

Progettazione, gestione e
manutenzione delle opere
di sbarramento

*Presentazione di attività e
figure professionali a
neolaureati e studenti di
Ingegneria*

Nove – San Florano (TV)

Centrale Enel,
Mercoledì 22 Maggio 2019



Verifiche sismiche delle dighe: dal *semplice* al complesso

PhD. Eng. Giulia Buffi

Romagna Acque - Società delle Fonti S.p.A.



Iraq-Iran earthquake

Hundreds of people killed in the quake

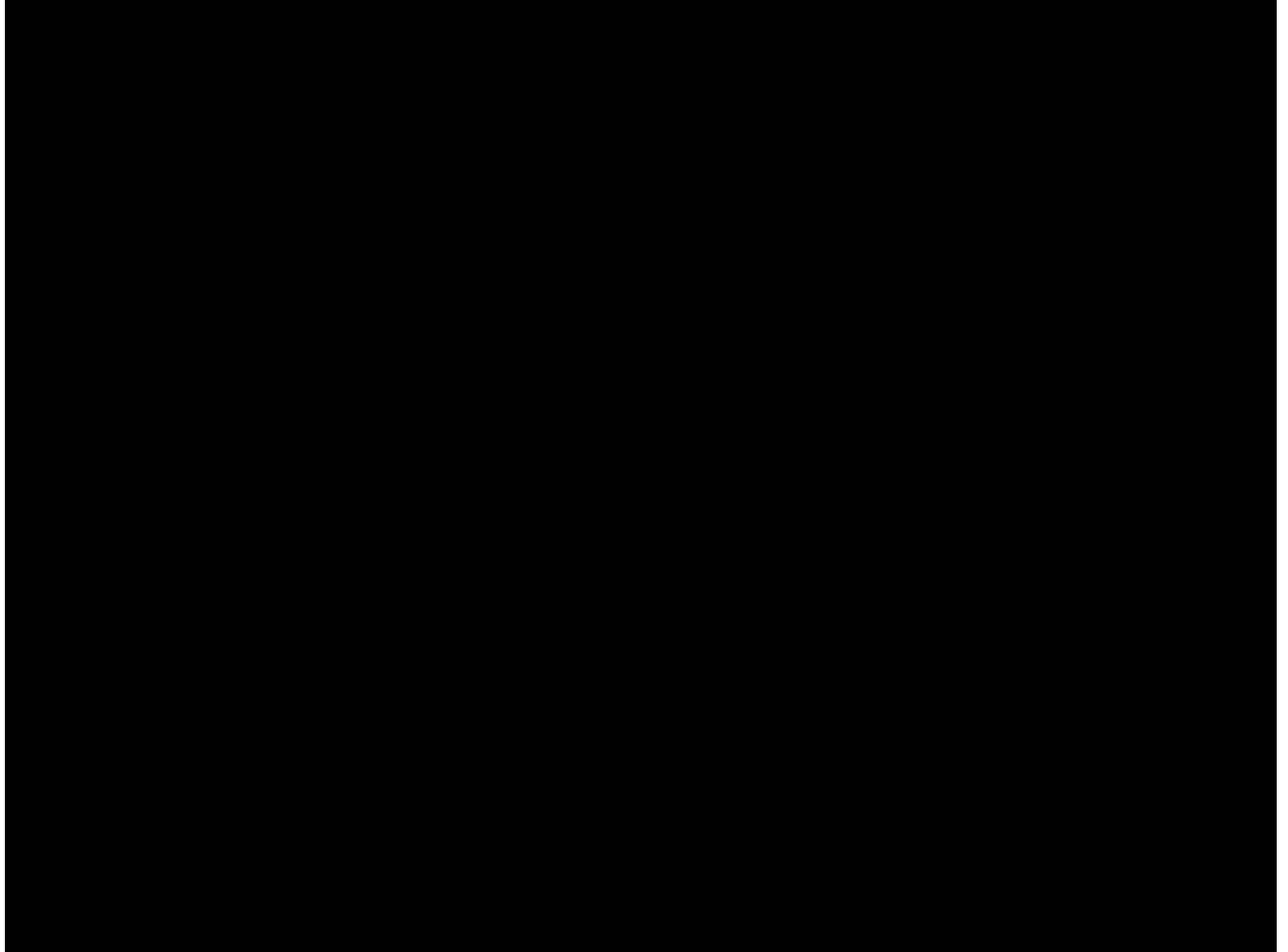


Source: USGS.gov
© AFP

- Diga in Rockfill con nucleo centrale in argilla;
- coronamento 445m;
- massima altezza 128m;
- capacità 3 miliardi di metri cubi.

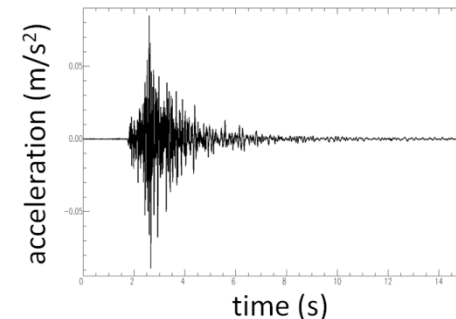
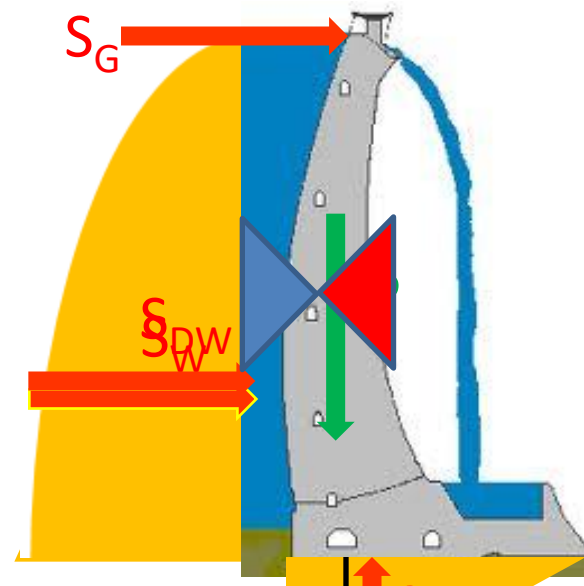


PUKmedia - Patriotic Union of
Kurdistan
www.pukmedia.com



I principali carichi che agiscono su una struttura di ritenuta in condizioni statiche e dinamiche sono:

- Peso proprio;
- Spinta idrostatica;
- Carico termico;
- Sottopressioni;
- Spinta del ghiaccio;
- Accelerazione inerziale dovuta al moto sismico del suolo;
- Spinta idrodinamica.



