



## ***Procedure di Gestione della Diga di Ridracoli***

***Cortezzi Fabrizio (Romagna Acque)***

***Masera Alberto (CESI – ISMES Division)***

***ITCOLD – Workshop YEF  
Ridracoli 9 Maggio 2019***

# *Contesto Generale - 1*

- Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione + Allegato Documento di Protezione Civile
- Circolari Ministeriali e Prescrizioni Direzione Generale per le dighe
- Piani Provinciali di emergenza "Dighe" redatti dalle Regioni ed approvati dalle Prefetture
- Certificazioni: ISO14001:2015 - "Sistema Gestione Ambientale"; ISO9001:2015 - "Sistema Gestione Qualità del Servizio"; ISO50001:2011 - "Sistema Gestione Energia"; OHSAS18001:2007 - "Sistema Gestione Sicurezza"

## *Contesto Generale - 2*

- **Sensibilità della popolazione (esempio eventi sismici di fine Gennaio 2003 nella zona dell'Appennino Forlivese)**
- **Esercitazione di Protezione Civile – Rischio sismico “Forlivese 2003” (sisma con epicentro a Bagno di Romagna e di magnitudo 5.5)**
- **Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 27 Febbraio 2004 - “Indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico ai fini di protezione civile”**

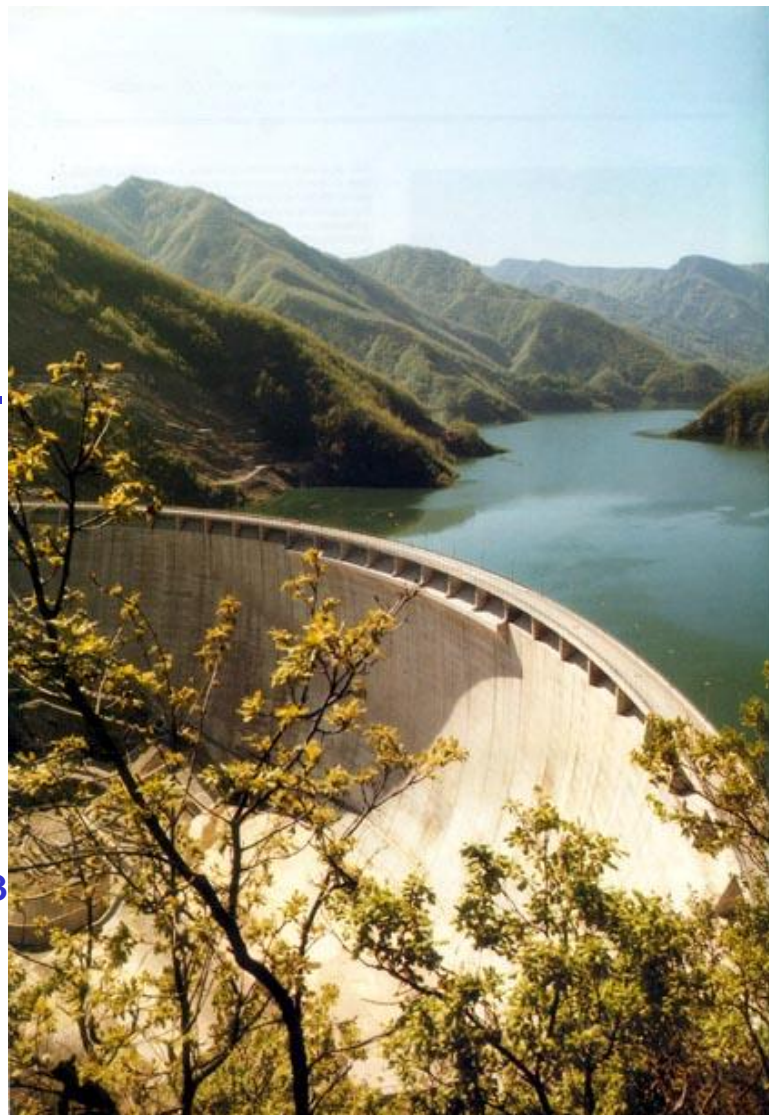
# *Procedure di Analisi per il Comportamento Idraulico, Statico e Dinamico della Diga*

- Vengono di seguito presentate alcune indicazioni relativamente alle procedure, finalizzate al controllo del comportamento del serbatoio e della struttura, quale risulta dai dati di monitoraggio raccolti dal sistema idrologico-idraulico, statico e sismico-dinamico
- In fine la presentazione dei dati di gestione degli impianti e delle “Condizioni di Vigilanza” della diga di Ridracoli su sito internet

# *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>**



## ***Procedure di Controllo***

**La metodologia e le procedure operative utilizzate per il controllo del comportamento dello sbarramento di Ridracoli sono basate sui seguenti aspetti:**

- Sistema di monitoraggio (idrologico-idraulico, statico e sismico-dinamico)**
- Sistema di controllo ed analisi in linea (tempo reale)**
- Verifica della sicurezza strutturale dell'opera attraverso il confronto con le previsioni dei modelli interpretativi di comportamento**
- Attività di sorveglianza ed ispezioni svolte dai tecnici di Romagna Acque**

# *Sicurezza Idrologica - Idraulica*

- **Rete Idrologica – Idraulica**
  - livelli
  - portate
  - grandezze ambientali
- **Bacino diretto 36.77 Km<sup>2</sup>**
- **Bacino allacciato 51.72 Km<sup>2</sup>**
- **Vengono determinati in tempo reale:**
  - Bilanci del serbatoio
  - Portate in arrivo
  - Portate di sfioro libero
  - Portate di scarico
  - Portate derivate-turbinate



# Sicurezza Idrologica - Idraulica

- Rapporto Idrologico se la portata in arrivo  $> 30 \text{ m}^3/\text{sec}$

- Fase di Allerta Idraulica quando la portata scaricata complessiva (anche quella a soglia libera), derivata o turbinata  $>$  portata minima pari a  $30 \text{ m}^3/\text{s}$

