



Consiglio Nazionale  
dei Geologi

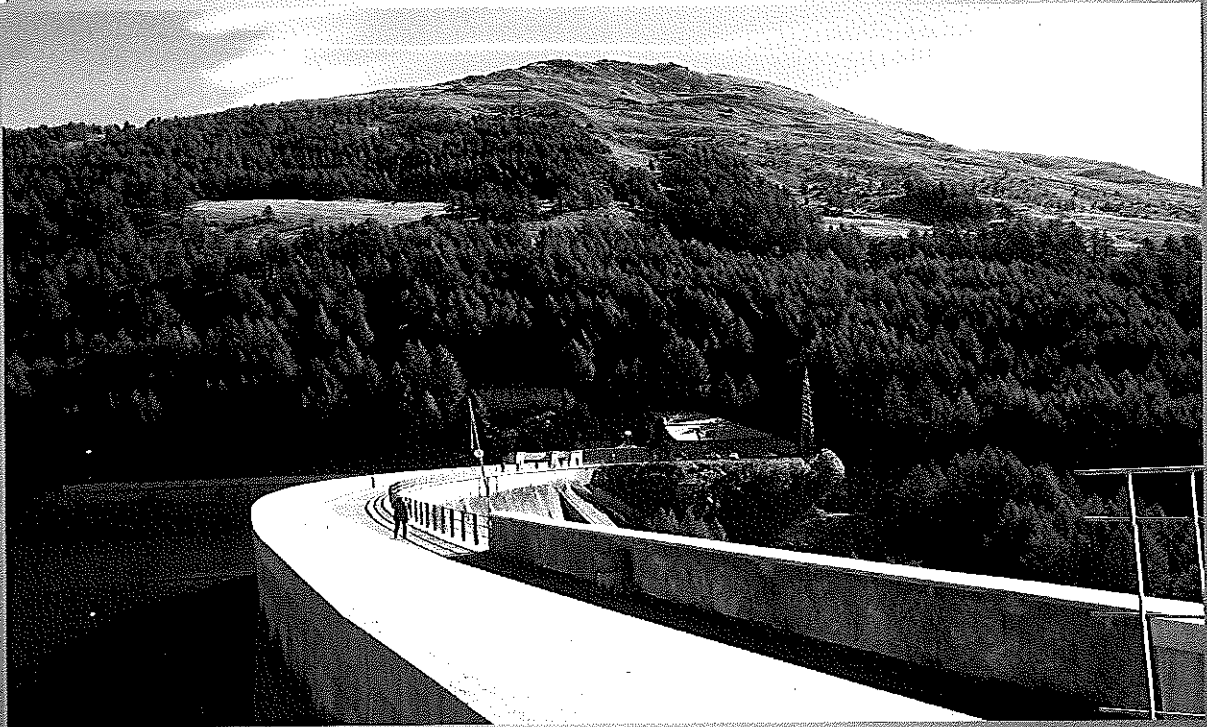


CENTRO STUDI  
CONSIGLIO NAZIONALE DEI GEOLOGI

## ETICA E RESPONSABILITA' PROFESSIONALE

Un caso storico: STAVA 19 LUGLIO 1985

Attività di vigilanza sulla sicurezza delle grandi dighe  
Il ruolo della geologia



*Cavalese (TN) Auditorium Palaflamme  
15 luglio 2015*

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti



Leonardo Cataldo – Alberto Maistri  
Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche

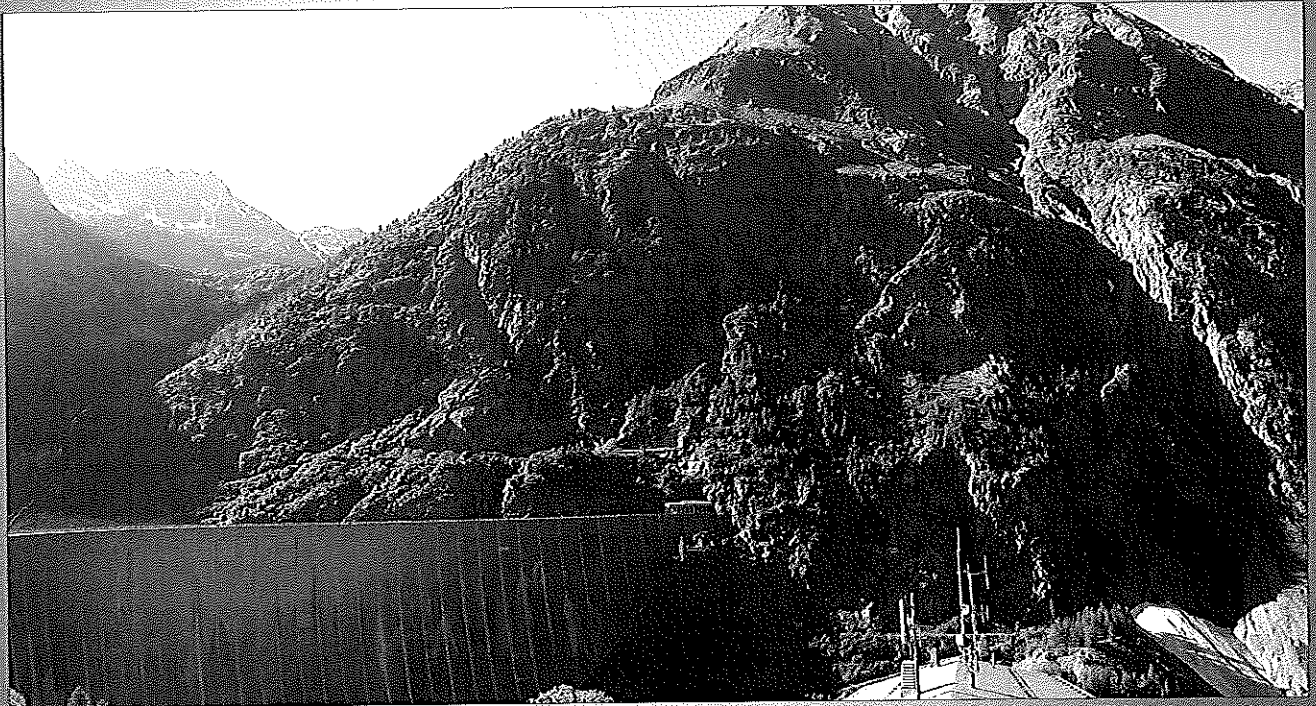


# Attività di vigilanza sulla sicurezza delle grandi dighe Il ruolo della geologia



**ETICA E RESPONSABILITA' PROFESSIONALE**

Un caso storico: STAVA 19 LUGLIO 1985

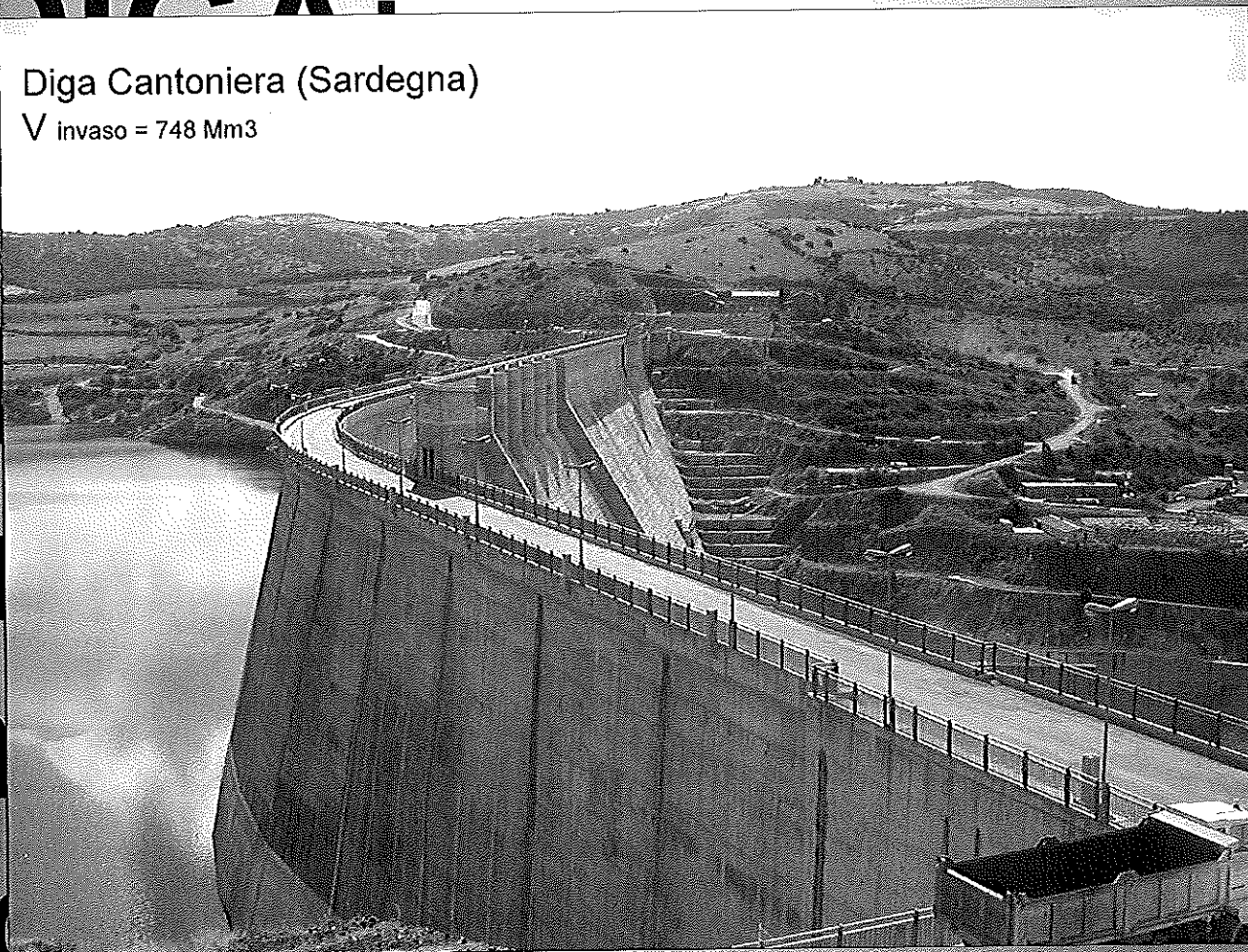


Pericolosità e rischio  
Evoluzione del quadro normativo  
Contributo della geologia

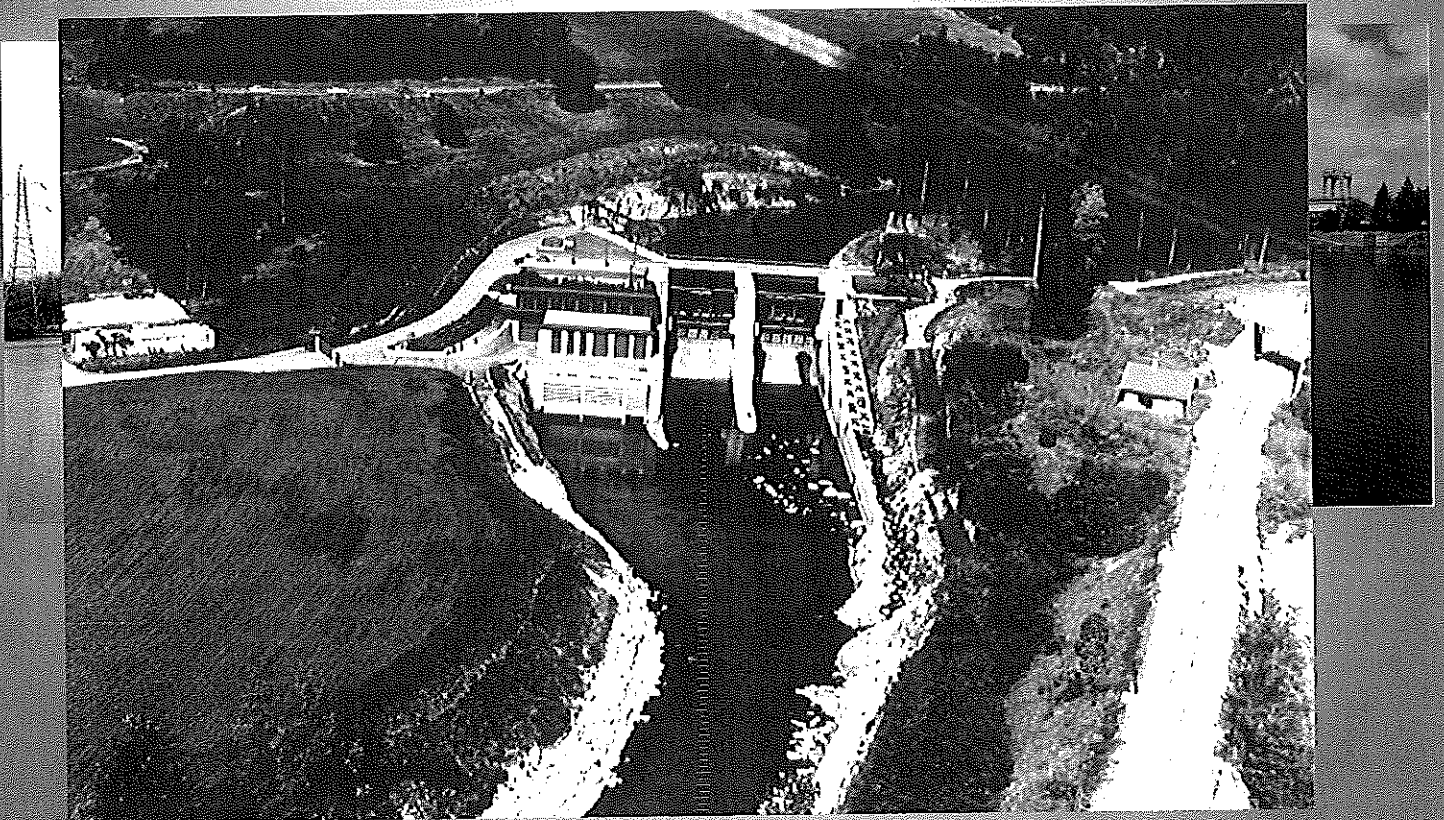
# DIGA

Diga Cantoniera (Sardegna)