La principale **legislazione** attualmente in vigore in **Italia** su progetto, costruzione e verifica di **dighe** include:

- Prima Parte del **D.P.R. 1363/1959** – normativa generale su progetto, costruzione e gestione di dighe;
- **D.P.C.M. 3274/2003** e **D.L. 79/2004** – forniscono nuovi criteri di classificazione sismica e richiedono le conseguenti verifiche per le grandi dighe;
- **D.M. 26.06.2014** (N.T.D. 2014) – traspone il D.M. 14.01.2008 (N.T.C. 2008), la Circolare 617/2009 e le normative del punto precedente al campo delle dighe ;
- **D.M. 17.01.2018** (N.C.T. 2018).

Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n. 42 del 20 febbraio 2018 - Serie generale

Sped. abb. post. - art. 1, comma 1
Legge 27-02-2004, n. 46 - Filiale di Roma

GAZZETTA UFFICIALE
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA
Roma - Martedì, 20 febbraio 2018
SI PUBBLICA TUTTI I GIORNI NON FESTIVI
DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARDEVITA, 15 - 00187 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARA, 641 - 00198 ROMA - CENTRALINO 06-8001 - LUNEDÌ DELLO STATO
PIAZZA S. VINCENZO, 1 - 00187 ROMA

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE
E DEI TRASPORTI**

DECRETO 17 gennaio 2018.

Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».

8-7-2014

GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA

Serie generale - n. 156

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE
E DEI TRASPORTI**

DECRETO 26 giugno 2014.

Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traversi).

**IL MINISTRO DELLE INFRASTRUTTURE
E DEI TRASPORTI**

DEI CONCRETI CON
IL MINISTRO DELL'INTERNO

E
**IL CAPO DEL DIPARTIMENTO
DELLA PROTEZIONE CIVILE**

N. 8

Vista la legge 2 febbraio 1974, n. 64, recante provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche ed in particolare l'art. 1, comma 3 lettera d) che prevede l'emanazione di norme tecniche relative ai criteri generali e precisazioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo di opere speciali, quali ponti, dighe, serbatoi, tubazioni, porti, costruzioni prefabbricate in genere, acquedotti, fognature;

Vista la legge 21 giugno 1986, n. 317, recante «Procedura di informazione nel settore delle norme e regolamentazioni tecniche delle regole relative ai servizi della società dell'informazione in attuazione della direttiva 98/34/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 22 giugno 1998, modificata dalla direttiva 98/48/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 luglio 1998»;

Visto il decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112, recante conferimento di funzioni e compiti amministrativi allo Stato, alle regioni e agli enti locali in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59;

Visto il decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;

Visto il decreto-legge 29 marzo 2004, n. 79, convertito con modificazioni dalla legge 28 maggio 2004, n. 139, ed in particolare l'art. 4 recante disposizioni in materia di valutazione delle condizioni di sicurezza delle grandi dighe;

Visto il decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, convertito con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n. 186, ed in particolare l'art. 5, comma 1, che prevede la redazione, da parte del Consiglio superiore dei lavori pubblici, di concerto con il Dipartimento della protezione civile,

di normative tecniche, anche per la verifica sismica ed idraulica, relative alle costruzioni, nonché per la progettazione, la costruzione e l'adeguamento, anche sismico ed idraulico, delle dighe di ritenuta, dei ponti e delle opere di fondazione e sostegno dei terreni, per assicurare uniformi livelli di sicurezza;

Considerato che, ai sensi del comma 1 dell'art. 5 del predetto decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, «ai fini dell'emanazione delle norme tecniche per la progettazione, la costruzione e l'adeguamento, anche sismico ed idraulico, delle dighe di ritenuta, il Ministro delle infrastrutture e dei trasporti acquisisce il parere tecnico del Registro Italiano Dighe», ora Direzione generale per le dighe, le infrastrutture idriche ed elettriche del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti;

Considerato che il comma 2 del predetto art. 5 prevede che le norme tecniche di cui al comma 1 siano emanate con le procedure di cui all'art. 52 del T.U. delle disposizioni legislative e regolamenti in materia di edilizia di cui al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, di concerto con il Dipartimento della Protezione Civile;

Considerato che l'art. 52 del citato decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, dispone che in tutti i comuni della Repubblica le costruzioni sia pubbliche sia private debbono essere realizzate in osservanza delle norme tecniche riguardanti i vari elementi costruttivi fissate con decreti del Ministro per le infrastrutture e dei trasporti, di concerto con il Ministro dell'Interno qualora le norme tecniche riguardino costruzioni in zone sismiche;

Visto l'art. 14-undecies del decreto-legge 30 giugno 2005, n. 115, convertito, con modificazioni, in legge 17 agosto 2005, n. 168, che inserisce il comma 2-bis all'art. 5 del citato decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n. 186, il quale prevede che «al fine di avviare una fase sperimentale di applicazione delle norme tecniche di cui al comma 1, è consentita, per un periodo di diciotto mesi dalla data di entrata in vigore delle stesse, la possibilità di applicazione, in alternativa, della normativa precedente sulla medesima materia, di cui alla legge 5 novembre 1971, n. 1086, e alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, e relative norme di attuazione, fatte salve, comunque, quanto previsto dall'applicazione del regolamento di cui al decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246»;

Visto il decreto 24 marzo 1982 del Ministro dei lavori pubblici «Norme tecniche per la progettazione e la costruzione delle dighe di sbarramento»;

— 20 —



I quattro Stati Limite, Stato Limite di Operatività (SLO), Stato Limite di Danno (SLD), Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), Stato Limite di Collasso (SLC), definiscono l'entrata e l'uscita da ognuna delle seguenti condizioni:

1. normale operatività;
2. danni riparabili, senza rilascio di acqua incontrollato;
3. danni non riparabili, senza il rilascio incontrollato di acqua;
4. danni che determinano il rilascio incontrollato di acqua, o ogni altro rischio di perdite di vite umane;
5. collasso della struttura.

Combinazioni di Carico

Fondamentale (SLU)

$$Y_{G1} \cdot G_1 + Y_{G2} \cdot G_2 + Y_{Q1} \cdot Q_{k1} + Y_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Eccezionale (SLU)

$$G_1 + G_2 + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Sismica (SLU e SLE)

$$E + G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Caratteristica (rara)(SLE irreversibile)

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Frequente (SLE reversibile)

$$G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Quasi permanente (SLE lungo termine)

$$G_1 + G_2 + \psi_{12} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

La verifica a carico limite della fondazione (o della struttura) deve essere eseguita con l'approccio 1 (combinazione A1+M1+R1 o combinazione A2+M2+R2) o con l'approccio 2 (combinazione A1+M1+R3).

Note: i coefficienti R1 sono pari all'unità.