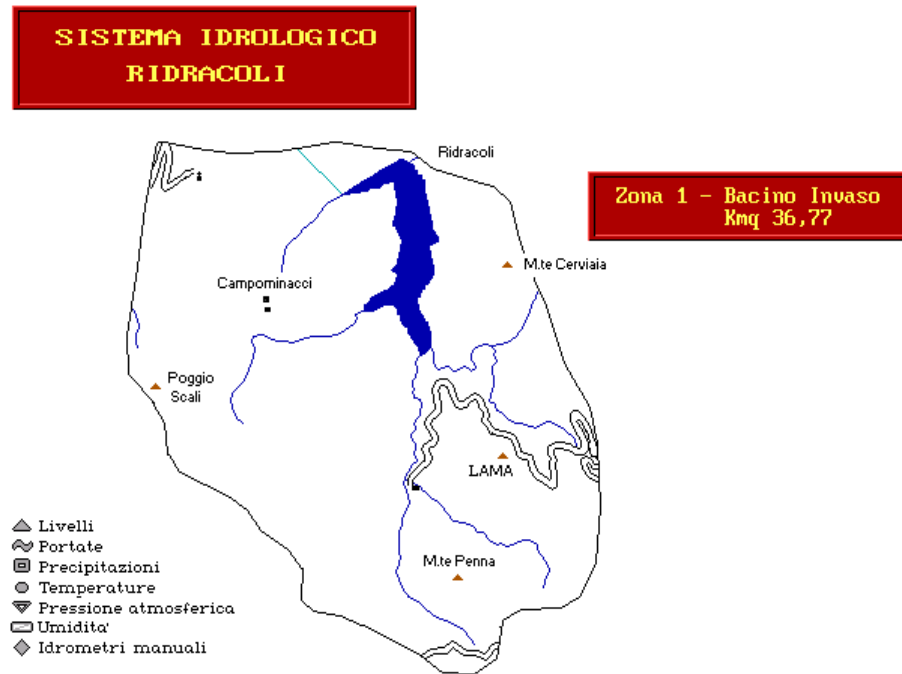
→ Avvisare Autorità Competenti

- Portata scarico di superficie

- $Q_{\text{max sup.}} = 750 \text{ m}^3/\text{s}$

- $Q_{\text{Tr 1000}} = 600 \text{ m}^3/\text{s}$

- Nella vita della struttura (circa 35 anni) la portata massima scaricata è stata ca  $65 \text{ m}^3/\text{s}$  nell'occasione dell'evento di massima piena del 18/03/2013





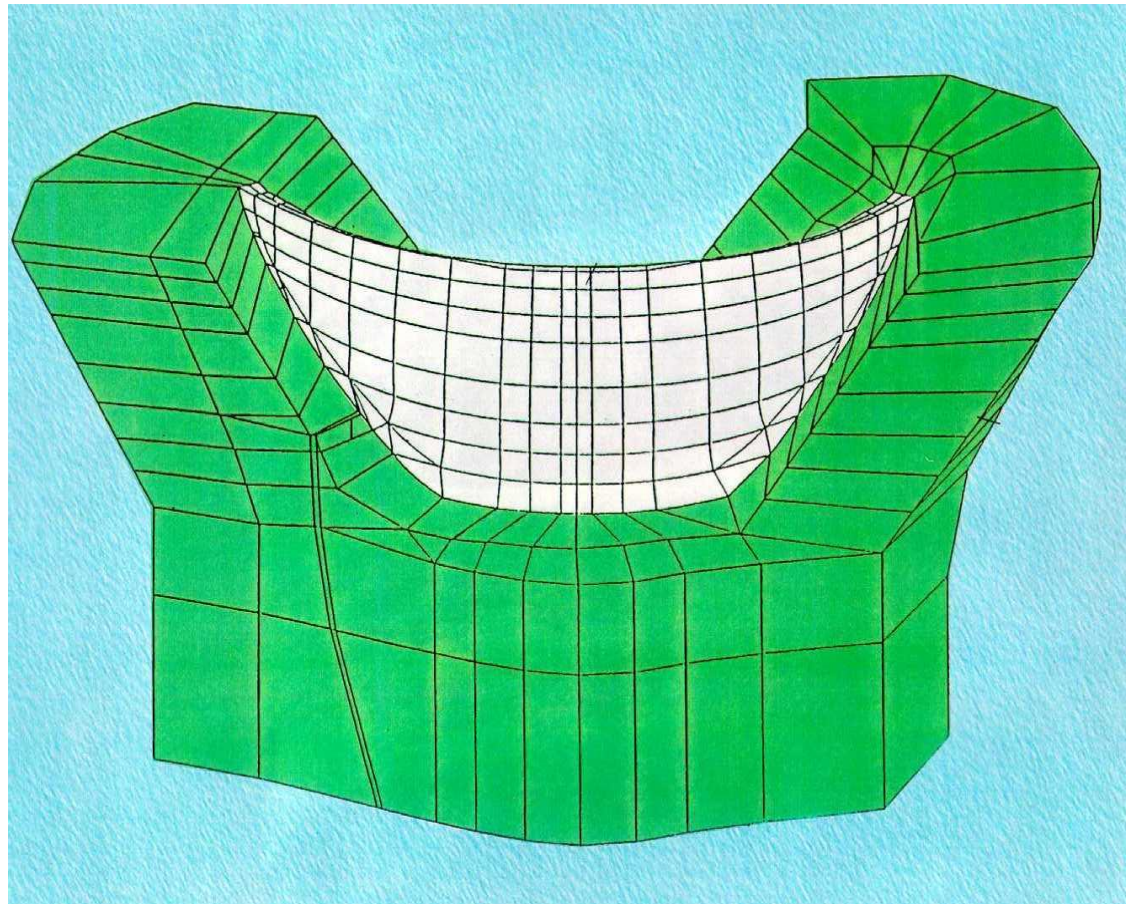
# *Modello Strutturale di Comportamento*

