

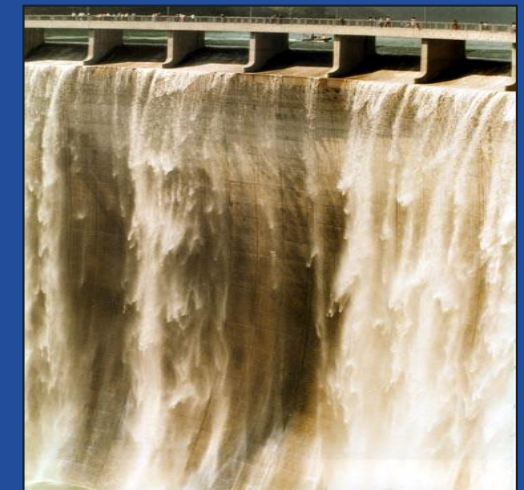
Ministero delle infrastrutture e dei trasporti

## Disastro del Gleno – 100 anni

*Controllo e sorveglianza delle dighe*

*Alberto Masera*

*alberto59.masera@gmail.com*



- ☐ Grandi e piccole dighe
- ☐ Sorveglianza grandi dighe
- ☐ Monitoraggio
- ☐ Diga di Ridracoli
- ☐ Rivalutazioni idrauliche
- ☐ Rivalutazioni strutturali
- ☐ Progetti di adeguamento

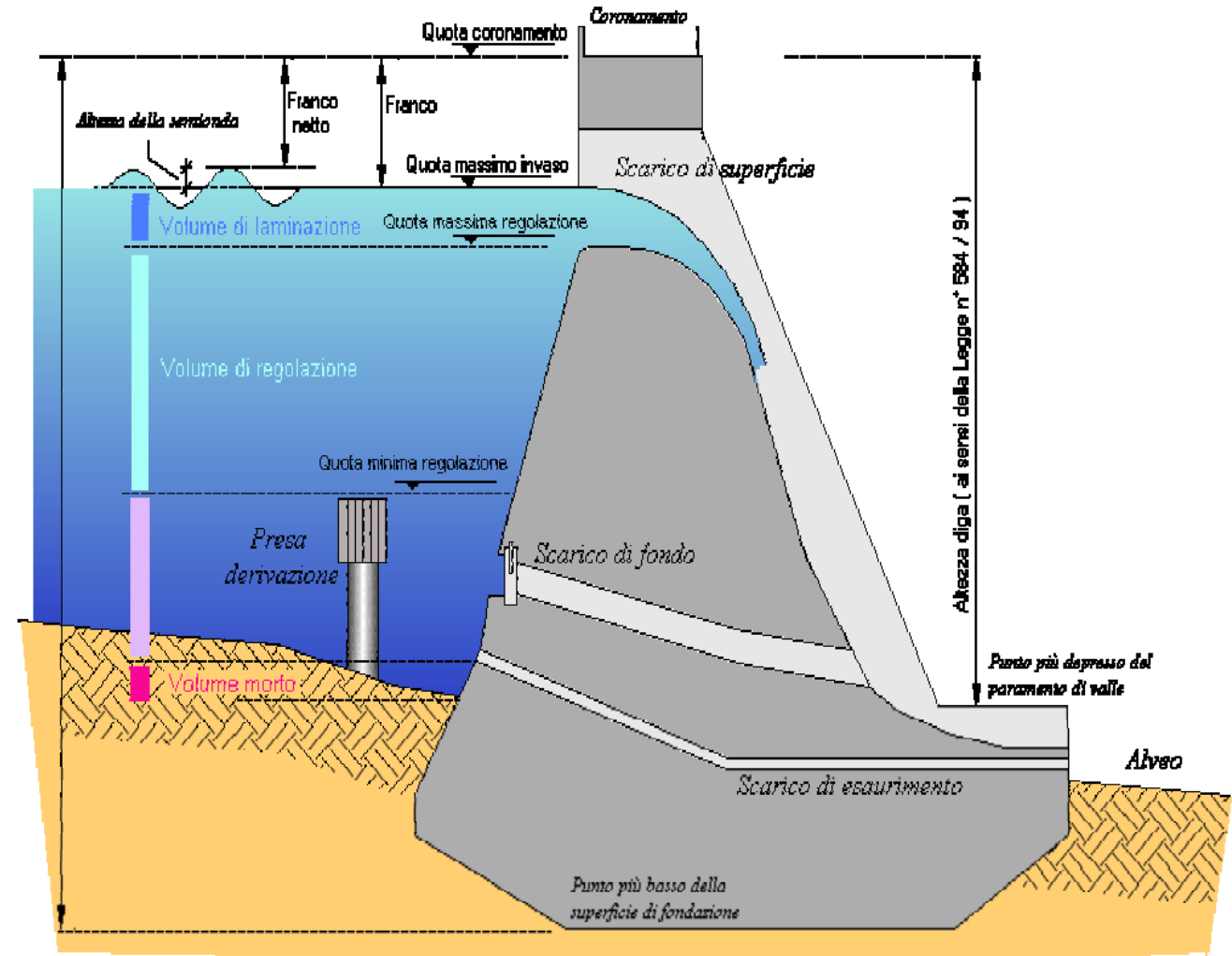
# Grandi e piccole dighe (invasi minori)

Per la normativa italiana (**legge 584/94**) le grandi dighe hanno dimensione:

- Altezza > 15 m
- Volume di invaso > 1.000.000 m<sup>3</sup>

## Competenza:

- ❑ Grandi dighe : Statale (Direzione Generale Dighe del Ministero delle infrastrutture)
- ❑ Piccole dighe : Regionale
- ❑ Grandi dighe : 530
- ❑ Piccole dighe : 12.000-14.000 (Stima ITCOLD)



## Grandi e piccole dighe



**Diga di Cancano:**  
- Altezza 136,0 m  
- Volume Serbatoio 127.000.000 m<sup>3</sup>



**Laghetto per innevamento  
artificiale**



# Sorveglianza grandi dighe

- Foglio di Condizioni per l' Esercizio e la Manutenzione
  - Caratteristiche della diga, del sistema di monitoraggio, ispezioni, controlli che devono essere svolti dal Gestore
- Allegato – Documento di Protezione Civile
  - Fasi di allerta:
    - Idraulico
    - Sismico
    - Strutturale (fenomeni e comportamenti anomali a vista o strumentali):
      - Preallerta
      - Vigilanza Rinforzata
      - Pericolo
      - Collasso

PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI  
DIPARTIMENTO PER I SERVIZI TECNICI NAZIONALI

SERVIZIO NAZIONALE DIGHE  
UFFICIO PERIFERICO DI FIRENZE

FOGLIO DI CONDIZIONI PER L'ESERCIZIO E LA MANUTENZIONE

DIGA DI  
**RIDRACOLI**

IN COMUNE DI S. SOFIA (FO)  
(n. arch. S.N.D. 1173)