La verifica a scorrimento (e ribaltamento) deve essere eseguita secondo la combinazione (A1+M1+R3) dell'approccio 2.

$$E_d \leq R_d$$

$$E_d = [\gamma^{(s)}_{A1}] \cdot S_w$$

$$R_d = 1/[\gamma_R] \cdot \{[\gamma^{(f)}_{A1}] \cdot P \cdot \text{tg}\phi'_{d_interface}\}$$

$$[\gamma^{(s)}_A] \cdot S_w \leq 1/[\gamma_R] \cdot \{[\gamma^{(f)}_{A1}] \cdot P \cdot \text{tg}\phi'_{d_interface}\}$$

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

[D.2.2.1] N.T.D. 2014:

$\gamma_R=1.00$ fase di costruzione

$\gamma_R=1.15$ livello di massima regolazione

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

La normativa italiana N.T.C.2018 in accordo con l'Eurocodice 8 suggerisce 3 differenti metodi per la definizione dell'**input sismico**, a cui sono associate 3 differenti procedure di analisi, lineare (statica o dinamica) o non lineare (statica o dinamica):

- **Azione Sismica Statica Equivalente** (Analisi Elastiche Lineari, i.e. Analisi Pseudo-Statica);
- **Spettro di Risposta di Progetto** (Analisi Lineare/Non-lineare, Elastica/Inelastica, Dinamica/Statica, i.e. Analisi Modale, Analisi Pushover);
- **Accelerazioni Time History** (Analisi Lineare/Non-lineare, Elastica/Inelastica, Dinamica/Statica, i.e. Analisi Dinamiche Elastiche Lineari, Analisi Time-History con danneggiamento plastico).

In aggiunta alle forze statiche equivalenti, la spinta idrodinamica deve essere considerata secondo una distribuzione parabolica,

$$p = a \cdot \rho \cdot c \cdot y_0$$

$$F_h = S_e(T_1) \cdot W$$

dove,

$$F_v = S_{ve}(T=0) = a_{vmax} ; F_v = S_{ve}(T_1) \cdot W$$

a = massima accelerazione orizzontale

ρ = massa per unità di volume dell'acqua

y_0 = livello dell'acqua durante evento sismico

$$c = c_m/2 \cdot \{y/y_0 \cdot (2 - y/y_0) + [y/y_0 \cdot (2 - y/y_0)]^{(1/2)}\}$$

y = livello dell'acqua durante evento sismico – riferimento

$c_m = -0.0073 \alpha + 0.7412$, α angolo inclinazione del paramento di monte.

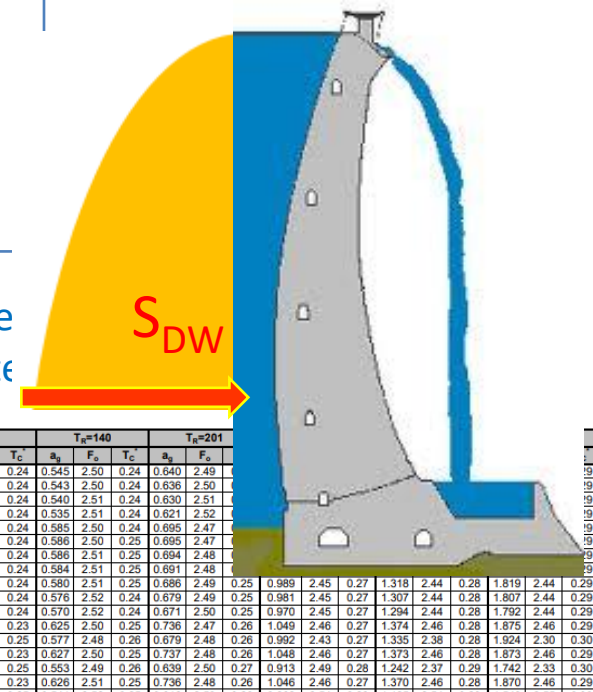
a_g è la massima accelerazione orizzontale su suolo di riferimento rigido;
 F_0 è il massimo valore del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione;
 T^*_c è il periodo di riferimento dell'inizio del tratto a velocità costante orizzontale.

$a_g, F_0, T^*_c = f$ (Stato Limite; Tipo di Struttura; Sito)

azione statica equivalente, a struttura:

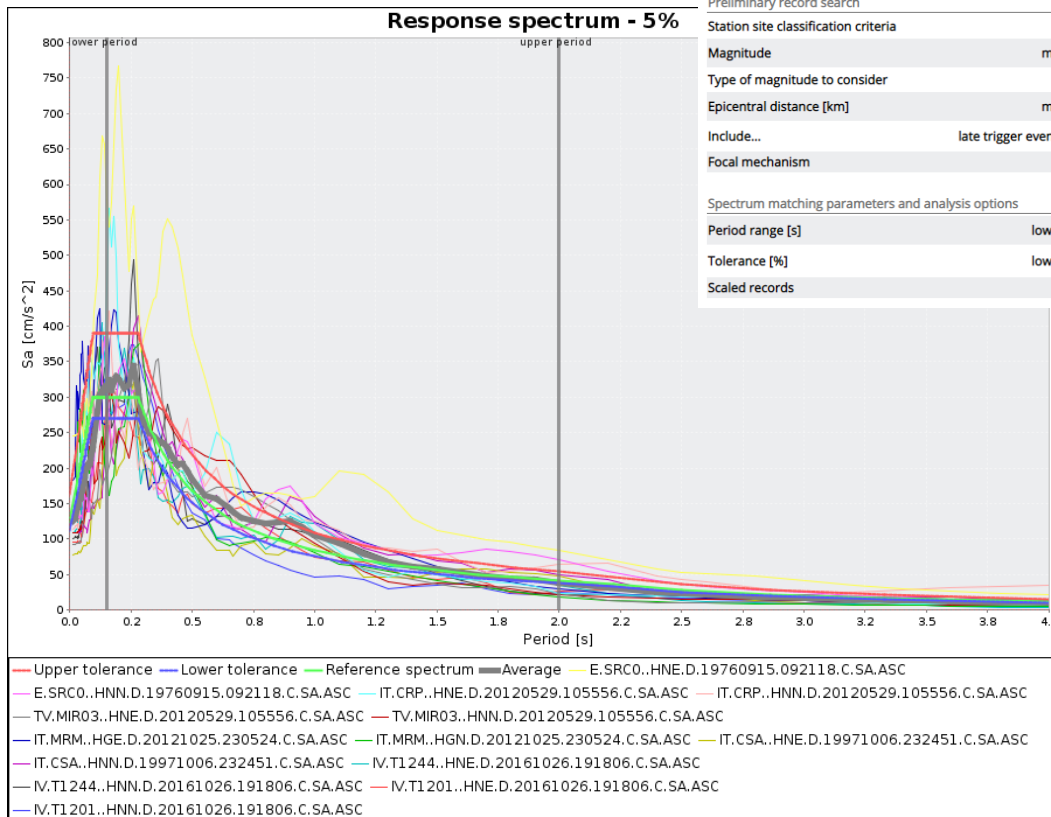
Direction	x	y	z
Concurrence Factors	1	0.3	0.3
	0.3	1	0.3
	0.3	0.3	1