- **Modello matematico di simulazione al calcolatore**

- **Analisi degli sforzi e delle deformazioni in fase di progettazione**

- **Risposta strutturale per:**

- Carico idrostatico
- Carico termico
- Carico sismico



# Sistema di Controllo

## Sistema di controllo Statico

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

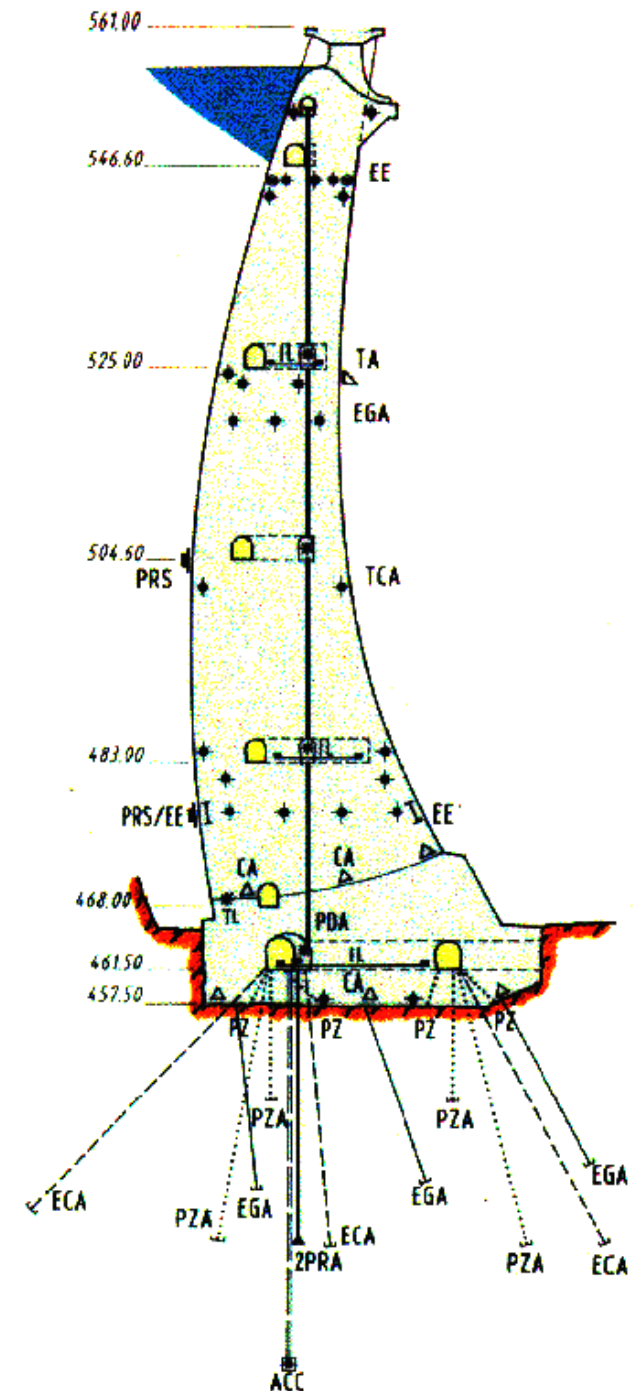
## Sistema di controllo Sismico-Dinamico:

- Terne Sismometriche 1
- Terne Accelerometriche 4

## Sistema di controllo Micro-sismico

- Stazioni di controllo 5

Numerosi strumenti sono stati installati per i controlli durante la costruzione ed i primi invasi