Concessionario e Gestore: ROMAGNA ACQUE S.p.A.  
Piazzale del Lavoro, 35 - 47100 - FORLÌ

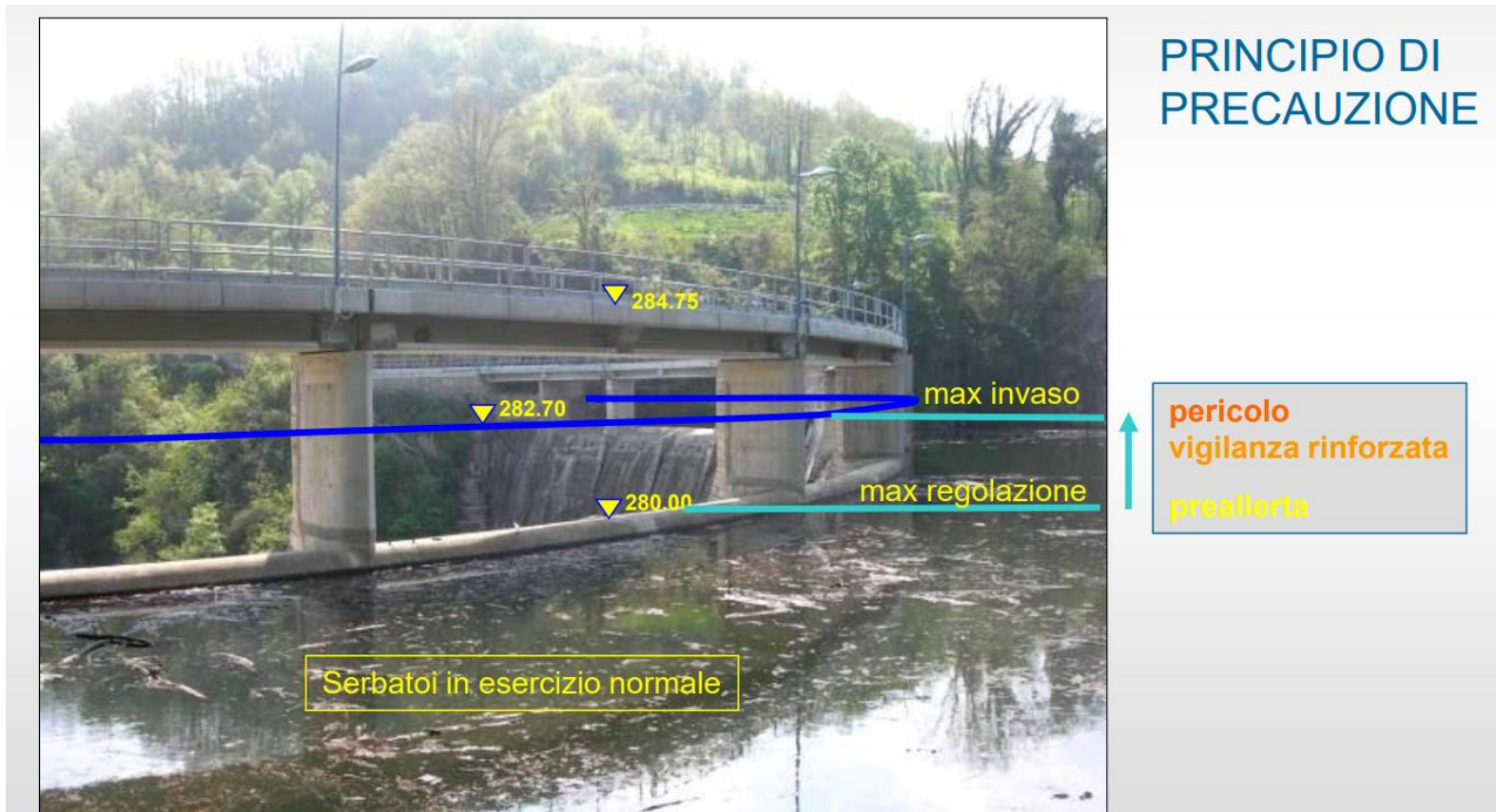
Redazione: ing. UGO RAVAGLIOLI  
(convenzione del 30.10.95 ai sensi L. 584/94)

Redazione	Resp. Ufficio Periferico S.N.D. FIRENZE	Funzionario della Sede Centrale S.N.D.	Rev.				Approvazione del S.N.D.	
			n.	data	Prot.	data	Firma	
ing. U. Ravaglioli		ing. F. Mele	0	20.05.97				
			1	20.04.98				
								

PRESIDENZA CONSIGLIO MINISTRI  
SEGRETARIATO GENERALE  
DIPARTIMENTO PER I SERVIZI TECNICI NAZIONALI  
Ufficio Dighe di Firenze

## Sorveglianza grandi dighe – Allerta Idraulica

Condizioni di allerta idraulica legate a eventi di piena che fanno temere il superamento delle quote di massima regolazione fino al superamento della quota di massimo invaso



- **Sorveglianza:**
  - ❑ **Analisi del comportamento della diga quale risulta dal sistema di monitoraggio**
  - ❑ **Ispezioni**
  - ❑ **Controlli e verifiche di funzionamento (apparecchiature elettromeccaniche)**
  - ❑ **Interventi di manutenzione**
- **Frequenze in condizioni di esercizio normale ed in condizioni di allerta**
- **Controlli ed ispezioni svolte dalle Autorità di Controllo**



### **DECRETO 26 giugno 2014 - Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse). C.11. – Monitoraggio**

- I progetti devono comprendere un piano generale degli apparecchi e dispositivi di controllo del comportamento, da installare nel corpo diga e nei terreni di fondazione
- L'acquisizione e l'elaborazione delle osservazioni sperimentali dovranno garantire la continua verifica della rispondenza del comportamento reale dell'opera a quello atteso
- Gli strumenti di misura devono essere idonei alla teletrasmissione in tempo reale
- Le misure strumentali devono potersi in ogni caso acquisire anche con lettura diretta dallo strumento



- Sono di norma da prevedere osservazioni e misure delle seguenti grandezze: grandezze meteorologiche; livelli nel serbatoio e nelle eventuali falde a valle; portate e volumi scaricati; perdite d'acqua dalla struttura e dal suo contorno; temperature esterne ed interne; sottopressioni e/o pressioni interstiziali al fine di controllare i processi di filtrazione determinati dall'invaso; tensioni totali, deformazioni e spostamenti della struttura, dei terreni di fondazione e delle eventuali aree instabili o potenzialmente instabili sulle sponde; registrazioni in occasione di eventi sismici.



Nel corso della costruzione dell'opera di sbarramento e dell'esercizio sperimentale, dovranno essere progressivamente aggiornati i modelli comportamentali dello sbarramento, da utilizzare per la migliore interpretazione dei dati di monitoraggio.

