



**CONVENZIONE DEL 10 MARZO 2008 TRA
REGIONE LIGURIA – PROVINCIA DI GENOVA – COMUNE DI GENOVA
AUTORITÀ PORTUALE DI GENOVA – ANAS SPA
SOCIETÀ PER CORNIGLIANO**

PER LA RIDEFINIZIONE DEGLI ACCORDI PER LA PROGETTAZIONE E LA REALIZZAZIONE DEI
“RACCORDI TERMINALI DELLA VIABILITÀ POLCEVERA DA PONTE PIERAGOSTINI
A LUNGOMARE CANEPA – LOTTO 1”

ATTIVITA':

**COMPLETAMENTO DELLA VIABILITÀ IN SPONDA DESTRA TORRENTE
POLCEVERA SUB LOTTO 3**

OGGETTO:

PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO:

**G01
RELAZIONE SISMICA**

N. DOC.

455/PES/5.04.3/R014

Rev.	Data	Redatto	Verificato	Validato	Descrizione
1	30/04/19	INGENERI DELLA PROVINCIA MA Sezione A N° 41703 DOTT. ING. MARCO ADRIANI SETTORE CIVILE E AMBIENTALE SETTORE INFRASTRUTTURE SETTORE DELL'AMBITO	SG/APAVE	LC	PER EMISSIONE

INDICE

1.0 - PREMESSA	2
2.0 - NORMATIVE DI RIFERIMENTO	4
2.1. - LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI	4
2.2. - LEGGI REGIONALI	5
3.0 - CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA	6
4.0 - STRUTTURA E TETTONICA DELL'AREA	12
5.0 - SISMICITA' IN LIGURIA	13
6.0 - SISMICITA' STORICA DELL'AREA	14
6.1. - CPTI04	14
6.2. - DBMI04	18
6.3. - NT4.1	21
7.0 - ZONAZIONE SISMOGENETICA	24
8.0 - EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE LOCALE	30
9.0 - CONSIDERAZIONI SULLA PROGETTAZIONE SISMICA	33
10.0 - BIBLIOGRAFIA	46

1.0 - PREMESSA

Nella presente relazione viene fornito un quadro generale sulla sismicità dell'area di progetto relativa al Comune di Genova.

Dopo una breve descrizione della sismicità storica della Regione Liguria e del Comune di Genova (comprendente gli eventi sismici che a partire dal XVII secolo hanno interessato l'area), vengono riportate le fasi fondamentali della procedura seguita per la valutazione della pericolosità sismica, su cui la normativa nazionale attuale fa riferimento per la nuova classificazione sismica.

Per la conoscenza delle caratteristiche geofisiche dei terreni di fondazione sono state impiegate le informazioni, opportunamente interpretate ed elaborate, fornite dalla campagna di indagini eseguita nel maggio 2013.

I metodi d'indagine programmati ed eseguiti per fornire le informazioni di interesse utili per lo sviluppo delle successive fasi progettuali, a livello di Progettazione Definitiva, sono stati i seguenti:

- Sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
- Profili geosismici con metodologia MASW;
- Prove geotecniche e geomeccaniche di laboratorio.

L'ubicazione in pianta dei sondaggi geognostici (*S1/13* ed *S2/13*) e dello stendimento sismico effettuati nel corso della campagna di indagini 2013, nonché dei sondaggi geognostici afferenti a campagne pregresse (*I6S4/08*, *I6S5/08* e *S12/06*) sono riportate in Figura 1.

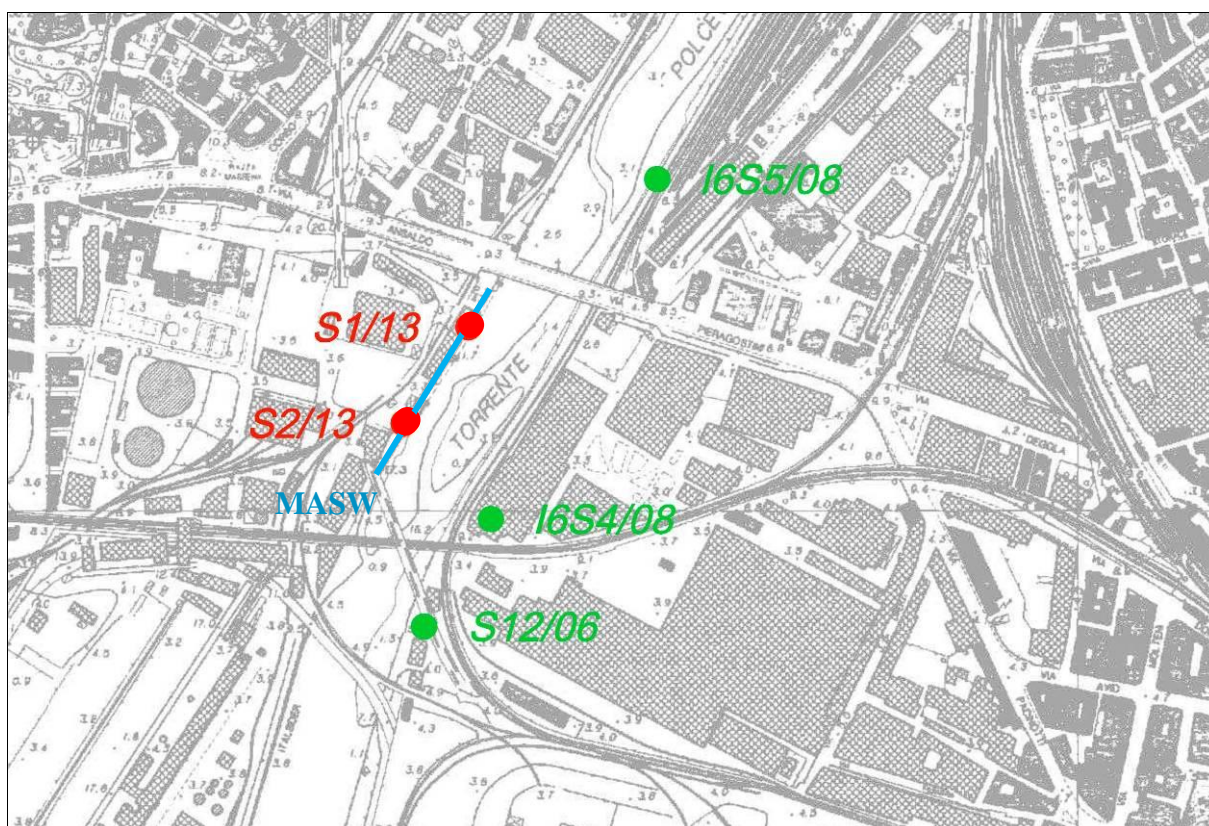


Figura 1 - Ubicazione planimetrica dei sondaggi geognostici.

2.0 - NORMATIVE DI RIFERIMENTO

2.1. - LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI

- D.M. 14 Gennaio 2008 *“Norme Tecniche per le costruzioni”*.
- Circolare n.617 2 febbraio 2009 *“Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”*.
- D.M. 6 maggio 2008 *“Integrazione al decreto 14 gennaio 2008 di approvazione delle nuove «Norme tecniche per le costruzioni» (Gazzetta ufficiale 02/07/2008 n. 153)”*.
- Ordinanza PCM n.3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n.108 del 11/05/06 *“Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”*.
- Ordinanza P.C.M. n.3431 03 maggio 2005 *“Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»”*.
- Ordinanza P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica”*.
- Circolare del M.LL.PP. n.65/AA.GG. del 10 aprile 1997, *“Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche» di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996”*.
- D.M.LL.PP. 16 gennaio 1996 *“Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche”*.
- Legge n.64 del 2 febbraio 1974 *“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”*.

2.2. - LEGGI REGIONALI

- D.G.R. n.962 del 23 novembre 2018 *“Approvazione modifiche alla classificazione sismica regionale conseguenti alla fusione dei Comuni di Montalto Ligure e di Carpasio”*
- D.G.R. n.297 del 14 aprile 2017 *“Differimento termine della dgr n.216 del 17/03/2017. Opcm 3519/2016. Aggiornamento classificazione sismica del territorio ligure”*
- D.G.R. n.216 del 17 marzo 2017 *“OPCM 3519/2006. “Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria”*
- D.G.R. n.1362 del 19 novembre 2010 *“D.M. 14.01.2008 Norme Tecniche per le costruzioni, Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria”*.
- D.G.R. n.1308 del 24 ottobre 2008 *“O.P.C.M. 3519/2006 Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Liguria”*.
- D.G.R. n.530 del 8 maggio 2003 *“Individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche dei comuni della Regione Liguria in ottemperanza al disposto di cui all'OPCM n.3274 del 20/03/2003 pubblicata sulla G.U. n.105 in data 8.05.2003”*.

3.0 - CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA

A seguito dell'emanazione dei criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche da parte dello Stato, inseriti prima nell'allegato 1 dell'OPCM 3274/03 ed in seguito aggiornati con OPCM 3519/06, la Regione Liguria ha individuato le zone sismiche ed ha stilato un elenco regionale dei comuni in zona sismica (DGR n.530/2003).

Con l'ufficializzazione della mappa di pericolosità sismica pubblicata dall'Istituto Nazionale di Geologia e Vulcanologia (INGV) e allegata alla stessa OPCM 3519/06, è stata approvata con DGR n.1308 del 24 ottobre 2008 (pubblicata sul BURL n.47 del 19 novembre 2008) la nuova classificazione sismica della Regione Liguria, successivamente modificata con DGR n.1362 del 19 novembre 2010, con dgr n.216 del 17 marzo 2017 e con dgr n.962 del 23 novembre 2018.

Il Comune di Genova ricade in zona sismica 3.

ZONA 3			
n° progress.	nr. ID del Comune su mappa	Provincia	Comune
23	25	GENOVA	GENOVA

Per maggiori dettagli si rimanda alla cartografia cromatica riportata nel seguito, ed in particolare alla **Figura 3**.

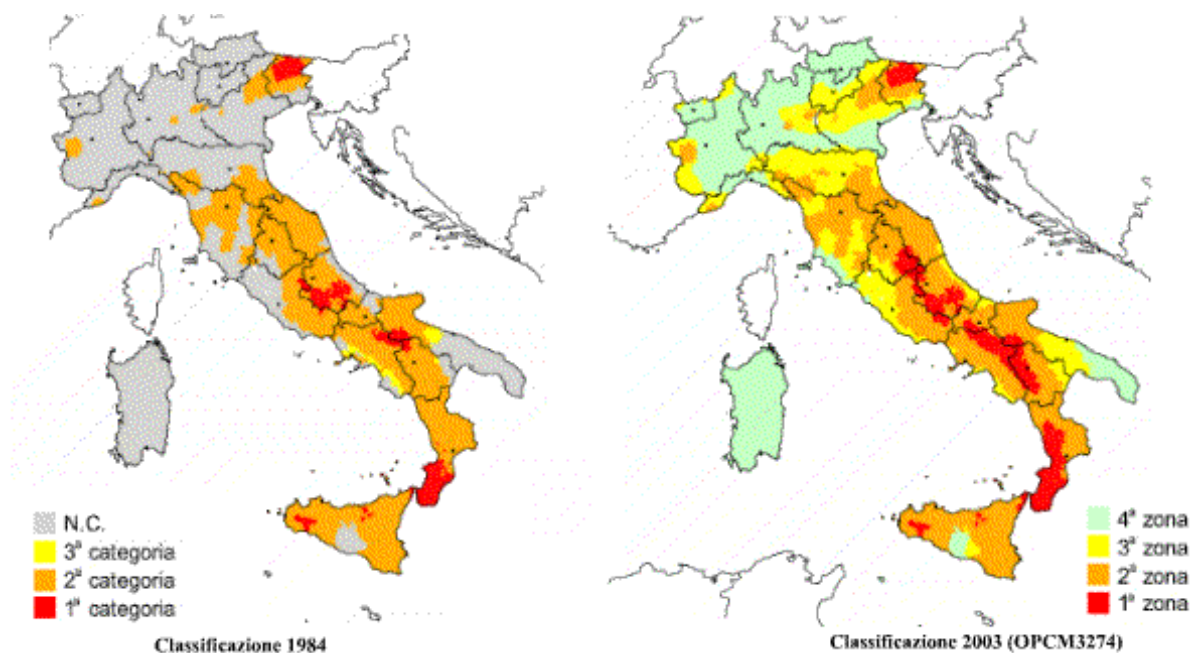


Figura 2 – Classificazione sismica del territorio italiano (1984, OPCM 3274/03).

