OPEN DAY ON DAMS

Attività di vigilanza sulla sicurezza delle grandi dighe

Il ruolo della geologia



Firenze – Scuola di Ingegneria
Università degli Studi di Firenze
31 maggio 2024

Claudia Bechini - Leonardo Cataldo - Alberto Maistri

Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Attività di vigilanza sulla sicurezza delle grandi dighe

Il ruolo della geologia



Pericolosità e rischio

Assetto istituzionale - Evoluzione del quadro normativo

Contributo della geologia

DIGA: sbarramento volto alla creazione di un volume di invaso (uso irriguo, potabile, industriale, idroelettrico), per l'accumulo temporaneo e la regolazione dei deflussi delle acque nel corso d'acqua.



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)

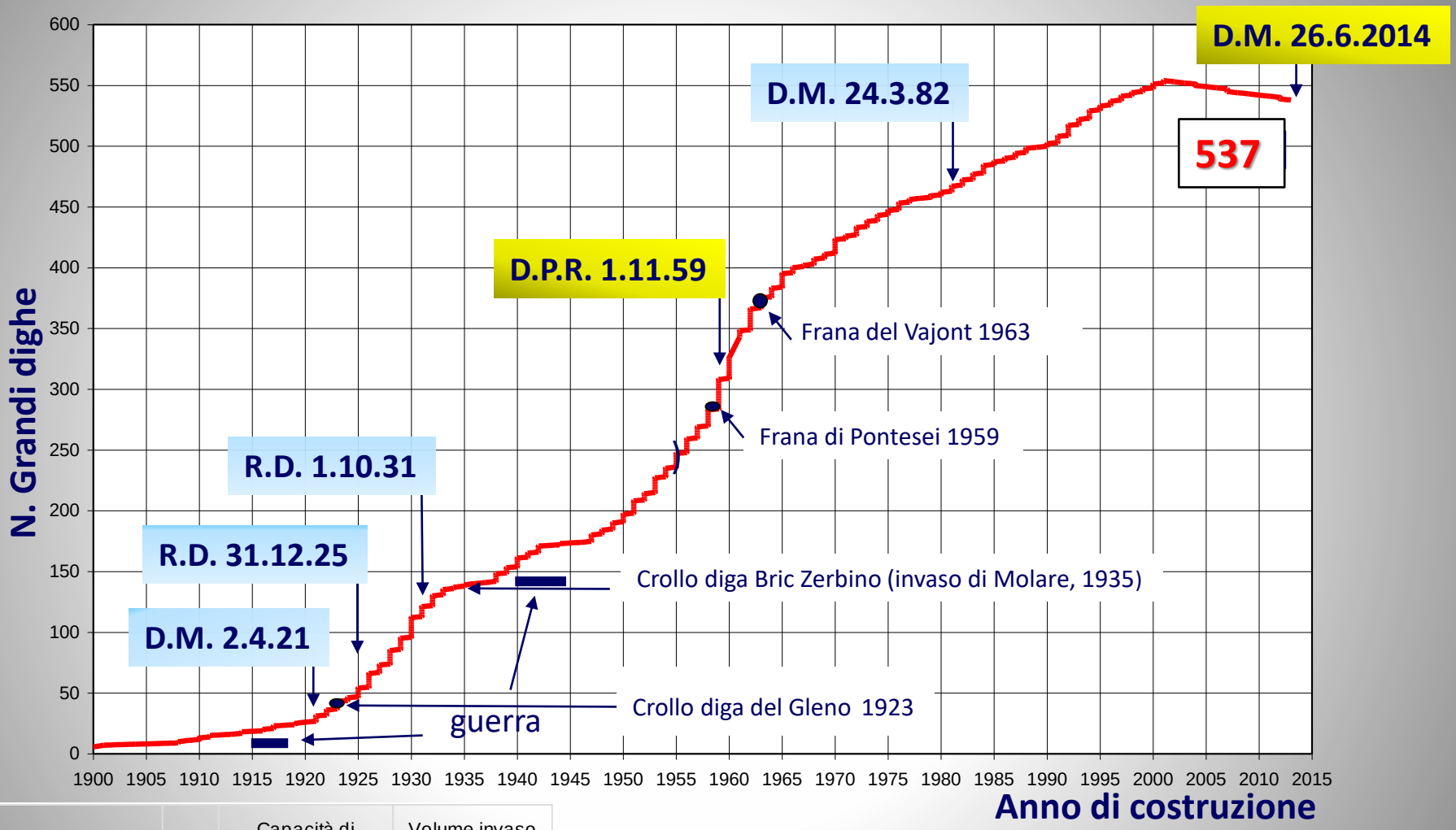






GRANDI DIGHE

$H_{diga} > 15$ m o $V_{invaso} > 1$ Mm^3



Condizione		Capacità di progetto (Mm3)	Volume invaso autorizzato (Mm3)
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
TOTALE (giu. 2015)	**537**		**12.151,17**

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

DIREZIONE GENERALE PER LE DIGHE - Vigilanza

Nel corso dei lavori di costruzione (o di importanti modifiche) vigilanza sulle caratteristiche della roccia di fondazione e dei materiali per la costruzione, sulla corretta esecuzione dei lavori, ecc. Prima ancora dell'inizio delle attività di cantiere:

- redige il "Foglio di condizioni per la costruzione", che impegna il Concessionario alla corretta realizzazione dell'opera sulla base del progetto approvato;
- nomina un proprio ingegnere incaricato della vigilanza sui lavori, il quale segue tutte le fasi della costruzione ed effettua visite periodiche al cantiere;
- nomina un assistente governativo che redige ed invia alla Direzione delle relazioni periodiche ed una relazione finale.

Al termine dei lavori procedure per il collaudo tecnico-funzionale dell'opera.

Durante gli invasi sperimentali che seguono alla conclusione dei lavori e si concludono con il collaudo della diga: autorizza e segue l'invaso graduale delle opere accertando, per ogni quota di invaso autorizzata, il regolare comportamento del sistema diga-bacino di ritenuta.

Nel corso del regolare esercizio cura che l'esercizio da parte del Concessionario/Gestore sia svolto secondo i criteri di sicurezza previsti dalle disposizioni normative e verifica costantemente il permanere delle condizioni di sicurezza e regolare comportamento e funzionalità delle opere mediante

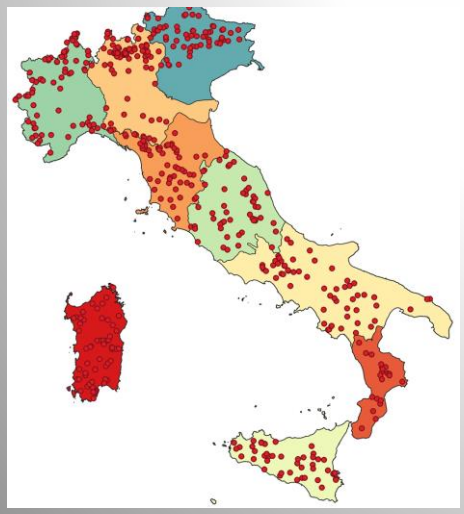
. ispezioni per valutare lo stato delle opere :sono previste almeno due visite di vigilanza all'anno su ciascuna diga, ma all'occorrenza la Direzione dispone ulteriori visite specialistiche finalizzate all'esame di particolari problematiche di natura geologica, idraulica o strutturale;

. controlli sulla strumentazione di misura installata per l'osservazione del comportamento statico e dinamico delle opere ;

. esame delle analisi e delle elaborazioni delle misure rilevate dal Concessionario o Gestore delle opere (**Bollettini mensili** ed **asseverazioni semestrali**)

La Direzione redige il **"Foglio di condizioni per l'esercizio e la manutenzione**" ed il "**Documento di protezione civile**", che impegnano il Concessionario alla corretta gestione della diga, all'esecuzione di misure, controlli e guardiania, alle procedure da porre in atto per fronteggiare le emergenze.