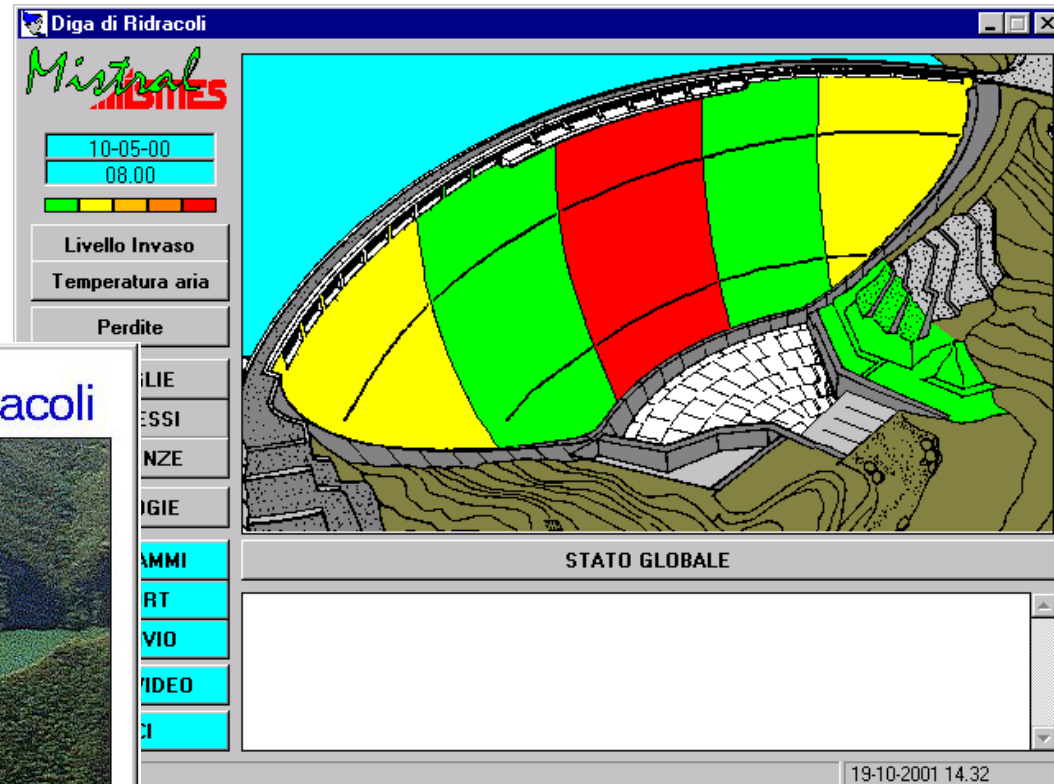




# Sistema Statico - Controllo strutturale in linea

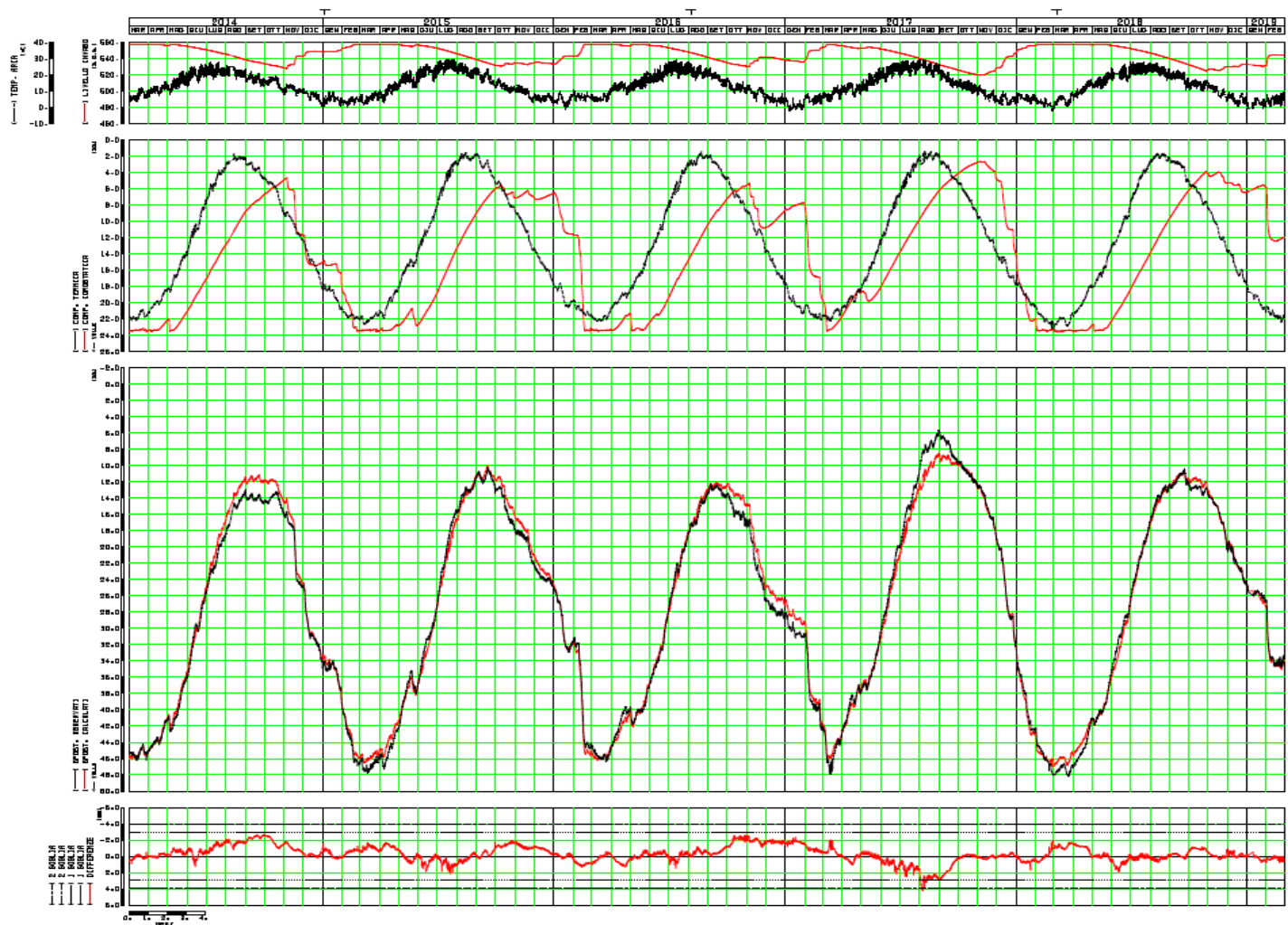
Sistema di controllo in linea per l'analisi del comportamento dello sbarramento a supporto delle attività di sorveglianza

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



# Controllo Statico - Analisi dei Risultati

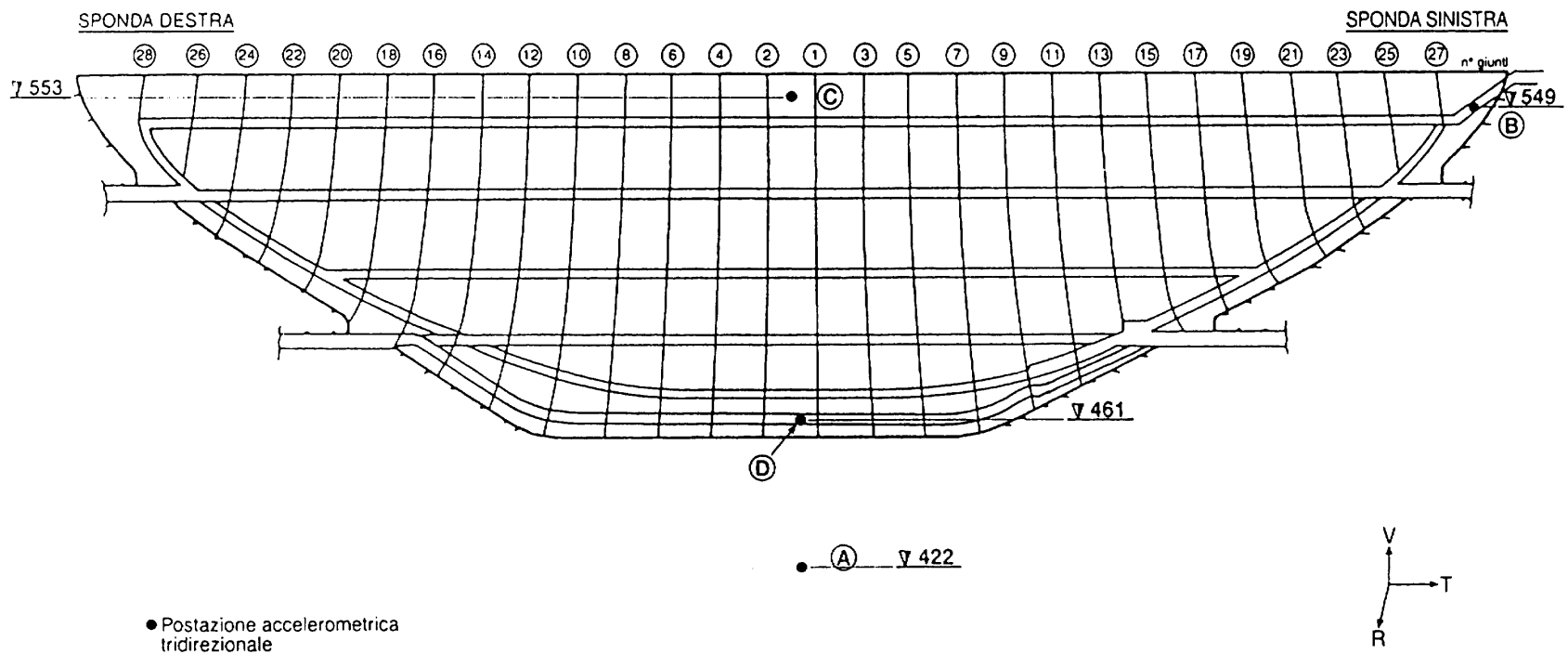
- Confronto tra spostamenti misurati ed osservati – pendolo in sezione maestra (Aggiornamento 2019)