V invaso = 748 Mm<sup>3</sup>



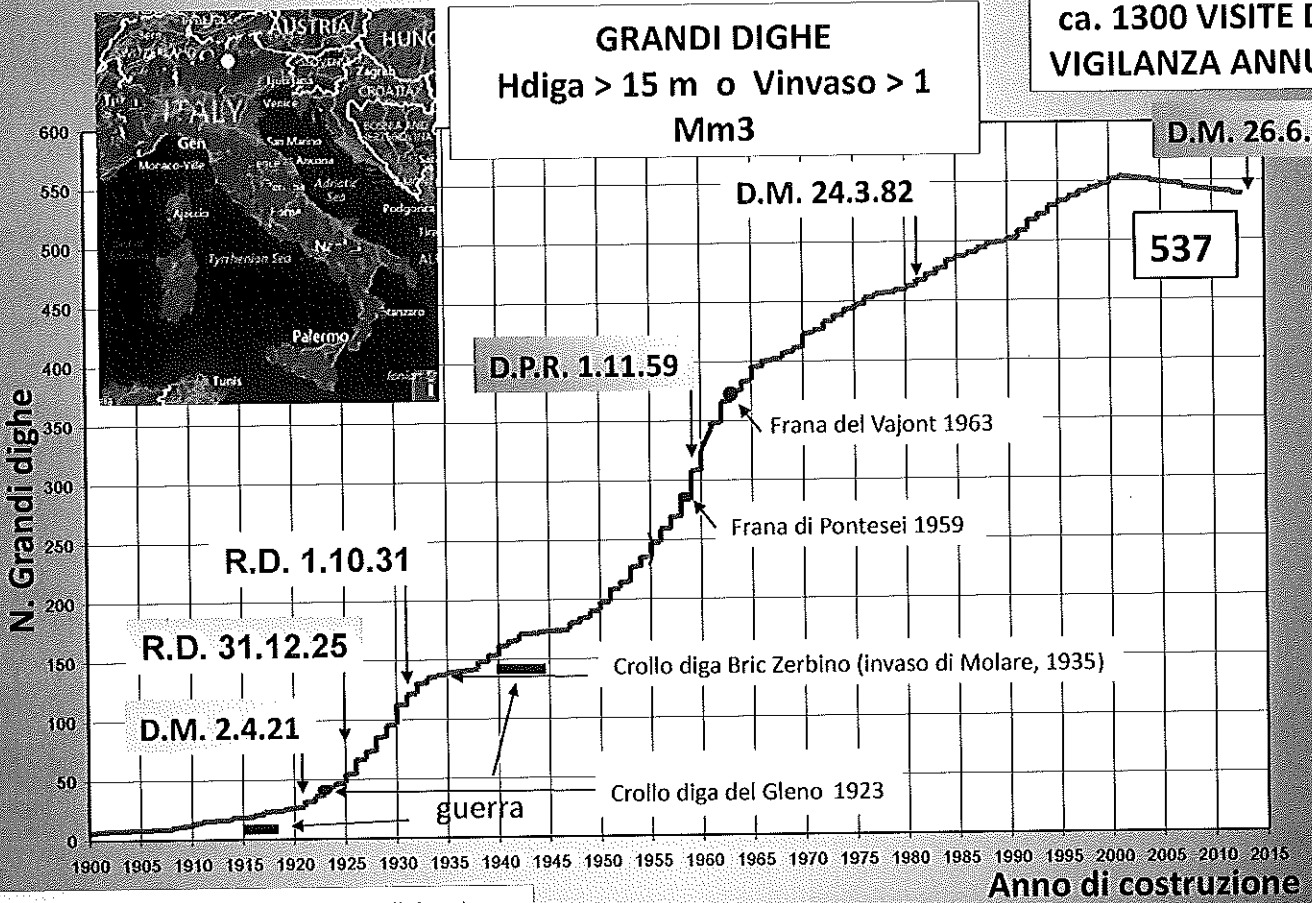
**TRAVERSA:** sbarramento volto a regolare (fissare) il livello dell'acqua a monte, per creare le corrette condizioni idrauliche di alimentazione di una derivazione (ad acqua fluente, in genere con modesto invaso a monte)



**GRANDI DIGHE**  
Hdiga > 15 m o Vinvaso > 1 Mm3

ca. 1300 VISITE DI VIGILANZA ANNUA

D.M. 26.6.2014



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti



Condizione		Capacità di progetto (M m3)	Volume invaso autorizzato (M m3)
Costruzione	13	340,24	0,00
Esercizio normale	379	6.933,00	6.933,00
Fuori esercizio temporaneo	31	47,97	0,00
In collaudo	88	5.707,69	4.708,77
Invaso limitato	26	734,48	509,40
<b>TOTALE (giu. 2014)</b>	<b>537</b>		<b>12.151,17</b>

**VETUSTA'** prossima a 60 anni  
**ETA' MEDIA** maggiore per le dighe arco alpino – appennino nord  
**ETA' MEDIA** minore per le dighe meridionali – insulari  
**TIPOLOGIA** segue distribuzione geografica  
 arco alpino – app. sett. prevalenza dighe murarie  
 meridione-isole prevalenza dighe materiali sciolti

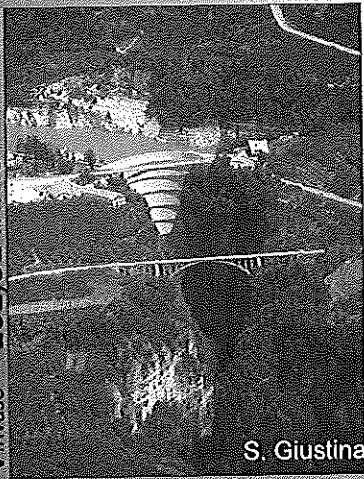


### UFFICI TECNICI per le dighe

Torino	86 dighe
Milano	89 dighe
Venezia	63 dighe
Firenze	54 dighe
[Perugia	55 dighe]
Napoli	61 dighe
Cagliari	59 dighe
Palermo	47 dighe
[Cosenza	24 dighe]



Bacino dell'Adige (UTD Venezia)  
 31 grandi dighe -  $V_{tot\ invaso} = 557\ Mm^3$



$V_{invaso} = 182,81\ Mm^3$

Bacino dell'Avisio  
 4 Grandi dighe

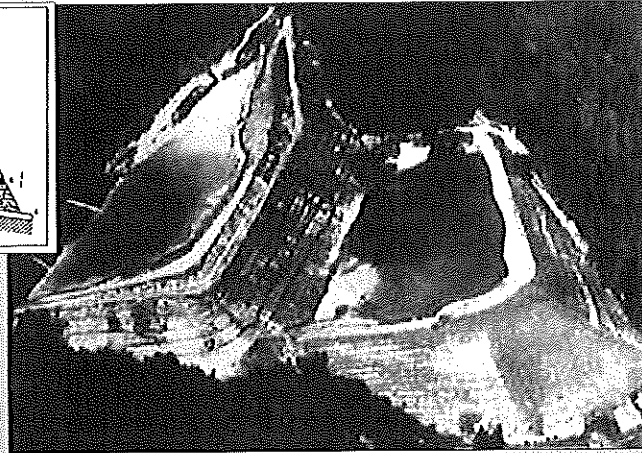
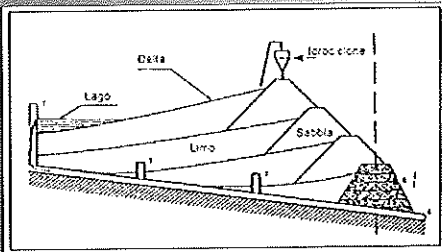
- ✓ Fedaia
- ✓ Forte Buso
- ✓ Pezzè di Moena
- ✓ Stramentizzo

$V_{tot\ invaso} = 61\ Mm^3$

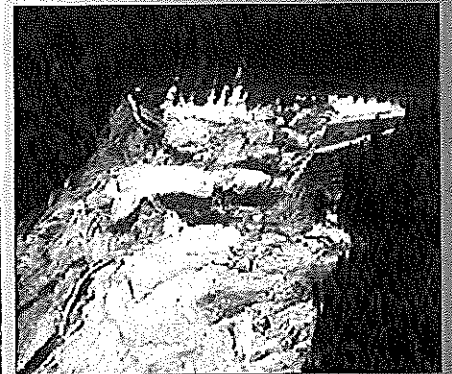


## Operazioni di manutenzione sugli sbarramenti di dighe e traverse:

- ▣ sbarramenti determinanti invasi adibiti esclusivamente a deposito o decantazione o concentrazione o lavaggio di minerali o di residui industriali



Stava, 1985



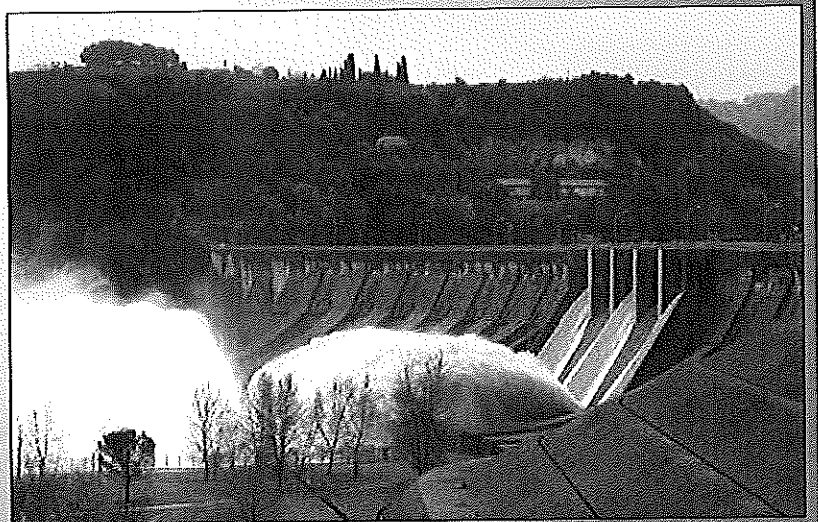
- ▣ casse di espansione in derivazione
- ▣ conche di navigazione
- ▣ serbatoi pensili, serbatoi e invasi interrati, serbatoi di accumulo sotterranei
- ▣ briglie
- ▣ arginature fluviali (non costituenti sponde di serbatoi artificiali realizzati mediante dighe o traverse)

## **PERICOLOSITA' E RISCHIO**

**L'elevato numero di opere di sbarramento esistenti in Italia e lo sviluppo di insediamenti civili e industriali a valle di esse determinano una crescente attenzione dell'opinione pubblica nei confronti della loro potenziale pericolosità e dei rischi conseguenti al rilascio incontrollato di ingenti volumi d'acqua (c.d. onda di sommersione).**

### **RILASCI «CONTROLLATI»**

**SCENARIO DI RISCHIO  
CONSEQUENTE A MANOVRE DI  
APERTURA DEGLI SCARICHI  
(volontarie, automatiche o  
accidentali)**



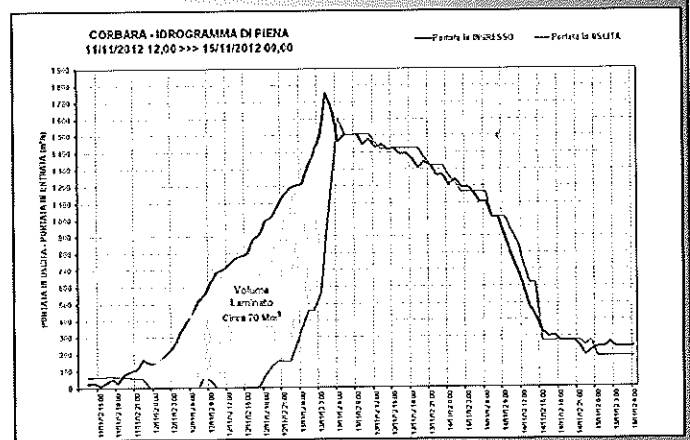


## MITIGAZIONE DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO IDRAULICO

LE DIGHE SVOLGONO UNA FUNZIONE DI REGOLAZIONE DEI DEFLUSSI E LAMINAZIONE DELLE PIENE

### PERICOLOSITA' E RISCHIO IDRAULICO SECONDARIO INDOTTO:

Si perde memoria a valle della frequenza delle portate naturali del corso d'acqua sbarrato



### PERICOLOSITA' E RISCHIO IDROGEOLOGICO "INDOTTO" DA INVASI PER LAMINAZIONE DELLE PIENE

dighe con attribuite funzioni laminazione delle piene

- 30

di cui con piano di laminazione Dir. PCM 27/2/04 - 5

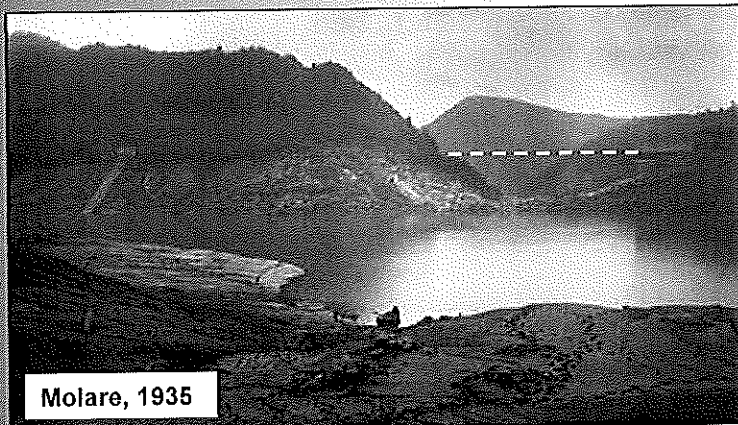
9

INSTABILITA' SPONDALE PER «INVASI E SVASI RAPIDI» (V<sub>acqua</sub> > 2 m/h)

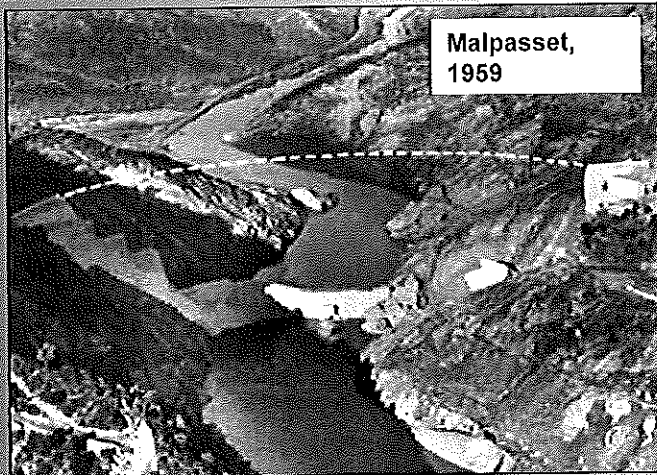
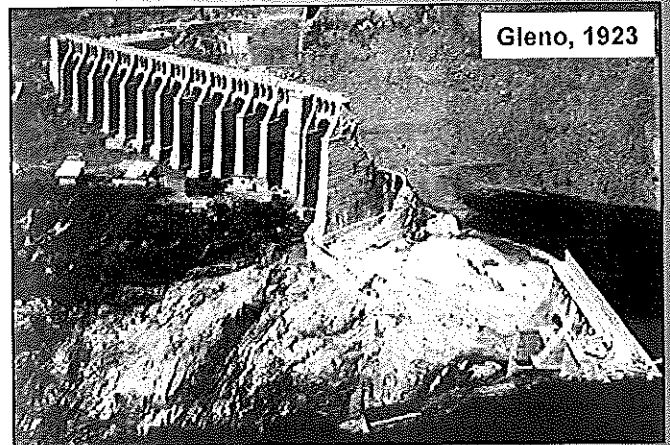


## SCENARI DI RISCHIO CON CONSEGUENZE DISASTROSE (rilasci incontrollati c.d. "RISCHIO DIGA")

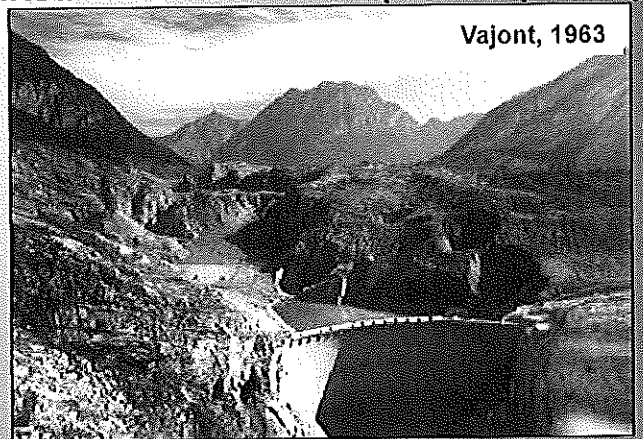
### INSTABILITA' IMPOSTA DIGA



### CEDIMENTO STRUTTURALE (crollo diga)

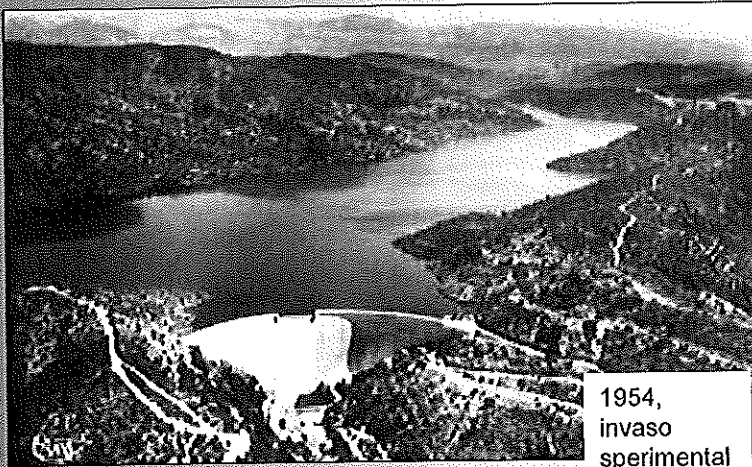


### INSTABILITA' SPONDALE (onde impulsive)

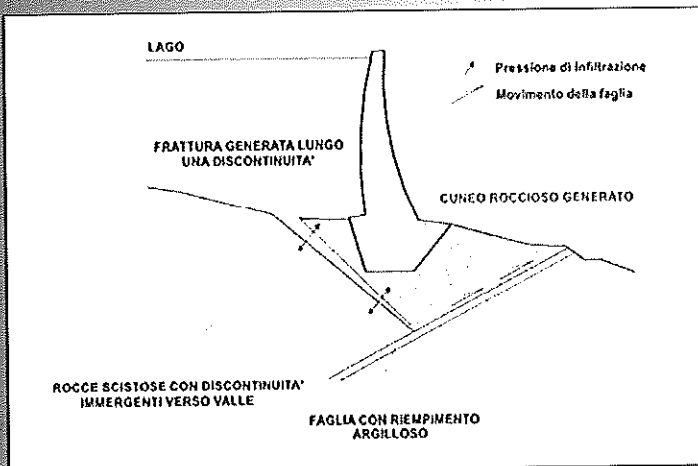
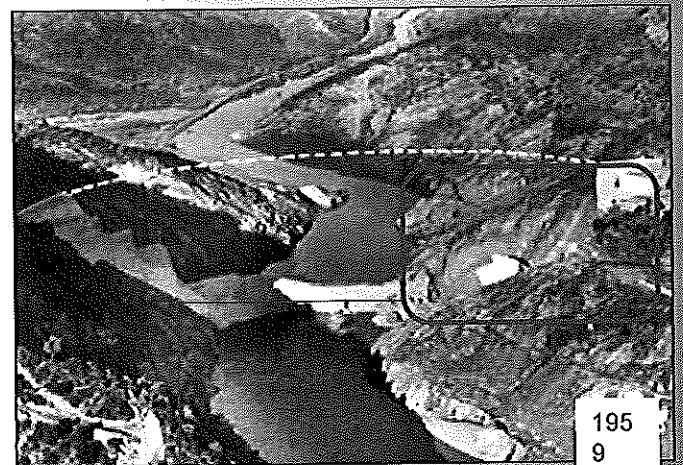


# Instabilità geostrutturale imposta diga

## Crollo della diga di Malpasset (Francia, 2 dicembre 1959)



Diga a cupola alta 66 m realizzata per scopi irrigui e idropotabili.