La Direzione promuove ed acquisisce studi riguardanti le conseguenze sui territori di valle delle manovre normali ed eccezionali degli organi di scarico della diga e dell'ipotetico crollo della diga stessa, nonché studi di rivalutazione idrologico-idraulica e studi sismotettonici e di pericolosità sismica finalizzati a verificare la sicurezza idraulica e sismica delle dighe esistenti.



Gli **Uffici tecnici** per le dighe svolgono sulle dighe di competenza periodici sopralluoghi ed espletano attività di raccolta di dati e di informazioni finalizzate alla verifica del corretto comportamento delle opere ai fini della sicurezza per la pubblica incolumità. Gli Uffici tecnici per le dighe forniscono anche supporto tecnico in occasione di scenari di emergenza che coinvolgano la sicurezza delle dighe, nonché consulenze ad altri Enti pubblici.

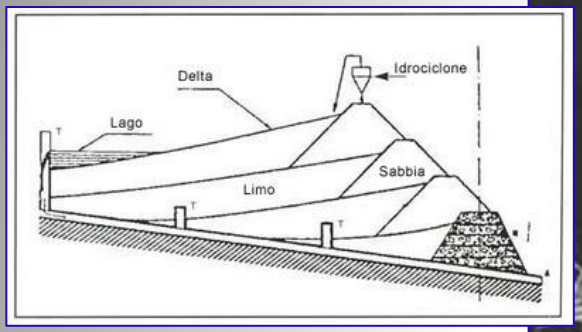
Sedi

- Torino
- Milano
- Venezia
- Firenze
- Firenze - sezione di Perugia
- Napoli
- Palermo
- Palermo - sezione di Cosenza
- Cagliari

ca. 1300 VISITE DI VIGILANZA ANNUE

Opere escluse dall'applicazione delle norme sulle dighe e traverse:

sbarramenti determinanti invasi adibiti esclusivamente a deposito o decantazione o concentrazione o lavaggio di minerali o di residui industriali (di competenza dell'ex Ministero dell'Industria ora dello Sviluppo Economico)





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.

RILASCI «CONTROLLATI»

SCENARIO DI RISCHIO CONSEGUENTE A MANOVRE DI APERTURA DEGLI SCARICHI

(volontarie o automatiche)



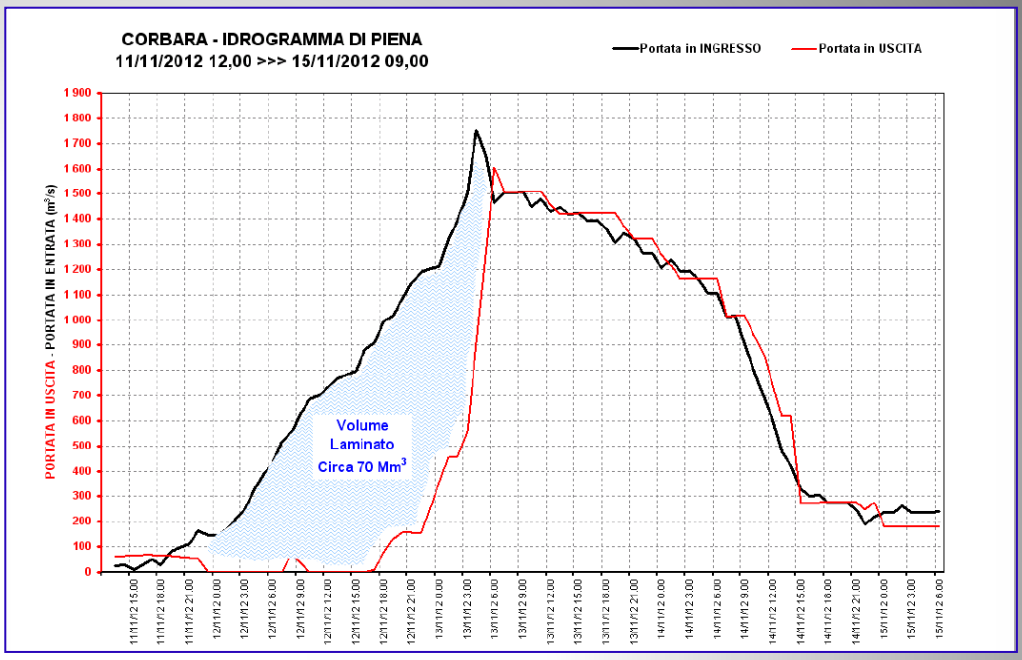
Diga di Corbara (TR)



«La recente ondata di maltempo occorsa tra il 25-26 febbraio e l’1-2 marzo 2023 ha fornito quella spinta residua di cui l’invaso necessitava per giungere a pieno riempimento della sua capienza e quindi a tracimazione».

MITIGAZIONE DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO IDRAULICO

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



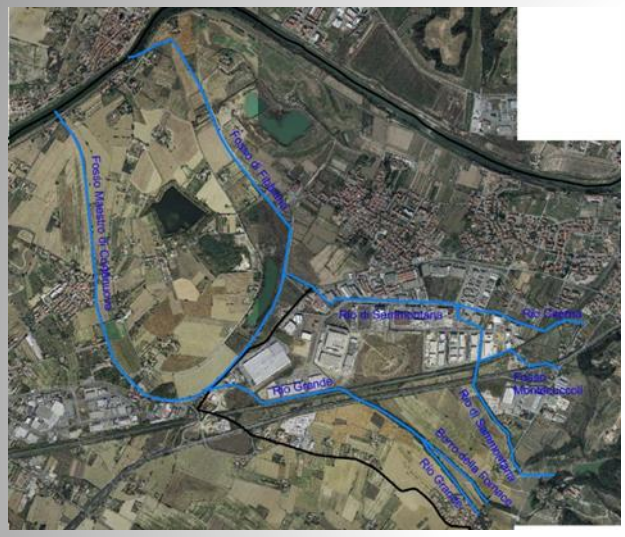
- **PERICOLOSITA' E RISCHIO IDROGEOLOGICO "INDOTTO" DA INVASI PER LAMINAZIONE DELLE PIENE**
  - dighe con attribuite funzioni laminazione delle piene - **30**
  - di cui con piano di laminazione Dir. PCM 27/2/04 - **5**

«POTENZIALE» INSTABILITA' SPONDALE PER «INVASI E SVASI RAPIDI» (V_{svaso} > 2 m/h)


Diga di Ravedis (PN)

Diga di Sammontana - Montelupo Fiorentino (FI)

PERICOLOSITA' E RISCHIO IDRAULICO
SECONDARIO INDOTTO:
Si perde memoria a valle della frequenza delle portate naturali del corso d'acqua sbarrato



La dismissione della diga, e conseguentemente dell'invaso, avrebbe modificato in maniera rilevante il paesaggio e comportato un rilevante incremento del rischio idraulico a valle, costringendo l'autorità competente (Regione Toscana) ad un ingente investimento sul reticolo idraulico a valle. Avrebbe significato, in ultimo, la perdita di un luogo che, da oltre mezzo secolo, aveva svolto un'importante funzione sociale e ricreativa.