vello di invaso e l'interazione



ID	LON	LAT	T _e =30			T _e =50			T _e =72			T _e =101			T _e =140			T _e =201		
			a _g	F ₀	T _c	a _g	F ₀	T _c	a _g	F ₀	T _c	a _g	F ₀	T _c	a _g	F ₀	T _c	a _g	F ₀	T _c
13111	6.5448	45.134	0.263	2.50	0.18	0.340	2.51	0.21	0.394	2.55	0.22	0.469	2.49	0.24	0.545	2.50	0.24	0.640	2.49	0.29
13333	6.5506	45.085	0.264	2.49	0.18	0.341	2.51	0.21	0.395	2.55	0.22	0.469	2.49	0.24	0.543	2.50	0.24	0.636	2.50	0.29
13555	6.5564	45.035	0.264	2.50	0.18	0.340	2.51	0.20	0.393	2.55	0.22	0.466	2.50	0.24	0.540	2.51	0.24	0.630	2.51	0.29
13777	6.5621	44.985	0.263	2.50	0.18	0.338	2.52	0.20	0.391	2.55	0.22	0.462	2.51	0.24	0.535	2.51	0.24	0.621	2.52	0.29
12890	6.6096	45.188	0.284	2.46	0.19	0.364	2.51	0.21	0.431	2.50	0.22	0.509	2.48	0.24	0.585	2.50	0.24	0.695	2.47	0.29
13112	6.6153	45.139	0.286	2.46	0.19	0.366	2.51	0.21	0.433	2.50	0.22	0.511	2.48	0.24	0.586	2.50	0.25	0.695	2.47	0.29
13334	6.621	45.089	0.288	2.46	0.19	0.367	2.51	0.21	0.434	2.50	0.22	0.511	2.49	0.24	0.586	2.51	0.25	0.694	2.48	0.29
13556	6.6268	45.039	0.288	2.46	0.19	0.367	2.51	0.21	0.433	2.51	0.22	0.510	2.49	0.24	0.584	2.51	0.25	0.691	2.48	0.29
13778	6.6325	44.989	0.288	2.46	0.19	0.366	2.52	0.21	0.430	2.51	0.22	0.507	2.50	0.24	0.580	2.51	0.25	0.686	2.49	0.29
14000	6.6383	44.939	0.286	2.47	0.19	0.363	2.52	0.21	0.426	2.52	0.22	0.502	2.50	0.24	0.576	2.52	0.24	0.679	2.49	0.29
14222	6.6439	44.889	0.284	2.47	0.19	0.360	2.53	0.21	0.421	2.53	0.22	0.497	2.50	0.24	0.570	2.52	0.24	0.671	2.50	0.29
12891	6.6803	45.192	0.306	2.43	0.20	0.389	2.50	0.21	0.467	2.47	0.23	0.544	2.49	0.23	0.625	2.50	0.25	0.736	2.47	0.28
10228	6.6826	45.794	0.283	2.42	0.20	0.364	2.46	0.22	0.430	2.46	0.24	0.505	2.44	0.25	0.577	2.48	0.26	0.679	2.48	0.26
13113	6.686	45.143	0.309	2.43	0.20	0.391	2.51	0.21	0.470	2.47	0.23	0.546	2.49	0.23	0.627	2.50	0.25	0.737	2.48	0.26
10450	6.6885	45.745	0.278	2.44	0.20	0.356	2.48	0.22	0.415	2.50	0.23	0.485	2.47	0.25	0.553	2.49	0.26	0.639	2.50	0.27
13335	6.6915	45.093	0.310	2.43	0.20	0.392	2.51	0.21	0.470	2.48	0.23	0.546	2.50	0.23	0.626	2.51	0.25	0.736	2.48	0.26
10229	6.6923	45.695	0.278	2.45	0.20	0.354	2.49	0.22	0.412	2.49	0.23	0.483	2.48	0.25	0.551	2.49	0.26	0.635	2.50	0.27
10451	6.6931	45.746	0.278	2.44	0.20	0.356	2.48	0.22	0.415	2.50	0.23	0.485	2.47	0.25	0.553	2.49	0.26	0.639	2.50	0.27
13336	6.6939	45.093	0.310	2.43	0.20	0.392	2.51	0.21	0.470	2.48	0.23	0.546	2.50	0.23	0.626	2.51	0.25	0.736	2.48	0.26
10230	6.6947	45.695	0.278	2.45	0.20	0.354	2.49	0.22	0.412	2.49	0.23	0.483	2.48	0.25	0.551	2.49	0.26	0.635	2.50	0.27
10452	6.6955	45.746	0.278	2.44	0.20	0.356	2.48	0.22	0.415	2.50	0.23	0.485	2.47	0.25	0.553	2.49	0.26	0.639	2.50	0.27
13337	6.6963	45.093	0.310	2.43	0.20	0.392	2.51	0.21	0.470	2.48	0.23	0.546	2.50	0.23	0.626	2.51	0.25	0.736	2.48	0.26
10231	6.6971	45.695	0.278	2.45	0.20	0.354	2.49	0.22	0.412	2.49	0.23	0.483	2.48	0.25	0.551	2.49	0.26	0.635	2.50	0.27
10453	6.6979	45.746	0.278	2.44	0.20	0.356	2.48	0.22	0.415	2.50	0.23	0.485	2.47	0.25	0.553	2.49	0.26	0.639	2.50	0.27
13338	6.6987	45.093	0.310	2.43	0.20	0.392	2.51	0.21	0.470	2.48	0.23	0.546	2.50	0.23	0.626	2.51	0.25	0.736	2.48	0.26
10232	6.6995	45.695	0.278	2.45	0.20	0.354	2.49	0.22	0.412	2.49	0.23	0.483	2.48	0.25	0.551	2.49	0.26	0.635	2.50	0.27
10454	6.6995	45.746	0.278	2.44	0.20	0.356	2.48	0.22	0.415	2.50	0.23	0.485	2.47	0.25	0.553	2.49	0.26	0.639	2.50	0.27
13339	6.7003	45.093	0.310	2.43	0.20	0.392	2.51	0.21	0.470	2.48	0.23	0.546	2.50	0.23	0.626	2.51	0.25	0.736	2.48	0.26
10233	6.7011	45.695	0.278	2.45	0.20	0.354	2.49	0.22	0.412	2.49	0.23	0.483	2.48	0.25	0.551	2.49	0.26	0.635	2.50	0.27