# *Risultati del Controllo Strutturale Statico*

- La diga risponde alla variazione dei carichi (livelli di invaso e temperature) come previsto in progetto
- Il modello interpretativo descrive accuratamente il comportamento segnalato dagli strumenti di misura
- Anche le acquisizioni accelerate, in coincidenza dei sismi, hanno confermato il regolare comportamento dello sbarramento
- I tecnici verificano più volte nella giornata i risultati forniti dal sistema di controllo in linea
- Il sistema fornisce in linea una valutazione dello stato di sicurezza globale dell'opera, su 5 livelli.  
Se viene raggiunto il livello 4 si attiva la vigilanza rinforzata

# Sistema di Controllo Strutturale Sismico-Dinamico



## *Analisi dei dati Sismici (1995-2018)*

**Analisi dei dati sismici rilevati dal sistema nel periodo 1995-2018**

- **Il sistema della diga ha registrato circa 500 sismi (sia locali che lontani) di interesse**

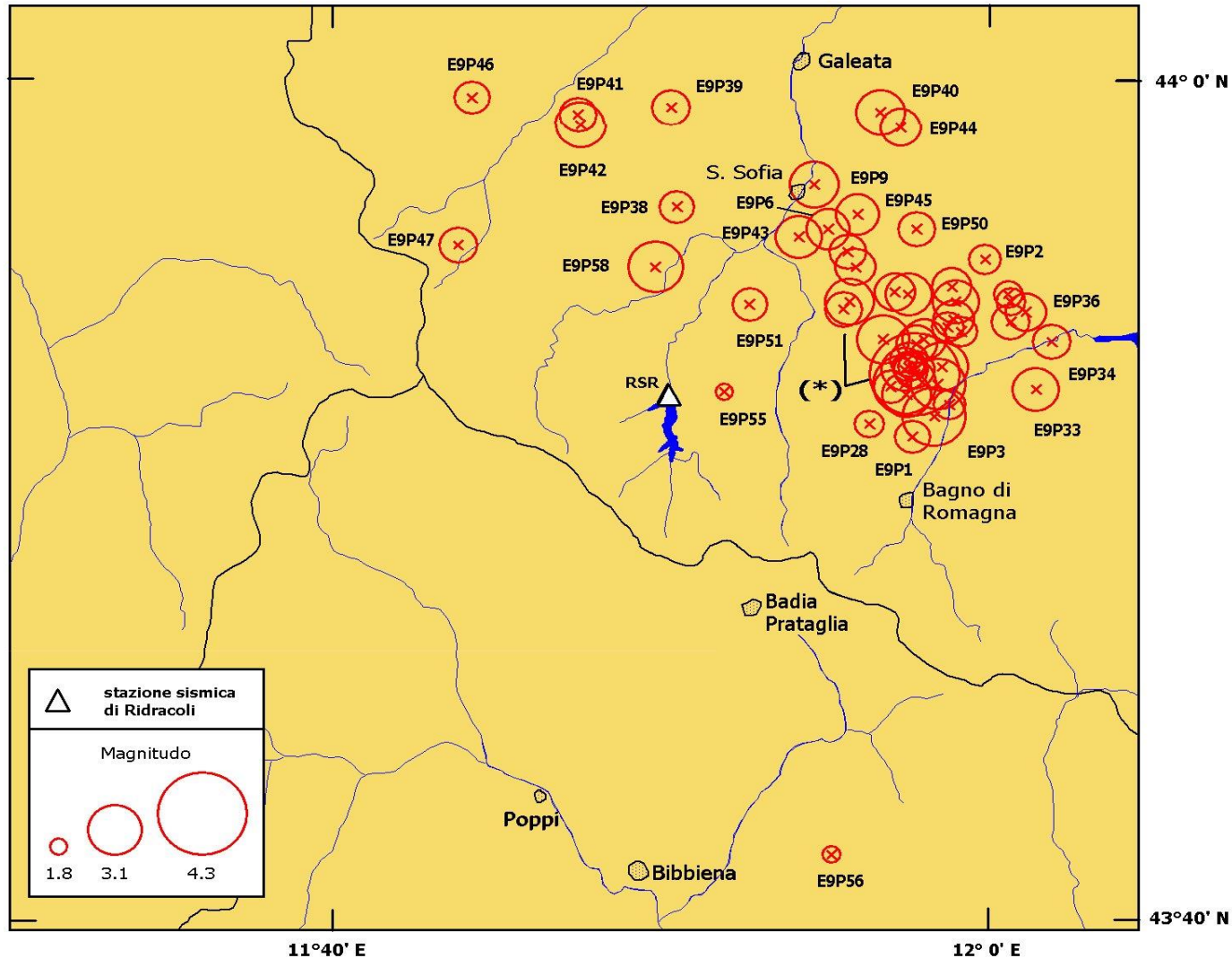
- **Il terremoto “lontano” di maggiore energia (risentito al sito) è avvenuto il 25 Gennaio 1999, con magnitudo 4.2 - VI grado della scala Mercalli. L’epicentro è situato nella zona di Cusercoli, Predappio, Galeata.**

**La distanza dell’epicentro dalla diga è di circa 29 km**

- **Il terremoto “locale” di maggiore intensità è avvenuto 26 Gennaio 2003 con epicentro nella zona di Bagno di Romagna e Santa Sofia, magnitudo 3.9, V grado della scala Mercalli.**