Il rilascio improvviso di 50 milioni di m<sup>3</sup> d'acqua lungo la valle del Reyran causò la morte di 421 persone.



## EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO ASPETTI GEOLOGICI

Inizio costruzione dighe in Italia: dal 1830 ...

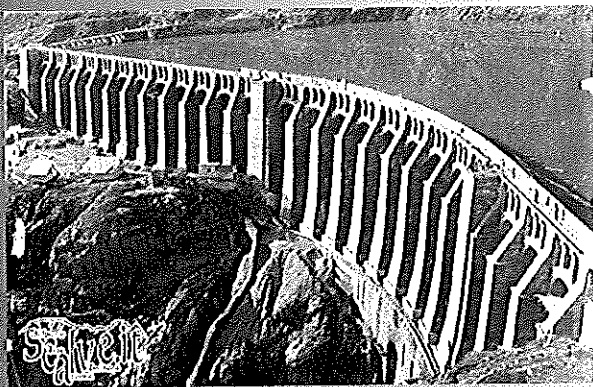
DM LLPP 2 aprile 1921 - Norme generali per i progetti e per la costruzione di dighe di sbarramento per i serbatoi e laghi artificiali

Il progetto doveva essere corredato di una « ... relazione geognostica sulla località dello sbarramento e sul bacino interessato dalla ritenuta ...., ben documentata e redatta da persona competente in simili studi, [ ...]

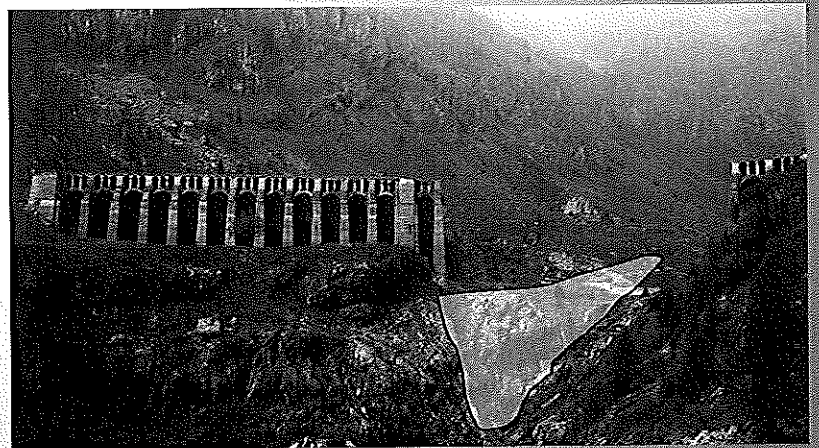
## EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO ASPETTI GEOLOGICI

### **Cedimento strutturale della diga del Gleno (Val di Scalve, BG, 1 dicembre 1923)**

Il crollo parziale della diga, causato dalle cattive caratteristiche costruttive del «tampone» in muratura di pietrame e malta di regolarizzazione dell'imposta e le sottopressioni al contatto diga tampone, provocò ingentissimi danni e la morte di oltre 500 persone (secondo stime dell'epoca). Al momento del crollo l'invaso conteneva ca. 6 milioni di m<sup>3</sup> d'acqua.



Diga a volte e contrafforti (1916-1923)



Dopo il disastro della diga del Gleno fu nominata una Commissione ministeriale che propose l'emanazione di una nuova normativa tecnica e procedurale e l'istituzione del Servizio Dighe presso il Ministero LL.PP.

## EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO ASPETTI GEOLOGICI

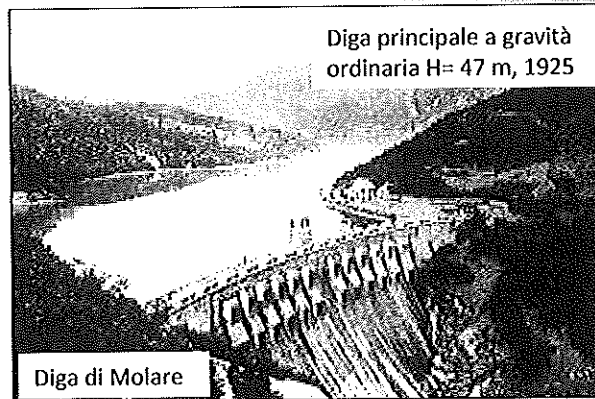
RD 31 dicembre 1925, n. 2540 - *Approvazione del Regolamento per i progetti, la costruzione e l'esercizio delle dighe di ritenuta* (p.to B10 istituzione di uno speciale Reparto di controllo presso il CSLPP). Introduce il controllo sull'esercizio delle dighe.

RD 1 ottobre 1931, n. 1370 - *Regolamento per la compilazione dei progetti, la costruzione e l'esercizio delle dighe di ritenuta*.

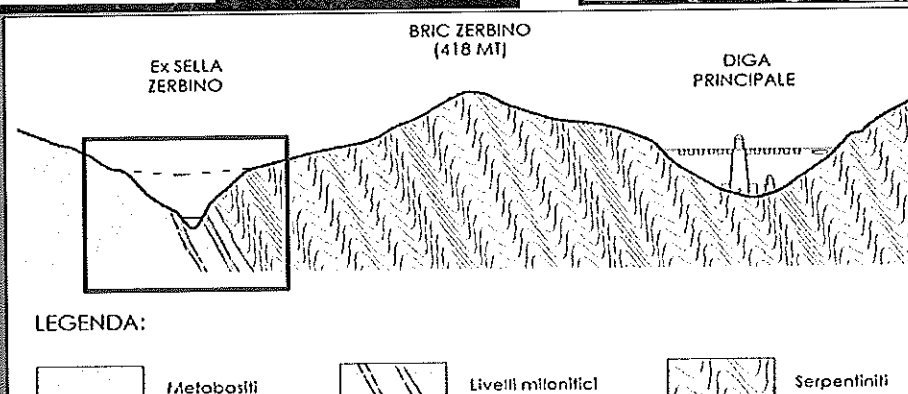
Il progetto doveva essere corredato di una « ... **relazione geognostica definitiva e dettagliata** ... **redatta, come la relazione preliminare, da persona che oltre ad avere i dovuti titoli professionali sia di speciale competenza in simili studi, [ ...]**

# Instabilità geostrutturale imposta diga

## Crollo della diga secondaria di Bric Zerbino, AL (13 agosto 1935)



Cause del crollo



Debolezza geostrutturale della sella di imposta della diga secondaria

Evento pluviometrico eccezionale  
Portata in ingresso del serbatoio  
 $Q > 2000 \text{ m}^3/\text{s}$

Insufficienza scarichi (500  $\text{m}^3/\text{s}$ )  
Tracimazione dighe  
Innesco fenomeni erosione e sifonamento diga secondaria

Al momento del crollo  $V_{inv} = 20\text{-}25$  milioni di  $\text{m}^3$   
 $V_{inv. progetto} = 18$  milioni di  $\text{m}^3$ .  
Il crollo causò la morte di oltre 110 persone.

## EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO

### ASPETTI GEOLOGICI

DPR 1 novembre 1959, n. 1363 - *Approvazione del Regolamento per la compilazione dei progetti, la costruzione e l'esercizio delle dighe di ritenuta.* (Prima parte Norme procedurali, Seconda parte Norme tecniche)

Progetto di massima. Studio sulla fattibilità dell'opera in base a rilievo diretto geologico della zona d'imposta dell'opera e del territorio interessato dall'invaso supportato anche da *indagini geognostiche*.

Progetto esecutivo. Corredato di una « ... *relazione geognostica definitiva e dettagliata* ... redatta da persona di riconosciuta competenza in materia, ... *considerate anche le eventuali caratteristiche sismiche della zona* »

12.11.2008



## EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO

### ASPETTI GEOLOGICI

DECRETO MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI 24 Marzo 1982. *Norme tecniche per la progettazione e la costruzione delle dighe di sbarramento*. Sostitutivo della parte seconda del DPR 1363/1959 (a seguito della L. 64/1974).

**Terreni di fondazione.** Nel progetto esecutivo saranno individuati i **dettagli litostratigrafici e strutturali delle formazioni presenti nel corpo di fondazione**; ... le proprietà meccaniche .... permeabilità .... caratteristiche della circolazione idrica sotterranea.

È in ogni caso da escludere l'eseguibilità di dighe di qualsiasi tipo se **sulle spalle della sezione di sbarramento**, anche al disopra del livello massimo d'invaso, esistono condizioni di prevedibile pericolo di frane in condizioni normali o in conseguenza di sismi.



## EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO ASPETTI GEOLOGICI

DM 26 giugno 2014 - Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse). Sostituiscono le norme tecniche del DM 24 marzo 1982. Decreto conforme alle NTC 2008 emanato di concerto con il CDPC.  
(Es. SLU (SLV e SLC: rilascio incontrollato dell'acqua invasata)

**Studio geologico.** Deve fornire il quadro conoscitivo dell'ambiente fisico che accoglie le opere sotto i profili litologico, strutturale, sismotettonico, geomorfologico, idrogeologico e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio.

Lo studio definisce un modello geologico da prendere a riferimento per la scelta del tipo di diga e progettazione delle opere e degli interventi che costituisce per il progettista un riferimento per identificare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche.

## EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO

### ASPETTI GEOLOGICI

DM 26 giugno 2014 - Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse).

#### Criteri di esclusione

- È esclusa la fattibilità di nuove dighe di calcestruzzo qualora siano presenti nella stretta di sbarramento strutture sismogenetiche in grado di produrre una accertata fagliazione di superficie.
- È esclusa la fattibilità di dighe di materiali sciolti se nel volume significativo sono presenti terreni liquefacibili o solubili, argille di elevata sensibilità, cavità, che non possano essere efficacemente consolidati.
- È esclusa la fattibilità di dighe di qualsiasi tipo se sulle spalle dell'opera di sbarramento, anche a quote superiori al coronamento della diga, esistono condizioni di prevedibile pericolo di frane tali da costituire pregiudizio per la sicurezza del serbatoio. È parimenti esclusa la fattibilità, se le sponde del serbatoio siano interessate da frane non stabilizzate o preventivamente stabilizzabili, i cui effetti possano causare il raggiungimento di uno degli stati limite indicati nella norma.



## **EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO ASPETTI GEOLOGICI**

**DM 26 giugno 2014 - Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse).**

### **Condizioni di sicurezza delle sponde**

**Le indagini per lo studio della stabilità delle sponde devono comprendere l'accertamento delle condizioni geologiche e geomorfologiche dei relativi versanti con specifico riferimento ...**

**alla generazione di onde impulsive, innalzamento del livello di invaso, con conseguente tracimazione della diga**

**particolare attenzione alla stabilità delle sponde ai serbatoi per la laminazione delle piene, con specifico riferimento alle condizioni di invaso e svaso rapidi**

## EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO ASPETTI GEOLOGICI

DM 26 giugno 2014 - Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse).

### Azioni sismiche – Criteri generali

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, conformemente a quanto definito nelle NTC.

Per le dighe ubicate in aree per le quali l'azione sismica  $a_g > 0.15g$  (come definito nelle NTC per un TR = 475 anni) è necessario lo studio sismotettonico del sito, da cui fare derivare l'azione sismica di progetto, i cui effetti non devono comunque risultare meno gravosi di quelli corrispondenti all'azione sismica definita nelle NTC, relativamente a sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

**Commissione consultiva di monitoraggio** dell'applicazione delle Norme per alcune delle grandi dighe esistenti individuate da DG Dighe, per proposte di aggiornamento delle nuove norme tecniche.



## L' Autorità di controllo statale sulle dighe Modifiche assetto istituzionale

dal **1925 al 1989-91** - **SERVIZIO DIGHE** presso il Consiglio Superiore dei LL.PP.

dal **1991 al 2003** - **SERVIZIO NAZIONALE DIGHE** della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento Servizi Tecnici Nazionali (SND, SGN, SSN, SIMN) [L. 183/89].

**Innovativa struttura organizzativa centrale e periferica** che si articola in 4 Uffici di coordinamento e 9 Uffici centrali specialistici (**Geologia applicata**, Geotecnica, Idraulica, Impianti Tecnologici, Materiali, Strutture, Informatica, Sistemi di osservazione, Amministrativo) e in 9 Uffici periferici (Torino, Milano, Venezia, Firenze, Perugia, Napoli, Catanzaro, Palermo e Cagliari, con confini definiti in riferimento ai bacini idrografici).

Nel 1997, dopo 70 anni dall'istituzione del Servizio Dighe (1925), i primi «funzionari geologi» sono assunti nell'organico della struttura tecnica statale di vigilanza sulla sicurezza delle (grandi) dighe (L. 584/94).

dal **2003 al 2008** - **REGISTRO ITALIANO DIGHE – R.I.D.** Ente Pubblico non economico. Uffici periferici del R.I.D. [D.Lgs n.112/98 - decentramento amministrativo] che *“assolve a tutti i compiti attribuiti dalle disposizioni vigenti al Servizio Nazionale Dighe”*, la struttura organizzativa replica quella «innovativa» del SND.