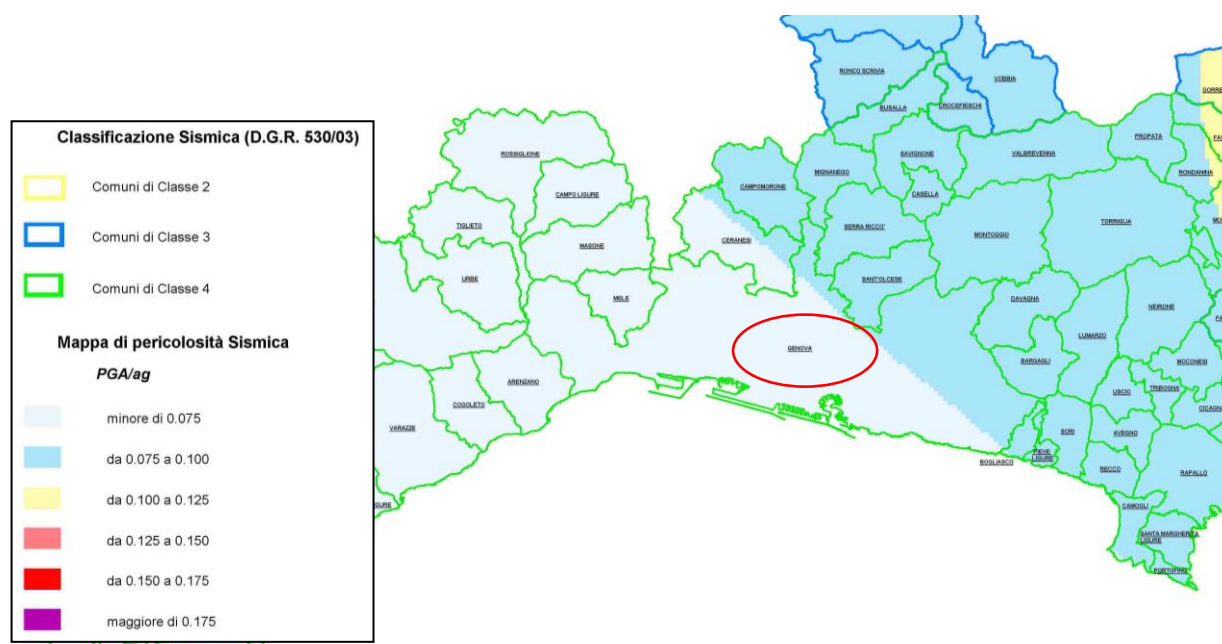


Figura 3 – Classificazione del territorio ligure in zone sismiche secondo l'OPCM 3274/03.

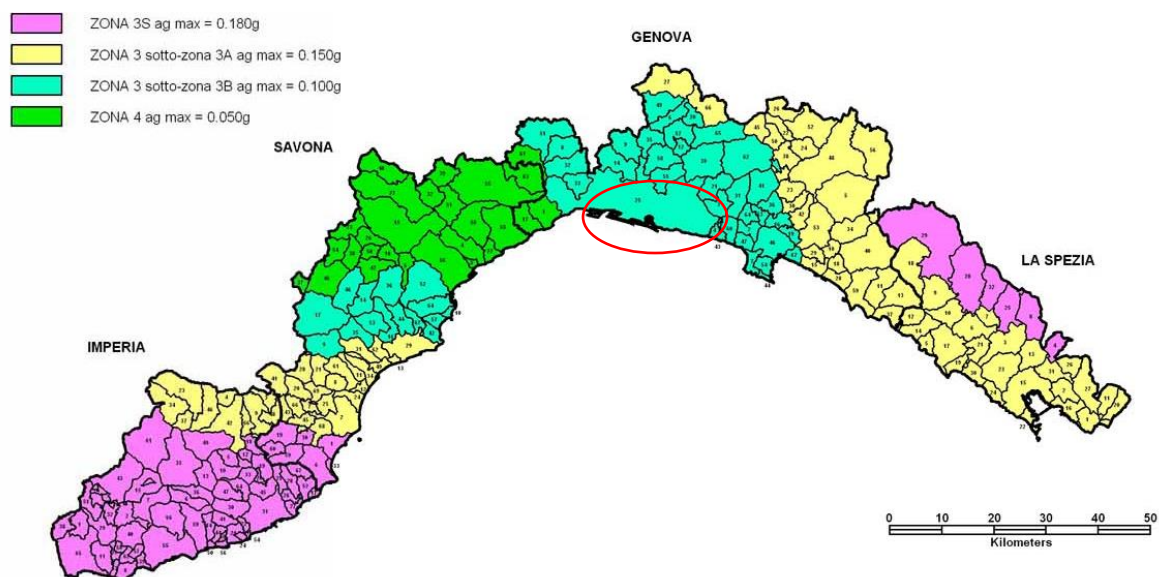


Figura 4 – Classificazione del territorio ligure in zone sismiche secondo l'OPCM 3516/06.

Mappe interattive di pericolosità

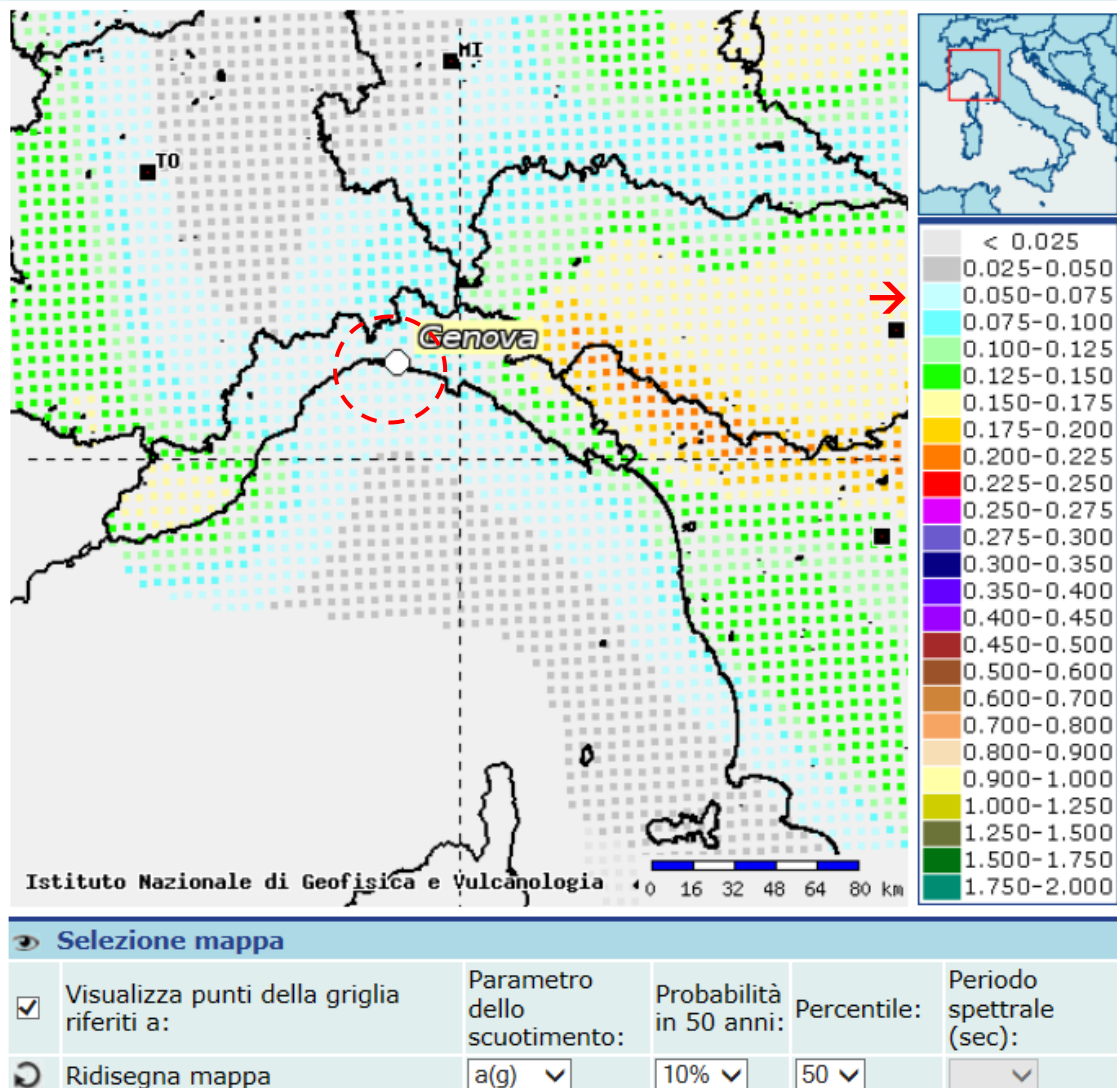


Figura 5 – Classificazione sismica del territorio di Genova (fonte: I.N.G.V.).