# Monitoraggio

## Strumenti

Misuratore perdite (sensore di livello a monte stramazzo)



Misuratore pressione in fondazione (tubo piezometrico con sensore automatico e manometro)

Misuratore deformazioni fondazione (estensimetri a lunga base o rockmeter)



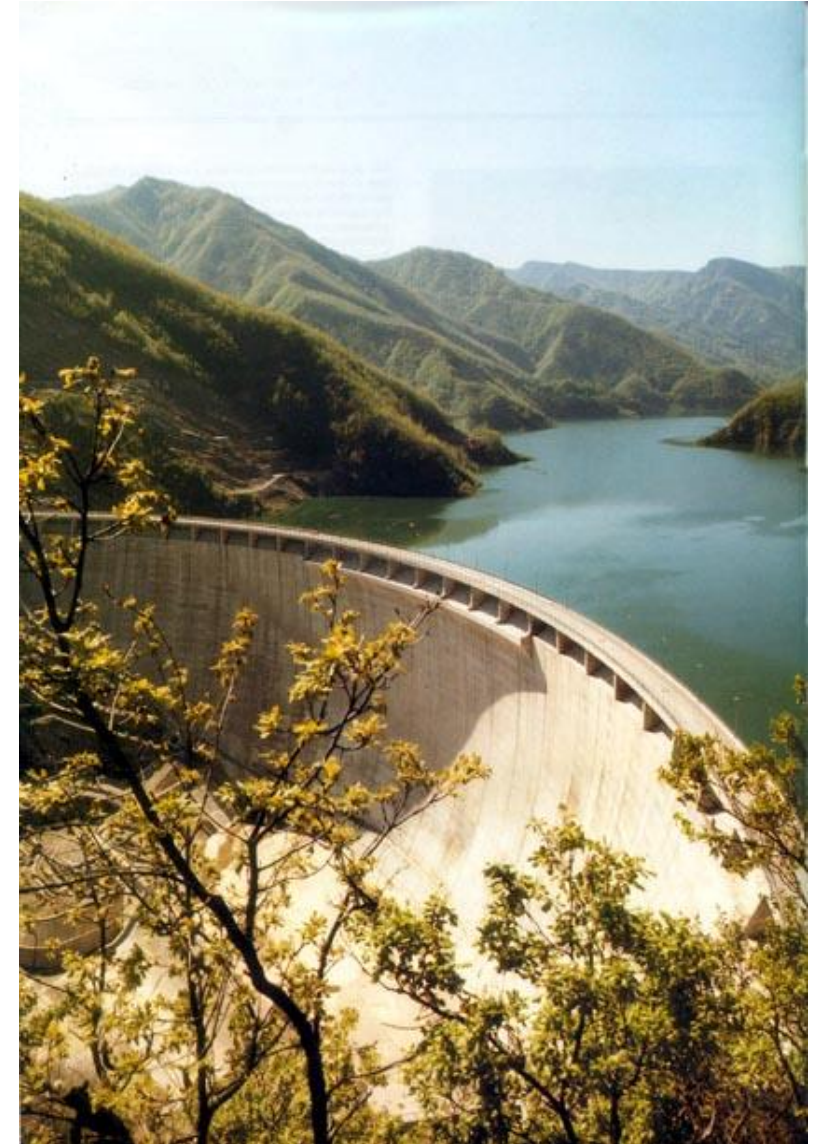
Misuratore spostamenti (filo a pendolo e telecoordinometro)



# Diga di Ridracoli

## Principali Caratteristiche:

- **Quota Coronamento** 561.0 m s.l.m.
- **Altezza diga** 103,5 m
- **Sviluppo Coronamento** 432.0 m
- **Volume Diga** 600.000 m<sup>3</sup>
- **Volume Serbatoio** 33.000.000 m<sup>3</sup>



# Diga di Ridracoli

## Sistema di controllo Statico

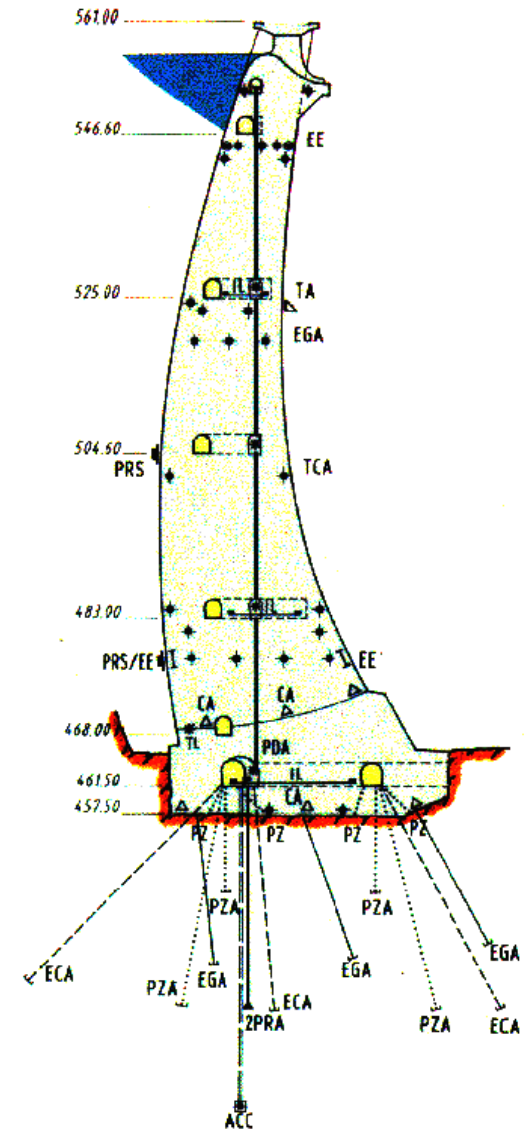
- Punti di Misura 971
- Sensori connessi al sistema di monitoraggio automatico 259
- Sensori analizzati in tempo reale (ogni ora) 40