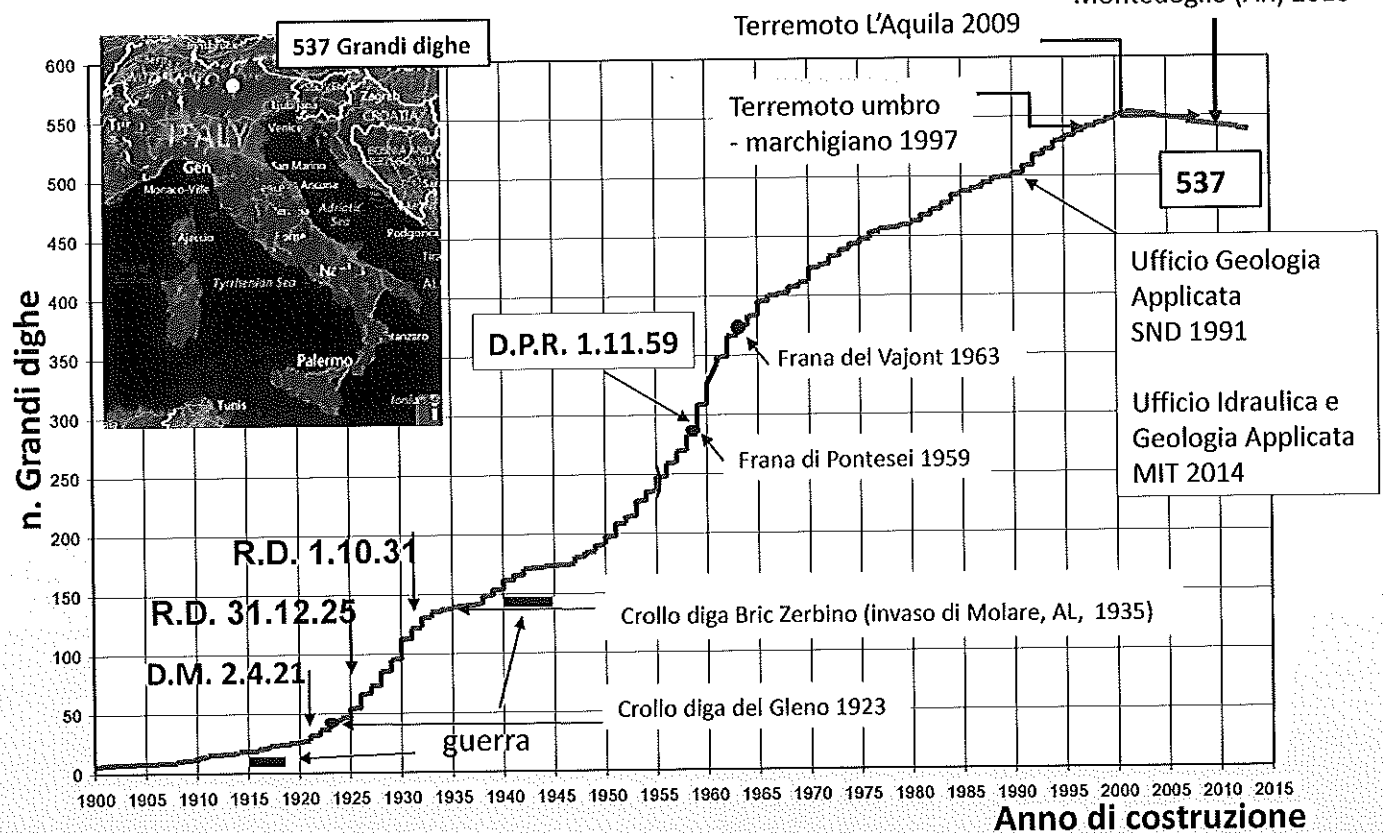
dal 2008 ... DIREZIONE GENERALE PER LE DIGHE E LE INFRASTRUTTURE II. ED EE. del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Uffici Tecnici per le Dighe  
Ufficio Geologia Applicata → Divisione VII – Ufficio Idraulica e Geologia Applicata  
D.M. 4.8.2014, n. 346 (compiti uff. dirigenziali)

- ✓ *istruttoria tecnica specialistica e parere tecnico per gli aspetti **geologici** su progetti di nuovi impianti di ritenuta e di interventi su dighe esistenti*
- ✓ *attività ispettiva specialistica per gli aspetti geologici;*
- ✓ *controllo ed elaborazione dei risultati del monitoraggio per gli aspetti geologici;*
- ✓ *esame per gli aspetti geologici dei progetti di gestione degli invasi;*
- ✓ *ispezioni straordinarie a seguito di eventi alluvionali e sismici;*
- ✓ *istruttoria e parere tecnico sugli studi sismotettonici e di pericolosità sismica;*
- ✓ *supporto tecnico nell'ambito del Sistema nazionale di protezione civile;*
- ✓ *studi e ricerche in materia di idrologia, geologia e idraulica negli ambiti di competenza della Direzione.*



**ca. 200 SOPRALLUOGHI DI CARATTERE GEOLOGICO ANNUI**

Rilascio incontrollato diga Montedoglio (AR) 2010



**Funzionari geologi della DG Dighe**

- > n. 4 sede centrale (Uff. Idr. e Geol. Appl.)
- > n. 7 uffici periferici (MI, FI, PG, NA, PA, CA)

**Solo dopo il 2008 viene istituito il profilo professionale di «funzionario geologo» presso il Ministero Infr. e Tr. (ex LL.PP.)**

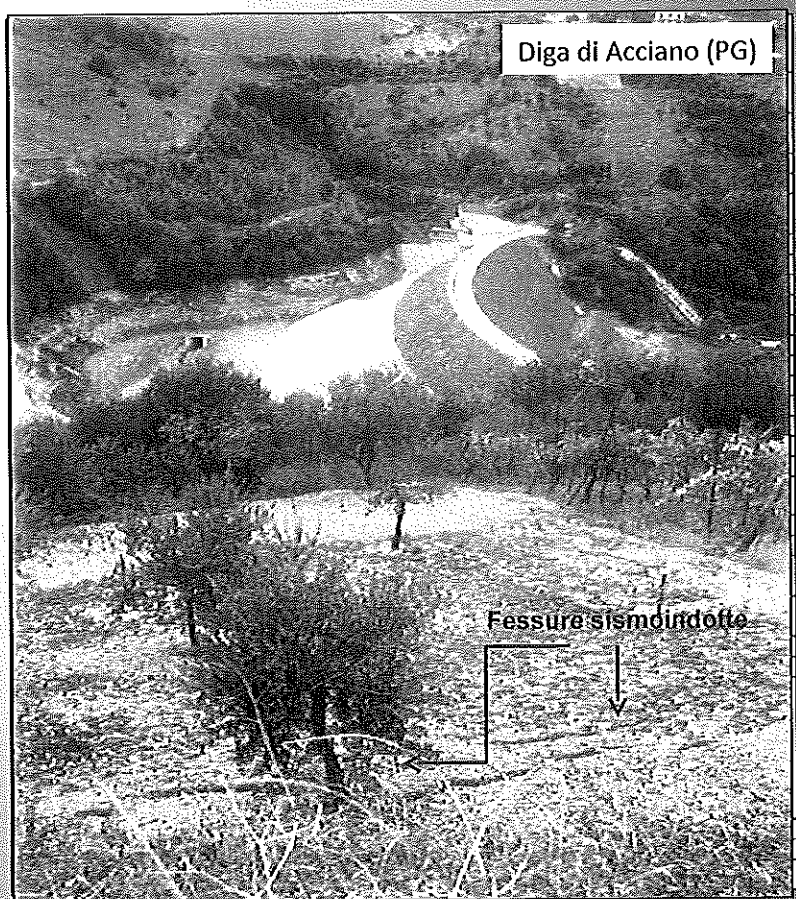
## Attività di controllo sulle grandi dighe

STUDIO SULLA STABILITA' DEI VERSANTI DEGLI INVASI NELLE AREE COLPITE DAL TERREMOTO DEL 26 SETTEMBRE 1997 (M=5.8)

Ad eccezione della diga di Acciano (lesioni del corpo diga ed innesco di movimenti franosi lungo i versanti prospicienti l'invaso) non sono stati rilevati fenomeni franosi attribuibili con certezza al terremoto;

Carenza di un quadro di riferimento geomorfologico negli atti progettuali che in molti casi non ha consentito analisi morfoevolutive dei versanti nel corso dell'esercizio degli invasi.

Necessità di aggiornare le conoscenze geologico-geomorfologiche su gran parte degli invasi di competenza



# Censimento fenomeni di instabilità delle sponde dei serbatoi artificiali (dal 2000)

## Ufficio geotecnica – Ufficio geologia applicata

**scheda per il censimento dei fenomeni franosi nei serbatoi artificiali di competenza della Direzione Generale per le Dighe**

Nome/Diga: \_\_\_\_\_ March: \_\_\_\_\_ Sub: \_\_\_\_\_  
 scheda n°: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ UP: \_\_\_\_\_

**Posizione Franca**

Interessa lo spazio diga	Interessa il corpo diga	Interessa le opere complementari
<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO Di monte <input type="checkbox"/> Presente <input type="checkbox"/> Di valle <input type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Ss monte <input type="checkbox"/> In fase di studio <input type="checkbox"/> Ss valle <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO Scarichi superficiali <input type="checkbox"/> Scarichi profondi <input type="checkbox"/> Opere adduttive <input type="checkbox"/> Opere di presa <input type="checkbox"/> Strada circumvallata <input type="checkbox"/> Altro: _____	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO Opere di sbarramento <input type="checkbox"/> Altro: _____

**Interessa la sponda**  SI  NO  
 Di serbatoio   
 Di sbarramento   
 Distanza asse diga m: \_\_\_\_\_

**Materiali**

Rocce:  Ignee   
 Sedimentaria   
 Metamorfica   
 Materiali:  Misto

**Discontinuità con spaziosità:**

Reclinata ( $\alpha < 0.20\%$ )   
 Spaziosa ( $\alpha = 0.20 - 2.00\%$ )   
 Molto spaziosa ( $\alpha > 2.00\%$ )

**Geometria Franca**

Larghezza m: \_\_\_\_\_ Lunghezza m: \_\_\_\_\_ Spessore presunto m: \_\_\_\_\_ Pendenza media variante: \_\_\_\_\_  
 Pendenza media zona franata: \_\_\_\_\_ Quota coronamento franata m a.m.: \_\_\_\_\_ Quota piede franata m s.m.: \_\_\_\_\_

**Tipologia del movimento**

Crollo <input type="checkbox"/>	Ribaltamento <input type="checkbox"/>	Scivolamento traslato <input type="checkbox"/>
Scivolamento rotazionale <input type="checkbox"/>	Colata <input type="checkbox"/>	Creep <input type="checkbox"/>

**Classificazione**

Movimenti primari nel corso annuale  Movimenti di continuità   
 Estremamente acuta  Molto acuta  Lenta  Moderata  Rapida

Nota sulla progettazione/costruzione della diga  Esatta documentazione d'archivio   
 Insufficienza di durata  Lavori  Gli invasi spartimentati  L'assetto normale

**Cause**

Precipitazioni  Oscillazioni livello invaso  Sisma  Erosione  Interventi antropici   
 Scavi  Sovraccarichi

Altro: \_\_\_\_\_

**Integrità in alto**

Periodi di esecuzione: \_\_\_\_\_  
 Scodrigli  Ss "si" quanti: \_\_\_\_\_ Prova penetrometrica  Ss "si" quanti: \_\_\_\_\_  
 Prova di permeabilità  Ss "si" quanti: \_\_\_\_\_ Geofisica  Rilevato post-buttata

Altro: \_\_\_\_\_

**Prove di laboratorio**

Periodi di esecuzione: \_\_\_\_\_  
 Identificazione  Grandine  Litzi  Petrografia  Edometriche  Triassiali   
 Compressione uniaxiale  Taglio diretto o anulare  Altro: \_\_\_\_\_

**Controlli strumentali**

	N° strumenti installati	N° strumenti funzionanti	Periodo di osservazione	Frequenza
Stazioni				
Inclinometri				
Tubi spia				
Spooli super				
Estensimetri				

Altro (es. scodrigli su sruoli, interassiali): \_\_\_\_\_

Integrità ai controlli strumentali: Non prevista  Prevista  Finanziata

**Dati suggeriti o osservati**

	Spolamenti	Cedimenti	Lesioni/fratture	Crociamento di sesto
Corpo diga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Scarichi profondi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Scarichi di superficie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Opere accessorie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strada di accesso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strada circumvallata	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sponde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manufatti su variante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Interventi di stabilizzazione**

Non previsti  Previsti  Progettati  Finanziati  Eseguiti  Periodi di esecuzione: \_\_\_\_\_  
 Opere di sostegno: Muri  Parate  Gabionate  Pozzi rigidi  Barriere paramassi  Traliccioni   
 Drenaggi:  superficiali  Profondi   
 Rimodulamento pendio  Altro: \_\_\_\_\_

**Altre Autorità di Bacino**

Cerata nei PAI/PTI:  sì  pericolosità idrogeologica   
 no  rischio idrogeologico

Data compilazione scheda: \_\_\_\_\_ Scheda redatta da: \_\_\_\_\_

Censimento fenomeni di instabilità delle sponde dei serbatoi artificiali (dal 2000)  
Ufficio geotecnica – Ufficio geologia applicata

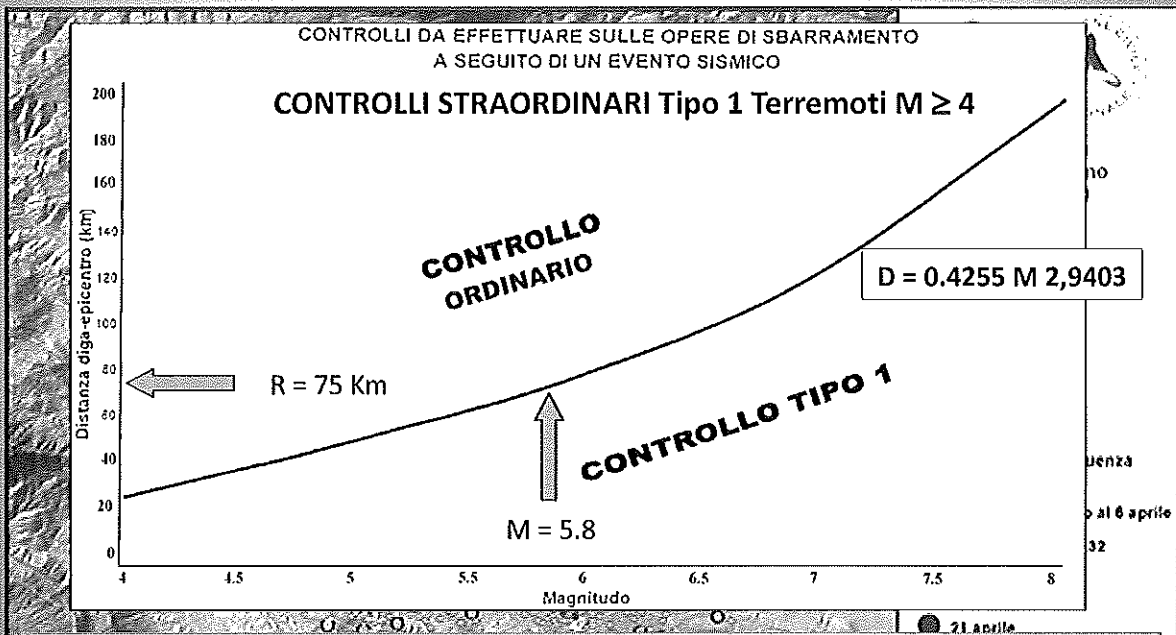
Numero complessivo di fenomeni censiti pari a 160

<b>Crolli/Ribaltamenti</b>	<b>25 %</b>
<b>Scorrimenti traslativi</b>	<b>35 %</b>
<b>Scorrimenti rotazionali</b>	<b>16 %</b>
<b>Colamenti</b>	<b>34 %</b>

## Attività di controllo straordinario

### CONTROLLO DEGLI EFFETTI DELLA SEQUENZA SISMICA AQUILANA APRILE 2009 SULLE GRANDI DIGHE E RELATIVI INVASI

Eventi significativi: Magnitudo 5.8 del 6 aprile 2009, ora locale 03:32  
M=5.1 del 9 aprile, ora locale 02:53, prossimo al serbatoio di Campotosto (AQ).



Relazione M-d proposta da ICOLD adottata dalla DG Dighe per l'individuazione delle dighe che hanno risentito di azioni inerziali significative (CONTROLLI TIPO 1 - specifici controlli secondo la procedura stabilita nel 2002 dal SND).