10455	6.7011	45.746	0.278	2.44	0.20	0.356	2.48	0.22	0.415	2.50	0.23	0.485	2.47	0.25	0.553	2.49	0.26	0.639	2.50	0.27
13340	6.7019	45.093	0.310	2.43	0.20	0.392	2.51	0.21	0.470	2.48	0.23	0.546	2.50	0.23	0.626	2.51	0.25	0.736	2.48	0.26
10234	6.7027	45.695	0.278	2.45	0.20	0.354	2.49	0.22	0.412	2.49	0.23	0.483	2.48	0.25	0.551	2.49	0.26	0.635	2.50	0.27
10456	6.7027	45.746	0.278	2.44	0.20	0.356	2.48	0.22	0.415	2.50	0.23	0.485	2.47	0.25	0.553	2.49	0.26	0.639	2.50	0.27
13341	6.7035	45.093	0.310	2.43	0.20	0.392	2.51	0.21	0.470	2.48	0.23	0.546	2.50	0.23	0.626	2.51	0.25	0.736	2.48	0.26
10235	6.7043	45.695	0.278	2.45	0.20	0.354	2.49	0.22	0.412	2.49	0.23	0.483	2.48	0.25	0.551	2.49	0.26	0.635	2.50	0.27
10457	6.7043	45.746	0.278	2.44	0.20	0.356	2.48	0.22	0.415	2.50	0.23	0.485	2.47	0.25	0.553	2.49	0.26	0.639	2.50	0.27
13342	6.7051	45.093	0.310	2.43	0.20	0.392	2.51	0.21	0.470	2.48	0.23	0.546	2.50	0.23	0.626	2.51	0.25	0.736	2.48	0.26
10236	6.7059	45.695	0.278	2.45	0.20	0.354	2.49	0.22	0.412	2.49	0.23	0.483	2.48	0.25	0.551	2.49	0.26	0.635	2.50	0.27
10458	6.7059	45.746	0.278	2.44	0.20	0.356	2.48	0.22	0.415	2.50	0.23	0.485	2.47	0.25	0.553	2.49	0.26	0.639	2.50	0.27
13343	6.7067	45.093	0.310	2.43	0.20	0.392	2.51	0.21	0.470	2.48	0.23	0.546	2.50	0.23	0.626	2.51	0.25	0.736	2.48	0.26
10237	6.7075	45.695	0.278	2.45	0.20	0.354	2.49	0.22	0.412	2.49	0.23	0.483	2.48	0.25	0.551	2.49	0.26	0.635	2.50	0.27
10459	6.7075	45.746	0.278	2.44	0.20	0.356	2.48	0.22	0.415	2.50	0.23	0.485	2.47	0.25	0.553	2.49	0.26	0.639	2.50	0.27
13344	6.7083	45.093	0.310	2.43	0.20	0.392	2.51	0.21	0.470	2.48	0.23	0.546	2.50	0.23	0.626	2.51	0.25	0.736	2.48	0.26
10238	6.7091	45.695	0.278	2.45	0.20	0.354	2.49	0.22	0.412	2.49	0.23	0.483	2.48	0.25	0.551	2.49	0.26	0.635	2.50	0.27
10460	6.7091	45.746	0.278	2.44	0.20	0.356	2.48	0.22	0.415	2.50	0.23	0.485	2.47	0.25	0.553	2.49	0.26	0.639	2.50	0.27
13345	6.7099	45.093	0.310	2.43	0.20	0.392	2.51	0.21	0.470	2.48	0.23	0.546	2.50	0.23	0.626	2.51	0.25	0.736	2.48	0.26
10239	6.7107	45.695	0.278	2.45	0.20	0.354	2.49	0.22	0.412	2.49	0.23	0.483	2.48	0.25	0.551	2.49	0.26	0.635	2.50	0.27
10461	6.7107	45.746	0.278	2.44	0.20	0.356	2.48	0.22	0.415	2.50	0.23	0.485	2.47	0.25	0.553	2.49	0.26	0.639	2.50	0.27
13346	6.7115	45.093	0.310	2.43	0.20	0.392	2.51	0.21	0.470	2.48	0.23	0.546	2.50	0.23	0.626	2.51	0.25	0.736	2.48	0.26
10240	6.7123	45.695	0.278	2.45	0.20	0.354	2.49	0.22	0.412	2.49	0.23	0.483	2.48	0.25	0.551	2.49	0.26	0.635	2.50	0.27
10462	6.7123	45.746	0.278	2.44	0.20	0.356	2.48	0.22	0.415	2.50	0.23	0.485	2.47	0.25	0.553	2.49	0.26	0.639	2.50	0.27
13347	6.7131	45.093	0.310	2.43	0.20	0.392	2.51	0.21	0.470	2.48	0.23	0.546	2.50	0.23	0.626	2.51	0.25	0.736	2.48	0.26
10241	6.7139	45.695	0.278	2.45	0.20	0.354	2.49	0.22	0.412	2.49	0.23	0.483	2.48	0.25	0.551	2.49	0.26	0.635	2.50	0.27
10463	6.7139	45.746	0.278	2.44	0.20	0.356	2.48	0.22	0.415	2.50	0.23	0.485	2.47	0.25	0.553	2.49	0.26	0.639	2.50	0.27
13348	6.7147	45.093	0.310	2.43	0.20	0.392	2.51	0.21	0.470	2.48	0.23	0.546	2.50	0.23	0.626	2.51	0.25	0.736	2.48	0.26
10242	6.7155	45.695	0.278	2.45	0.20	0.354	2.49	0.22	0.412	2.49	0.23	0.483	2.48	0.25	0.551	2.49	0.26	0.635	2.50	0.27
10464	6.7155	45.746	0.278	2.44	0.20	0.356	2.48	0.22	0.415	2.50	0.23	0.485	2.47	0.25	0.553	2.49	0.26	0.639	2.50	0.27
13349	6.7163	45.093	0.310	2.43	0.20	0.392	2.51	0.21	0.470	2.48	0.23	0.546	2.50	0.23	0.626	2.51	0.25	0.736	2.48	0.26
10243	6.7171	45.695	0.278	2.45	0.20	0.354	2.49	0.22	0.412	2.49	0.23	0.483	2.48	0.25	0.551	2.49	0.26	0.635	2.50	0.27
10465	6																			