Mappe interattive di pericolosità

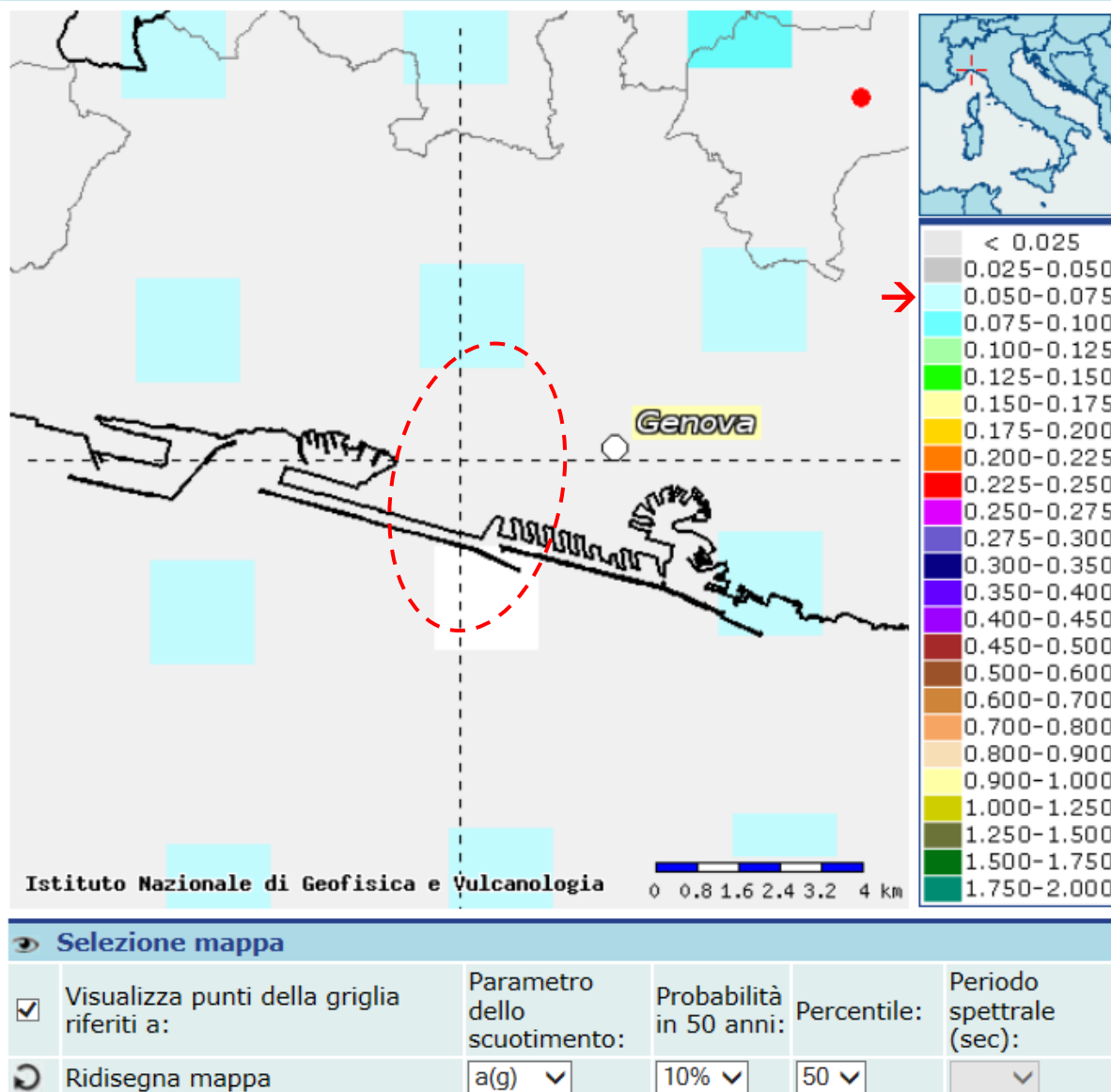


Figura 6 – Classificazione sismica del territorio di Genova - zoom nell'area di intervento (fonte: I.N.G.V.).

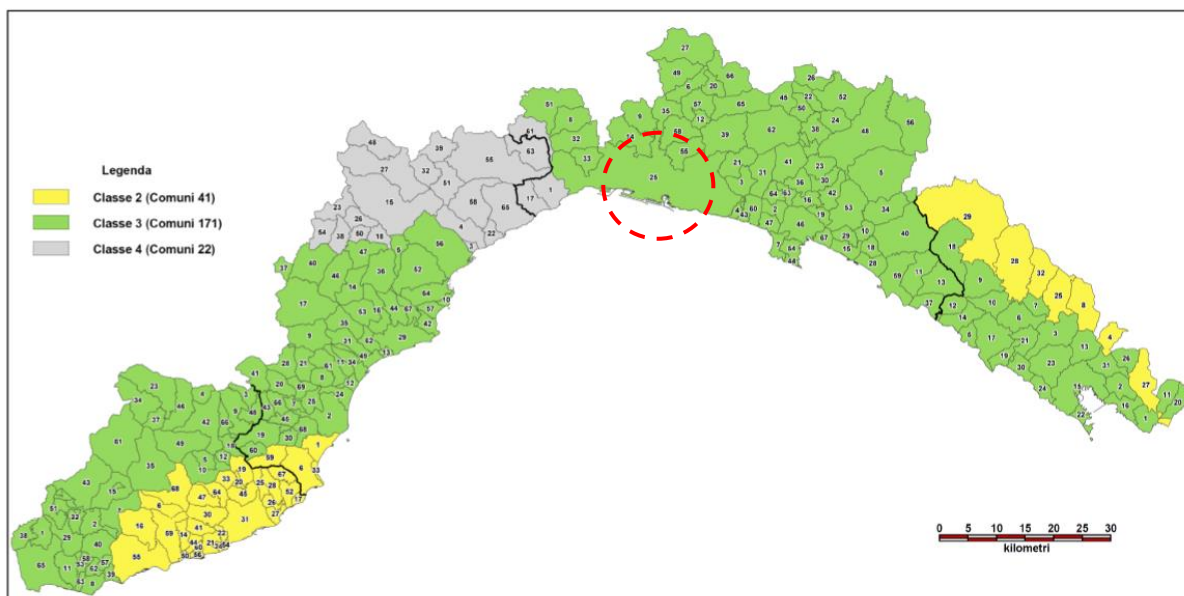


Figura 7 – Classificazione sismica della regione Liguria secondo la dgr n.962 del 23 novembre 2018.

4.0 - STRUTTURA E TETTONICA DELL'AREA

Il territorio regionale si sviluppa su una sottile striscia di terra di larghezza compresa tra i 7 ed i 35 km, lunga mediamente 240 km, affacciata sul Mar Ligure e delimitata a nord dai contrafforti montuosi afferenti ai sistemi orografici alpino ed appenninico.

Le catene montuose sono il risultato del movimento di enormi masse rocciose (distinte in falde o unità tettoniche) che, durante le varie fasi orogenetiche, sono state deformate, traslate e dislocate dalla loro posizione originaria ed impilate l'una sull'altra.

In Liguria sono così presenti due sistemi di *appilamento*, o di *vergenza*, corrispondenti alla catena alpina a ponente e a quella appenninica a levante. Allo stato attuale delle conoscenze il confine, ovvero la linea che divide i due settori, è stato individuata in corrispondenza di una lineazione tettonica conosciuta in letteratura come "*Linea Sestri Voltaggio*".

Dalla linea dello spartiacque, posta ad una quota media di circa 1000 m s.l.m., si osserva una disposizione asimmetrica dei versanti che comporta un'energia di rilievo mediamente più elevata lungo il settore tirrenico rispetto a quello padano.

In particolare il versante marittimo presenta nel tratto appenninico una disposizione delle valli parallele alla linea di costa (ad esempio Val Fontanabuona o Val di Magra), mentre nell'area alpina l'asse vallivo presenta mediamente un assetto submeridiano.

5.0 - SISMICITA' IN LIGURIA

La Liguria è stata storicamente caratterizzata da una sismicità di livello medio-basso anche se nel passato è stata interessata da eventi che hanno raggiunto l'VIII-IX° di intensità.

Tra gli eventi sismici più significativi è possibile ricordare i seguenti: terremoto delle Alpi Marittime del 1564 (Ms 5.9), di cui in verità si conosce ancora abbastanza poco; terremoto del 23 Febbraio 1887 (Ms 6.4) con probabile epicentro in mare (Capponi et al., 1985; Eva e Rabinovich, 1997), quest'ultimo evento invece ben studiato; ed infine la sequenza sismica del Luglio del 1963, contraddistinto da due eventi di Ms 5.9.

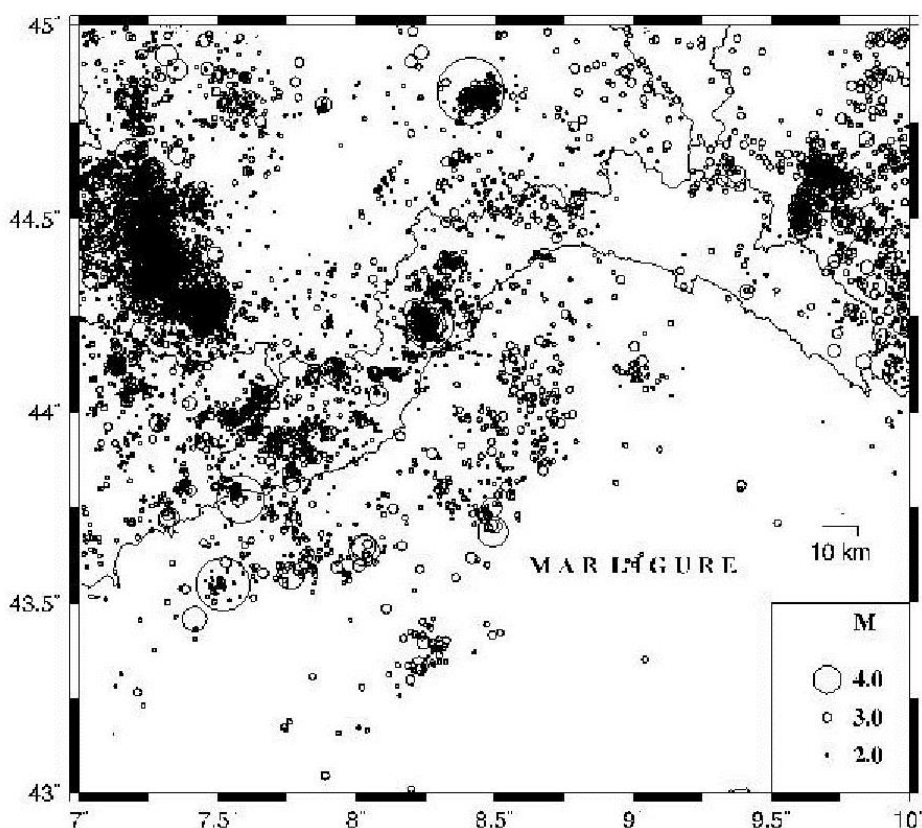


Figura 8 – Sismicità registrata dalla rete ligure nel periodo 1982-2000.

Tra i terremoti minori, ma fortemente risentiti localmente, possiamo ricordare anche l'evento del 1831, che interessò l'area dell'imperiese occidentale con un'intensità dell'VIII° MCS.

Al di fuori di quest'ultimo evento, caratterizzato da epicentro a terra, la maggior parte degli eventi risentiti sono da ascrivere ad aree sismogenetiche localizzate nel Mar Ligure.

6.0 - SISMICITA' STORICA DELL'AREA

Per l'analisi della sismicità che in passato ha interessato l'area in oggetto si è fatto riferimento ai seguenti cataloghi:

- **CPTI04** (maggio 2004), Catalogo Parametrico dei Terremori Italiani;
- **DBMI04**, il database macrosismico utilizzato per la compilazione di CPTI04;
- **NT4.1**, catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno (aggiornamento marzo 1998).