## Attività di controllo straordinario

### CONTROLLO DEGLI EFFETTI DELLA SEQUENZA SISMICA AQUILANA APRILE 2009 SULLE GRANDI DIGHE E RELATIVI INVASI

Terremi Epicentro località Magnitudo: 5.8 Ric	distanza diga da epicentro (km)		accelerazioni stimate (*) (g)		2009 Sasso Influenza : 55 Km
	M=5.8 06/04/2009 ora locale 03:32	M=5.1 09/04/2009 ora locale 02:53	M=5.8 06/04/2009 ora locale 03:32	M=5.1 09/04/2009 ora locale 02:53	
DIGA					
AJA	68.7	>55 km	0.026		
ALANNO	52.1	>55 km	0.035		
COLOMBARA	52.3	35.4	0.035	0.028	
COMUNANZA	63.1	46.2	0.029	0.022	
GEROSA	63.4	46.9	0.029	0.022	
LA MORICA	72.3	>55 km	0.025		
MARMORE	56.6	52.2	0.032	0.019	
MARROGGIA	72	>55 km	0.025		
NAZZANO	61.7	>55 km	0.029		
PENNE	49	46.9	0.037	0.022	
PIAGANINI	31.5	20.2	0.057	0.049	
POGGIO					
CANCELLI	25.2	8.12	0.071	0.106	
PONTE FELICE	73.6	>55 km	0.025		
PROVVIDENZA	20.5	6.1	0.086	0.129	
RIO FUCINO	23.6	7.5	0.076	0.113	
SALTO	26.3	34.8	0.068	0.029	
SAN COSIMATO	50.1	>55 km	0.036		
SAN DOMENICO AL					
SAGITTARIO	59.6	>55 km	0.030		
SCANDARELLO	34.7	18.7	0.052	0.052	
SELLA					
PEDICATE	20.6	4.32	0.086	0.154	
TALVACCHIA	52.1	36	0.035	0.028	
TURANO	34.5	42.9	0.052	0.023	
VILLA PERA	70.8	54.3	0.026	0.019	

(\*) correlazione  $PGA=f(M,d)$  di cui alla procedura SND Sabetta F., Pugliese A. (1996).

## Attività di controllo straordinario

### CONTROLLO DEGLI EFFETTI DELLA SEQUENZA SISMICA AQUILANA APRILE 2009 SULLE GRANDI DIGHE E RELATIVI INVASI

Le attività ispettive di carattere geologico condotte sui 23 invasi interessati dalla sequenza sismica sono state finalizzate alla verifica di fenomeni di instabilità cosismica in corrispondenza dei terreni di fondazione, delle spalle e dei versanti prospicienti gli invasi, tali da indurre problemi tecnici sull'impianto di ritenuta.

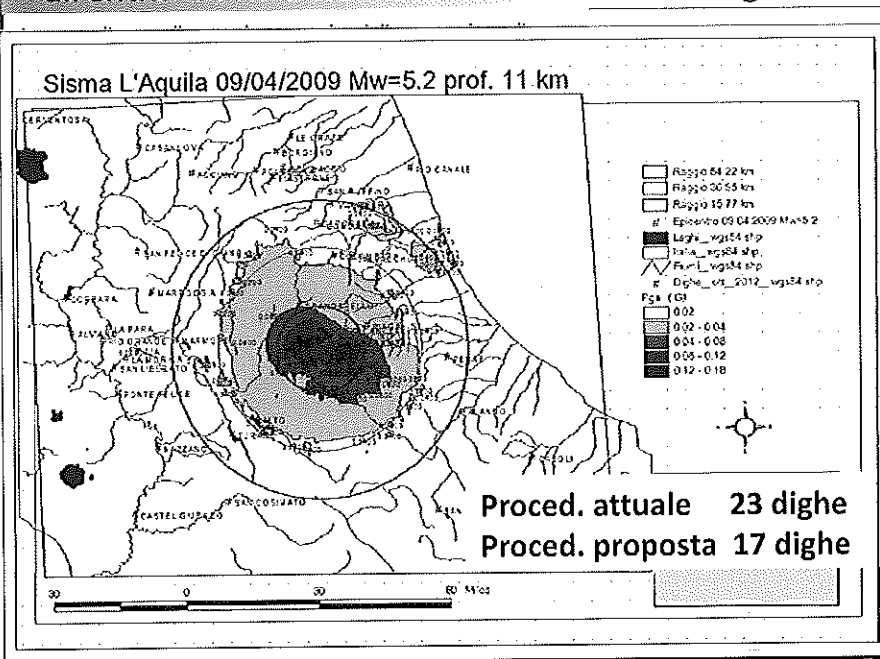
Gran parte degli invasi oggetto delle ispezioni straordinarie erano già stati studiati a seguito del terremoto umbro-marchigiano dell'autunno 1997.

La sequenza sismica principale, e le successive, non hanno innescato rilevanti fenomeni gravitativi di neo formazione, né hanno causato riattivazioni dei fenomeni di instabilità preesistenti. Rispetto a quanto osservato nel corso delle ispezioni straordinarie effettuate a seguito della sequenza sismica umbro-marchigiana del 1997, le condizioni generali di stabilità dei versanti sono apparse, nel complesso, invariate; in alcuni casi migliorate, anche per effetto dello sviluppo della vegetazione boschiva che ha contribuito a ridurre i processi di erosione e quindi di potenziale innesco di locali fenomeni di instabilità.

## Attività di controllo straordinario

### PROPOSTA DI AGGIORNAMENTO DELLA PROCEDURA RELATIVA AI CONTROLLI DA EFFETTUARE A SEGUITO DI SISMA (2015)

Oltre 10 anni di controlli in caso di eventi sismici anche rilevanti per magnitudo (terremoto de L'Aquila, terremoto della Pianura Padana) e l'esperienza maturata nel corso di esercitazioni per rischio sismico promosse dal Dipartimento della protezione civile e dalle Regioni, hanno consentito di validare la procedura del 2002, evidenziando nel contempo la necessità di alcuni adattamenti e di una graduazione delle azioni di controllo da effettuare in relazione all'entità dell'evento e del risentimento alla diga.



#### CONTROLLO ORDINARIO $D > y1$

Non sono previsti specifici controlli

#### CONTROLLO TIPO 1 ( $y1 > D > y2$ )

Il Gestore è tenuto ad attivare controlli straordinari con immediatezza (controllo a vista opere e sponde, principali misure strumentali diga, funzionalità organi di scarico)

#### CONTROLLO TIPO 2 ( $D < y2$ )

Il Gestore è tenuto ad attivare controlli aggiuntivi a quelli di Tipo 1 (ulteriori misure strumentali previste nel FCEM). Entro 7gg dal sisma Asseverazione straordinaria sulla sicurezza della diga.



## Attività di controllo straordinario

### CEDIMENTO STRUTTURALE DELLO SCARICO DI SUPERFICIE DELLA DIGA DI MONTEDOGLIO (AR) 29 DICEMBRE 2010 (rilascio incontrollato)

Hdiga = 54.50 m (materiali sciolti)

Vinv = 153 Mm3

Perimetro spor

Mov. franosi =

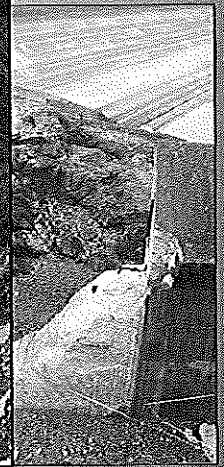
spondale intera

dell'invaso

Il crollo dei tre conci centrali dello sfioratore avvenuto la sera del 29 dicembre 2010 in condizione di sfioro, ha provocato lo

o di ca. 0.20

co di ca. 0.25

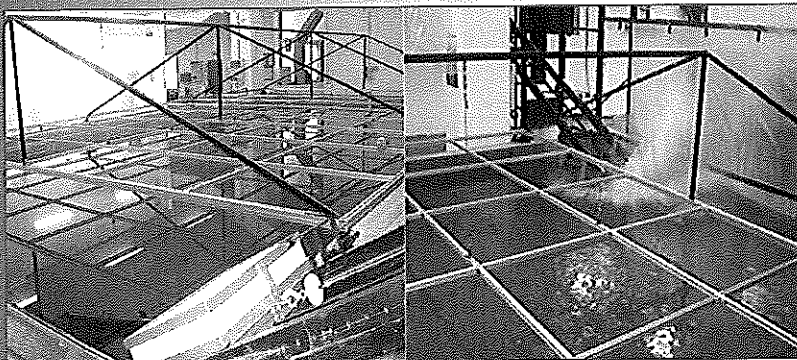


In tale contesto morfoevolutivo (paleofrane) non sono stati rilevati significativi processi morfogenetici riconducibili alle condizioni di svaso imposte dal crollo dei tre conci, ma solo limitate situazioni di instabilità indotta o pregressa localizzate lungo i rami laterali per fenomeni di scorrimento della coltre detritica sul bedrock (volumetrie massime dell'ordine di qualche decina di mc) ai quali si affiancano processi erosivi dovuti al rapido deflusso ipodermico indotto dallo svaso.

## INSTABILITA' SPONDALE – ONDE IMPULSIVE

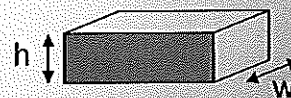
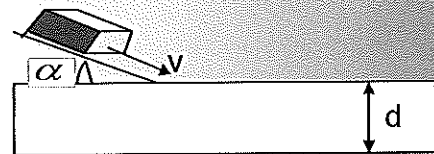
La valutazione delle onde impulsive generate dall'impatto di frane nei bacini artificiali assume grande importanza nella progettazione e nella gestione degli sbarramenti di ritenuta.

Studio sperimentale su modello fisico delle onde impulsive generate in un campo di moto tridimensionale condotto nel Laboratorio di Idraulica Ambientale e Marittima (LIAM) dell'Università degli Studi di L'Aquila con l'obiettivo di definire formule previsionali delle principali caratteristiche delle onde impulsive generate in funzione delle principali caratteristiche geometrico-cinematiche del movimento franoso. **Convenzione di ricerca Ufficio Idraulica SND/RID – DISAT Università di L'Aquila, 2001. MODELLAZIONE DELLE ONDE DI IMPULSO NEI SERBATOI ARTIFICIALI GENERATE DA FRANE O SLAVINE**



Intervalli sperimentali dei parametri adimensionali

$h/d$	$w/d$	$v/\sqrt{gd}$	$\alpha$	$\theta$	$r/d$
0.11-0.45	0.75-3.00	0.99 - 2.22	16° - 26°	0° + 90°	1.31-15.12



- ✓ Larghezza del fronte frana  $w$  [m]
- ✓ Altezza del fronte frana  $h$  [m]
- ✓ Velocità di impatto  $v$  [m/sec]
- ✓ Inclinazione della sup. di scivolamento  $\alpha$  [°]
- ✓ Distanza dal punto di impatto  $r$  [m]
- ✓ Angolo rispetto alla direzione del vettore velocità di impatto  $\Phi$  [°]
- ✓ Tirante idrico locale  $d$  [m]

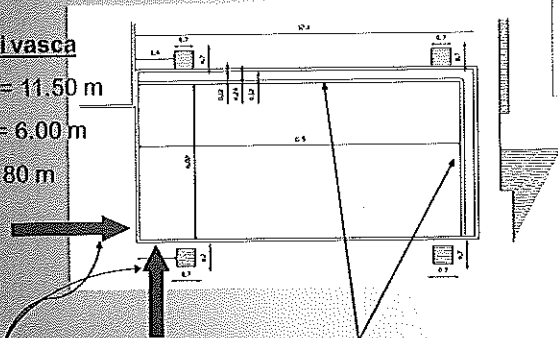
# INSTABILITA' SPONDALE – ONDE IMPULSIVE

MODELLAZIONE DELLE ONDE DI IMPULSO NEI SERBATOI ARTIFICIALI GENERATE DA FRANE O SLAVINE  
(Convenzione di ricerca Ufficio Idraulica SND/RID – DISAT Università di L'Aquila, 2001)

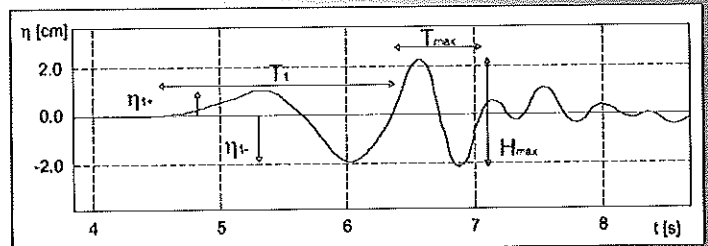
## MODELLO TRIDIMENSIONALE (VASCA)

### Dimensioni vasca

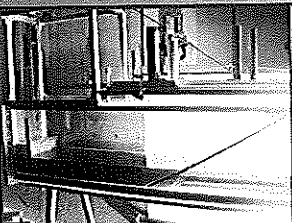
Lunghezza = 11.50 m  
Larghezza = 6.00 m  
Altezza = 0.80 m



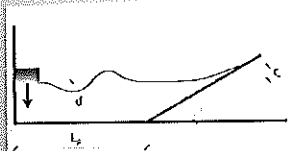
$$H_{\max} = d \cdot 0,07 \cdot \left( \frac{t_s^*}{A_w^*} \right)^{-0,45} \cdot (\text{sen} \alpha)^{-0,88} \cdot e^{0,6 \cdot \cos \theta} \cdot \left( \frac{r}{d} \right)^{-0,44}$$



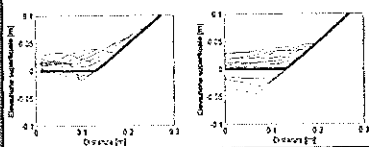
$$T_{\max} = \left( \frac{g}{d} \right)^{-0,5} \cdot 2,5 \cdot t_s^{*-0,22} \cdot (\text{sen} \alpha)^{-0,25} \cdot \left( \frac{r}{d} \right)^{0,17}$$



### Modello fisico 2D



$$t_s^*/d = 1,37(H/d)^{1,51} \left( r \sqrt{g/d} \right)^{0,67} (\text{sin } \gamma)^{0,26}$$



$$t_s^* = t_s \cdot \left( \frac{g}{d} \right)^{0,5} = 0,43 \cdot \left( \frac{w}{d} \cdot \frac{h}{d} \right)^{-0,27} \cdot \left( \frac{v}{\sqrt{g \cdot d}} \right)^{-0,66} \cdot (\text{sen} \alpha)^{-1,32}$$

$t_s^*$  Tempo di scorrimento subacqueo adimensionale

$$A_w^* = \left( \frac{w}{d} \cdot \frac{h}{d} \right) \quad A_w^* \text{ Superficie di impatto adimensionale}$$

$H/d$	$t_s^*/d$	$\gamma$
0,18 - 0,70	7,45 - 15,60	10° - 84°

# INSTABILITA' SPONDALE – ONDE IMPULSIVE

APPLICAZIONE DELLE FORMULE PREVISIONALI ALLE FRANE NEGLI INVASI DI PONTESEI (BL) E VAJONT (PN)

Diga di Pontesei (BL) - Frana 22 marzo 1959

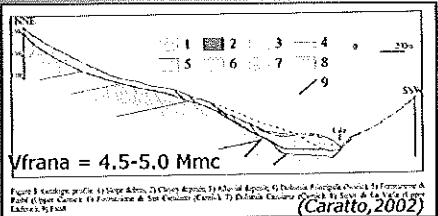
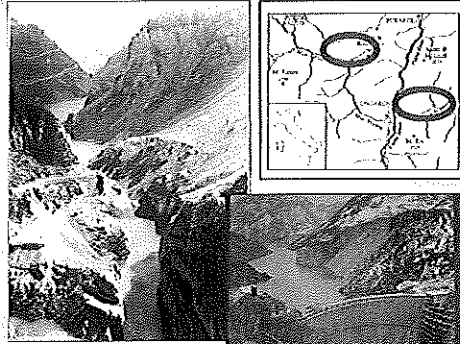


Figure 1. Geological profile: 1) Valle d'Inferno, 2) Valle d'Inferno, 3) Valle d'Inferno, 4) Valle d'Inferno, 5) Valle d'Inferno, 6) Valle d'Inferno, 7) Valle d'Inferno, 8) Valle d'Inferno, 9) Valle d'Inferno. (Caratto, 2002)