Luzi L, Pacor F, Puglia R (2017). *Italian Accelerometric Archive v 2.3*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Dipartimento della Protezione Civile Nazionale. doi: 10.13127/ITACA.2.3
<http://itaca.mi.ingv.it>

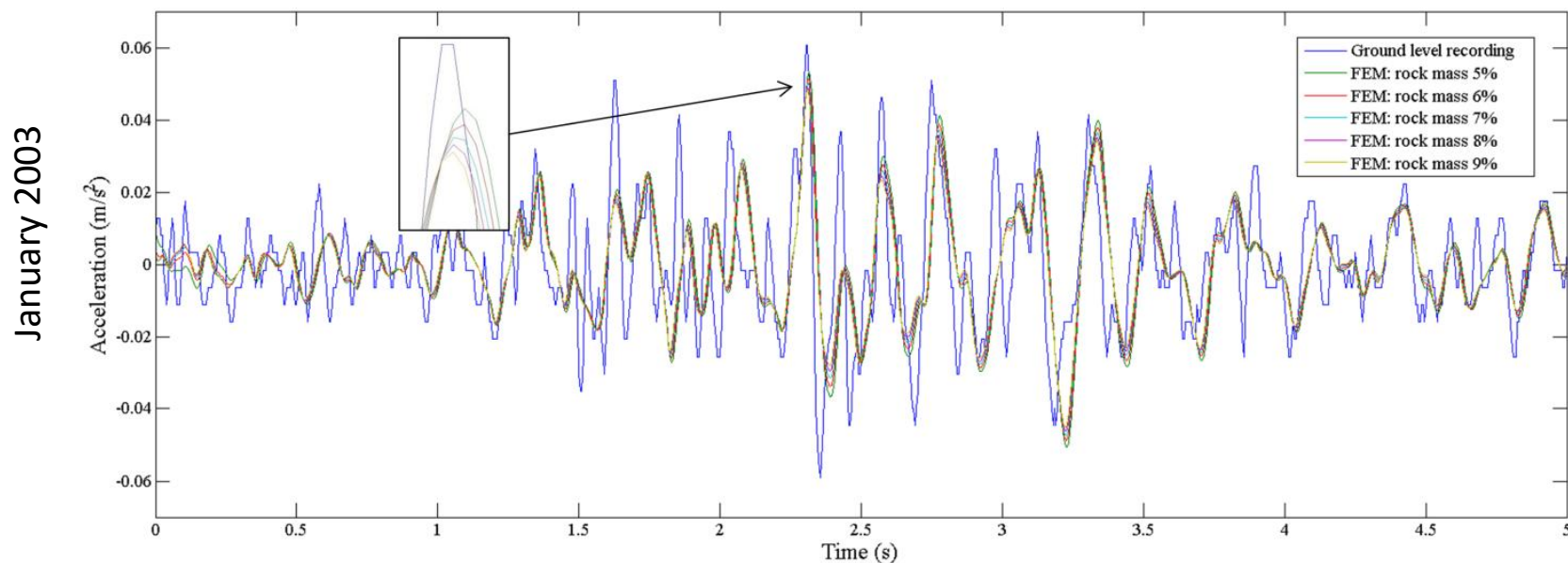
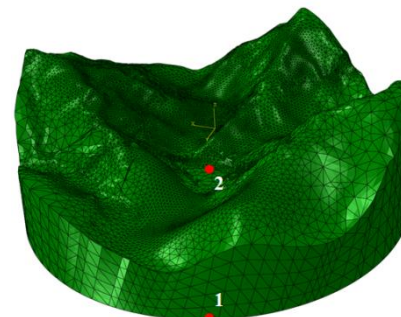
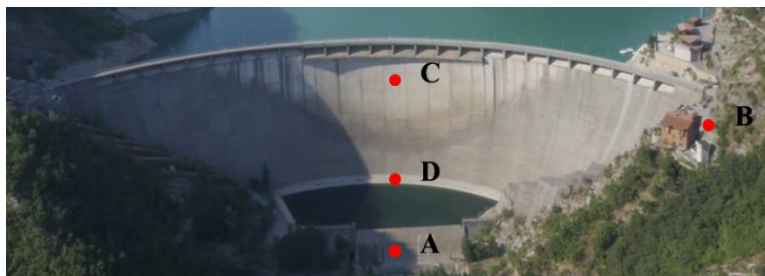


REXELite Record Selection

Session title	OLS	
Target spectrum		
Latitude [degrees]	43.87318	Longitude 11.83717
Site classification (EC8)	A	
Topography	T1 - flat surfaces, isolated cliffs and slopes with average slope angle not greater than 15°	
Nominal life [years]	100 years - important structures	
Building functional type	4 - strategic structures (Cu=2.0)	
Limit state probability	Operability (P=81%)	
Ground motion components	Two horizontal components	
Preliminary record search		
Station site classification criteria	A <input checked="" type="checkbox"/> A* <input checked="" type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> B* <input checked="" type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> C* <input checked="" type="checkbox"/> D <input checked="" type="checkbox"/> D* <input checked="" type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> E* <input checked="" type="checkbox"/>	
Magnitude	min 4	max 6.5
Type of magnitude to consider	Mw or Ml indifferently	
Epicentral distance [km]	min 0	max 50
Include...	late trigger events No	analog records Yes
Focal mechanism	Any mechanism	
Spectrum matching parameters and analysis options		
Period range [s]	lower 0.15	upper 2
Tolerance [%]	lower 10	upper 30
Scaled records	No	

- Spettri Elastici di Risposta (Spettri-NTC)
- Accelerazioni Time History (REXELite)

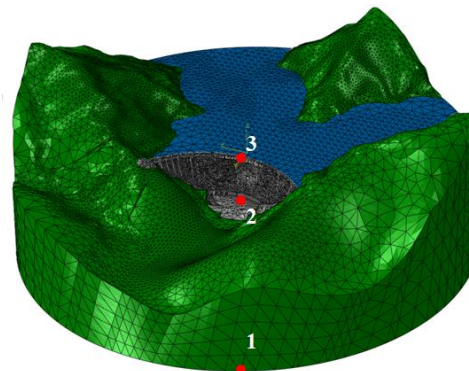
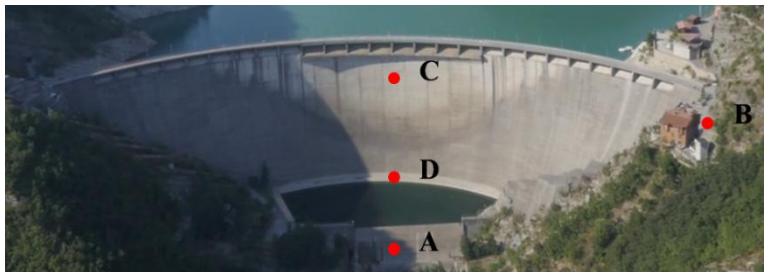
Calibrazione dei parametri di smorzamento alla Rayleigh – roccia di fondazione