6.1. - CPTI04

Il *Catalogo Parametrico dei Terremori Italiani* è stato redatto a partire dal 1999 grazie all'ausilio di studi operati nel settore della sismologia storica e della macrosismica degli ultimi venti anni. Il catalogo contiene un numero totale di 2480 eventi di cui sono riportate le seguenti informazioni:

Tr tipo di record

Anno anno

Me mese

Gi giorno

Or ora

Mi minuto

Se secondo

AE denominazione dell'area dei massimi effetti

Rt codice dell'elaborato di riferimento

Np numero dei punti di intensità

Imx intensità massima x10 (scala MCS)

Io intensità epicentrale x10 (scala MCS)

Ti codice di determinazione di Io

Lat latitudine in gradi e decimali

Lon longitudine in gradi e decimali

TL codice di localizzazione

Maw Magnitudo momento

Daw errore associato alla stima di Maw

TW codice di determinazione di Maw

Mas magnitudo calcolata sulle onde di superficie

Das errore associato alla stima di Mas

TS codice di determinazione delle magnitudo per la zona etnea

Msp magnitudo da utilizzare in combinazione con la relazione di attenuazione di Sabetta e Pugliese (1996)

Dsp Errore associato alla stima di Msp

ZS9 Zona sorgente di ZS9 cui l'evento è assegnato

TZ Codice di assegnazione alla zona sorgente

Ncft Numero progressivo dei record nel catalogo CFTI2

Nnt Numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1

Ncpt Numero d'ordine del record nel catalogo CPTI99

Al catalogo CPTI04 è associato un database di riferimento utile a ricavare le correlazioni esistenti tra ciascun evento ed il sito in esame. È così possibile filtrare i dati di partenza in modo da ottenere le storie sismiche per i singoli siti, identificative della successione temporale delle intensità avvertite in corrispondenza di un'assegnata località rispetto alle intensità epicentrali dei vari eventi nel corso dei secoli.

Grazie alla consultazione del catalogo è così stato possibile individuare, per l'area di studio, ben 35 eventi di rilievo, brevemente sintetizzati in Figura 10 ed in Tabella 1.

L'analisi dei dati di sito deve ad ogni modo tener conto che la ricostruzione dell'impatto di ogni singolo terremoto dipende sia dal livello di approfondimento delle ricerche, in relazione al contesto antropico in cui si è verificato un evento (densità e rilevanza degli insediamenti abitati), sia da fattori più propriamente fisici (condizioni di sito da cui dipendono i possibili effetti locali e di sito).

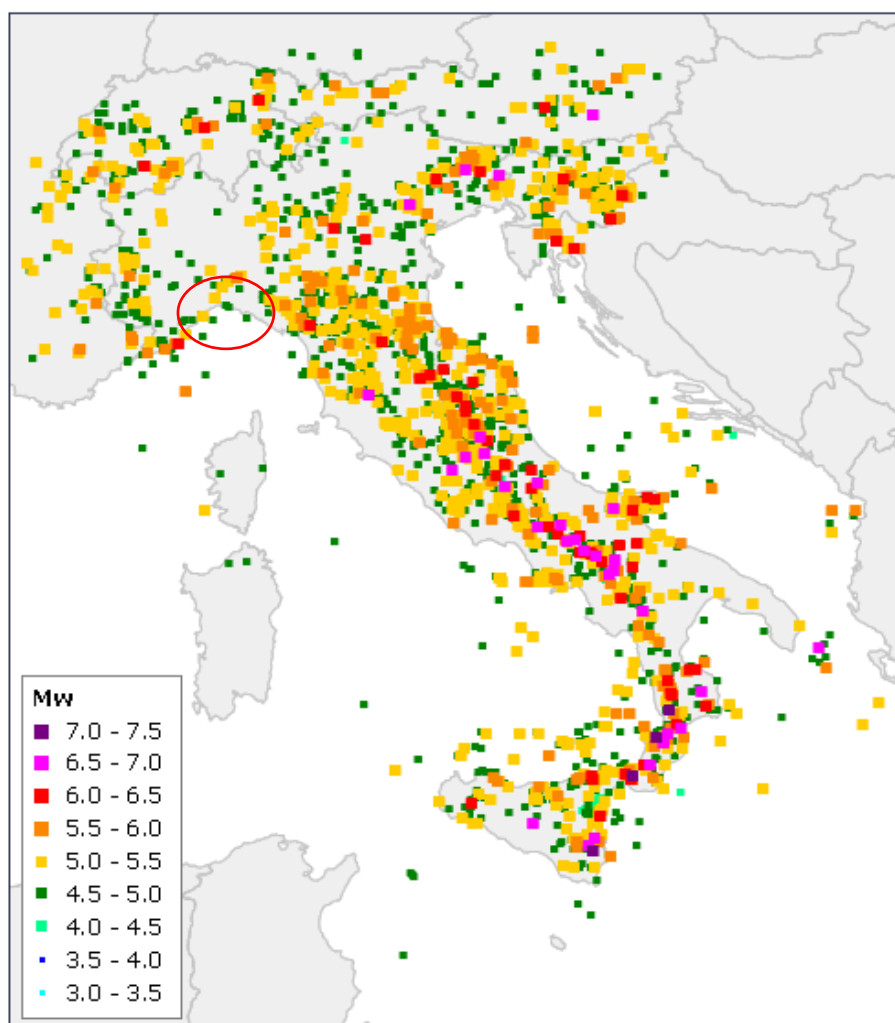


Figura 9 - Carta della sismicità in Italia (distribuzione degli epicentri fino al 2002).

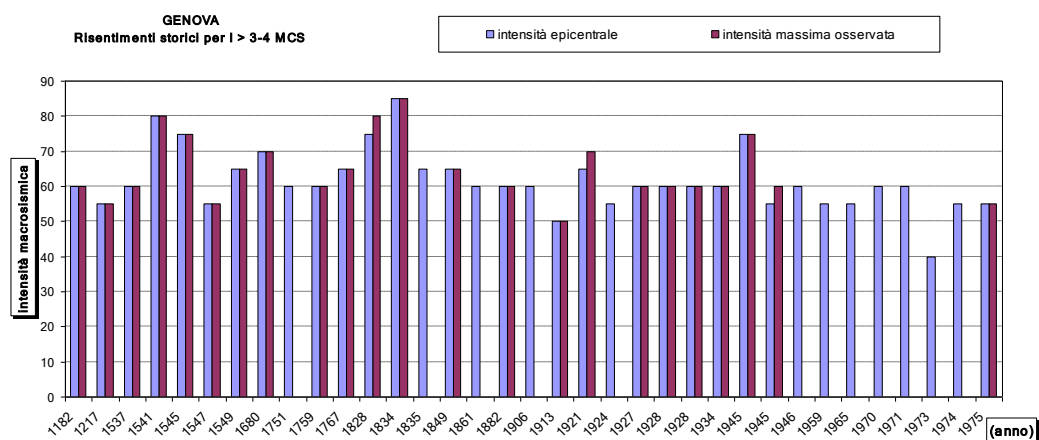


Figura 10 - Successione temporale delle intensità macrosimiche rispetto alle intensità epicentrali.

Data					Effetti	In occasione del terremoto di	
Anno	mese	giorno	ora	minuto	I ₀ (MCS)	Area epicentrale	I _{mx} (MCS)
1182	8	15			60	GENOVA	60
1217	1	8			55	GENOVA	55
1537	11				60	SAVONA	60
1541	10	22	18		80	VALLE SCRIVIA	80
1545	6	9	15		75	BORGIO VAL DI TARO	75
1547	7	31			55	SAVONA	55
1549	5	3			65	SAVONA	65
1680	4	30	11		70	GAVI	70
1751	11	21	9	41	60	MAR LIGURE	
1759	5	26	1	30	60	PAVIA	60
1767	2	7	3	45	65	GENOVA	65
1828	10	9	2	20	75	Valle dello Staffora	80
1834	2	14	13	15	85	ALTA LUNIGIANA	85
1835	4	20	3		65	PASSO CISA	
1849	11	28	18	15	65	VAL DI TARO	65
1861	3	16		30	60	SESTA GODANO	
1882	2	15	4	50	60	APPENNINO LIGURE	60
1906	11	10	17	55	60	COMPIANO	
1913	12	7	1	28	50	NOVI LIGURE	50
1921	5	7	6	15	65	PONTREMOLI	70
1924	9	21	20	18	55	GENOVA	
1927	10	28	21	49	60	BEDONIA	60
1928	2	21	4	37	60	VARESE LIGURE	60
1928	7	20	19	53	60	ALTA VAL DI TARO	60
1934	6	13	9	6	60	BORGIO VAL DI TARO	60
1945	6	29	15	37	75	Valle dello Staffora	75
1945	12	15	5	27	55	VARZI	60
1946	2	18	23		60	PIONE	
1959	1	26	5	35	55	S.MARIA TARO	
1965	3	15	8	56	55	CAPRIATA	
1970	12	31	22	4	60	FINALE	
1971	9	25	10	34	60	MAR LIGURE	
1973	6	5	13	48	40	MAGGIORASCA	
1974	4	15	21	49	55	PIONE	
1975	11	16	13	4	55	BORGIO VAL DI TARO	55

I₀ (x10): intensità epicentrale
I_{MX} (x10): intensità massima osservata

Tabella 1 – Osservazioni sismiche per Genova secondo catalogo CPTI.

6.2. - DBMI04

Il DataBase Macrosismico utilizzato per la compilazione di CPTI04 si articola in due distinte parti, meglio riassunte in Tabella 2:

- La prima parte, contenente dati fino al 1980, è derivata integralmente dal database utilizzato per la compilazione del catalogo CPTI99 (Gruppo di Lavoro CPTI, 1999). In particolare in essa sono contenuti 697 studi derivati da DOM4.1 (DOM; Monachesi e Stucchi, 1997) e 271 studi derivati dal database CFTI nella sua versione 2 (Boschi et al., 1997).
- La seconda parte, contenente dati dal 1981 al 2002, è stata compilata ex novo assemblando gli studi che sono stati selezionati per la compilazione della medesima finestra cronologica del nuovo catalogo. Questi studi derivano dal Bollettino Macrosismico ING (BMING; n.29 terremoti), da DOM4.1 (n.6 terremoti), dalla versione 3 di CFTI (Boschi et al., 2000; n.5 terremoti) e dall'Archivio Macrosismico INGV (INGVAM; n.33 rilievi macrosismici diretti, di cui n.20 contenuti nel Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnei; Azzaro et al., 2000 e 2002).

Provenienza	fino al 1980		1980-2002		Totale	
	Numero osservazioni	Numero terremoti	Numero osservazioni	Numero terremoti	Numero osservazioni	Numero terremoti
DOM	19808	697	2470	6	22278	703
CFTI	22710	271	3046	5	25756	276
BMING			7873	29	7873	29
INGVAM			2239	33	2239	33
Totale	42518	968	15628	73	58146	1041

Tabella 2 – Numero di osservazioni e di terremoti in DBMI04 suddivisi per provenienza.

DBMI04 contiene ben 58146 osservazioni macrosismiche riferite a 14161 località (Tabella 3). Queste osservazioni sono relative a 1041 terremoti dei 2550 presenti in CPTI04.

	Totale	Italia	Estero
Osservazioni	58146	55986	2160
Località	14161	12943	1218

Tabella 3 – Numero totale di osservazioni e località in DBMI04.

Grazie al sistema di consultazione on-line messo a disposizione dall'interfaccia web (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04>), è stato possibile estrarre e localizzare gli epicentri degli eventi registrati nell'area di Genova, con valori di Magnitudo momento (Mw) compresi nell'intervallo fra 4.56 e 6.61.