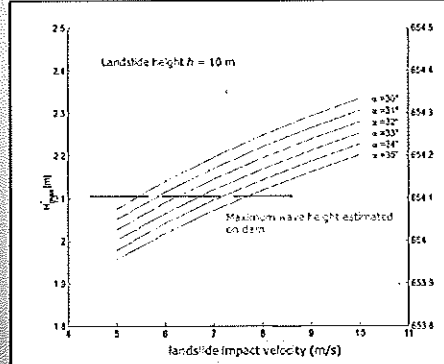
Landslide width $w$	400.0 m
Landslide height $h$	47.0 m
Impact velocity $v$	0.4-0.8 m/s
Local water depth $d$	47.0 m
Angle from velocity vector $\theta$	0.0 °
Landslide surface inclination $\alpha$	5-10 °
Distance from impact point $r$	175.0 m
Runup slope inclination $\gamma$	40 °

Vajont (PN) - Frana 4 novembre 1960

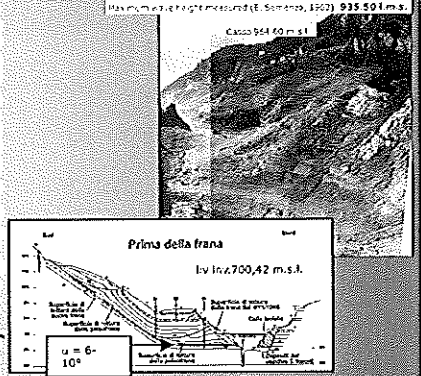


Landslide width $w$	250.0 m
Landslide height $h$	7.0-10.0 m
Impact velocity $v$	5.0-10.0 m/s
Local water depth $d$	160.0 m
Angle from velocity vector $\theta$	90.0 °
Landslide surface inclination $\alpha$	30-35 °
Distance from impact point $r$	480.0 m

Vfrana = 0,7 Mmc (1° Invaso sperimentale)

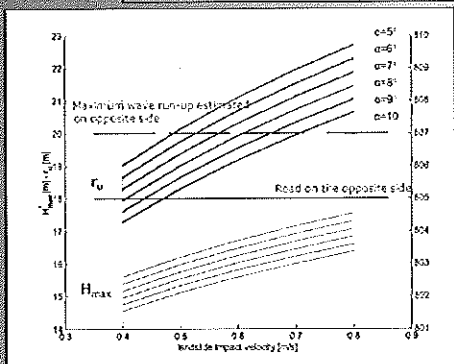
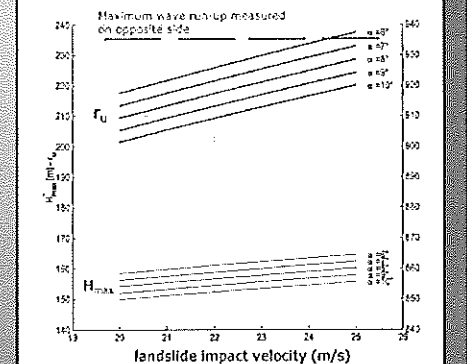


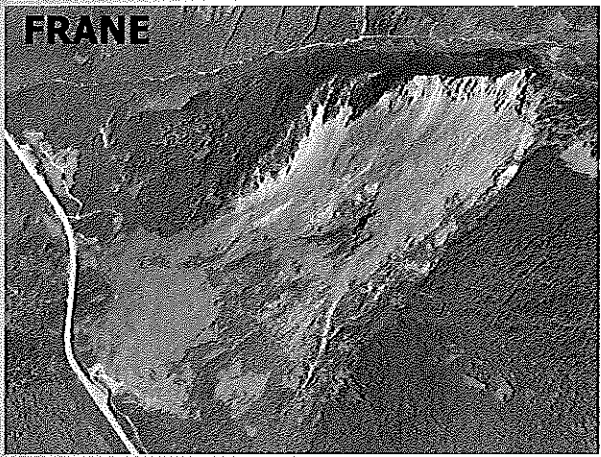
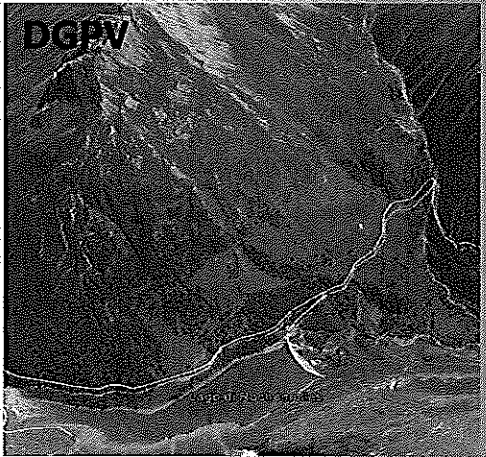
Vajont (PN) - Frana 9 ottobre 1963

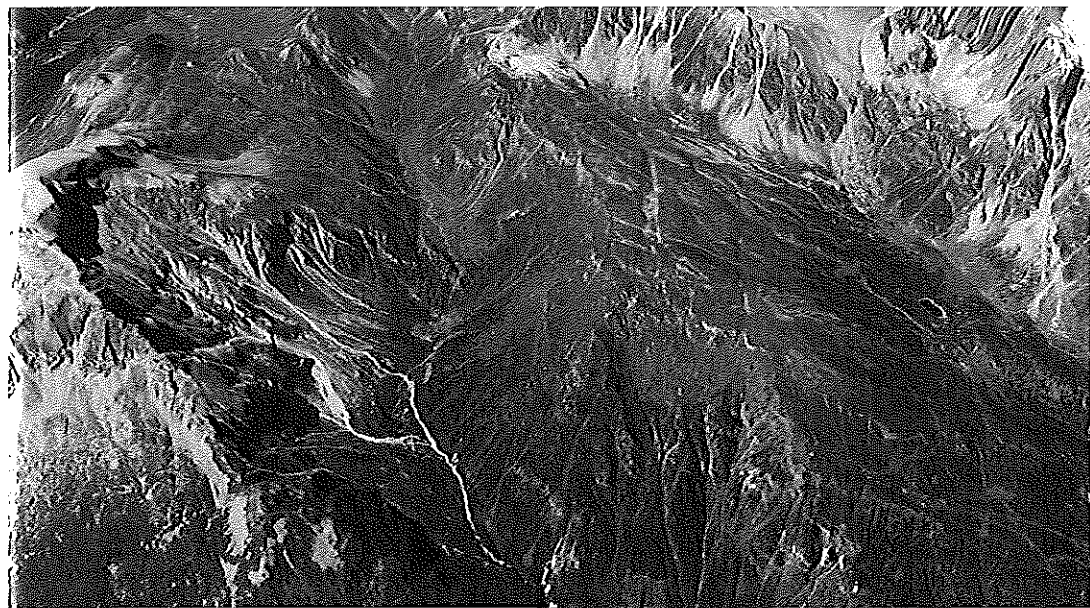


Landslide width $w$	2000.0 m
Landslide height $h$	140.0 m
Impact velocity $v$	20.0-25.0 m/s
Local water depth $d$	200.0 m
Angle from velocity vector $\theta$	0.0 °
Landslide surface inclination $\alpha$	6-10 °
Distance from impact point $r$	280.0 m
Runup slope inclination $\gamma$	25 °

Vfrana = 270 Mmc (3° inv. sperimentale)

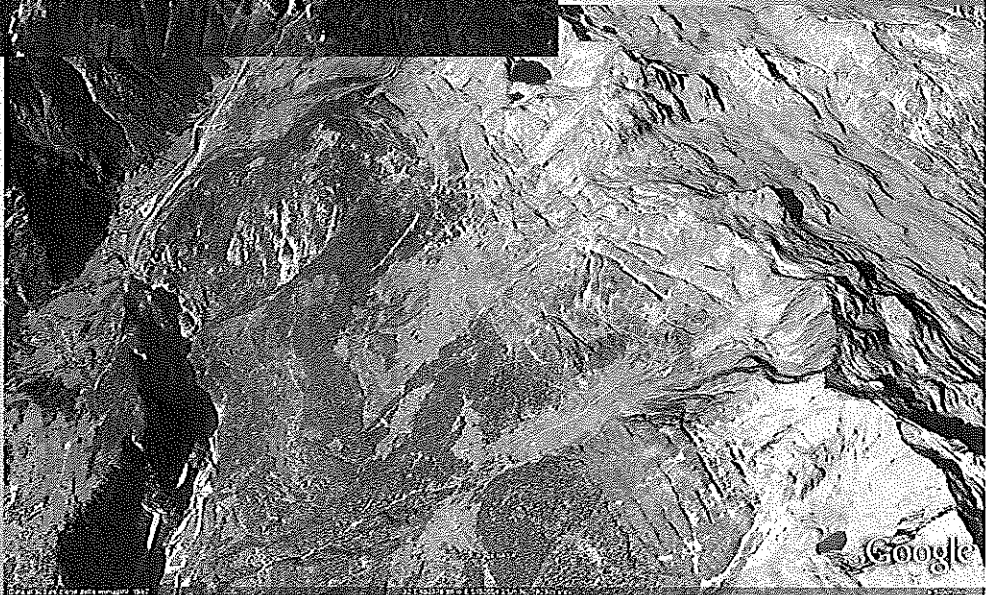


<p><b>DEFORMAZIONI GRAVITATIVE PROFONDE DI VERSANTE (DGPV)</b></p> <p><b>E</b></p> <p><b>GRANDI DIGHE</b></p>	<p><b>FRANE</b></p> 	<p><b>DGPV</b></p> 
<p><b>Velocità</b></p> <p><b>Tempo</b></p> <p><b>Dimensione</b></p> <p><b>Interazione con gli agenti geomorfologici</b></p> <p><b>Interazione con le infrastrutture</b></p>	<p><b>Da veloce a molto veloce</b></p> <p><b>Molto corto (&lt;&lt; anno)</b></p> <p><b>Da piccola a media</b></p> <p><b>Puntuale e limitata</b></p> <p><b>Brusca e limitata nel tempo</b></p>	<p><b>Da lenta a molto lenta (mm a cm/a)</b></p> <p><b>Molto lungo (&gt; 5000 a)</b></p> <p><b>Da grande a molto grande (&gt;&gt; 10 kmq)</b></p> <p><b>Molto complessa, lunga e differenziata</b></p> <p><b>Molto lunga ed articolata, possibile coesistenza</b></p>



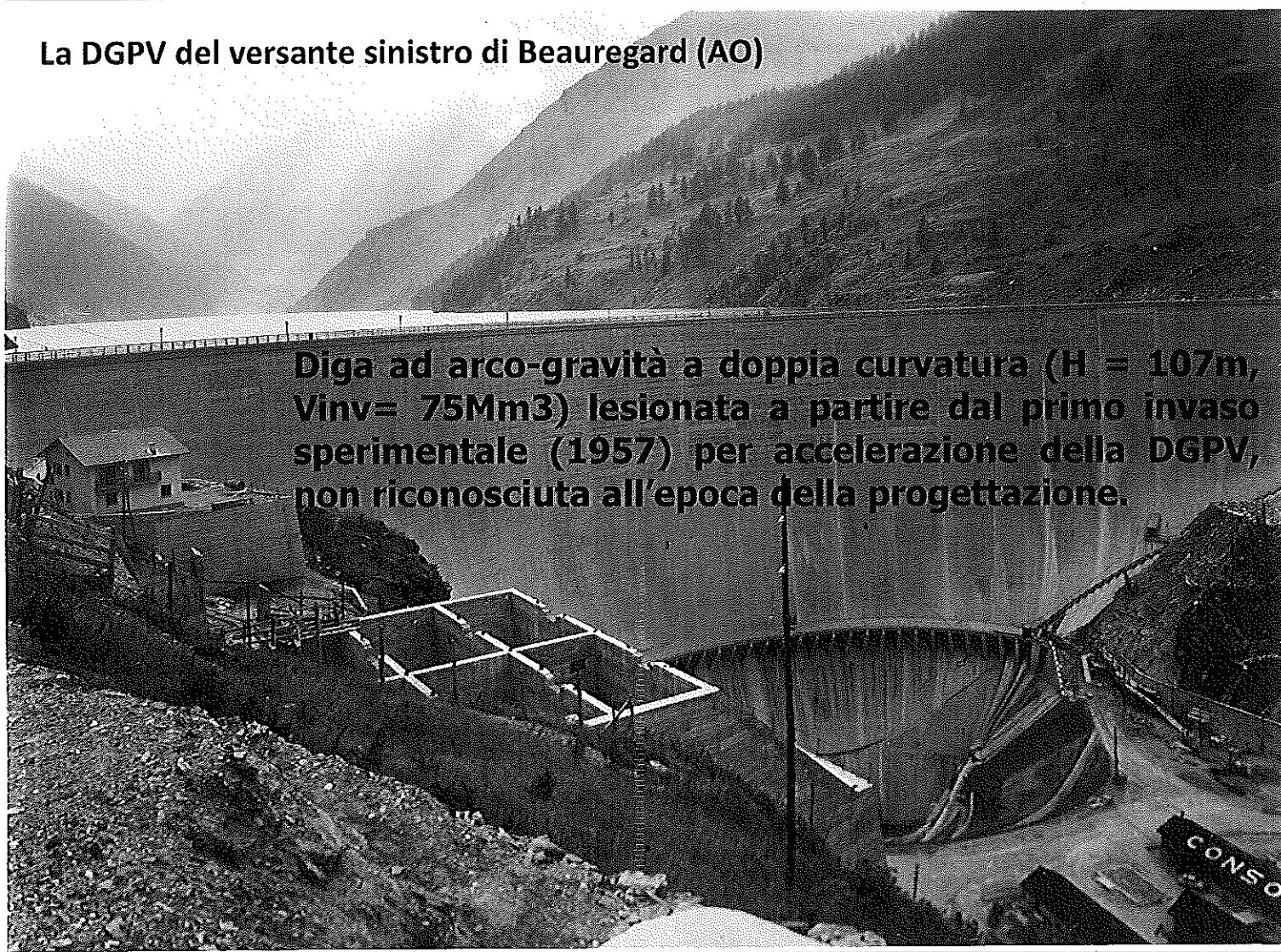
**LE DGPV hanno  
specifiche  
caratteristiche  
geomorfologiche ed  
idrogeologiche:  
trincee, depressioni  
chiuse,  
contropendenze,  
zone secche, etc...**

**Le DGPV generalmente  
non scompaginano com-  
pletamente l'ordine lito-  
tettonico del basamento  
coinvolto**

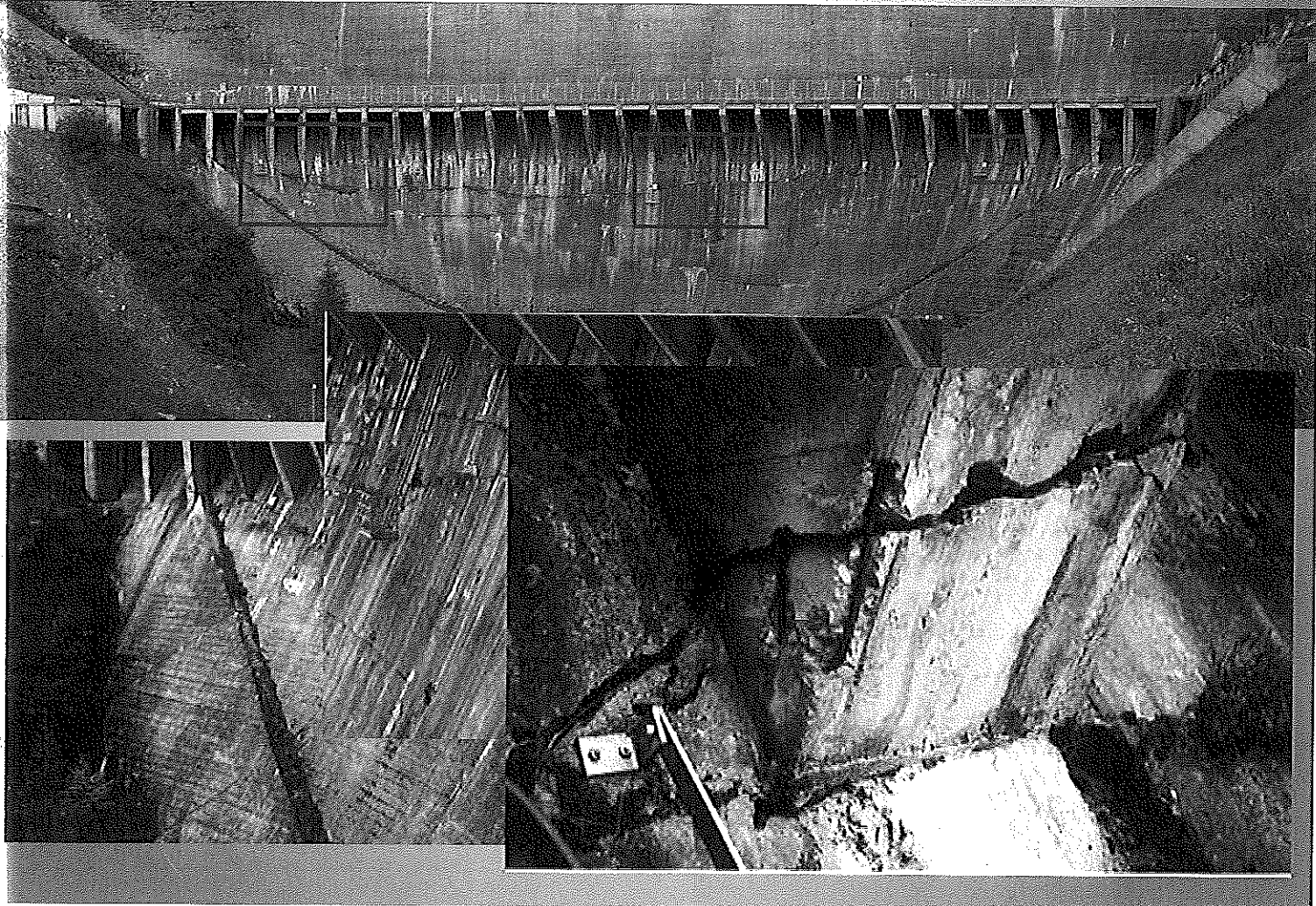


## La DGPV del versante sinistro di Beauregard (AO)

Diga ad arco-gravità a doppia curvatura ( $H = 107\text{m}$ ,  $V_{\text{inv}} = 75\text{Mm}^3$ ) lesionata a partire dal primo invaso sperimentale (1957) per accelerazione della DGPV, non riconosciuta all'epoca della progettazione.