◯ Manifestazione di interesse pubblico da parte del Comune di Montelupo Fiorentino e della Regione Toscana per mettere a norma e riutilizzare l'invaso per usi multipli: laminazione, ludico-ricreativi e anti-incendio.

Invaso limitato per problematiche di sicurezza dovute all'insufficienza della capacità degli scarichi.

Comune di Montelupo Fiorentino (FI) nuovo proprietario e soggetto attuatore.



Tipologia intervento: riduzione delle dimensioni della diga con declassamento a diga di competenza regionale e messa a norma

Sintetica descrizione:
1. Abbassamento del rilevato e riprofilatura dei paramenti;
2. Rifacimento dello scarico di superficie;
3. Risanamento dello scarico di fondo;
4. Rivalutazione della sicurezza statica e sismica dello sbarramento e conseguenti interventi;
5. Adeguamento della strumentazione per il monitoraggio dello sbarramento;
6. Opere di impiantistiche;
7. Opere di sistemazione idraulica a valle.



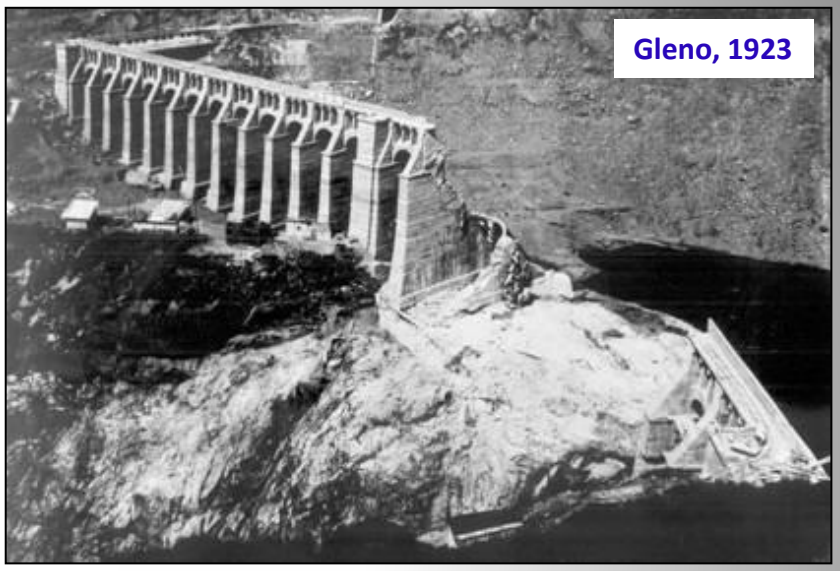
SCENARI DI RISCHIO CON CONSEGUENZE DISASTROSE (rilasci incontrollati c.d. “RISCHIO DIGA”)

INSTABILITA’ IMPOSTA DIGA



Molare, 1935

CEDIMENTO STRUTTURALE (crollo diga)



Gleno, 1923



Malpasset, 1959

INSTABILITA’ SPONDALE (onde impulsive)



Vajont, 1963

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

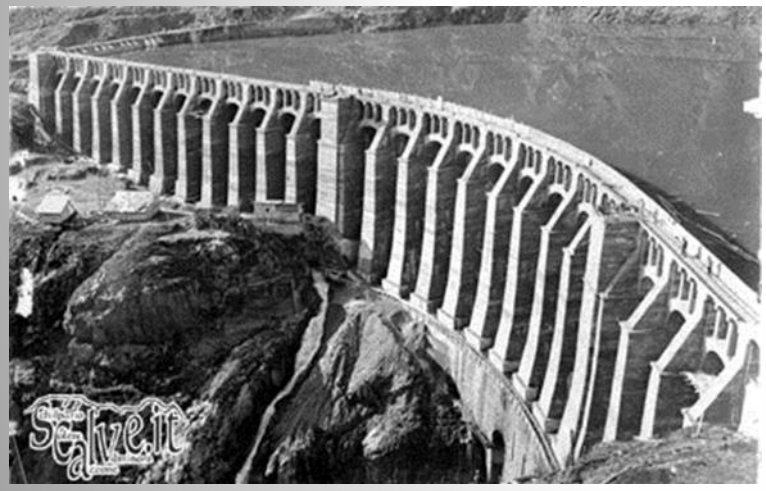
Il progetto doveva essere corredato di una « … *relazione geognostica sulla località dello sbarramento e sul bacino interessato dalla ritenuta …., ben documentata e redatta da persona competente in simili studi, […]*

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^3 d'acqua.**



Diga a volte e contrafforti (1916-1923)



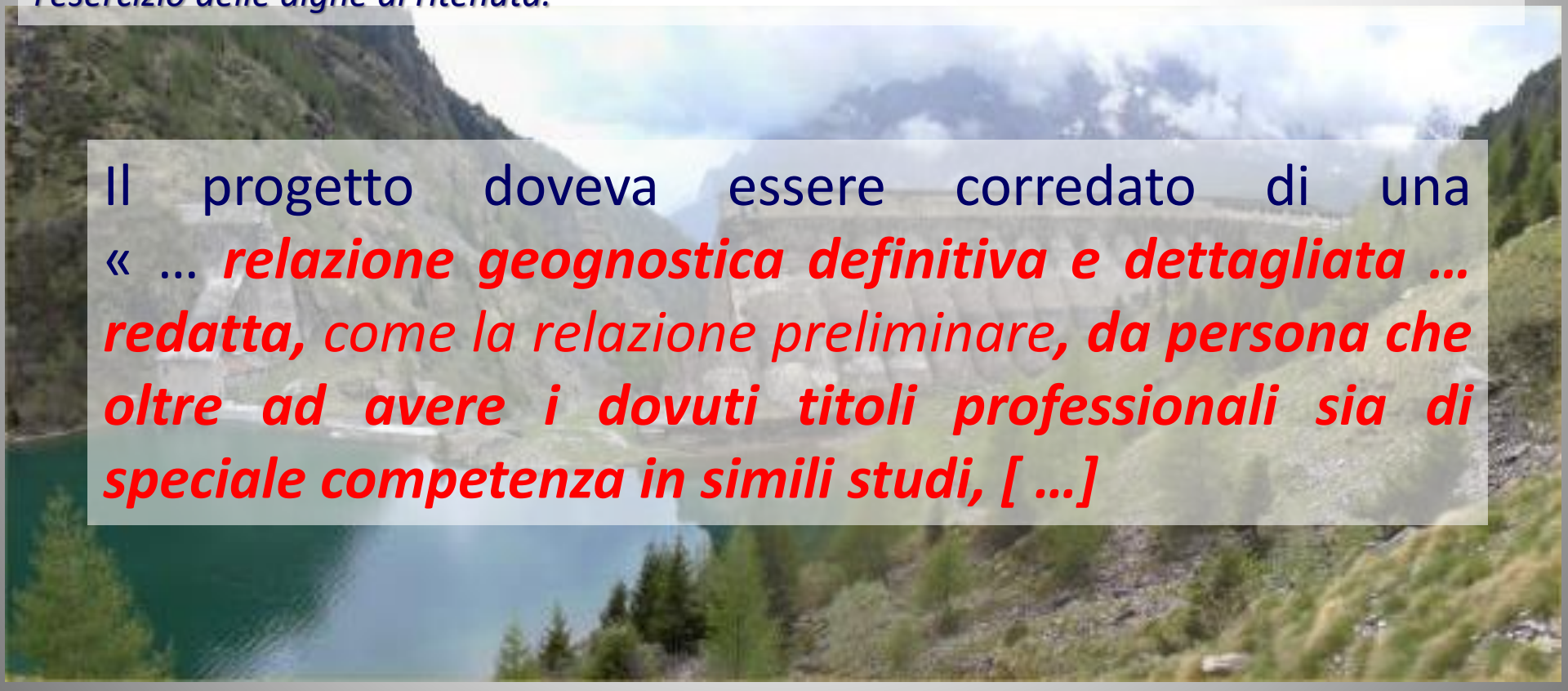
Dopo il disastro della diga del Gleno fu nominata una Commissione ministeriale (c.d. Commissione Gleno) che propose l'emanazione di una nuova normativa tecnica e procedurale e l'istituzione del **Servizio Dighe presso il Ministero LL.PP.**