Anno	mese	giorno	ora	minuto	Area epicentrale	I ₀	M _w
1767	02	07	03	45	GENOVA	6-7	5.06
1887	02	23	05	21	Liguria occidentale	9	6.29
1182	08	15			GENOVA	6	4.83
1828	10	09	02	20	Valle dello Staffora	7-8	5.67
1217	01	08			GENOVA	5-6	4.63
1222	12	25	11		Basso bresciano	8-9	6.05
1920	09	07	05	55	Garfagnana	9-10	6.48
1276	07	28	18	30	Italia settent.	6	5.11
1541	10	22	18		VALLE SCRIVIA	8	5.48
1644	02	15	09	20	Alpi marittime	8-9	5.88
1759	05	26	01	30	PAVIA	6	4.83
1819	01	08	22	30	Liguria occidentale	6-7	5.34
1873	09	17			LIGURIA ORIENTALE	6-7	5.52
1612	01	31			ROCCA BIGLIERA	6-7	5.26
1802	05	12	09	30	Valle dell'Oglio	8	5.67
1834	02	14	13	15	ALTA LUNIGIANA	8-9	5.64
1834	07	04		35	ALTA LUNIGIANA	6-7	5.14
1854	12	29	01	45	Liguria occidentale	7-8	5.77
1695	02	25	05	30	Asolano	9-10	6.61
1811	07	15	22	44	SASSUOLO	7	5.24
1818	12	09	18	52	LANGHIRANO	7-8	5.57
1831	05	26	10	30	Liguria occidentale	8	5.54
1832	03	13	03	30	Reggiano	7-8	5.59
1891	06	07	01	06	Valle d'Illasi	8-9	5.71
1901	10	30	14	49	Salò	8	5.67
1909	01	13		45	BASSA PADANA	6-7	5.53
1914	10	27	09	22	GARFAGNANA	7	5.79
1929	04	20	01	09	Bolognese	7	5.55
1972	10	25	21	56	PASSO CISA	5	4.95
1983	11	09	16	29	Parmense	6-7	5.10
1738	11	05		30	PARMA	7	5.40
1767	01	21	07	45	Fivizzano	6-7	5.06
1810	12	25		45	NOVELLARA	7	5.28
1814	04	03			LIVORNO	6-7	5.22
1826	06	24		15	SALO	5-6	4.74
1855	07	25	12		Vallese	8-9	5.81
1895	04	14	22	17	Slovenia	8	6.25
1916	08	16	07	06	Alto Adriatico	8	5.92
1959	04	05	10	48	Valle dell'Ubaye	7	5.54
1796	10	22	04		Emilia orientale	7	5.63
1806	02	12			NOVELLARA	7	5.26
1903	07	27	03	46	LUNIGIANA	7	5.15
1914	10	26	03	45	TAVERNETTE	7	5.36
1963	07	19	05	45	MAR LIGURE		5.91
1975	11	16	13	04	BORGIO VAL DI TARO	5-6	4.85
1976	05	06	20		FRIULI	9-10	6.43
1740	03	06	05	15	GARFAGNANA	7	5.18
1742	01	27	11	20	Livorno	6-7	5.15
1786	12	25	01		Riminese	8	5.67
1808	04	02	16	43	Valle del Pellice	8	5.67
1819	02	23	18	10	Liguria occidentale	7-8	5.55
1837	04	11	16	50	ALPI APUANE	9-10	5.65
1846	08	14	12		ORCIANO PISANO	8-9	5.71
1849	11	28	18	15	VAL DI TARO	6-7	5.03
1873	06	29	03	58	Bellunese	9-10	6.33
1878	09	10	13	31	LUNIGIANA	6-7	4.98
1886	09	05			VAL DI SUSA	6-7	5.27
1898	03	04			CALESTANO	6-7	5.07
1915	10	10	23	10	REGGIO EMILIA	6	5.01
1927	10	28	21	49	BEDONIA	6	5.13
1937	12	10	18	04	APPENNINO MODENESE	6-7	5.42
1939	10	15	14	05	GARFAGNANA	6-7	5.20
1945	12	15	05	27	VARZI	5-6	4.78
1971	07	15	01	33	Parmense	7-8	5.61
1976	09	15	09	21	Friuli	8-9	5.92
1989	12	26	19	59	MAR LIGURE	5	4.63
1996	10	15	09	55	CORREGGIO	7	5.44
1831	09	11	18	15	Reggiano	7-8	5.48
1873	03	12	20	04	Marche meridionali	8	5.88
1906	08	11	09	58	TAGGIA	5-6	4.56
1913	12	07	01	28	NOVI LIGURE	5	4.72
1926	01	01	18	04	Slovenia	7-8	5.71
1935	03	19	07	27	Alpi Cozie	7	5.30
1197					Brescia	6-7	5.03
1857	02	01			PARMENSE	6-7	5.26
1882	02	15	04	50	APPENNINO LIGURE	6	4.83
1984	04	29	05	02	GUBBIO/VALFABBRICA	7	5.68
1995	10	10	06	54	LUNIGIANA	7	5.04
1065	03	27	06		Brescia	7	5.17
1346	02	22	11		Ferrara	7-8	5.81
1383	07	24	20		PARMA	5-6	4.63
1410	06	10	21		Verona	5-6	4.72
1438	06	11	20		Parmense	8	5.62
1465	04	06	21	30	VERONA	5-6	4.63
1474	03	11	20	30	MODENA	6	4.89
1491	01	24	23	30	Verona	7-8	5.37
1907	04	25	04	52	BOVOLONE	6	4.94

I₀ (x10): Intensità epicentrale
M_w: Magnitudo momento

Tabella 4 – Osservazioni sismiche per Genova secondo catalogo INGV-DBMI04.

Convenzione del 10 marzo 2008 tra Regione Liguria – Provincia di Genova – Comune di Genova
Autorità Portuale di Genova – ANAS SpA

Completamento della viabilità in sponda destra torrente Polcevera sub lotto 3 - Progetto esecutivo
Relazione sismica

Doc. N. 455/PES/5.04.3/R014

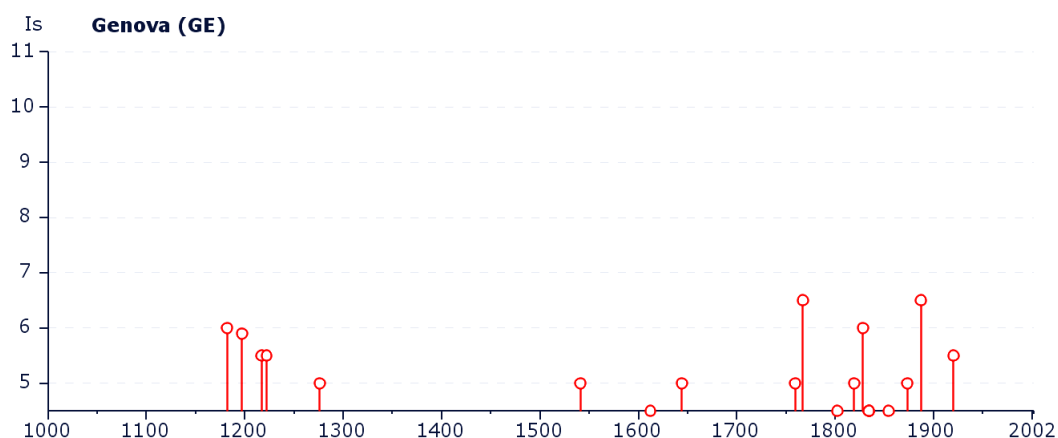


Figura 11 - Storia sismica di Genova secondo catalogo INGV-DBMI04.

6.3. - NT4.1

Il catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno NT4.1 è stato realizzato nell'ambito del GNDT, e comprende eventi con soglia $I_0 \geq 5/6$ oppure $M_s \geq 4$, avvenuti nell'arco temporale compreso tra il 1200 al 1980.

L'osservazione di tale catalogo ha permesso riportare nella Figura 12 gli epicentri dei terremoti che hanno interessato l'area in esame, in funzione dell'intensità macrosismica e della magnitudo.

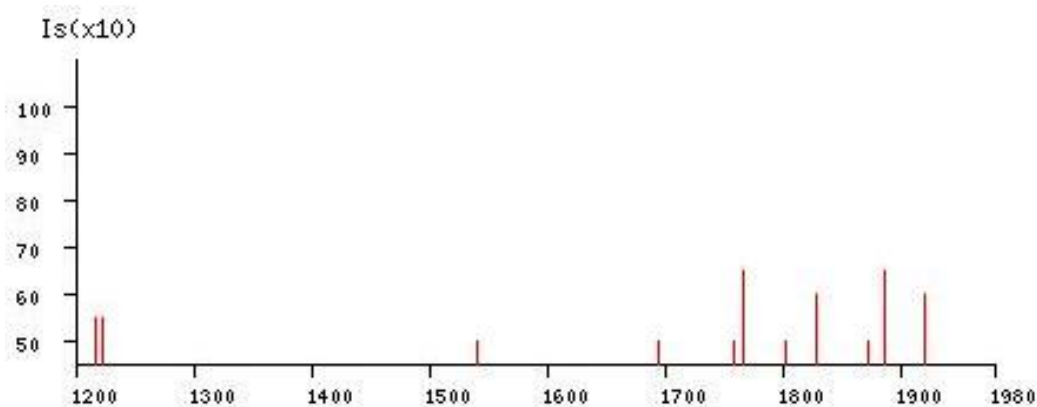


Figura 12 - Storia sismica aree limitrofe a Genova secondo catalogo NT4.1.

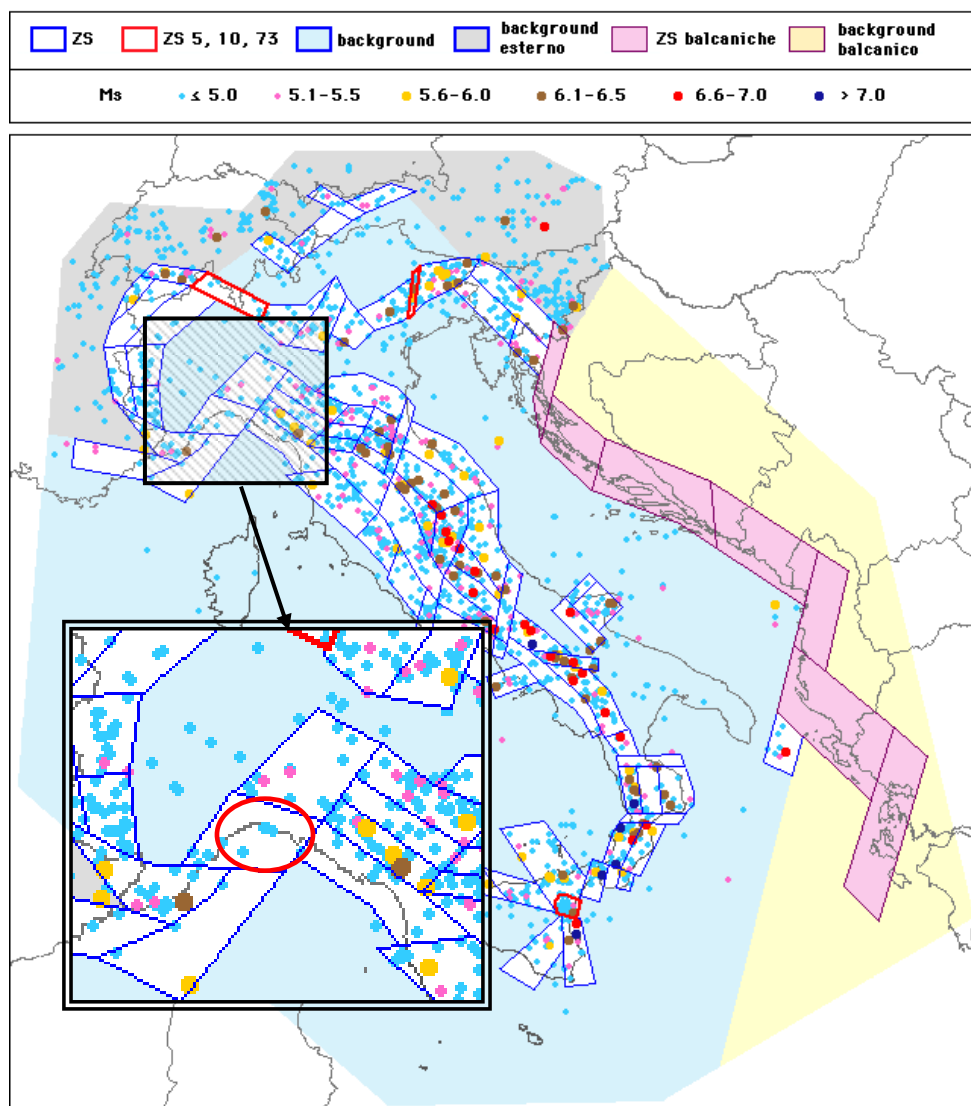


Figura 13 – Epicentri dei terremoti in funzione dell'intensità macrosismica Ms.