**La distanza dell’epicentro dalla diga è circa 10 Km**

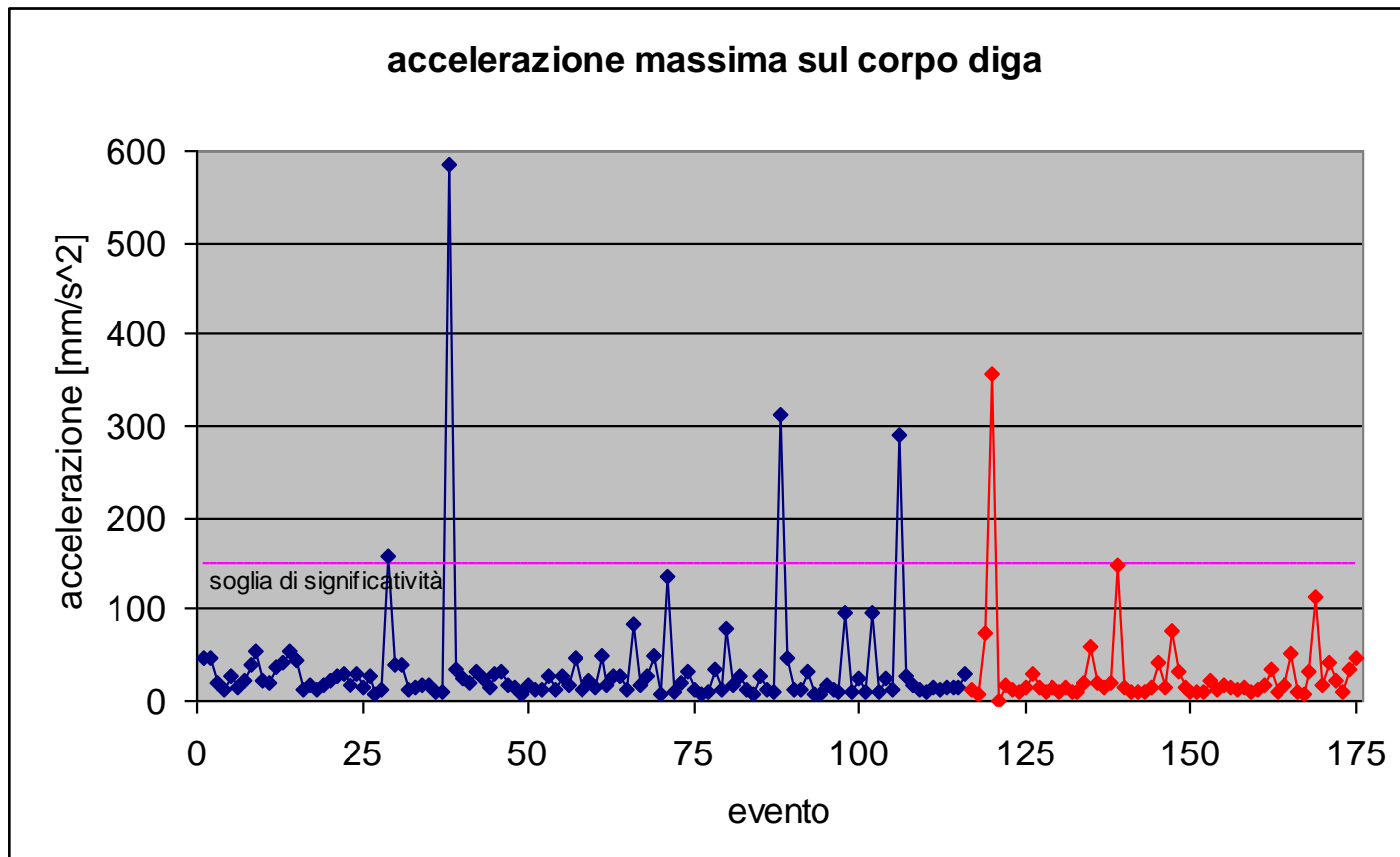
# Analisi dei Dati Sismici (Locali <25 km) del 2003





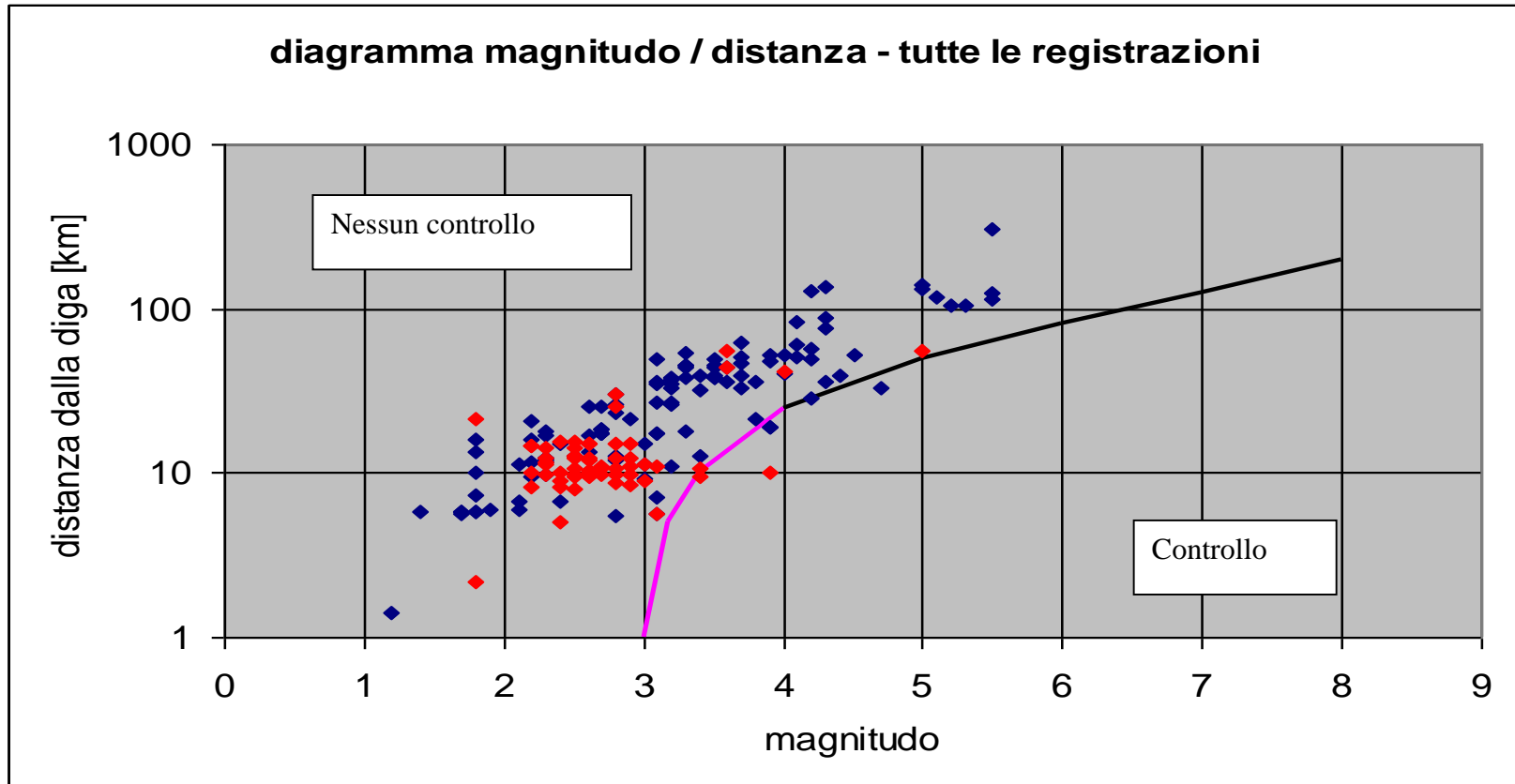
# Analisi Dati Sismici 1995-2003

- circa 175 eventi sismici apprezzabili
- 5 eventi sismici superiori alla soglia di  $150 \text{ mm/sec}^2$  ( $0.015g$ ) registrati alla terna accelerometrica in cresta (direzione m-v)  
(blu: 1995-2002                      rosso: anno 2003)