MEASURED QUANTITIES	SENSOR	CODE	NUMBER	FREQ
STATIC MONITORING				
Meteorological quantities	Thermograph; Barograph; Hygograph; Pluviograph; Measuring stick; Heliograph; Anemograph		1	cnt
Water level	Electric thermometer	TA	1	plg/A
Water temperature on surface and - 5 m	Dynamometric balance; Hydrometric staff		1	cnt/A
	Electric thermometer		2	plg/A
Horizontal displacements				
Dam: 4 direct plumb lines	Coordinometer	PD	9	st/ms
	Telecoordinometer	PDA	1	plg/A
Rock: 8 inverted plumb lines	Coordinometer	PR	10	st/ms
	Telecoordinometer	PRA	2	plg/A
Geodetic surveys	Distance-measuring; Theodolite		6	ms
			10	trm
Vertical displacements				
Leveling nets; crest, galleries, toe, abutments	Level			
	Level meter	IL	100	ms
Strain				
Dam body	Electric extensometer	EGA	60	plg/A
Rock foundation	Electric extensometer; Rockmeter	EGA; ECA	9; 69	plg/A; ms/plg/A
Movements of joints	Dilatometers	TL	33	plg/A
	Removable extensometer	CE	166	bms
Rotations	Vessel level meter	IL	48	ms
Uplifts	Pressure cell	PZA	13	plg/A
	Pressure gauge	PZ	47	st
Stress	Tensiometric capsule	CA	18	plg/A
Temperature dam	Electric thermometer	TCA	58	plg/A
Seepage	Weirs		2	plg/A
	Drains		232	ms
SEISMIC MONITORING				
Seismic	(Automatic) Accelerometer	ACC	4	
	Electric strain gauge	EE	6	
	Pressure switch	PRS	2	
Microseismic (Area)	Seismometer station	STSM	5	

### LEGEND:

cnt	= continuous	g	= daily	plg	= multiday
A	= automatic	st	= weekly	ms	= monthly
trm	= quarterly	bms	= semimonthly		

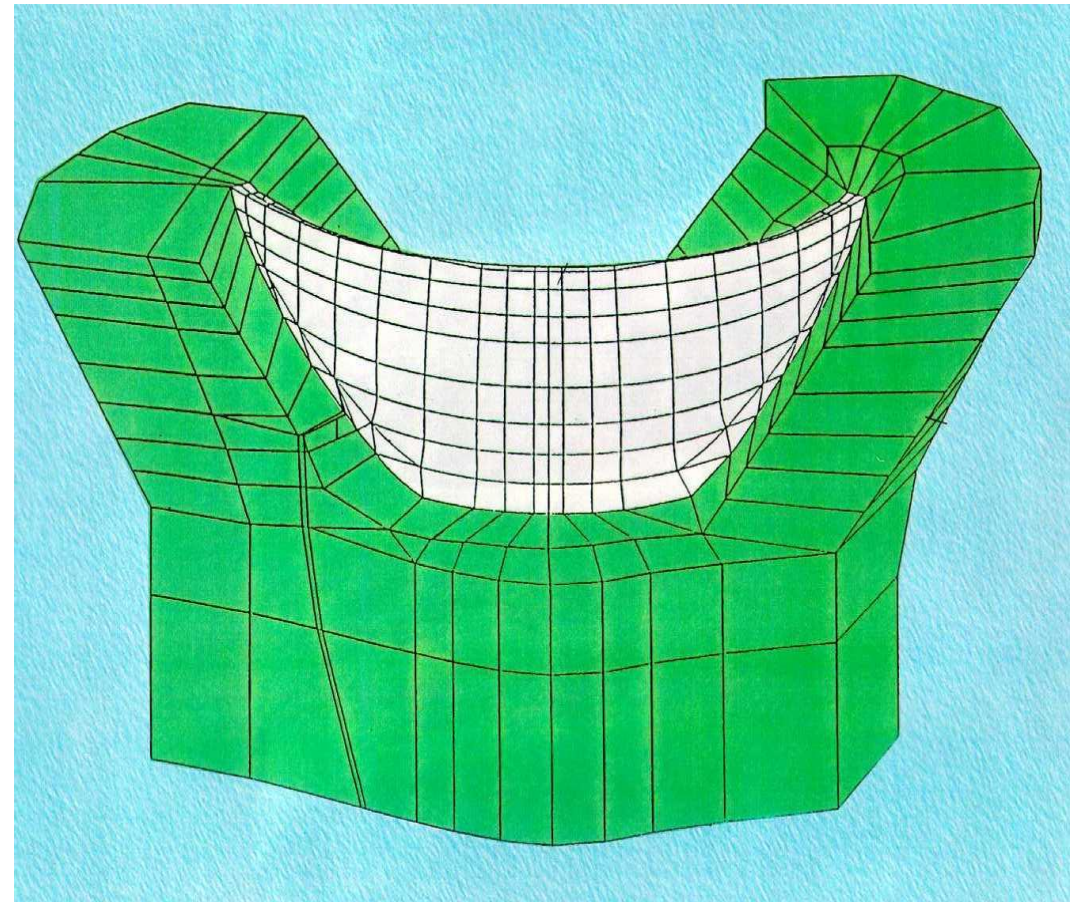
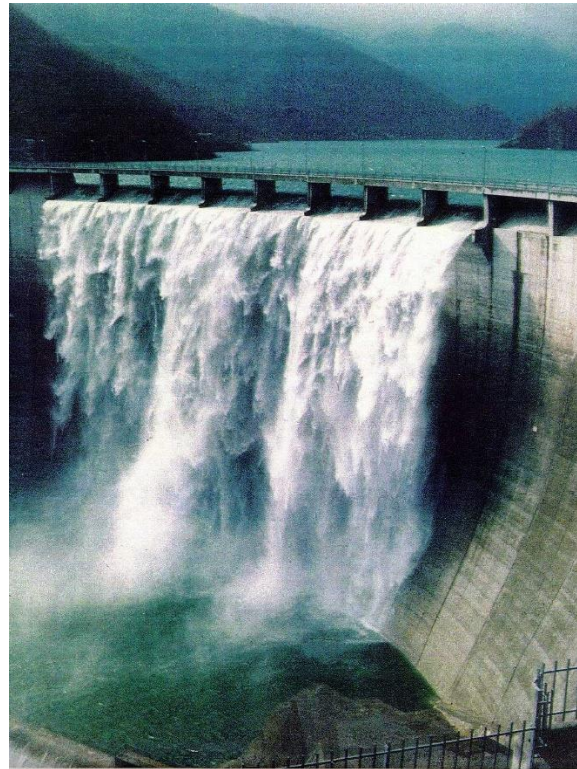