Data					Effetti	In occasione del terremoto di		
Anno	mese	giorno	ora	minuto	Is (MCS)	Area epicentrale	Ix	Ms
1767	2	7	3	45	65	GENOVA	65	47
1887	2	23			65	LIGURIA OCC	100	64
1182	8	15			60	GENOVA	60	44
1828	10	9			60	VAL STAFFORA	80	52
1920	9	7	5	55	60	GARFAGNANA	100	65
1217	1	8			55	GENOVA	55	42
1222	12	25	11		55	BRESCIANO	80	59
1541	10	22	18		50	VALLE SCRIVIA	80	55
1695	2	25	5	30	50	ASOLO	90	64
1759	5	26	1	30	50	PAVIA	60	44
1802	5	12	9	30	50	SONCINO	80	55
1873	9	17			50	LIGURIA ORIENTALE	65	47
1612	1	31			45	ROCCA BIGLIERA	65	47
1834	2	14	13	15	45	ALTA LUNIGIANA	85	59
1834	7	4	0	35	45	ALTA LUNIGIANA	65	47
1811	7	15	22	44	40	SASSUOLO	70	50
1818	12	9	18	52	40	LANGHIRANO	75	52
1832	3	13	3	20	40	REGGIANO	75	52
1854	12	29	1	45	40	MAR LIGURE	75	55
1891	6	7			40	VERONESE	80	55
1901	10	30	14	49	40	SALO	80	55
1909	1	13	0	45	40	BASSA PADANA	65	54
1914	10	27	9	22	40	GARFAGNANA	70	58
1972	10	25	21	56	40	PASSO CISA	50	47
1806	2	12			35	NOVELLARA	70	50
1831	5	26			35	TAGGIA	85	55
1903	7	27	3	46	35	LUNIGIANA	75	47
1914	10	26	3	45	35	TAVERNETTE	70	49
1929	4	20	1	9	35	BOLOGNESE	75	54
1963	7	19	5	45	35	MAR LIGURE	50	59
1975	11	16	13	4	35	BORGO VAL DI TARO	55	45
1976	5	6	20		35	FRIULI	95	65
1644	2	15			F	ALPI MARITTIME	85	59
1738	11	5	0	30	F	PARMA	70	50
1810	12	25	0	45	F	NOVELLARA	70	50
1814	4	3			F	LIVORNO	65	47
1819	1	8			F	MAR LIGURE	65	47
1826	6	24	12	15	F	SALO	55	42
1935	3	19	7	27	F	FRANCIA	40	50
1959	4	5	10	48	F	FRANCIA	75	54
1740	3	6	5	15	30	GARFAGNANA	75	50
1786	12	25			30	RIMINI	80	55
1808	4	2			30	VAL PELLICE	80	55
1818	2	23			30	MAR LIGURE	70	50
1837	4	11	16	50	30	ALPI APUANE	100	64
1846	8	14	12		30	ORCIANO PISANO	90	59
1849	11	28	18	15	30	VAL DI TARO	65	47
1878	9	10	13	31	30	LUNIGIANA	65	47
1886	9	5			30	VAL DI SUSÀ	70	47
1898	3	4			30	CALESTANO	70	47
1915	10	10	23	10	30	REGGIO EMILIA	65	46
1927	10	28	21	49	30	BEDONIA	60	48
1937	12	10	18	4	30	APP. MODENESE	70	52
1939	10	15	14	5	30	GARFAGNANA	70	49
1945	12	15	5	27	30	VARZI	60	47
1971	7	15	1	33	30	PARMENSE	80	54
1976	9	15	9	21	30	FRIULI	85	59
1831	9	11	18	15	25	PARMENSE	75	50
1906	8	11	9	58	25	TAGGIA	55	37
1913	12	7	1	28	25	NOVI LIGURE	50	44
1346	2	22	11		NC	FERRARESE	75	52
1907	4	25	4	52	10	BOVOLONE	60	45
1857	2	1			NF	PARMENSE	65	47
1882	2	15	4	50	NF	APP. LIGURE	60	44
1065	3	27	11		NR	BRESCIA	75	52
1383	7	24	20		NR	PARMA	55	42
1410	6	10	21		NR	VERONA	55	42
1438	6	10	2		NR	PARMENSE	80	55
1465	4	6	21	30	NR	VERONA	55	42
1474	3	11	20	30	NR	MODENA	60	44
1491	1	25			NR	VERONA	80	52

Is (x10): intensità epicentrale
Ix (x10): intensità massima osservata

Tabella 5 – Osservazioni sismiche aree limitrofe a Genova secondo catalogo NT4.1.

Convenzione del 10 marzo 2008 tra Regione Liguria – Provincia di Genova – Comune di Genova
Autorità Portuale di Genova – ANAS SpA

Completamento della viabilità in sponda destra torrente Polcevera sub lotto 3 - Progetto esecutivo
Relazione sismica

Doc. N. 455/PES/5.04.3/R014

Pag. 23 di 47

7.0 - ZONAZIONE SISMOGENETICA

La zonazione sismogenetica è uno strumento largamente utilizzato per la valutazione della pericolosità sismica del territorio italiano.

La sismogenetica ZS.4 è stata tracciata nel 1996, utilizzata per la redazione della carta di pericolosità sismica nazionale dal Gruppo Nazionale Difesa Terremoti (1996) e dal Servizio Sismico Nazionale (2001) e rappresenta uno schema geodinamico e sismotettonico ancora valido nelle sue linee generali, sebbene le nuove conoscenze in riferimento al quadro cinematico generale e alla geometria delle sorgenti sismogenetiche e la necessità di una maggiore coerenza con il nuovo catalogo dei terremoti CPTI2, abbiano portato recentemente alla redazione di una nuova zonazione sismogenetica ZS.9 (2004).

Le zone sismo genetiche rappresentano degli embrioni di macrostrutture le cui orientazioni seguono i principali andamenti alpini o appenninici, con importanti strutture trasversali di svincolo.

Di seguito si riporta un estratto da ciascuna delle due zonazioni sismo genetiche così da mettere meglio in evidenza le modifiche apportate alle diverse zone che interessano l'area di studio.

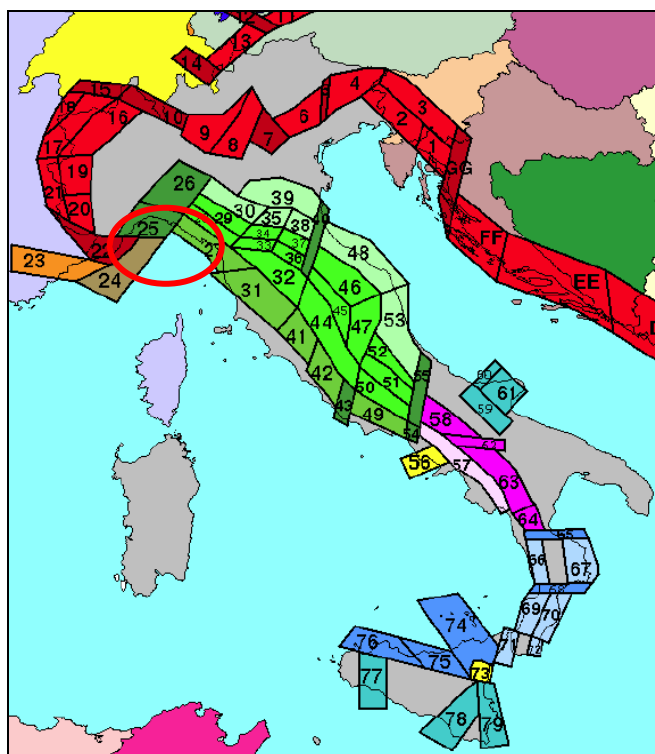


Figura 14 - Zonazione sismogenetica ZS.4 adottata da GNDT nel 1996.