# Confronto con Procedura di R.I.D.

- 5 sismi ricadono in area “Controllo di Tipo 1”



Colore blu: eventi  
fino al 31/12/2002

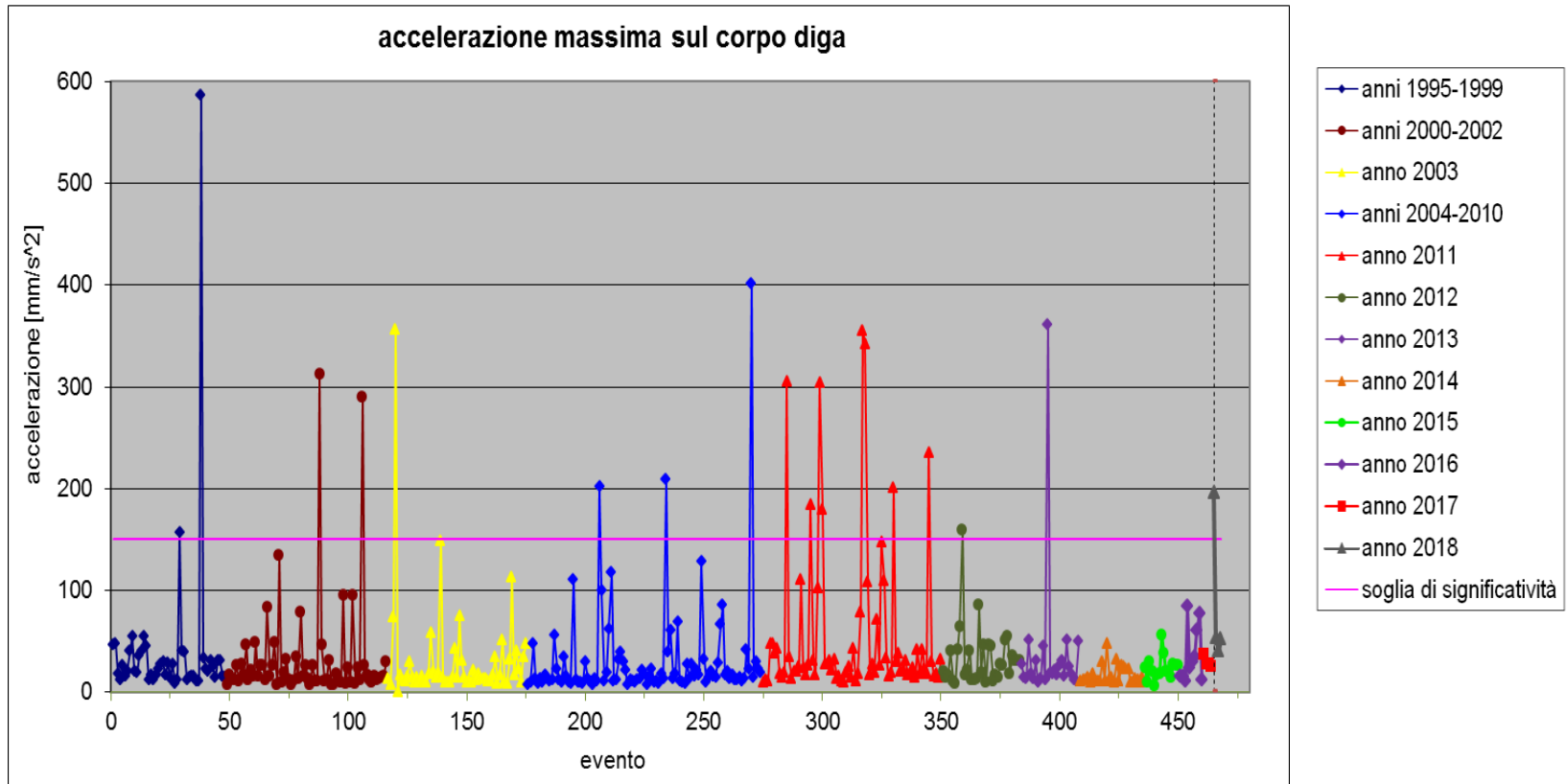
Colore rosso: eventi  
del 2003

## *Analisi Eventi Sismici Gennaio 2003*

- Il sistema di monitoraggio sismico-dinamico installato sulla diga ha evidenziato registrazioni di modesta intensità all'opera
- Il comportamento statico della diga è stato regolare sull'intero periodo
- Le ispezioni allo sbarramento non hanno segnalato evidenze particolari
- Indicazioni di assoluta regolarità di comportamento dell'opera e non si sono individuate situazioni di interesse per la sicurezza dell'opera
- I sistemi di controllo statico e sismico sono sempre in funzione 24 ore su 24

# Analisi Dati Sismici 1995-2018

- circa 500 eventi sismici apprezzabili
- 18 eventi sismici superiori alla soglia di  $150 \text{ mm/sec}^2$  ( $0.015g$ ) registrati alla terna accelerometrica in cresta (direzione m-v)



# *Controllo Strutturale Sismico*

- La soglia di trigger della terna sismica ha sempre fatto scattare le registrazioni. Il trigger degli accelerometri non è mai stato superato.
- La “soglia di significatività” per la terna in cresta è stata fissata a  $0,15 \text{ m/s}^2$  (0.015 g) ed ha permesso di classificare alcuni sismi come “significativi” ai fini strutturali attivando la fase di attenzione (confrontabile con la “zona di controllo tipo 1” indicata da RID)
- La “soglia di allerta” per la terna alla base diga è pari di 0,20 g, come indicato dal progettista anche sulla base di analisi con modello fisico  
(l'inizio dello stato di fessurazione del modello fisico si era riscontrato per accelerazioni di 0.85 g)