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 CSLLPP). 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

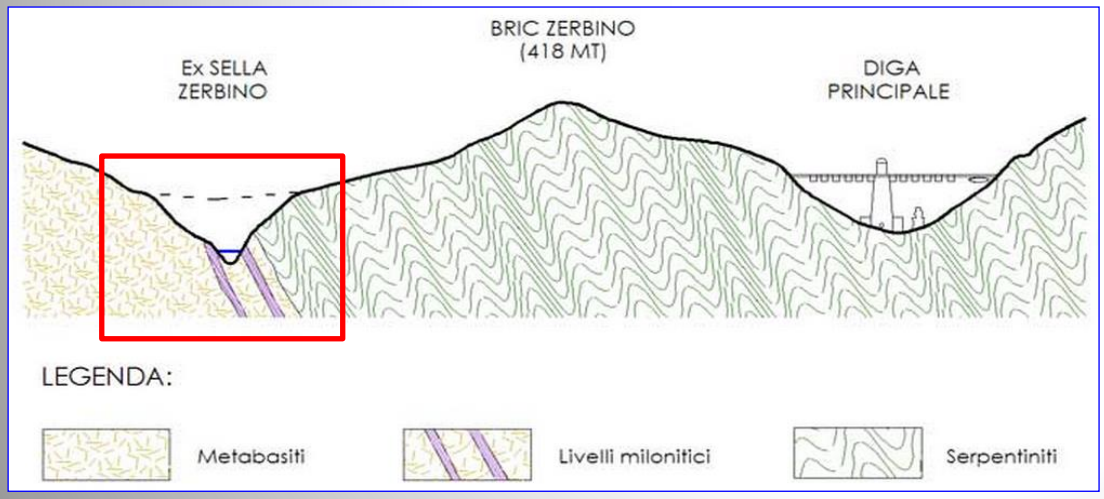


Cause del crollo

Debolezza geostrutturale della sella di imposta della diga secondaria

Evento pluviometrico eccezionale
Portata in ingresso del serbatoio Q > 2000 m^3/s

Insufficienza scarichi (500 m^3/s)
Tracimazione dighe
Innesco fenomeni erosione e sifonamento diga secondaria



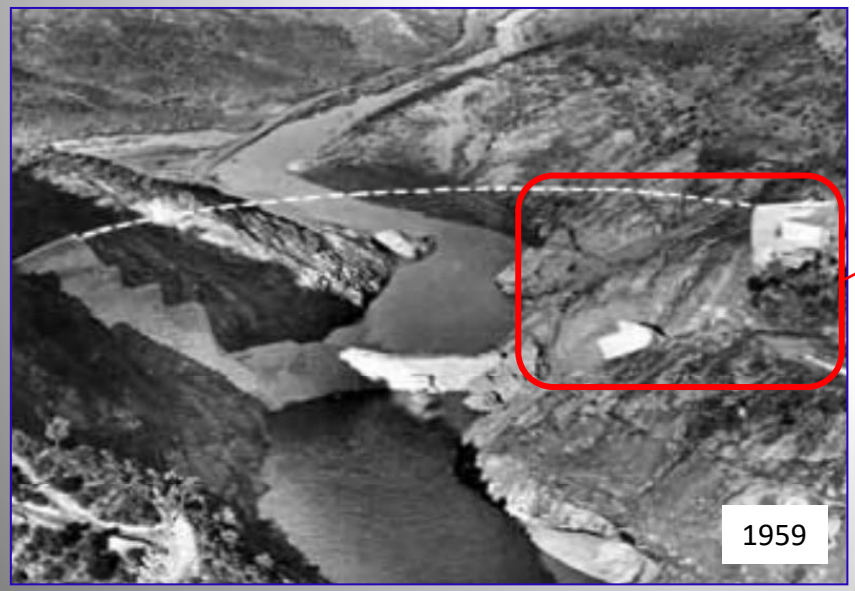


Al momento del crollo V_{inv} = **20-25 milioni di m^3**
$V_{inv.}$ progetto = **18 milioni di m^3.**

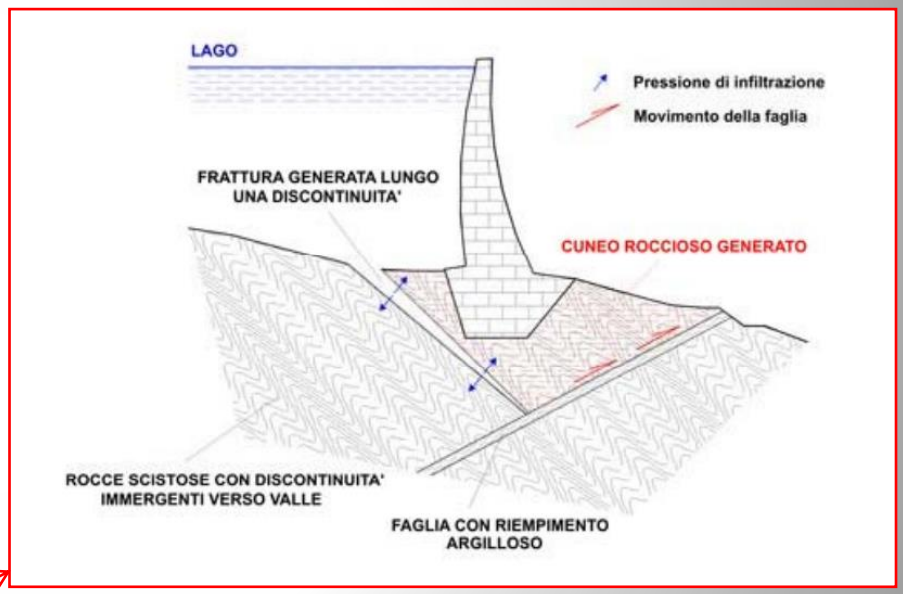
Il crollo causò la morte di oltre 110 persone.