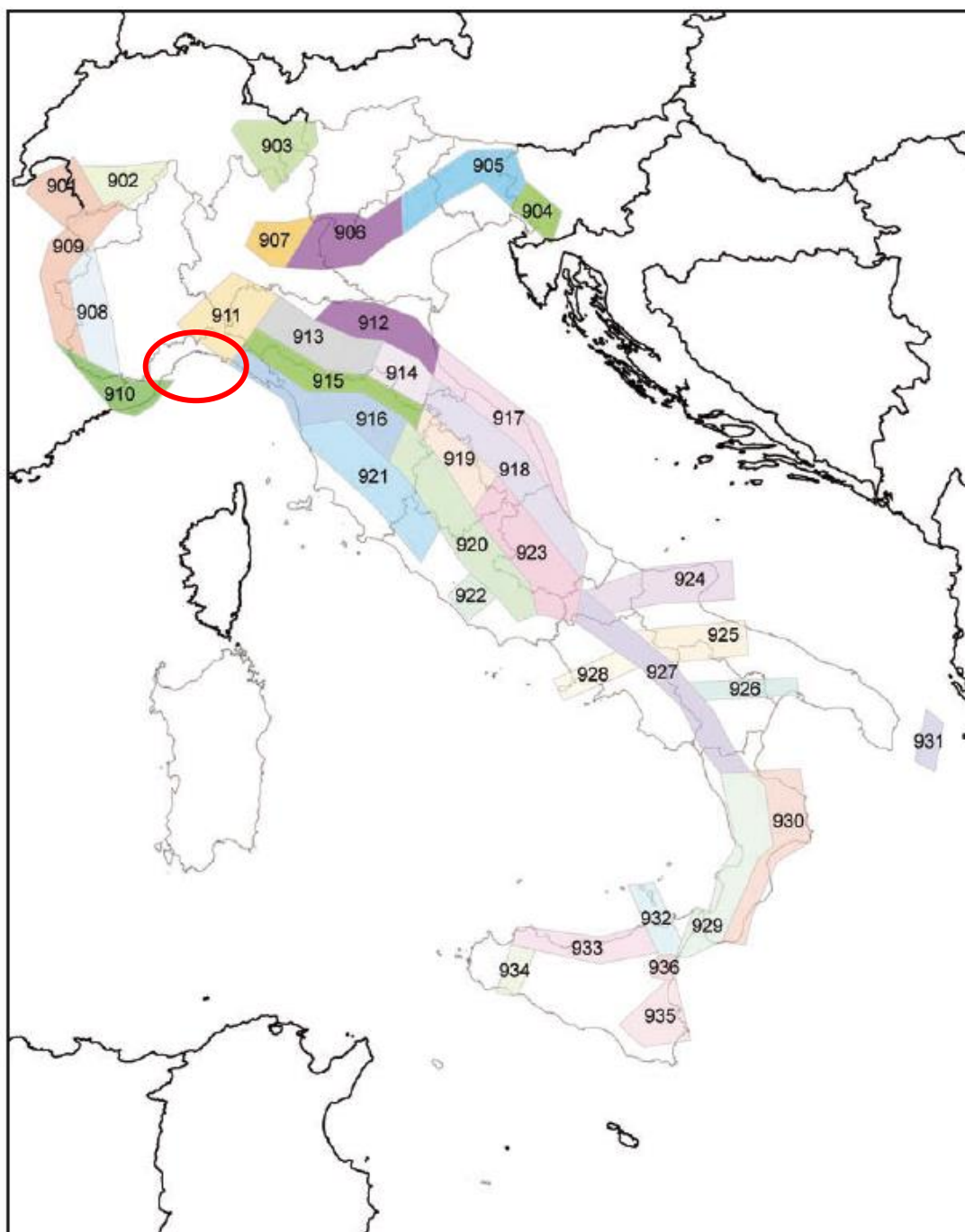


Figura 15 - Zonazione sismogenetica ZS.9. Le diverse zone sono individuate da un numero; le zone indicate con una lettera non sono state utilizzate per la valutazione della pericolosità sismica.

In base alla precedente zonazione sismogenetica ZS.4 (Figura 14), l'area di Genova si trova all'interno della zona 25 ed è caratterizzata da un comportamento cinematico legato alle zone di trasferimento Alpi-Appennino e Mar Ligure, secondo i seguenti meccanismi attesi:

- *strike-slip* sinistro in strutture crostali superficiali e dip-slip in strutture più profonde (zone 23, 25, 26);
- compressione (*thrust* e *strike-slip* sinistro con assi P W-E e WNW-ESE) sovrapposti a vecchie strutture estensionali (zona 24).

La recente zonazione sismogenetica ZS.9 (Figura 15) riorganizza tutto l'arco appenninico settentrionale secondo 5 fasce parallele longitudinali alla catena.

In particolare l'arco è limitato a nord da una zona (zona n.911, unione delle ex-zone n.25 e n.26 di ZS.4, opportunamente ristrette), che comprende il cosiddetto "Arco di Pavia" e le strutture ad esso relative.

Il valore di magnitudo massima attesa al sito ed associata ad ogni singola zona sismogenetica è riportato in Figura 16.

Numero ZS	M _{wmax}
922, 936	5.45
928	5.91
901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
918, 919, 910	6.37
905, 906, 915, 930	6.60
924, 925, 931	6.83
923, 927	7.06
929, 935	7.29

Figura 16 - Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9.

Come si evince dalla Figura 15, l'area di intervento non rientra in alcuna zona appartenente alla suddivisione sismogenetica ZS.9, e pertanto la pericolosità sismica dell'area di progetto può essere valutata mediante:

- correlazioni empiriche basate sui risultati della campagna di indagini geognostiche;

- utilizzo della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (www.mi.ingv.it);
- carta della sismicità in Italia (<http://zonesismiche.mi.ingv.it/>).

In particolare l'utilizzo della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, consente di effettuare un'analisi della disaggregazione dei valori di $a(g)$ allo scopo di ottenere, per ogni nodo della griglia di calcolo riportata in **Figura 5** e **Figura 6**, la valutazione del contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo e distanza. L'informazione ottenuta per l'area di intervento, è riportata sia in forma grafica (**Figura 17**) che in forma tabellare (**Figura 18**).

Tutti i dettagli su questo tipo di analisi sono contenuti nel deliverable D14 consultabile all'indirizzo <http://esse1.mi.ingv.it/d14.html>.

La magnitudo massima attesa al sito per l'area di intervento è dunque $M=5.08$.

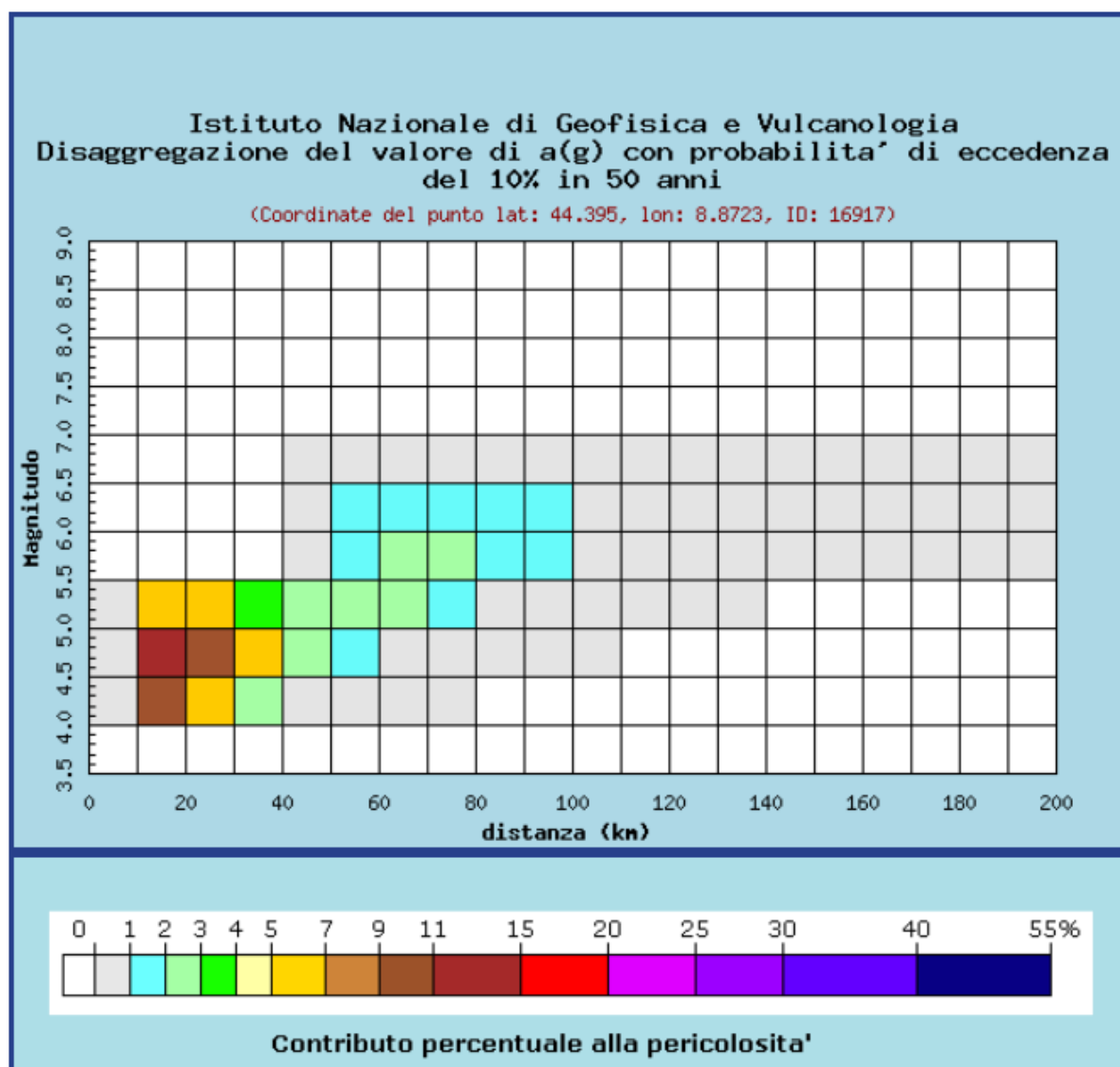


Figura 17 - Contributo percentuale alla pericolosità riferita all'area di interesse (fonte: INGV).

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.395, lon: 8.8723, ID: 16917)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	0.335	0.437	0.144	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	9.030	13.800	5.770	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	5.240	10.100	5.670	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	2.150	5.110	3.690	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.728	2.450	2.290	0.215	0.147	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.184	1.630	2.520	1.810	1.370	0.096	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.045	0.790	2.110	2.260	1.920	0.148	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.001	0.325	1.470	2.000	1.780	0.121	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.104	0.905	1.550	1.430	0.080	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.018	0.511	1.170	1.150	0.054	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.261	0.874	0.952	0.038	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.100	0.564	0.699	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.027	0.303	0.452	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.004	0.121	0.211	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.057	0.110	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.069	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.046	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.031	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.023	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.080	41.300	1.370

Figura 18 - Disaggregazione dei valori di a(g) con probabilit  di eccedenza del 10% in 50 anni riferita all'area di interesse (fonte: INGV).

8.0 - EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE LOCALE

Nel corso della campagna di indagini effettuata nel maggio 2013, è stata effettuata una prova geofisica di tipo MASW.

L'ubicazione di detta prova, già riportata in Figura 1, è meglio rappresentata in Figura 19.