# *Presentazione in Internet- [www.Romagnacque.it](http://www.Romagnacque.it)*

- Immagini dalla diga



# Presentazione in Internet

## Il livello del serbatoio

Diga di Ridracoli

Rapporto  
idrologico  
giornaliero

Andamento  
idrologico annuo

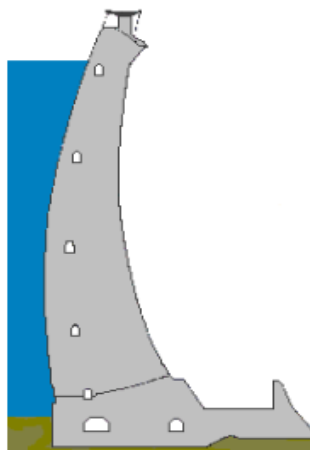
Dati idrometeo

Diga in tempo  
reale

Diga in 24 ore

Diga del Conca

## Diga di Ridracoli



COMUNICAZIONE DALLA CASA DI  
GUARDIA

Le sponde invaso e la struttura risultano avere  
un comportamento regolare in funzione del  
livello del lago e della temperatura esterna.

Dott. Fabrizio Cortezzi

Comunicazione emessa il 15/01/19 alle ore  
14,00

ANDAMENTO IDROLOGICO DELL'INVASO IN TEMPO REALE

<b>LIVELLO INVASO</b> (Minimo:502,0 mslm. Livello di Sfiore:557,3 mslm)	(m.s.l.m.) 551,62
<b>APPORTO</b>	(mc/sec) 2,29
<b>PORTATA DI SFIORO</b>	(mc/sec) 0,00
<b>PORTATA IN USCITA DALL'INVASO PER POTABILIZ./PROD. IDROELETTRICA</b>	(mc/sec) 0,81

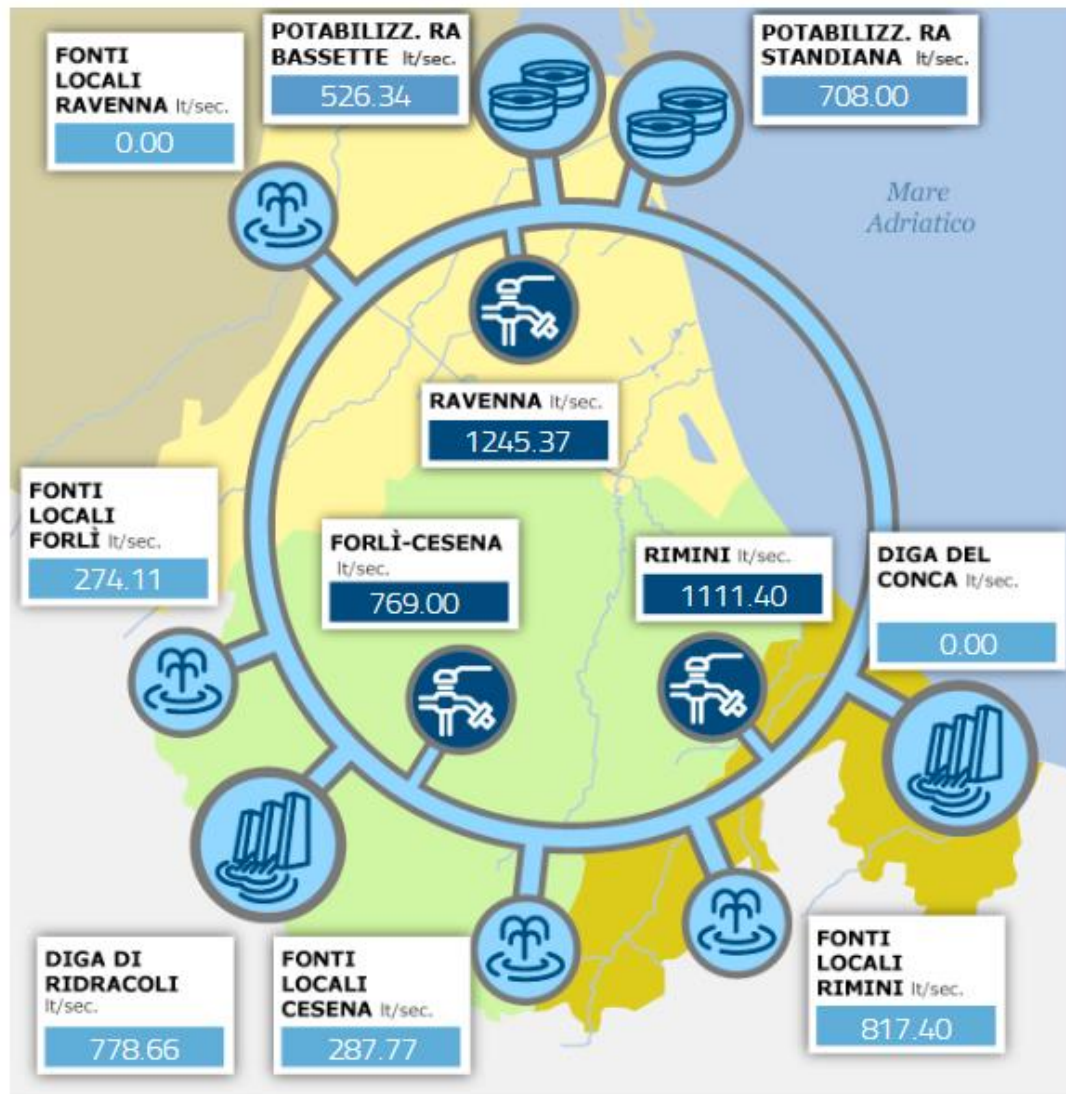
ANALISI DEL COMPORTAMENTO DELLA DIGA

n Relazione alla situazione d'invaso e strutturale il comportamento della diga risulta

REGOLARE

# Presentazione in Internet

- I dati di produzione





# ***Presentazione in Internet***

- **Fornire in tempo reale indicazioni sulla produzione – distribuzione e qualità dell'acqua potabile**
- **Fornire indicazioni per quanto riguarda le condizioni di sorveglianza e di sicurezza della diga**