Instabilità geostrutturale imposta diga
Crollo della diga di Malpasset (Francia, 1959)


1954, invaso sperimentale


1959

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



Il rilascio improvviso di **50 milioni di m³ d'acqua** lungo la valle del Reyran **causò la morte di 421 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*** »



Imposta diga Alto Esaro (CS)

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.

Diga di Bosa (NU)

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 sensitività, 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).

C. 10 - Stabilità delle sponde

(§ VI. 4 Sponde - Istruzioni per l'applicazione delle NTD14 e NTC18, Rev. 1, 2019)

Le condizioni di sicurezza del perimetro spondale devono essere verificate in ordine alla possibilità

- ✓ *di ostruzione e/o danneggiamento degli scarichi*
- ✓ *di formazione di onde* (studio della perturbazione dinamica dello specchio liquido generata dall'impatto di corpi di frana e stima del possibile sovralzo dinamico in corrispondenza della zona di imposta)
- ✓ *di innalzamento del livello di invaso* (perturbazione «statica» per progressivo sviluppo nell'invaso di movimenti franosi lenti)

… **alle quali possa conseguire la tracimazione della diga**.

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

Invaso di Place Moulin (AO)

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.**

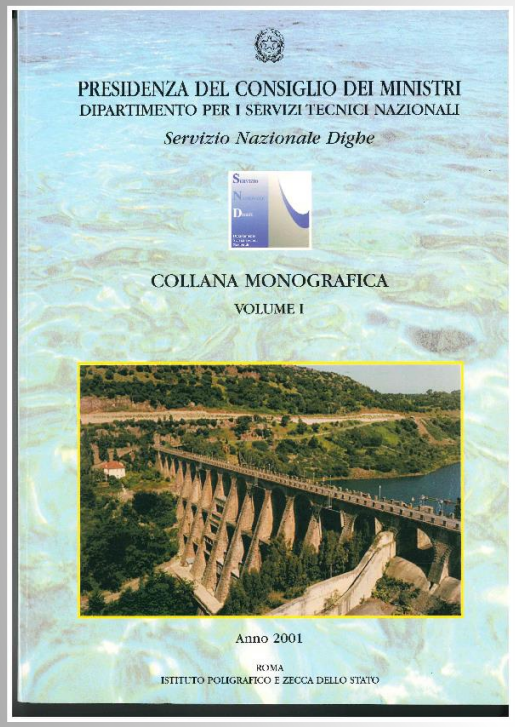
Ad oggi sono stati istruiti **Studi Sismotettonici** per **131** dighe

ca. 200 SOPRALLUOGHI DI CARATTERE GEOLOGICO ANNUI

- ✓ *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.*

Attività di controllo sulle grandi dighe

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



	Nome diga	n. arch.	Cond. eserc.	Uff. Coord.	Classificaz. sismica ai sensi della ordin. PCM n. 3274 del 20/03/03	Classificaz. sismica antecedente ordin. PCM n. 3274 del 20/03/03	Zona sismogen.	Prov.	Uff. perif.
1	CAMPOLATTARO	1391	Costruzione	UCPL	12	9	58	BN	NA
2	ACERENZA	1469	Costruzione	UCPL	9	9	co 63	PZ	
3	MONTE COTUGNO	1327	Sperimentale	UCPL	9	9	c/o 63	PZ	NA
4	PERTUSILLO	722	Limitato	UCCE	12	9	63	PZ	NA
5	MARSICO NUOVO	1430	Sperimentale	UCPL	12	9	63	PZ	NA
6	CONZA	1314	Sperimentale	UCPL	12	9	63	AV	NA
7	SAN PIETRO	599	Sperimentale	UCPL	12	12	62	AV	NA
8	SAETTA	290	Sperimentale	UCPL	12	9	63	PZ	NA
9	ARCICHIARO	1536	Costruzione	UCPL	12	9	58	CB	NA
10	BOMBA	715	Normale	UCCE	9	9	55	CH	NA
11	CASOLI	716	Limitato	UCCE	12	12	55	CH	NA
12	CAMASTRA	1124	Sperimentale	UCPL	9	9	c/o 63	PZ	NA
13	PENNE	687	Normale	UCCE	9	9	53	PE	PG
14	ALANNO	151	Normale	UCCE	9	9	53	PE	PG
15	S. DOMENICO AL SAGITTARIO	81	Normale	UCCE	9	9	51	AQ	PG
16	TORRE BIANCA	1476	Sperimentale	UCPL	9	9	59	FG	NA
17	BARREA	169	Normale	UCCE	9	9	55	CH	NA
18	PONTE LISCIONE	559	Sperimentale	UCPL	9	N.C.	co/59	CB	NA
19	MASSERIA NICODEMO	1126	Normale	UCCE	9	9	63	PZ	NA
20	CASTEL S. VINCENZO	658	Normale	UCCE	9	9	55	IS	NA
21	SELVA	689	Normale	UCCE	9	9	55	FR	NA
22	MONTAGNA SPACCATA	658	Normale	UCCE	9	9	55	AQ	NA
23	PRESENZANO	1459/b	Sperimentale	UCPL	9	9	55	CE	NA
24	GALLO	1171	Normale	UCCE	9	9	58	CE	NA
25	PONTE ANNIBALE	663	Sperimentale	UCPL	9	9	57	CE	NA
26	CESIMA	1459	Sperimentale	UCPL	9	9	55	IS	NA
27	LAGO MATESE	102	Normale	UCCE	12	9	58	CE	NA

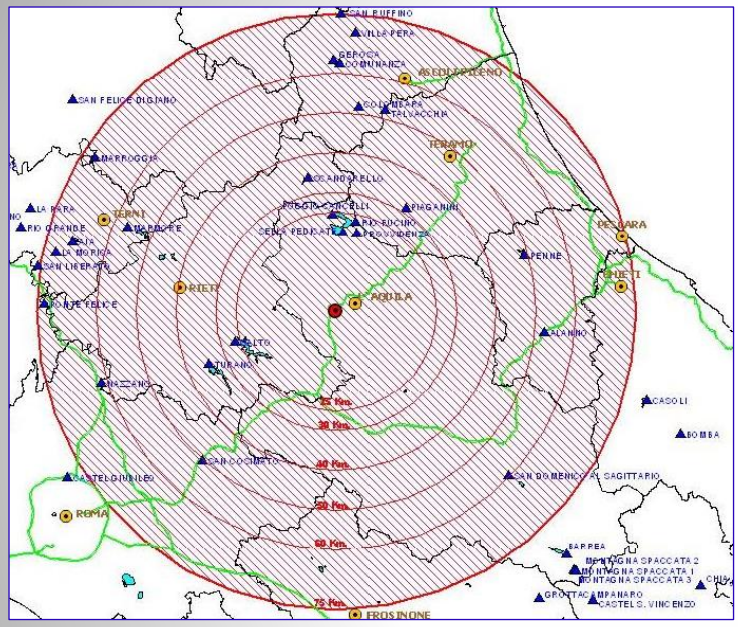


Studio delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche degli invasi ricadenti nelle zone sismogenetiche dell'Appennino centro-meridionale