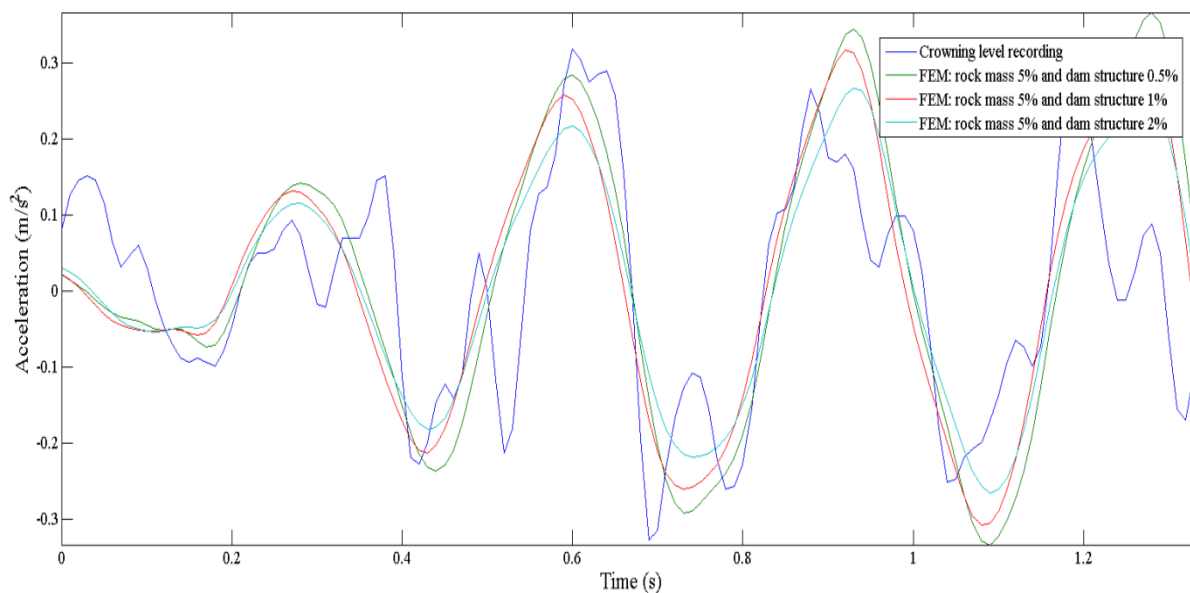
	Record	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
$a_{\text{RMS}}(\text{m/s}^2)$	0.0155	0.0137	0.0131	0.0126	0.0123	0.0119

	Record	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
$I_H \text{ (m)}$	0.0124	0.0096	0.0093	0.0092	0.0090	0.0089

Calibrazione dei parametri di smorzamento alla Rayleigh – corpo diga



January 2003

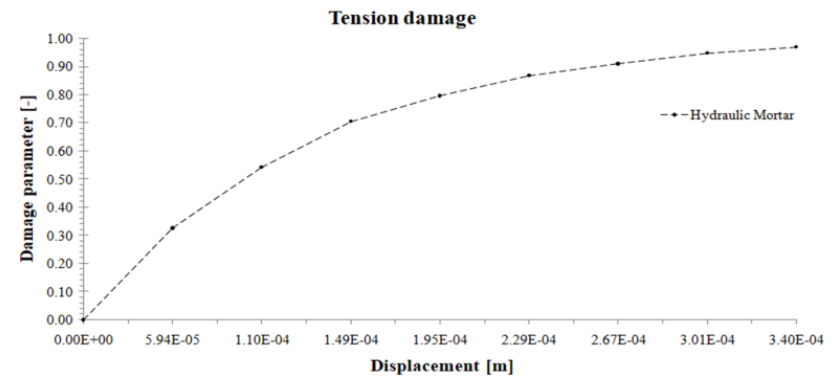
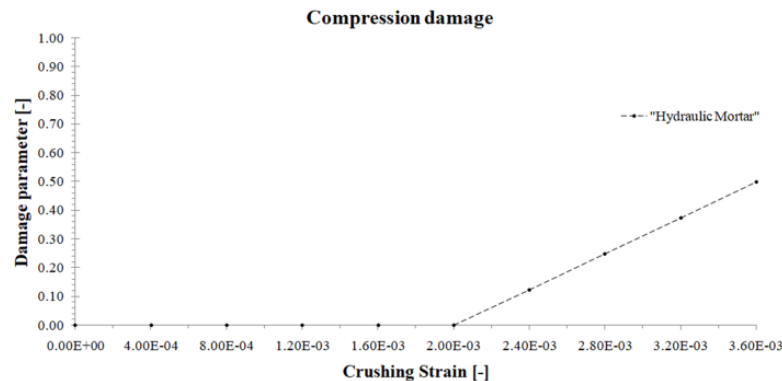
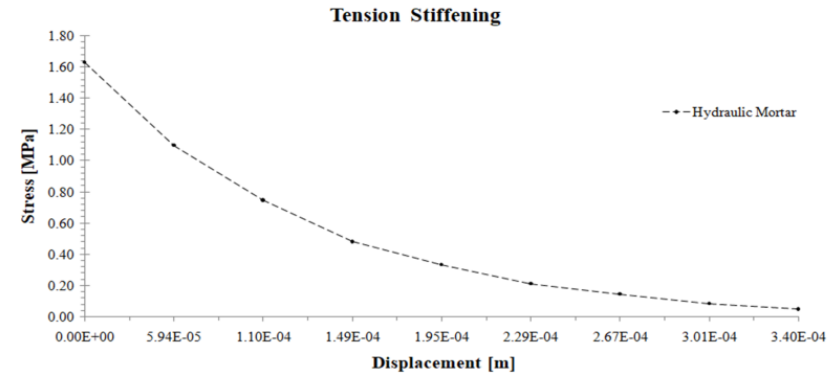
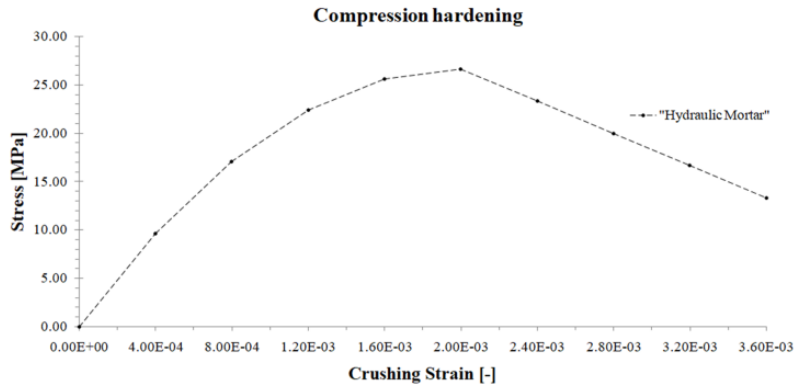


	Record	0.005	0.010	0.020
$a_{RMS}(m/s^2)$	0.1509	0.1882	0.1705	0.1444

	Record	0.005	0.010	0.020
$I_H (m)$	0.0530	0.0692	0.0623	0.0518

Modello CDP – Concrete Damaged Plasticity – per gli elementi giunti verticali

Parameters of CDP model							
β_d [°]	35	m	0.1	$f_y = f_{b0}/f_c$	1.16	K_I	0.667