# Diga di Ridracoli

## Modello matematico di previsione del comportamento

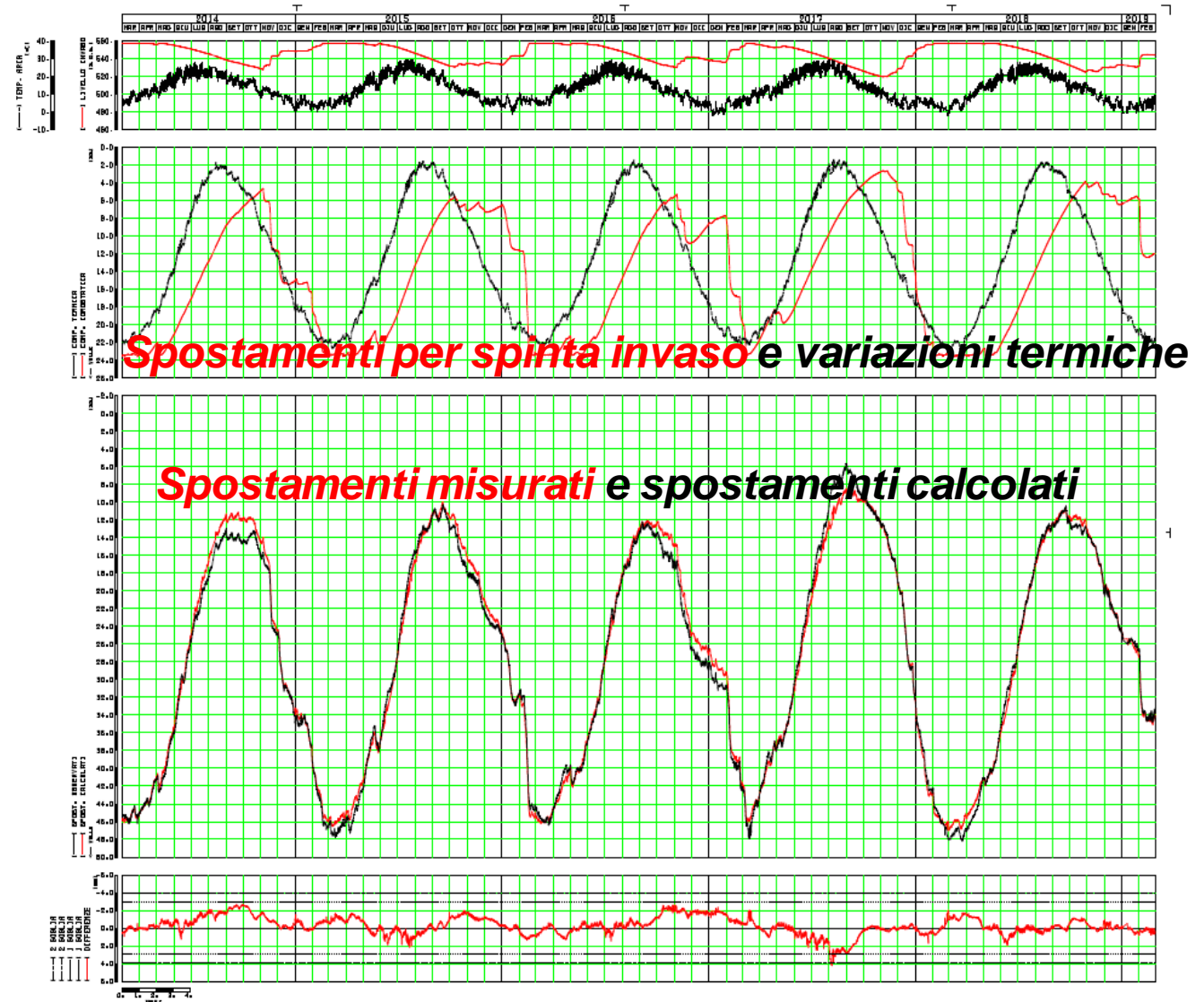
- Analisi degli sforzi e delle deformazioni in fase di progettazione
- Risposta strutturale per:
  - ❑ Carico idrostatico
  - ❑ Carico termico
  - ❑ Carico sismico



# Diga di Ridracoli – Procedure

Analisi del comportamento mediante il confronto tra spostamenti misurati e calcolati dal modello

La diga risponde alla variazione dei carichi (livelli di invaso e temperature) come previsto in progetto



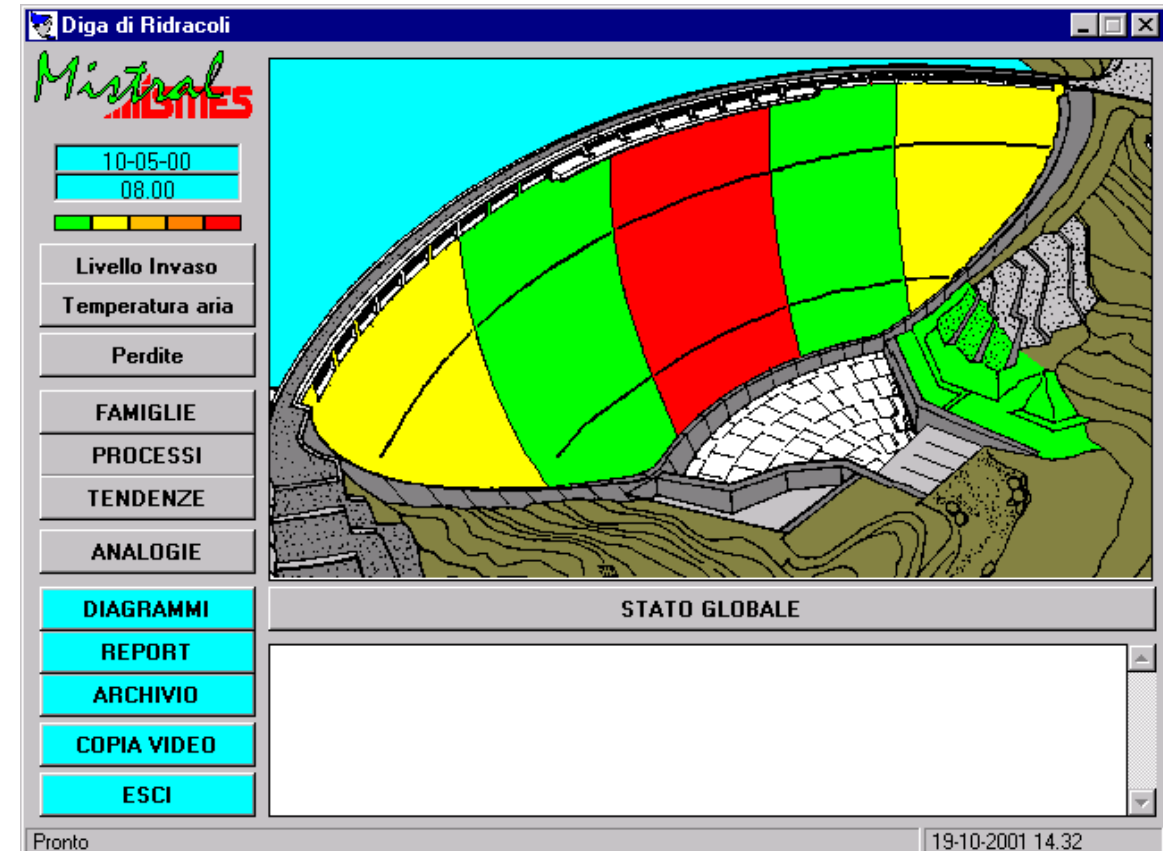


# Diga di Ridracoli – Procedure

## Sistema di monitoraggio statico

Sistema Mistral per il Controllo strutturale in linea per l'analisi del comportamento dello sbarramento a supporto delle attività di sorveglianza:

- Valuta il comportamento
- Filtra le situazioni anomale
- Fornisce spiegazioni

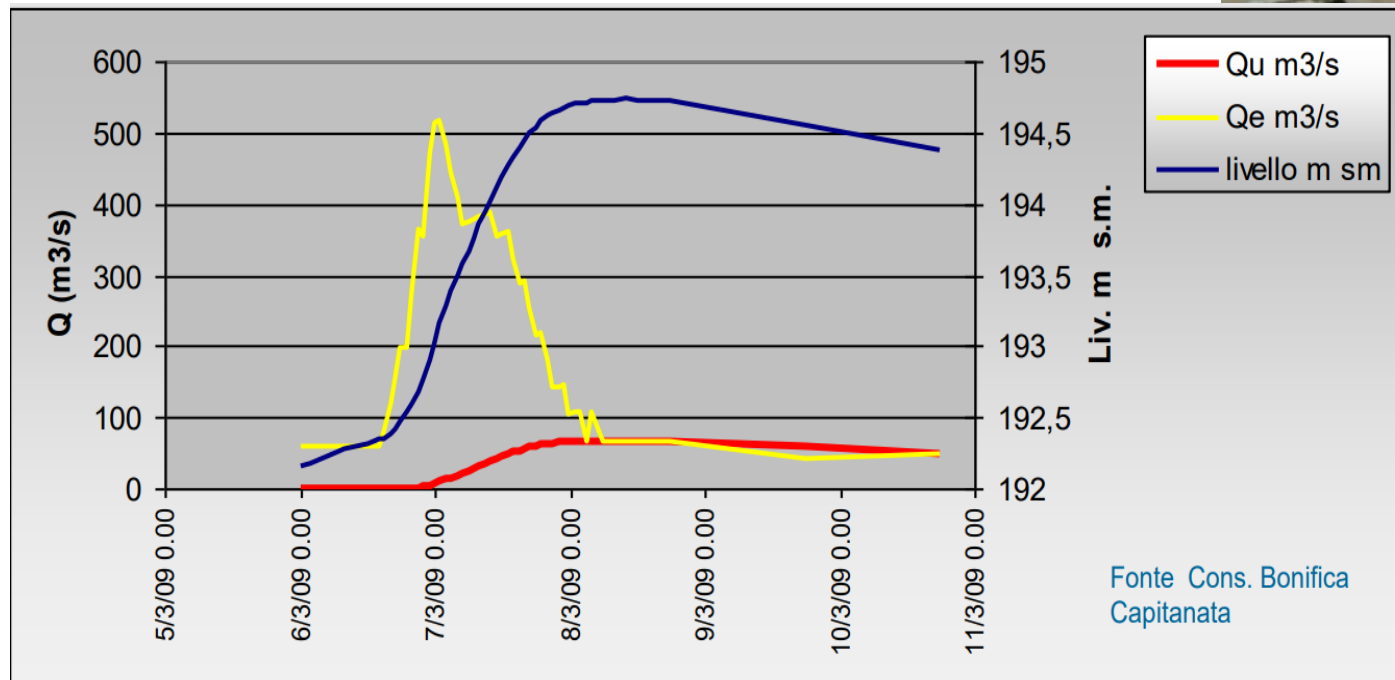






## Rivalutazioni idrauliche

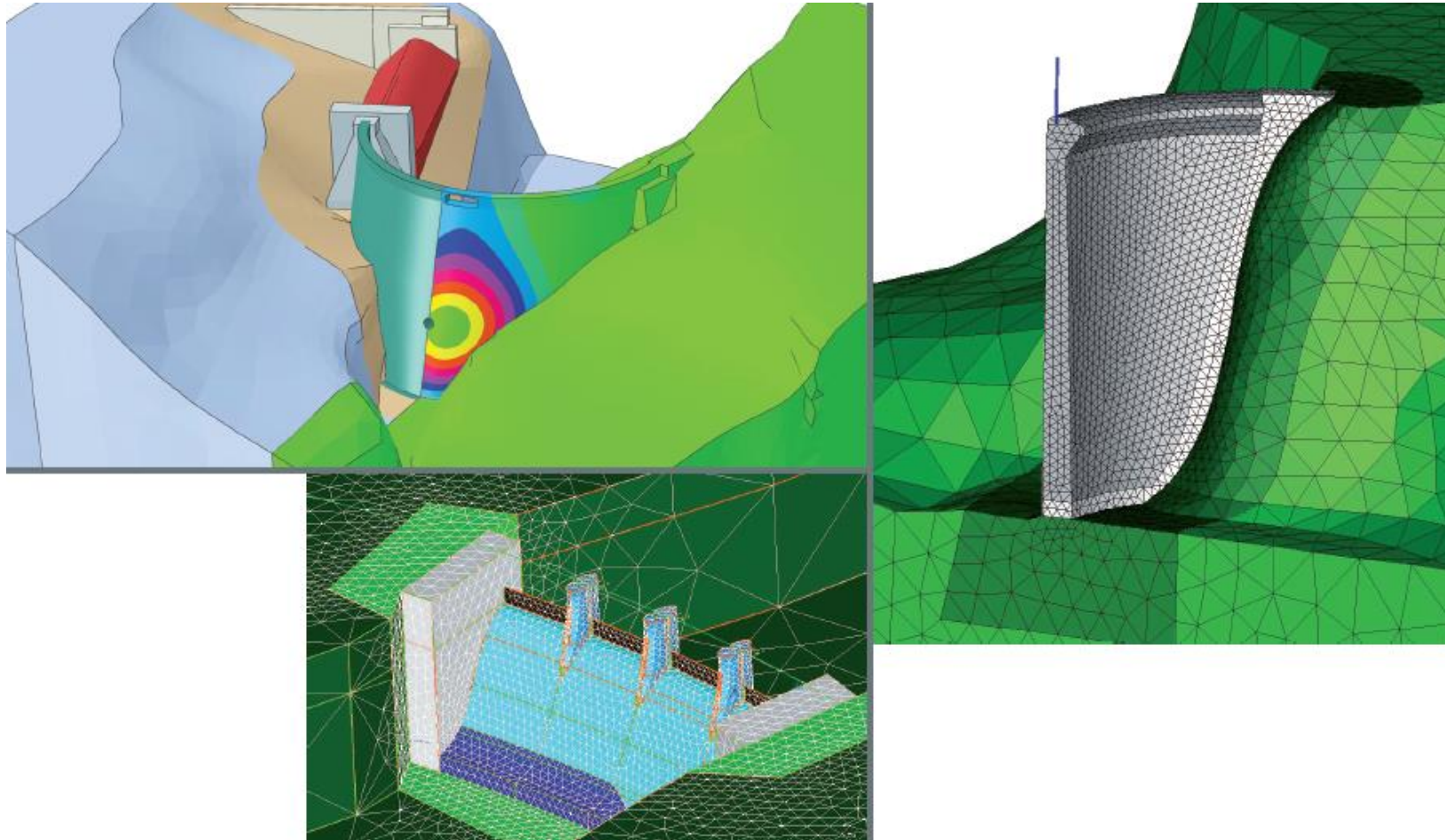
La verifica idraulica è finalizzata ad accertare che gli scarichi possano evacuare la massima portata prevista dalla rivalutazione idrologica (piena in arrivo al serbatoio)



## Rivalutazioni strutturali (sismiche)

La verifica sismica è finalizzata ad accertare che dal punto di vista strutturale la diga mantenga la capacità di non rilasciare acqua a valle a fronte della rivalutazione sismica del sito diga.