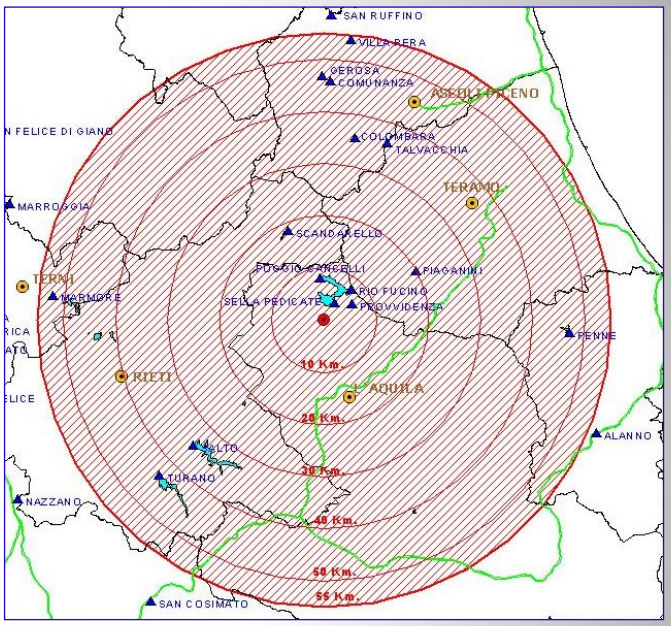
Attività di controllo straordinario

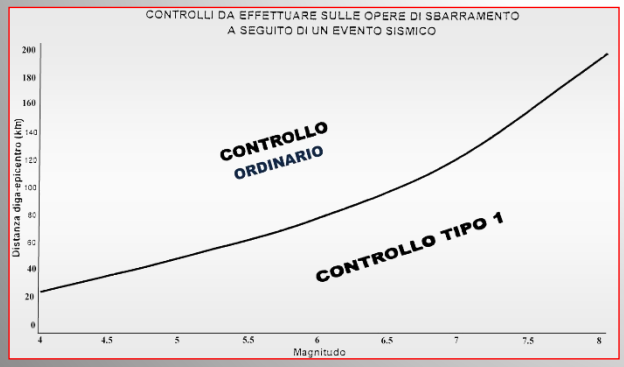
CONTROLLO DEGLI EFFETTI DELLA SEQUENZA SISMICA AQUILANA APRILE 2009 SULLE GRANDI DIGHE E RELATIVI INVASI

Terremoto del 06/04/2009
Epicentro località **"Aquilano"** Comune **L'Aquila**
Magnitudo**: 5.8** Richter Raggio di influenza **75** Km



Terremoto del 09/04/2009
Epicentro località **Gran Sasso**
Magnitudo: **5,1** Richter Raggio di influenza : **55** Km





Controlli straordinari su 23 grandi dighe

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).

Attività di controllo straordinario

CEDIMENTO STRUTTURALE DELLO SCARICO DI SUPERFICIE DELLA DIGA DI MONTEDOGLIO (AR)
29 DICEMBRE 2010 (rilascio incontrollato delle acque di invaso)

H_{diga} = 54.50 m (materiali sciolti)
V_{inv} = 153 Mm^3
Perimetro spondale = ca. 15 Km
Mov. franosi = ca. 30% perimetro spondale interagenti con le oscillazioni dell'invaso



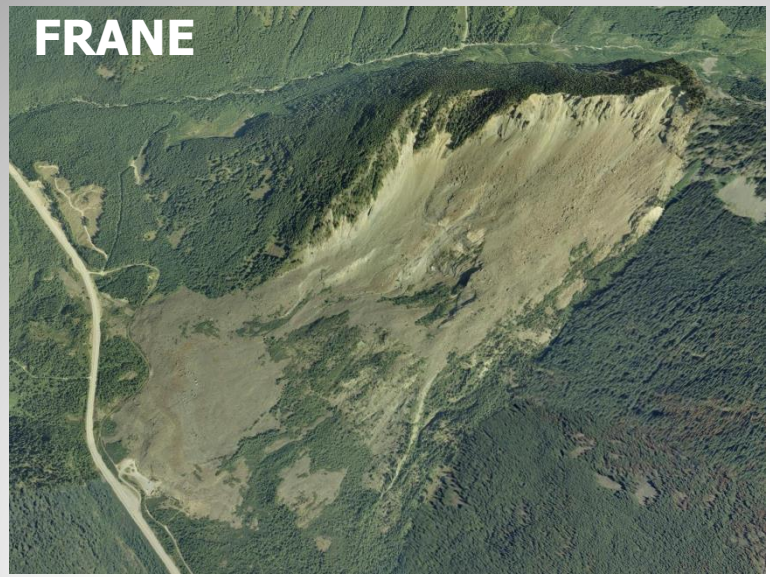


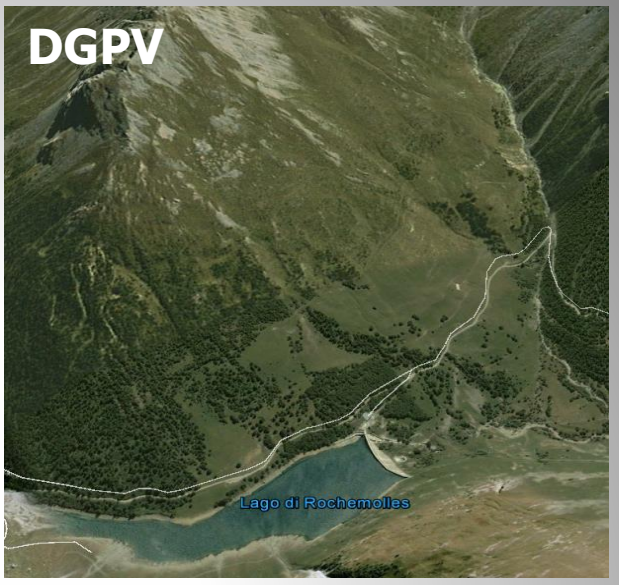
Il crollo dei tre conci centrali dello sfioratore avvenuto la sera del 29 dicembre 2010 in condizione di sfioro, ha provocato lo svaso parziale del bacino con velocità di svaso di ca. 0.20 m/h nelle prime 24 ore dopo il crollo.

DEFORMAZIONI GRAVITATIVE PROFONDE DI VERSANTE (DGPV)