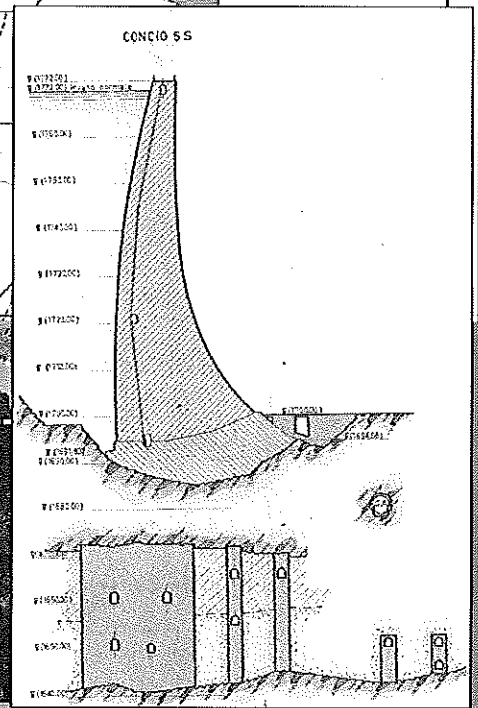
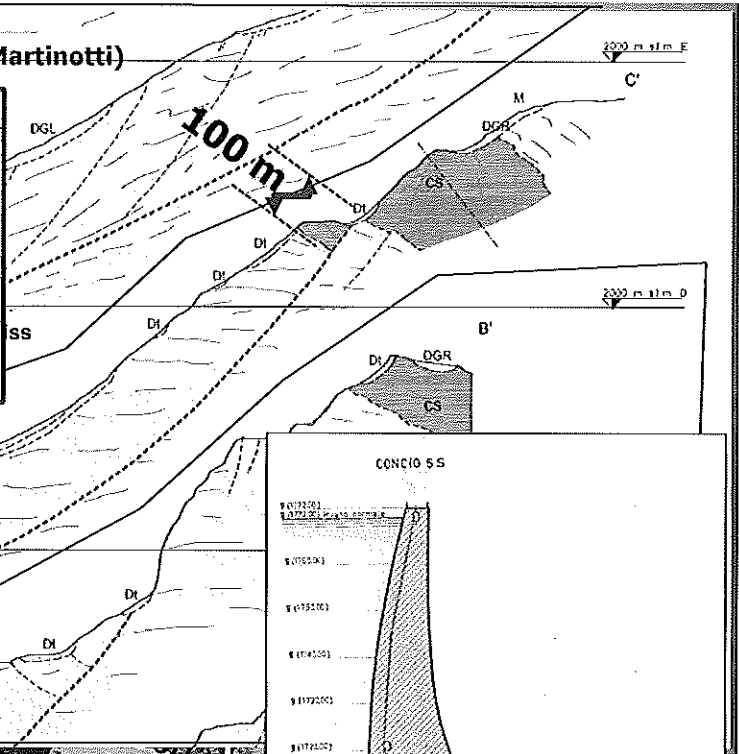
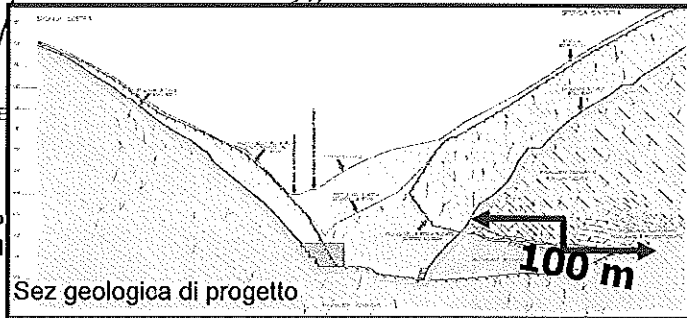


La DGPV del versante sinistro di Beauregard (AO) – Lesioni della diga





**Indicazioni sugli spostamenti totali della DGPV (G. Martinotti)**



Velocità medie di spostamento 0,2-0,3 cm/anno  
Volume stimato >> 200 milioni di m<sup>3</sup>

**Complesso di Leverogne (basamento ercinico)**  
**Micascisti quarzosi e paragneiss**

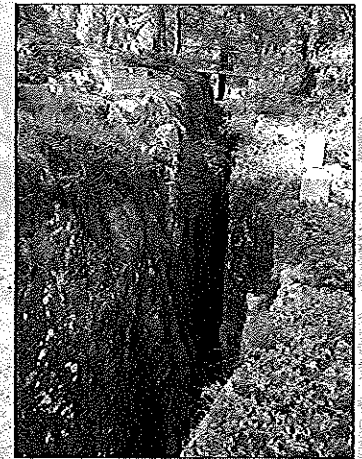
## DGPV del versante sinistro di Beauregard (AO)

**1959 – 2014 → 65 anni di monitoraggio anche per una migliore definizione del fenomeno:**

- Topografia di precisione, GPS
- Inclinatori
- Pendoli sia in corpo diga che nel versante
- Interferometria laser da terra e da satellite
- Piezometri
- Idrologia

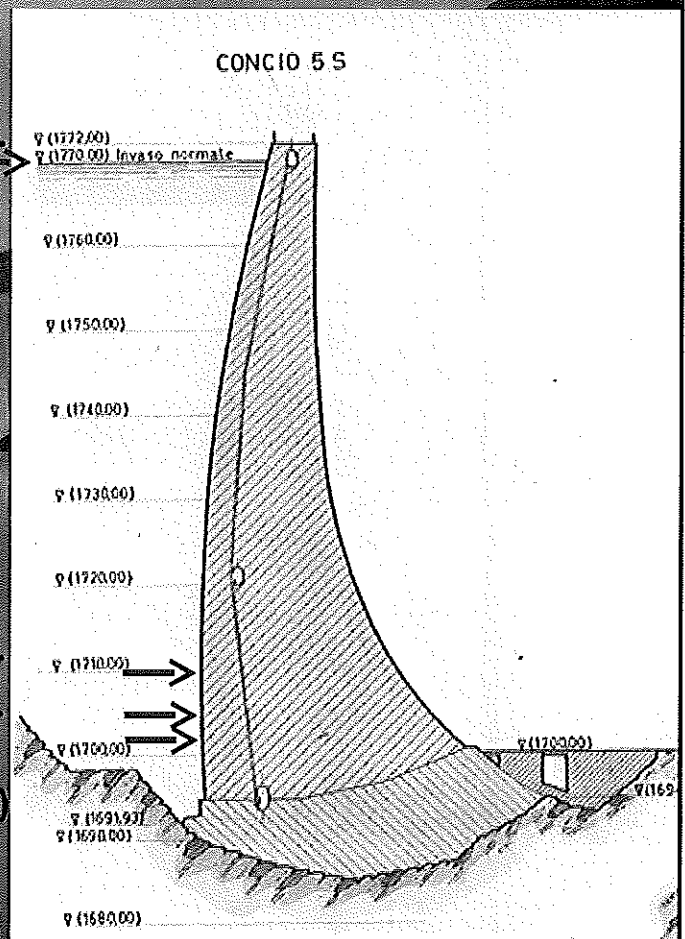
**e con la disponibilità di:**

- Gallerie
- Sondaggi profondi
- Rilievi sismici profondi



## Progetto di parziale demolizione della diga

Quota massimo invaso di progetto 1770 m s.l.m.



Collaudo nel 1969, quota autorizzata 1710 m s.l.m.

Quota autorizzata nel 1997, 1705 m s.l.m.

Quota attuale autorizzata, 1702 m s.l.m.

(parziale demolizione della diga, 2011-2015)

## Progetto di parziale demolizione della diga



Capacità invaso di progetto : 75 Mm<sup>3</sup>



Capacità utile di invaso ad oggi: 2 Mm<sup>3</sup>

## Una situazione geologica «gemella» La diga di Pian Palù (TN)

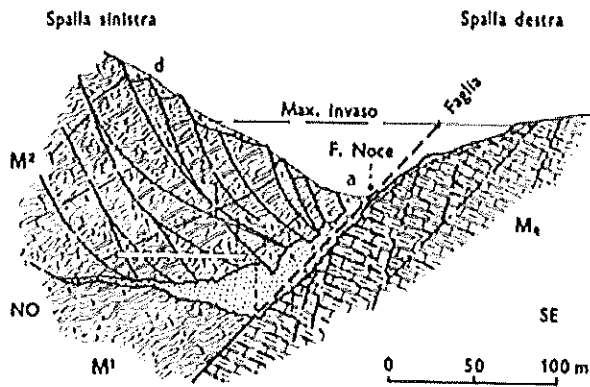
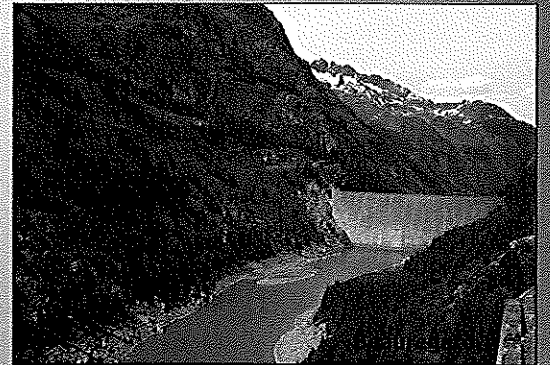


Fig. 413 - Sezione geologica della Valle del Monto (Pejo) in corrispondenza della diga di Pian Palù secondo l'interpretazione di A. Desio [12].

*Mq*, Sestti quarziticci micacei; *M1*, Micascisti a due miche e quarzo in parte milonitizzati; *M2*, Micascisti come i precedenti ma sconvolti o frazionati in blocchi; *a*, alluvioni sottili (punteggiate) e grossolane (circolettate); *d*, detrito di falda e di frana; depositi glaciali. Tratteggiato il profilo degli scavi di fondazione.



Uno stesso problema affrontato nello stesso periodo storico (1959) ma con maggiore flessibilità nei confronti del fenomeno naturale condizionante (Diga «tipo Marcello» Progettista: Ing. C. Marcello).



da: Ardito Desio,  
*Geologia applicata all'Ingegneria*, 1973

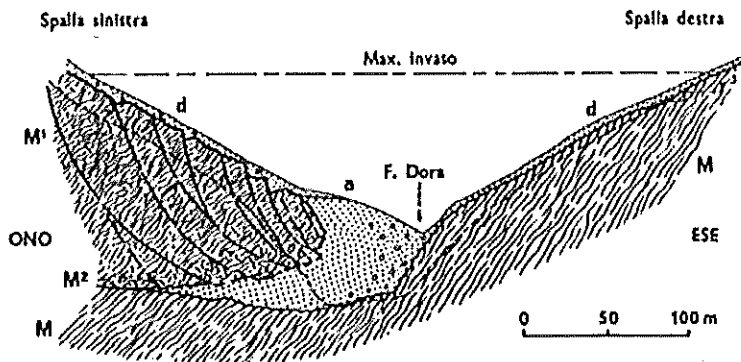


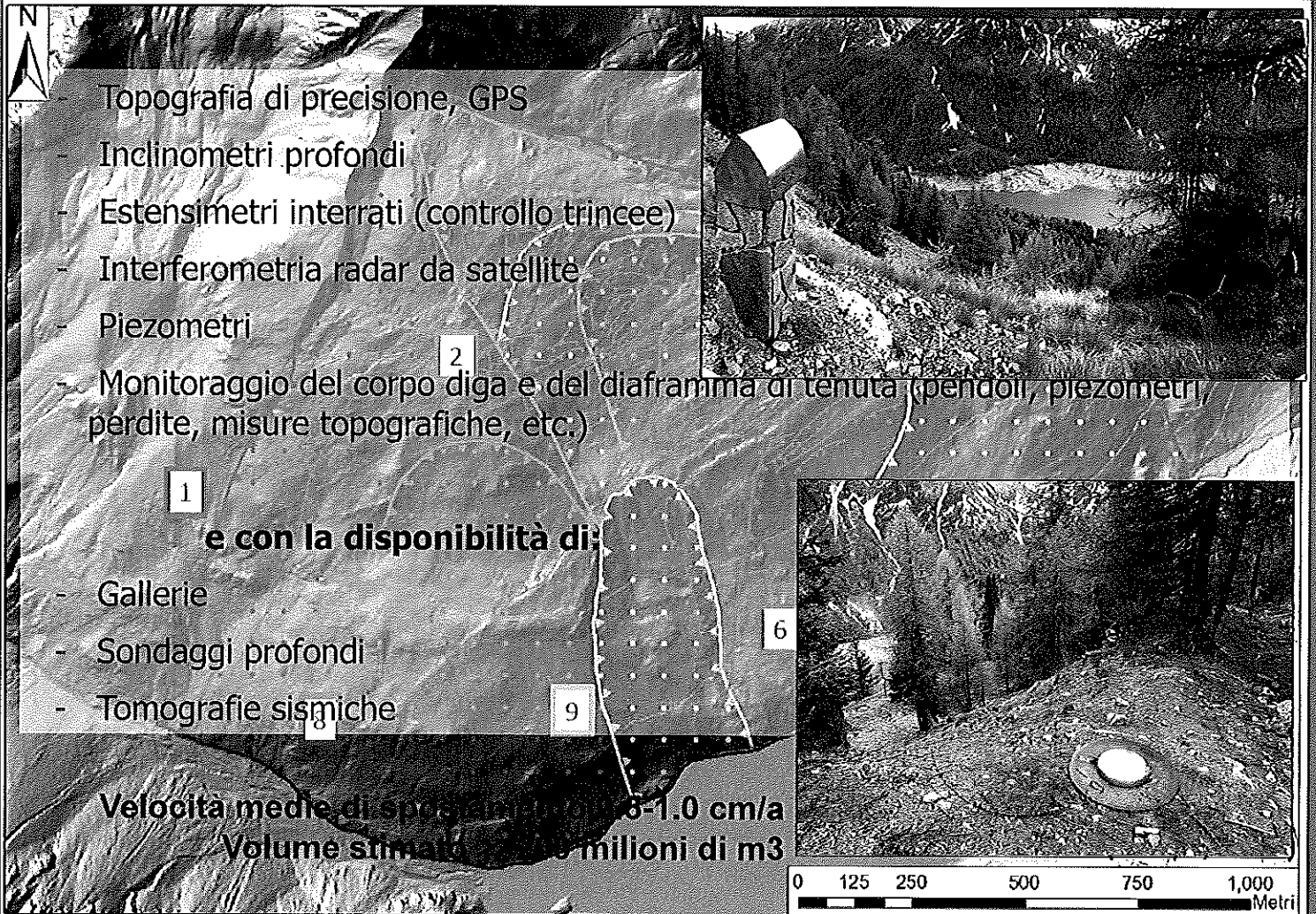
Fig. 414 - Sezione geologica della Valgrisanche in corrispondenza della diga di Beaugard secondo l'interpretazione di A. Desio.