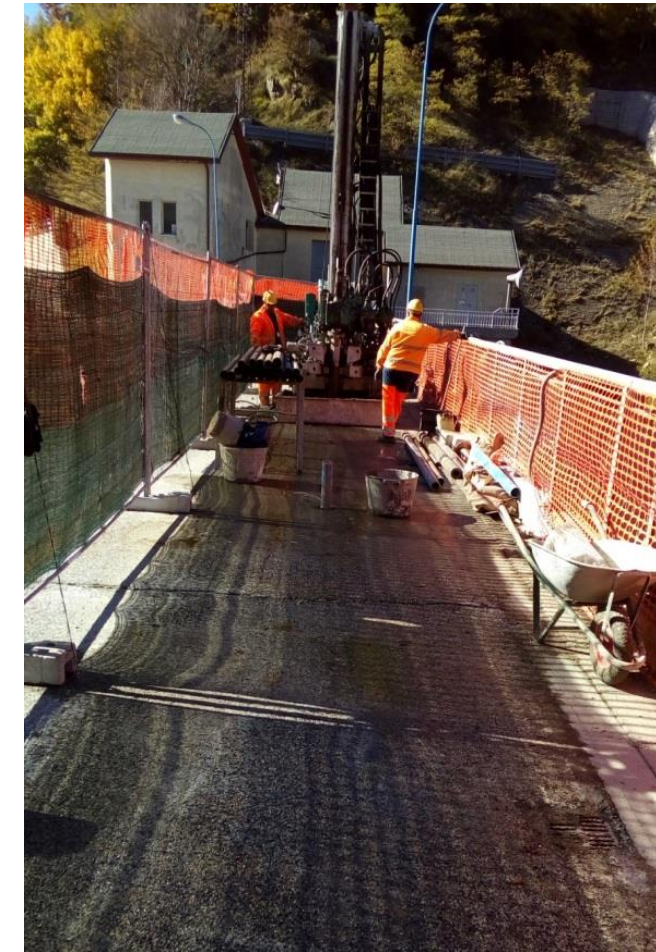
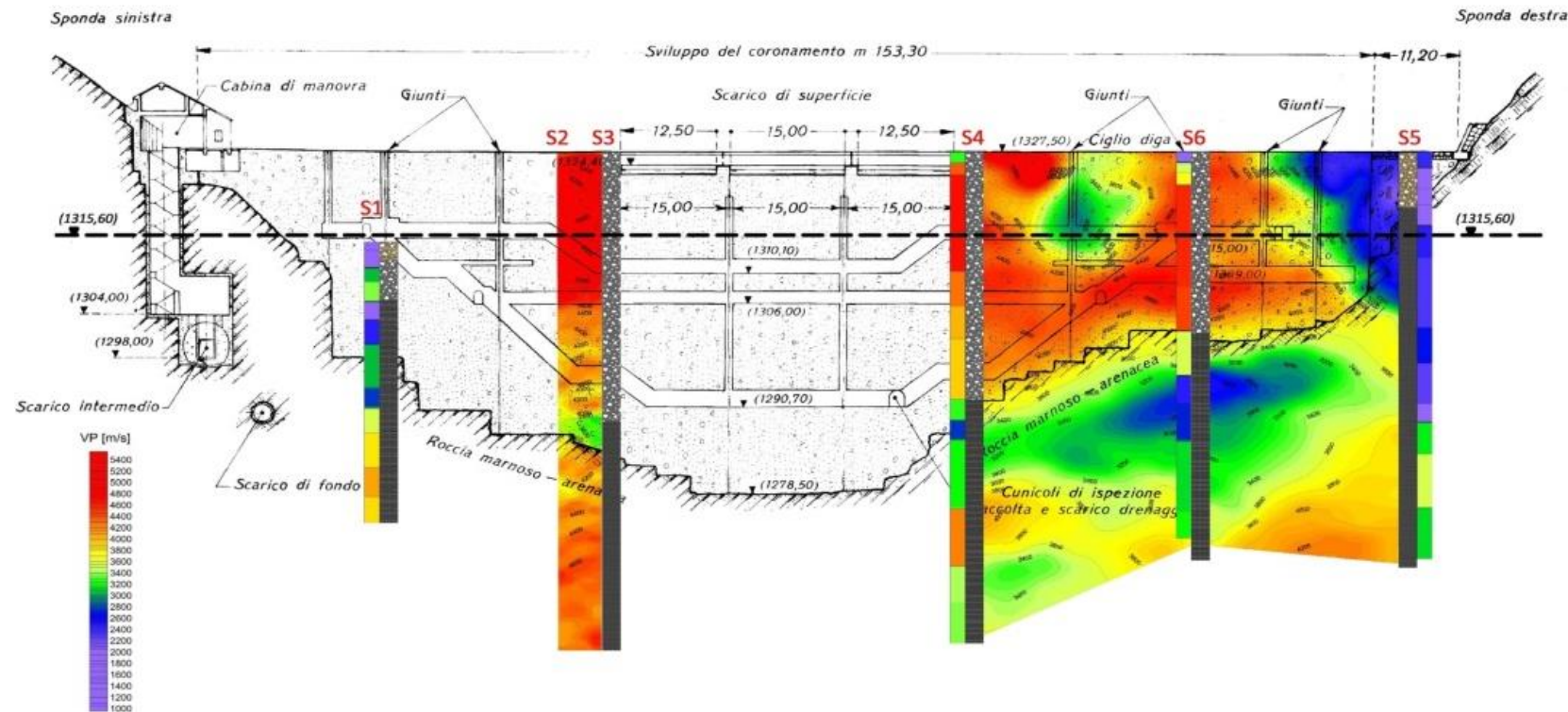
Le verifiche strutturali riguardano anche le opere accessorie (scarichi, casa di guardia, impalcati di coronamento...)





