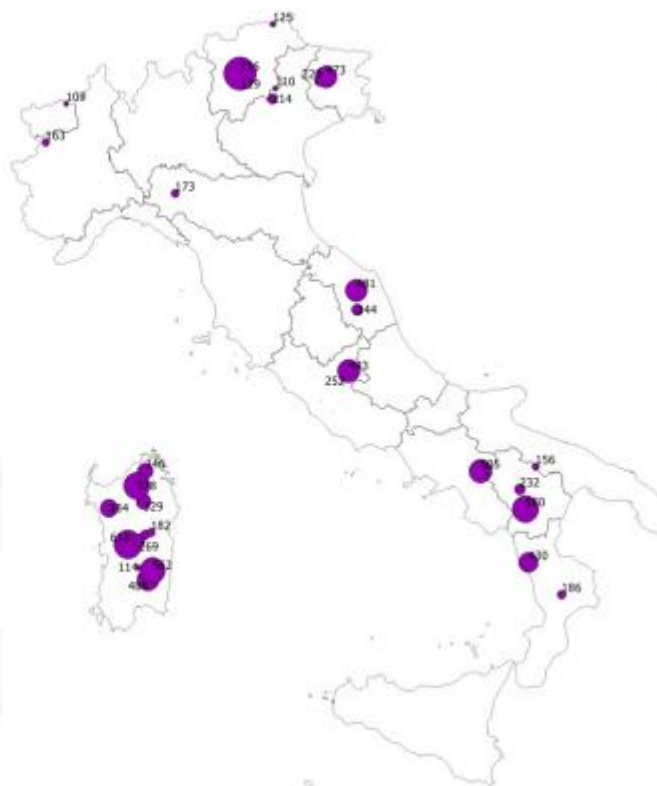
## Risultati impianti di pompaggio idonei

$$Cs_{int} = \frac{C_{tot}}{P_m} \cdot \frac{52,2}{Nset - 52,2}$$

- costo specifico  $Cs_{int} \leq 2$  M€/MW
- potenza media  $P_m > 100$  MW

Regione	Potenza complessiva (MW)	Capacità di accumulo (MWh)	Numero di impianti
BASILICATA	968	8920	3
CALABRIA	616	5691	2
CAMPANIA	505	4664	1
LAZIO	745	6891	2
MARCHE	725	6685	2
PIEMONTE	163	1503	1
SARDEGNA	4071	37652	11
VALLE D'AOSTA	109	998	1
VENETO	214	1973	1
EMILIA ROMAGNA	173	1591	1
TRENTINO ALTO ADIGE	1081	9977	4
FRIULI VENEZIA GIULIA	693	6374	2
Totale complessivo	10063	92921	31

Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A.



Combinazione fra fattori geografici ed energetici





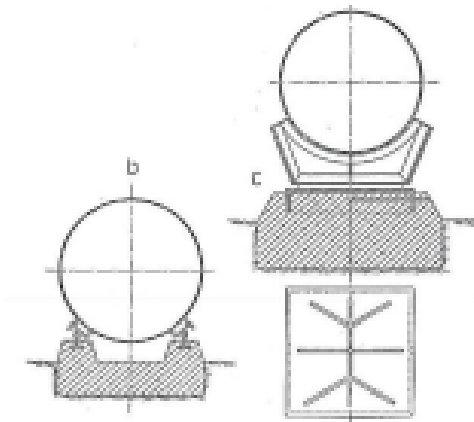
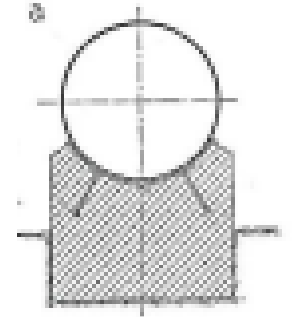
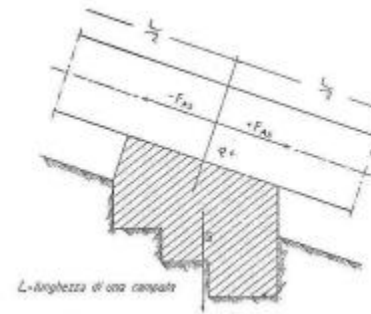
# La difficoltà ad investire

Se ipotizziamo un costo di investimento di **1,7 M€/MW**, in linea con la **fascia bassa dei costi** stimati da TERNA, e semplicemente dividiamo tale costo per i ricavi annui stimati, otteniamo una stima grossolana del **payback time** (in anni):

Anno	Calabria	CentroNord	CentroSud	Nord	Sardegna	Sicilia	Sud
2019	-	111	105	120	88	24	82
2020	-	89	81	102	70	37	78
2021	60	68	68	73	47	45	66
2022	22	23	22	23	13	18	21

**Ampia variabilità , regole non assestate**

# Condotte forzate: opere civili



**Selle di supporto**



# Condotte forzate: alcuni incidenti



**Riveted penstock:  
failure due to local corrosion**

**Riveted penstock:  
failure due to local  
corrosion**

**Riveted penstock:  
damages due to air-  
venting failure**

**No external damages**

**No external damages**

marzo2024

**High external damages**

CORSO APPRENDISTI UNIVERSITÀ DELL'AQUILA