*M*, Micascisti sani; *M1*, Micascisti fessurati e milonitizzati; *M2*, Micascisti come i precedenti ma molto sconnessi; *a*, alluvioni sottili (punteggiate) e grossolane (circolettate); *d*, detrito di falda e di frana; depositi glaciali. Tratteggiato il profilo degli scavi di fondazione.

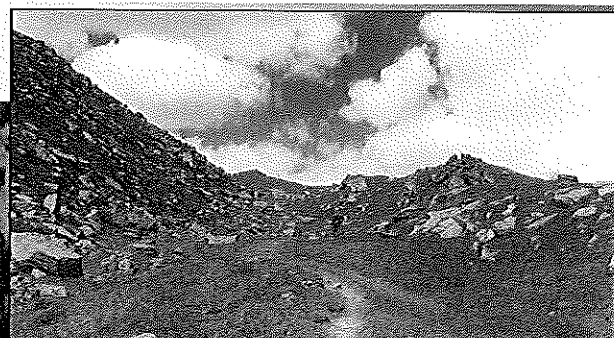
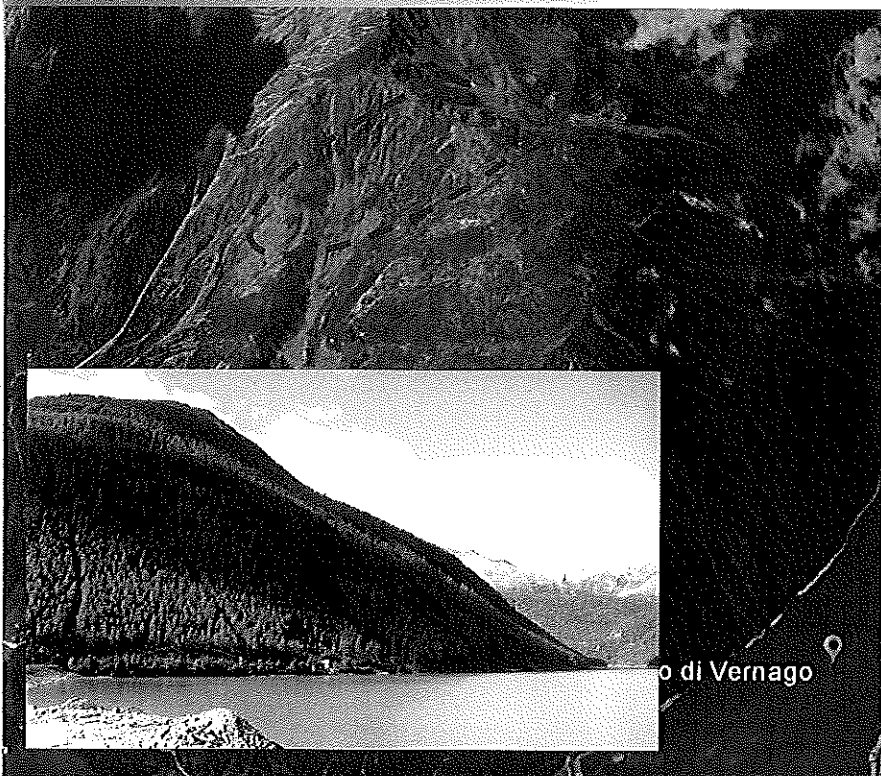


## DGPV del versante sinistro di Pian Palù (TN)

## Monitoraggio del versante



## DGPV del versante destro di Vernago (BZ)



Trincee 2200-2550 m s.l.m.

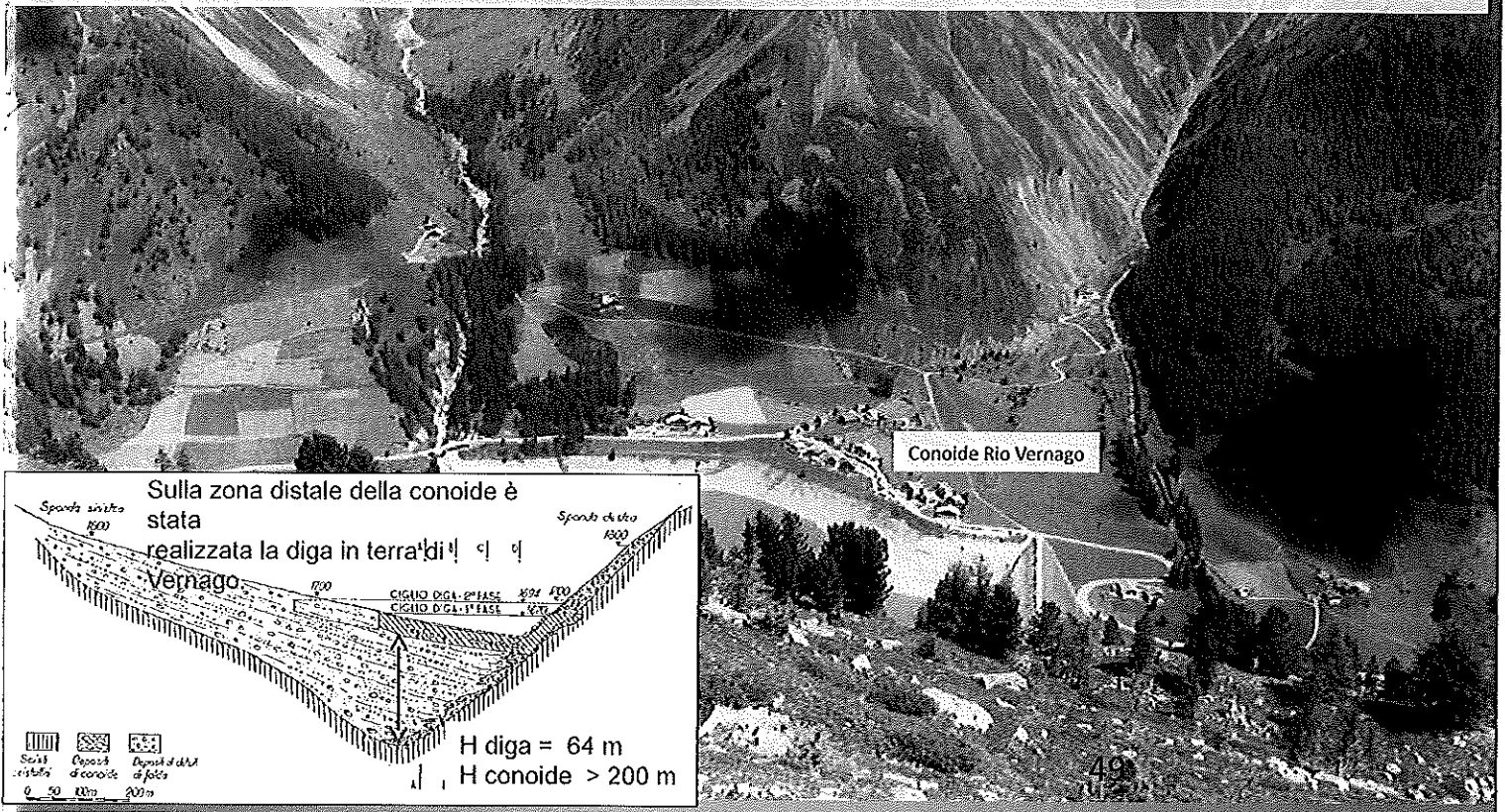


Versante con evidenze morfologiche (topografia «positiva» e convessa) e strutturali (trincee, contropendenze) attribuibili ad un processo deformativo profondo che ha coinvolto il basamento metamorfico (Unità Austroalpine superiori - gneiss e micascisti) a partire dall'ultima fase di ritiro glaciale (ca. 11.000 anni fa). Analisi isotopiche con C14 sui materiali organici di riempimento di alcune trenches nella fascia altimetrica 2200-2550 m indicano che le stesse non hanno subito rimobilizzazioni negli ultimi 3000-5000 anni (DGPV essenzialmente esaurita).

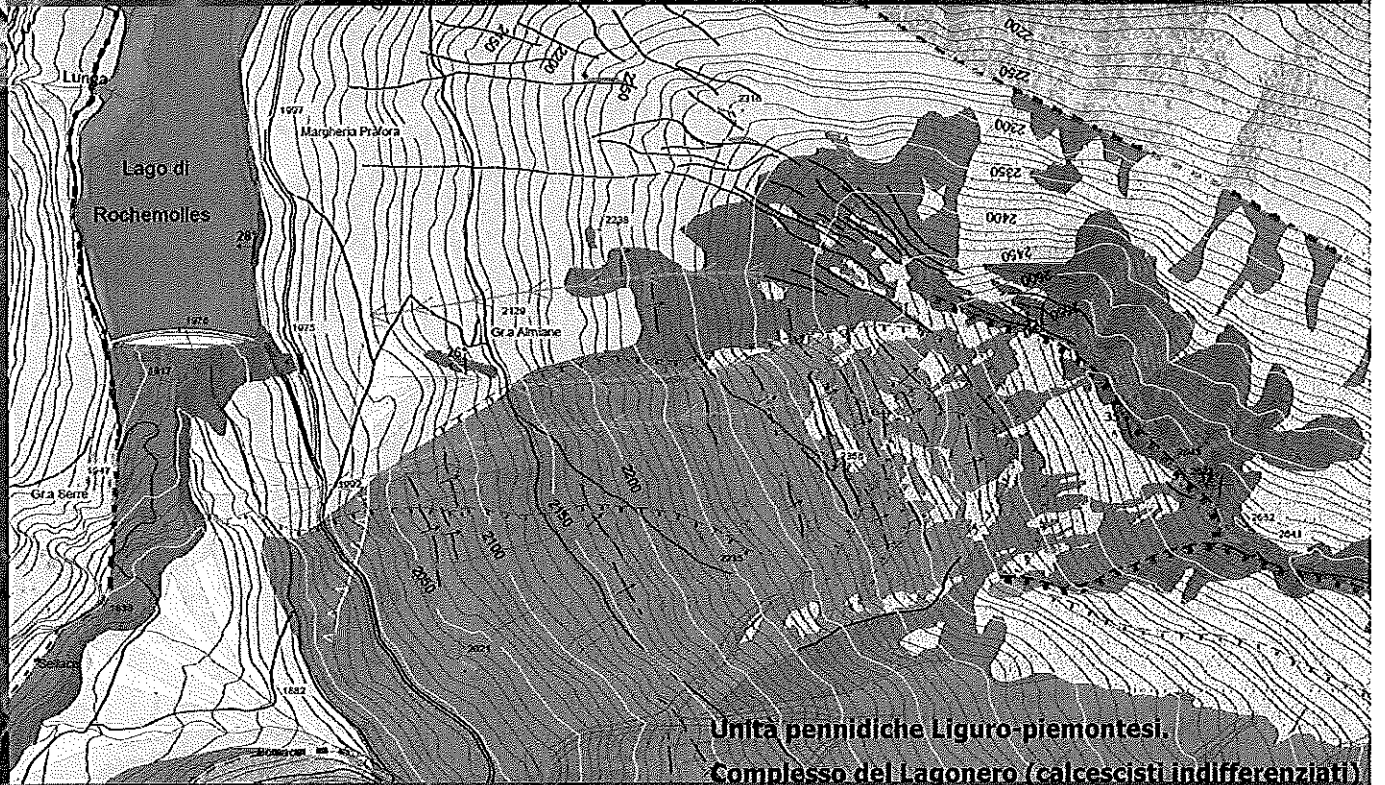


## DGPV del versante destro di Vernago (BZ)

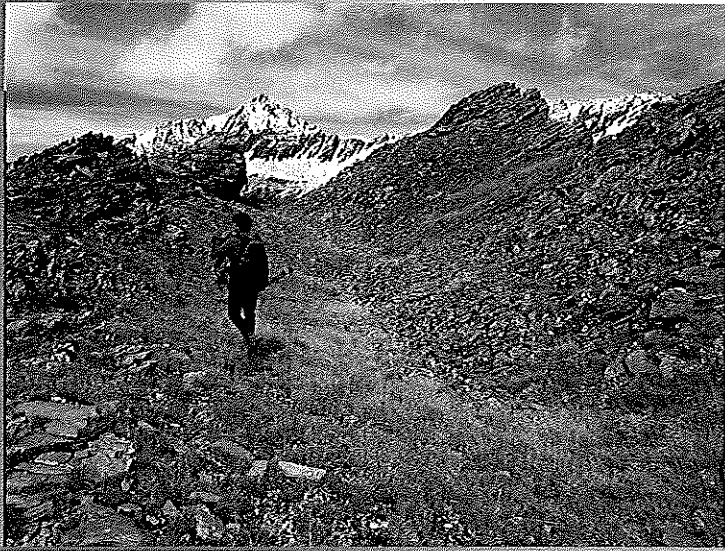
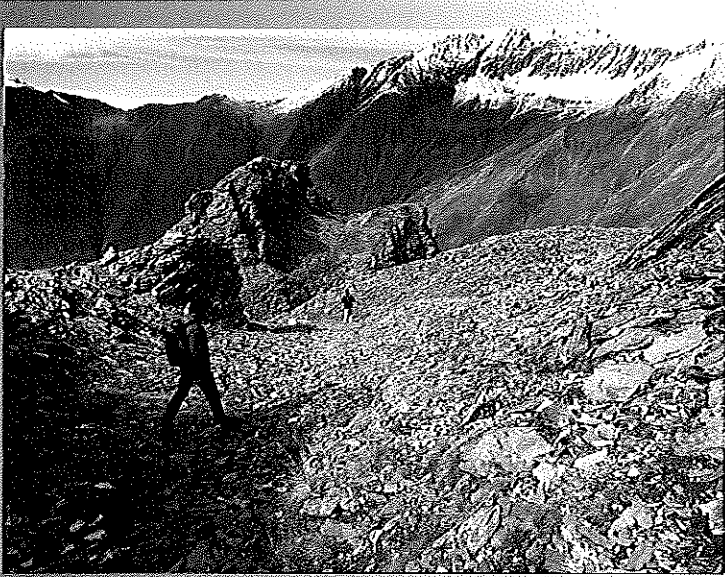
Le misure radiometriche sono congruenti con la sopravvenuta instaurazione del rinalzo al piede operato del progressivo accrescimento dell'imponente conoide di deiezione del Rio Vernago, affluente di sinistra del Rio Senales, e dai depositi fluvio-lacustri e lacustri che hanno colmato il paleolago della Conca di Vernago rallentando progressivamente l'evoluzione del processo gravitativo profondo.



# DGPV del versante sinistro di Rochemolles (TO)



Unità penniniche Ligure-piemontesi.  
Complesso del Lagonero (calcescisti indifferenziati)



DGPV del versante sinistro di Rochemolles (TO)



Consiglio Nazionale  
dei Geologi



CENTRO STUDI  
CONSIGLIO NAZIONALE DEI GEOLOGI

## ETICA E RESPONSABILITA' PROFESSIONALE

Un caso storico: STAVA 19 LUGLIO 1985

Attività di vigilanza sulla sicurezza delle grandi dighe  
Il ruolo della geologia



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti



*Grazie per l'attenzione*

Leonardo Cataldo – Alberto Maistri

Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche