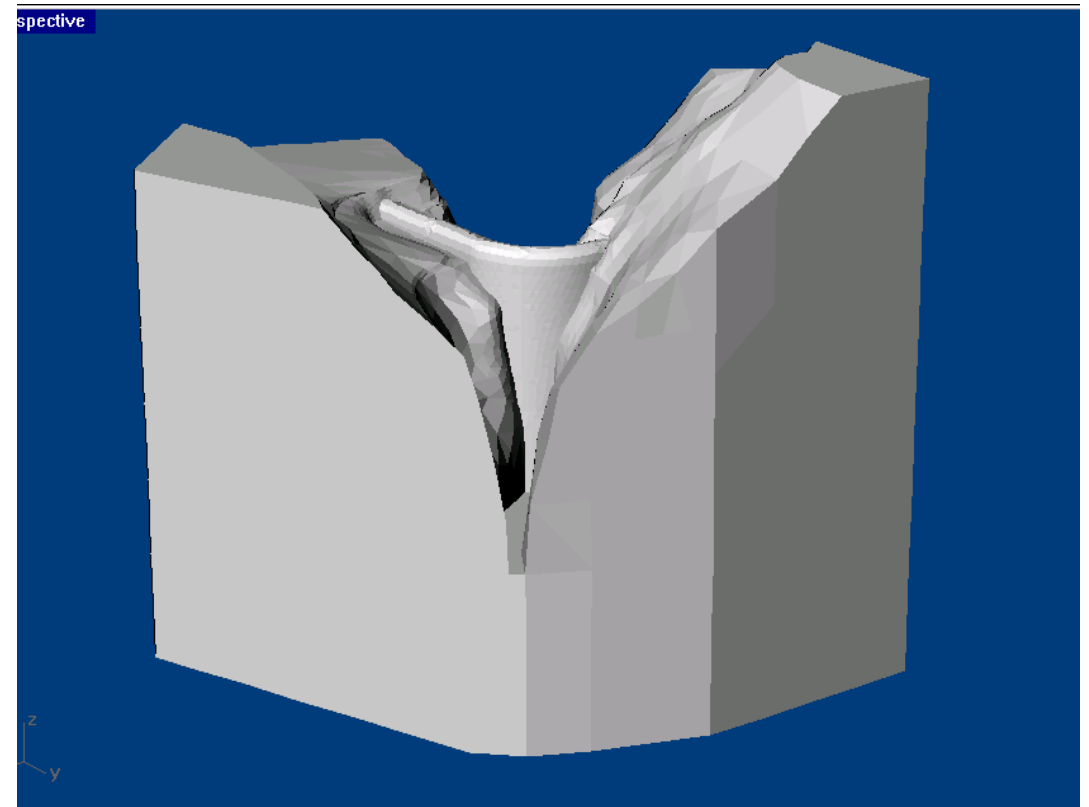
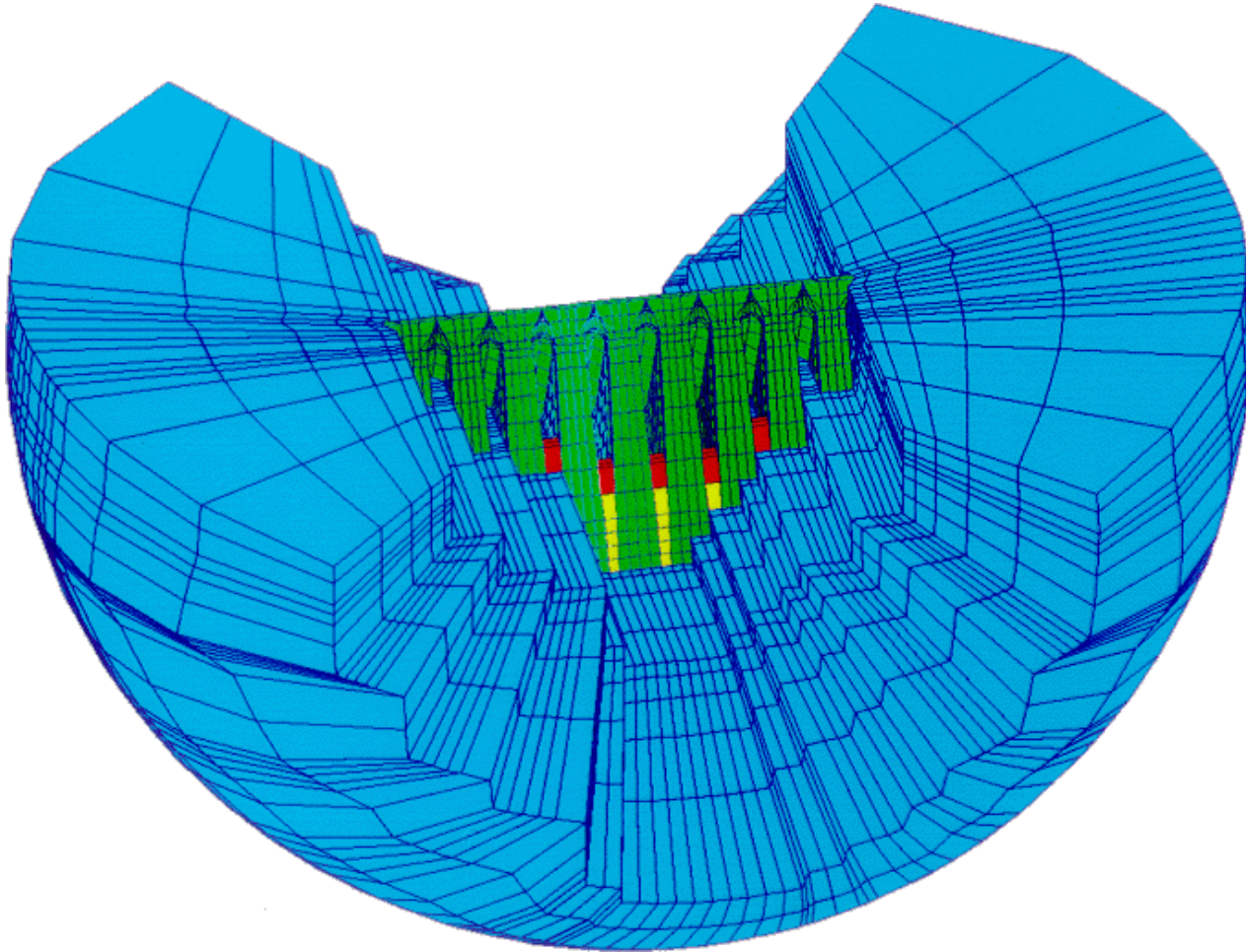
## Rivalutazioni strutturali (sismiche)

Le rivalutazioni sismiche si basano sulle “attuali” condizioni dei materiali costituenti la diga e la fondazione ottenute dalla caratterizzazione fisico-meccanica con indagini ad hoc



## Progetto di adeguamento

Nel caso in cui le verifiche idrauliche o strutturali non siano verificate si passa alla progettazione di interventi di miglioramento o adeguamento





## Progetto di adeguamento

### Progetto di adeguamento idraulico – strutturale della diga di Ponte Acqua



**Grazie per l'attenzione**