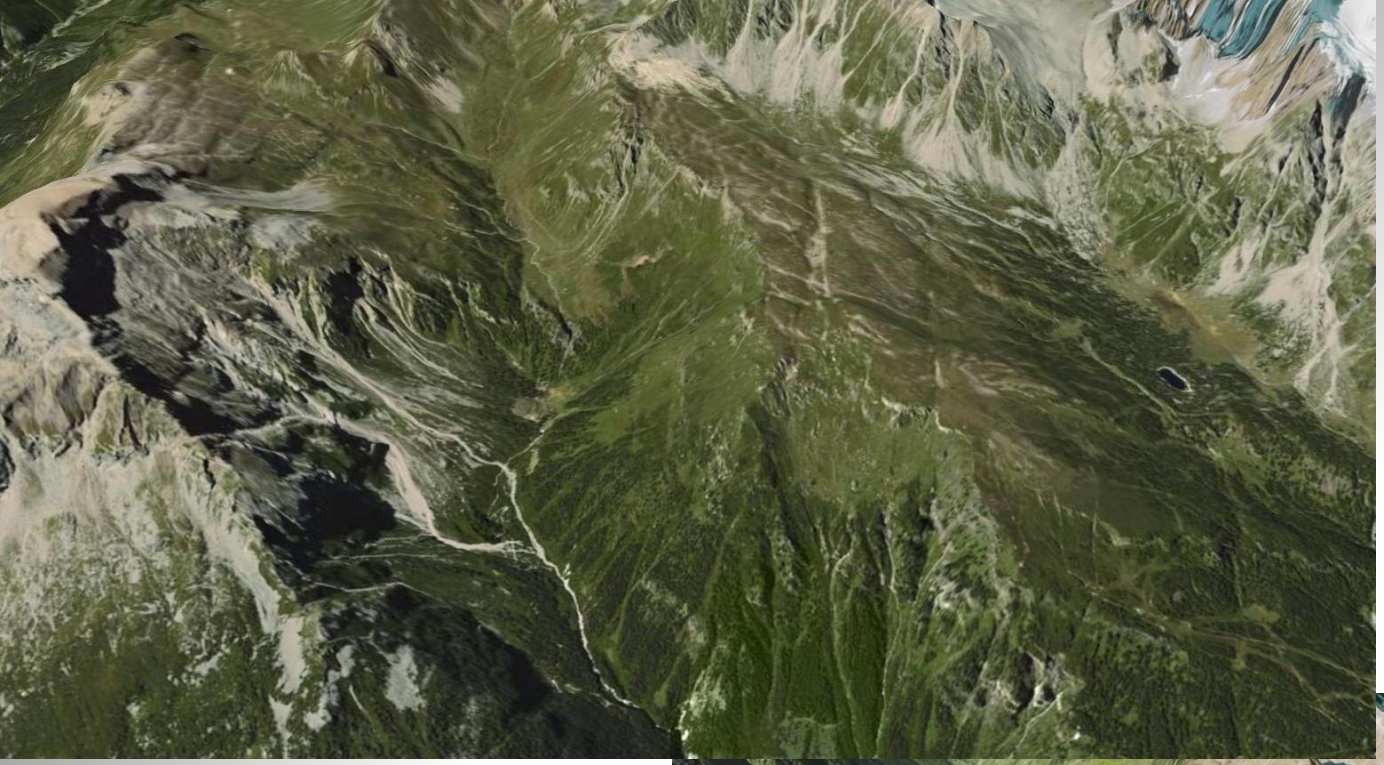
E

GRANDI DIGHE



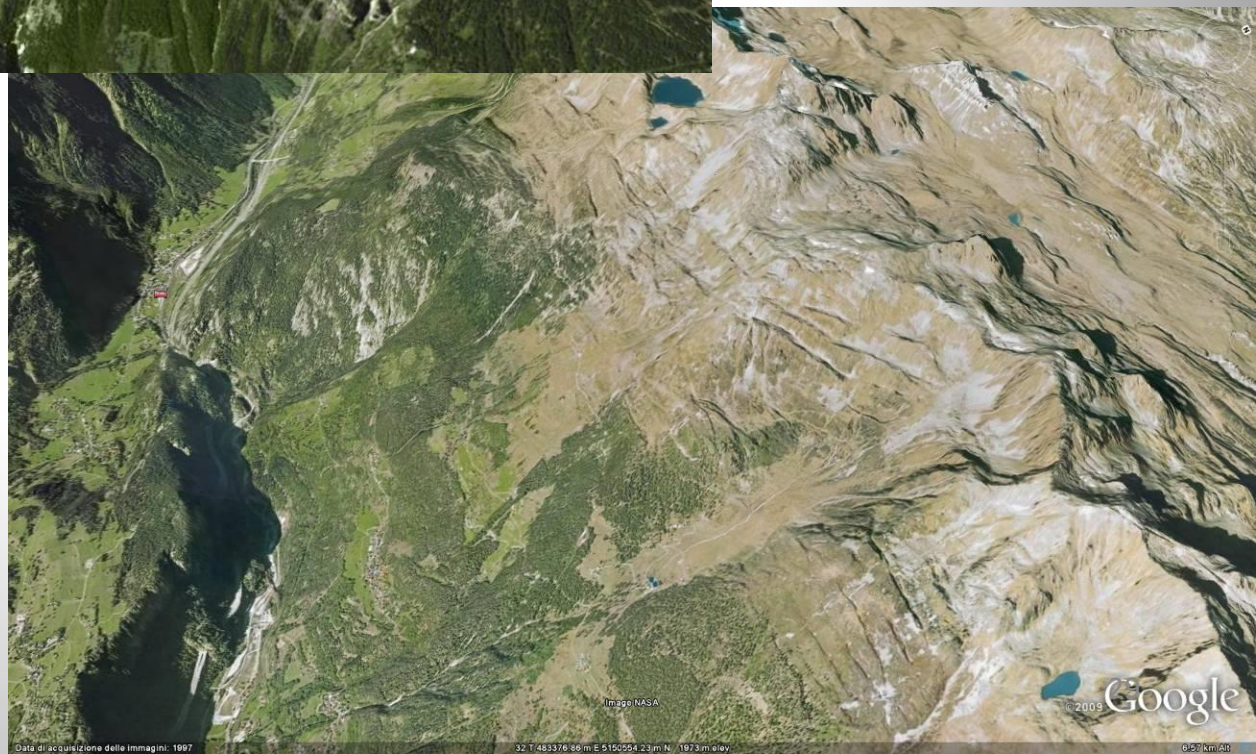


Velocità	**Da veloce a molto veloce**	**Da lenta a molto lenta (mm a cm/a)**
Tempo	**Molto corto (<< anno)**	**Molto lungo (> 5000 a)**
Dimensione	**Da piccola a media**	**Da grande a molto grande (>> 10 kmq)**
Interazione con gli agenti geomorfologici	**Puntuale e limitata**	**Molto complessa, lunga e differenziata**
Interazione con le infrastrutture	**Brusca e limitata nel tempo**	**Molto lunga ed articolata, possibile coesistenza**



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

Le DGPV generalmente non scompaginano completamente l'ordine litotettonico del basamento coinvolto