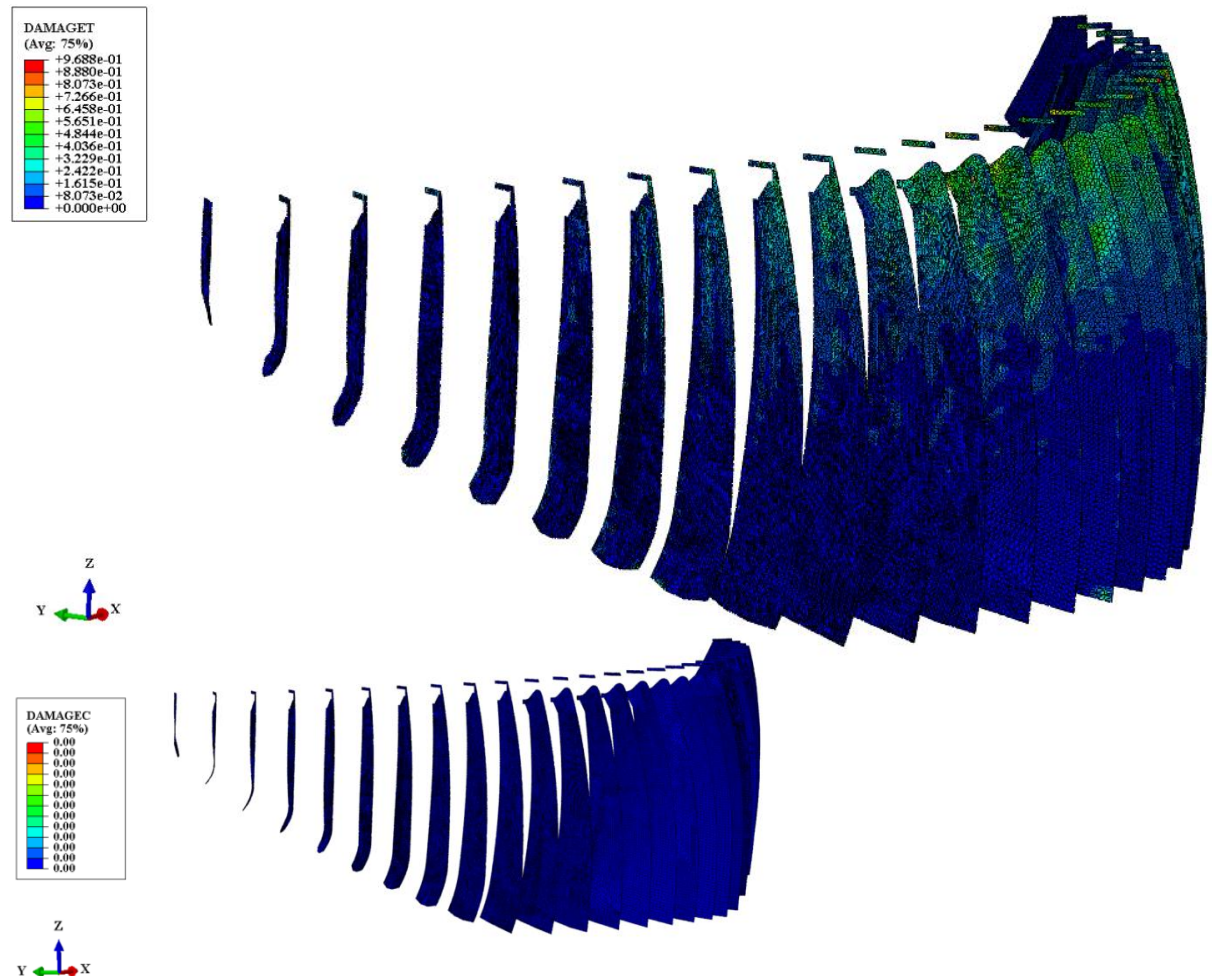


$$d_c = 1 - \frac{\sigma_c}{\sigma_{cu}}$$

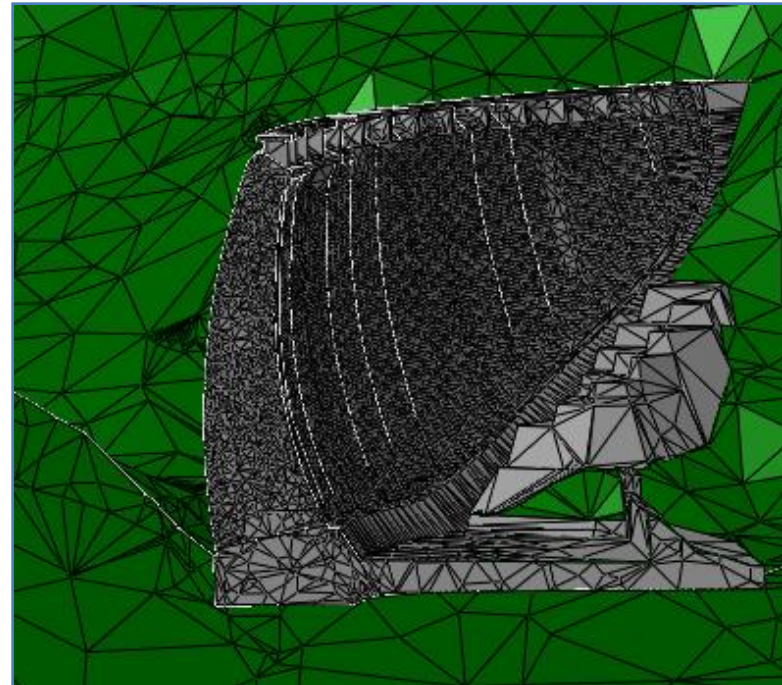
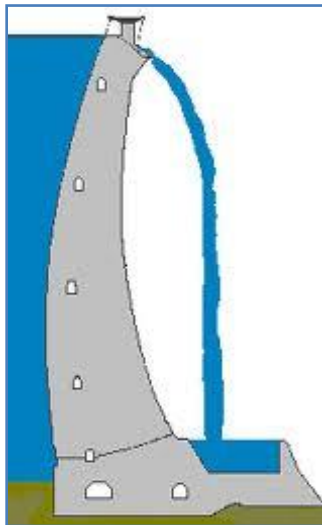
$$d_t = 1 - \frac{\sigma_t}{\sigma_{t0}}$$

Analisi time-history elato-plastica: evento sismico allo SLC – parametri T and C

- Modello costitutivo **non lineare** per la malta di iniezione dei giunti verticali
- Input Sismico **SLC** – Stato Limite di Collasso – (Accumoli, 30/10/2016, $M_L=6.1$)
- Time-history di **tre componenti** di accelerazione (N-S, E-O, verticale)
- Condizione di **invaso vuoto**



- **Procedure semplificate** di verifica sono **fondamentali** per comprendere le principali azioni agenti e il **comportamento sismico globale** della struttura;
- Importati strutture come le dighe richiedono **procedure e modelli progressivamente più dettagliati** per creare un **apparato di analisi** il più possibile completo;
- **Modelli sofisticati** dovrebbero essere adottati per investigare **discontinuità**, nella struttura o nella roccia, e per simulare **processi lenti** come l'evoluzione dello stato di conservazione del materiale ed **eventi estremi** come severe sollecitazioni sismiche.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

gbuffi@romagnacque.it