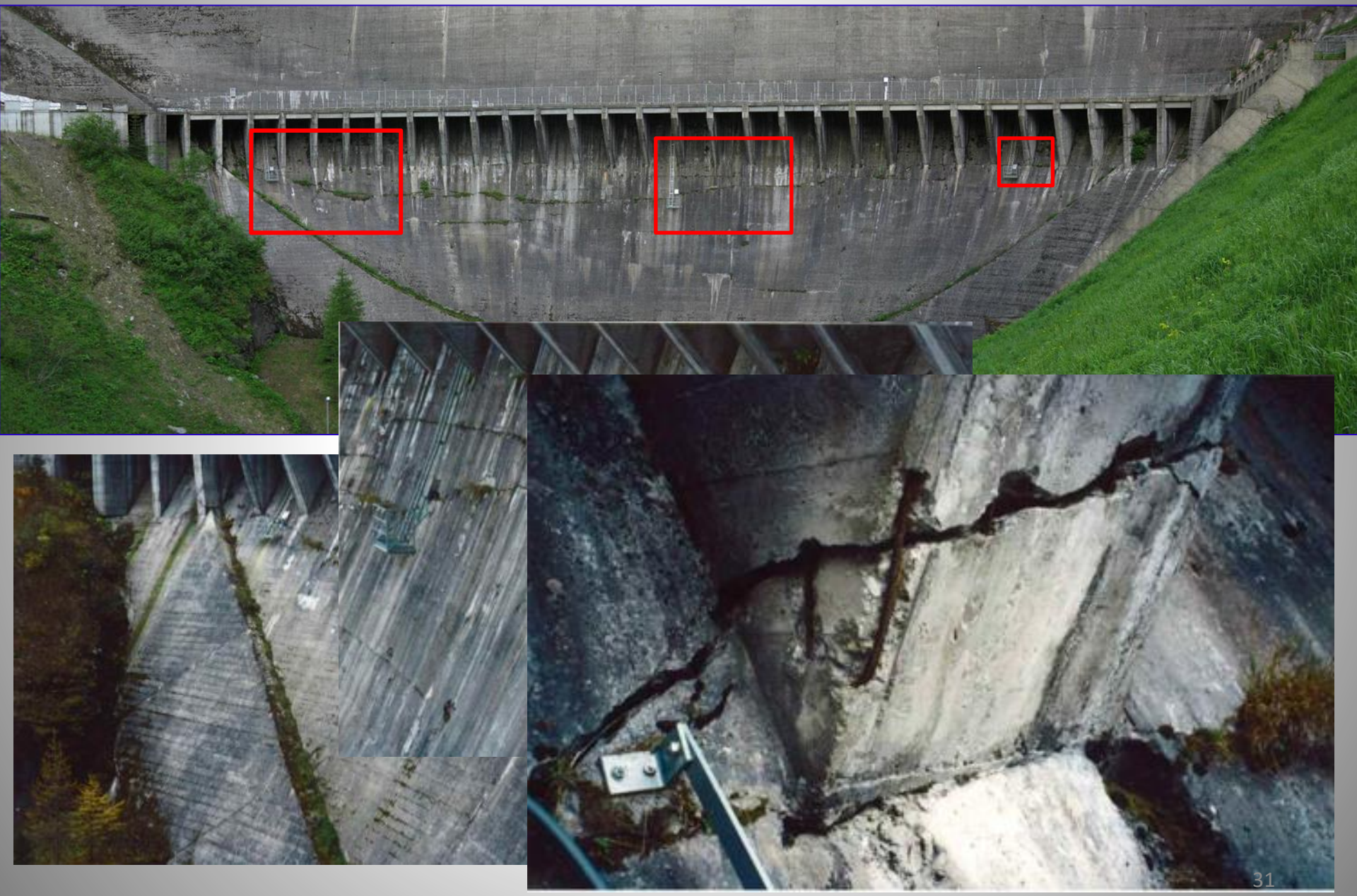


La DGPV del versante sinistro di Beauregard (AO)

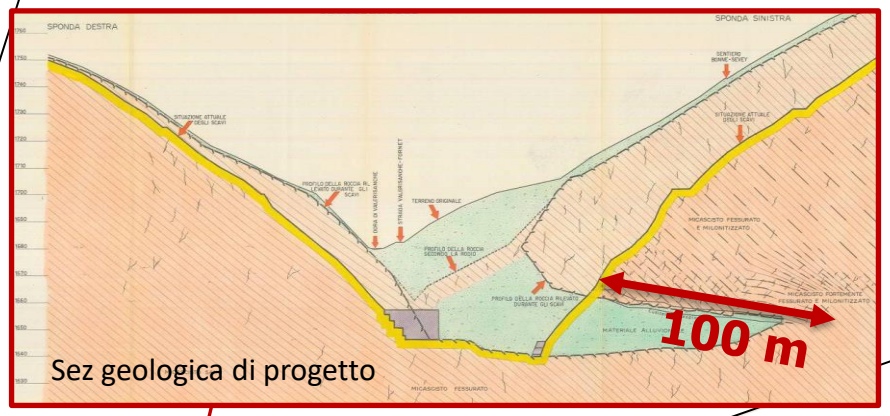


Diga ad arco-gravità a doppia curvatura (H = 107m, V_{inv}= 75Mm^3) lesionata a partire dal primo invaso sperimentale (1957) per accelerazione della DGPV, non riconosciuta all'epoca della progettazione.

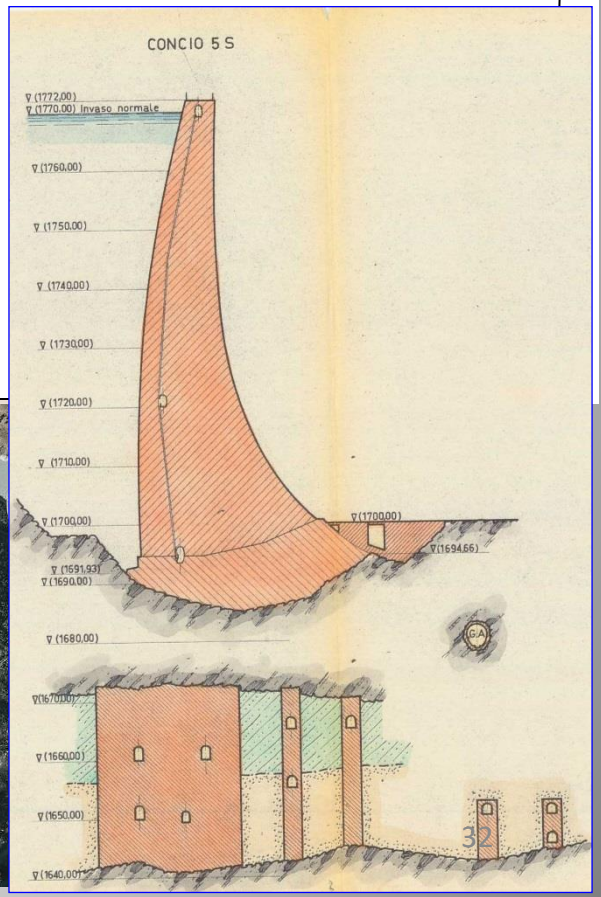
La DGPV del versante sinistro di Beauregard (AO) – Lesioni della diga



Indicazioni sugli spostamenti totali della DGPV (G. Martinotti)



Sez geologica di progetto



Velocità medie di spostamento 0.3-1.3 cm/a
Volume stimato >>200 milioni di m³

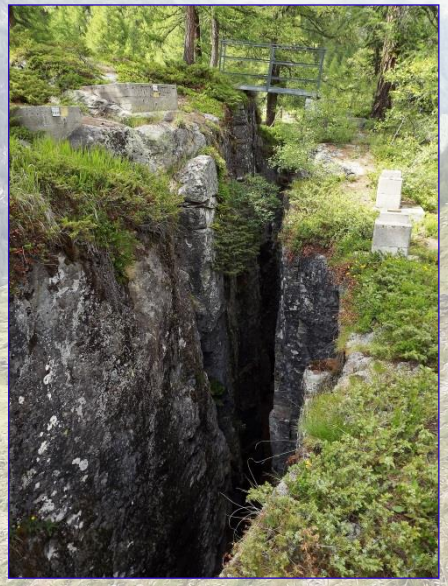
Complesso di Leverogne (basamento ercinico)
Micascisti quarzosi e paragneiss

DGPV del versante sinistro di Beauregard (AO)

monitoraggio per una migliore definizione del fenomeno:

-Topografia di precisione, GPS

- Inclinometri
- Pendoli sia in corpo diga che nel versante
- Interferometria laser da terra e da satellite
- Piezometri



disponibilià di:

- Gallerie
- Sondaggi profondi
- Rilievi sismici profondi