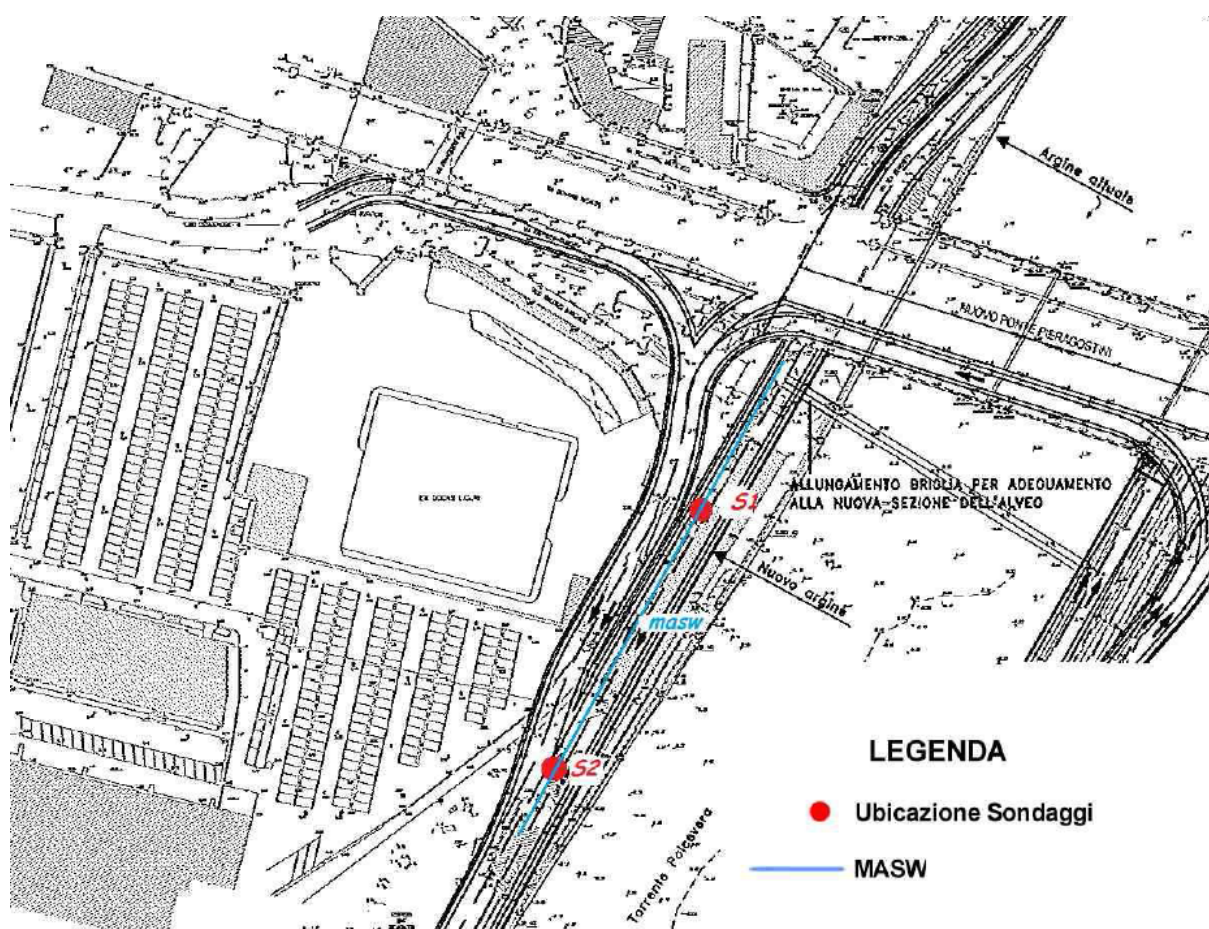


Figura 19 - Ubicazione planimetrica del sondaggio MASW.

La prova ha ripercorso lo sviluppo del tracciato della strada di progetto, ed ha permesso di ricostruire la distribuzione verticale della velocità delle onde trasversali in sito (onde di taglio: onde S) dei terreni in esame, per la caratterizzazione sismica dell'area in oggetto.

Grazie alla tecnica MASW è possibile ottenere una modellazione del sottosuolo che sfrutta particolari proprietà delle onde di Rayleigh le quali si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza e della combinazione di onde

sismiche di pressione (P-waves) ed onde di taglio polarizzate verticalmente (Sv-waves).

È stato così possibile ricostruire il profilo della velocità delle onde di taglio V_s e definire così il valore di progetto per V_{s30} , velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

L'andamento della velocità delle onde di taglio V_s con la profondità riscontrata lungo la verticale analizzata, è riportato in Figura 20.

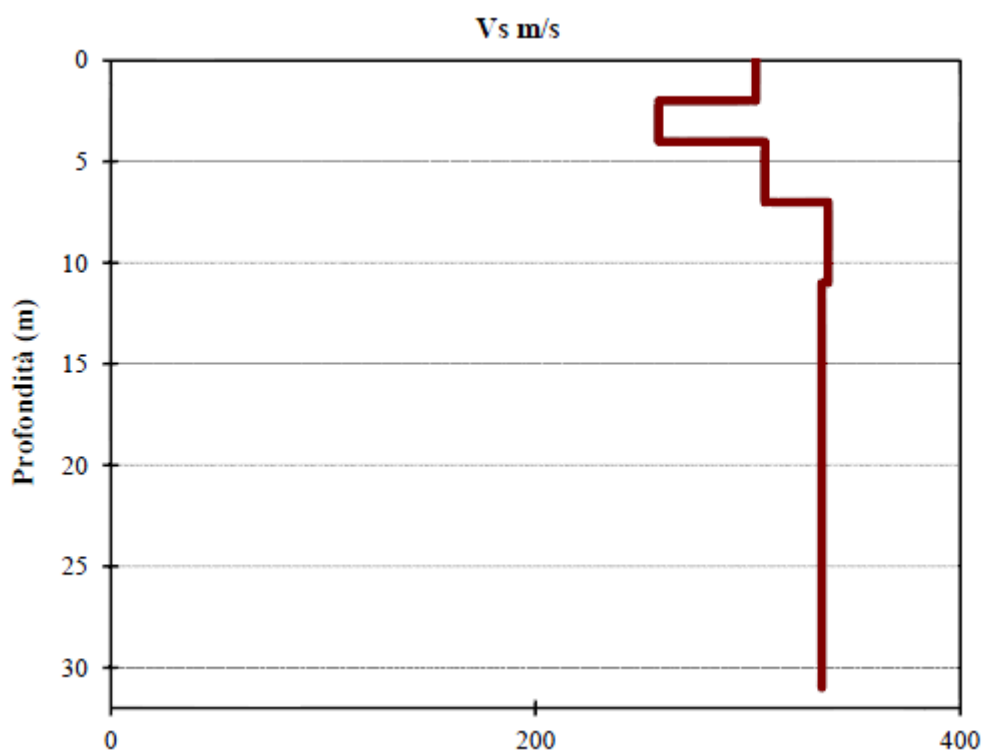


Figura 20 – Profilo MASW.

In base alla distribuzione verticale della velocità delle onde di taglio V_s riscontrate nella prospezione sismica di superficie, è così possibile assumere (Tabella 6):

$$V_{s30} = 320 \text{ m/s.}$$

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il sottosuolo di riferimento può essere classificato come sottosuolo di categoria "C": *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e*

da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

CALCOLO $V_{s,30}$						
N° livello	Limiti livello		Potenza	Densità	Poisson	Vs
	da m	a m	m	Kg/m ³		m/s
1	0	2	2	1800	0,2	304
2	2	4	2	1800	0,2	258
3	4	7	3	1800	0,48	308
4	7	11	4	1800	0,48	338
5	11	15	4	1800	0,48	335
6	15	20	5	1800	0,48	335
7	20	25	5	1800	0,48	335
8	25	31	6	1800	0,48	335
$V_{s,30}$						320

Tabella 6 – Determinazione del valore associato a $V_{s,30}$ lungo la verticale analizzata.

9.0 - CONSIDERAZIONI SULLA PROGETTAZIONE SISMICA

Ai fini della progettazione sismica si farà riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008. A tale scopo si è fatto uso del documento Excel *SPETTRI-NTC ver.1.03*, messo a disposizione dal *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*.

Il documento fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti orizzontali e verticali delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale. la definizione degli spettri di risposta relativi ad un particolare Stato Limite è articolata in n.3 fasi:

- FASE 1: individuazione della pericolosità del sito (sulla base del progetto S1-INGV);
- FASE 2: scelta della strategia di progettazione;
- FASE 3: determinazione dell'azione di progetto.

Al fine di determinare le azioni di progetto è dunque in primo luogo necessario ubicare l'area di intervento. Nel caso in esame, l'area oggetto di intervento ricade all'interno del Comune di Genova, in località *Cornigliano*, e le relative coordinate geografiche possono così essere espresse:

- sistema di riferimento WGS84: $\varphi = 44,4137^\circ$; $\lambda = 8,87739^\circ$;
- sistema di riferimento ED50: $\varphi = 44,4146^\circ$; $\lambda = 8,8784^\circ$.

I numeri identificativi dei punti della maglia utilizzati al fine di interpolare i valori dei parametri di pericolosità sismica locale sono i seguenti (Figura 21): n.16695; n.16696; n.16917; n.16918.

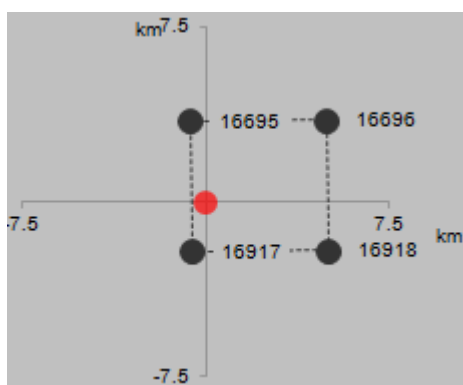


Figura 21 - Punti di riferimento per l'interpolazione dei parametri di pericolosità sismica all'interno dell'area di progetto.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
8.87840

LATITUDINE
44.41460

☐ Ricerca per comune

REGIONE
Liguria

PROVINCIA
Genova

COMUNE
Genova

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- ☐ Sito esterno al reticolo
- ☐ Interpolazione su 3 nodi
- ☒ Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

Tramite le coordinate del sito di intervento è così possibile risalire alla pericolosità sismica di base, descritta in termini di a_g (accelerazione orizzontale massima attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale) ed $S_e(T)$ (ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R).

Le forme spettrali sono dunque definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_C : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori dei parametri di riferimento a_g , F_0 , T_C^* , per i tempi di ritorno T_R di riferimento nel

sito oggetto di intervento, sono rappresentati in Figura 22 ÷ Figura 24, e sono sinteticamente richiamati in Tabella 7.

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
30	0.023	2.548	0.182
50	0.029	2.524	0.205
72	0.034	2.543	0.220
101	0.038	2.555	0.242
140	0.043	2.529	0.264
201	0.050	2.528	0.271
475	0.067	2.542	0.288
975	0.085	2.541	0.299
2475	0.116	2.535	0.309

Tabella 7 - Valori dei parametri di riferimento a_g , F_0 e T_c^* per i tempi di ritorno T_R di riferimento.

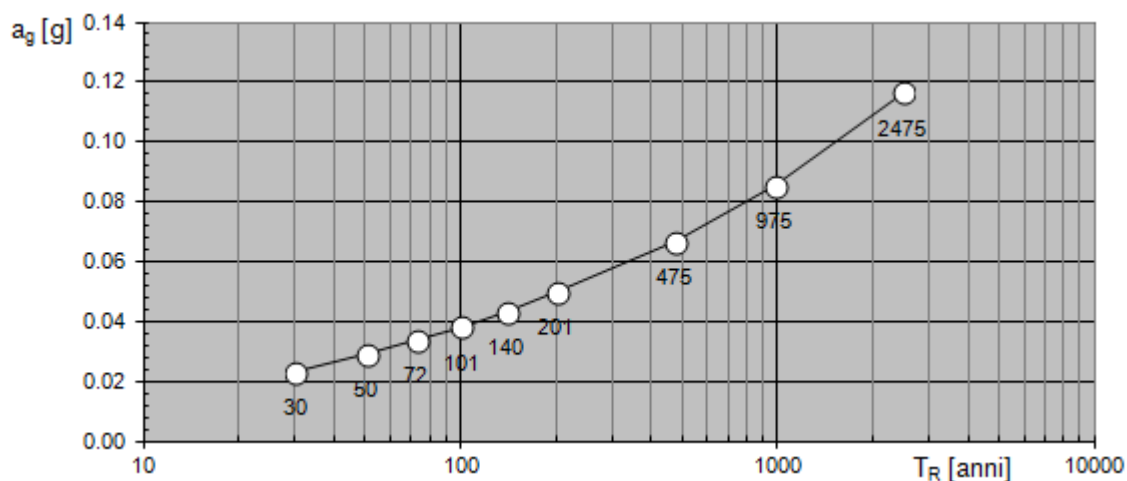


Figura 22 - Parametro di riferimento a_g per i tempi di ritorno T_R di riferimento.

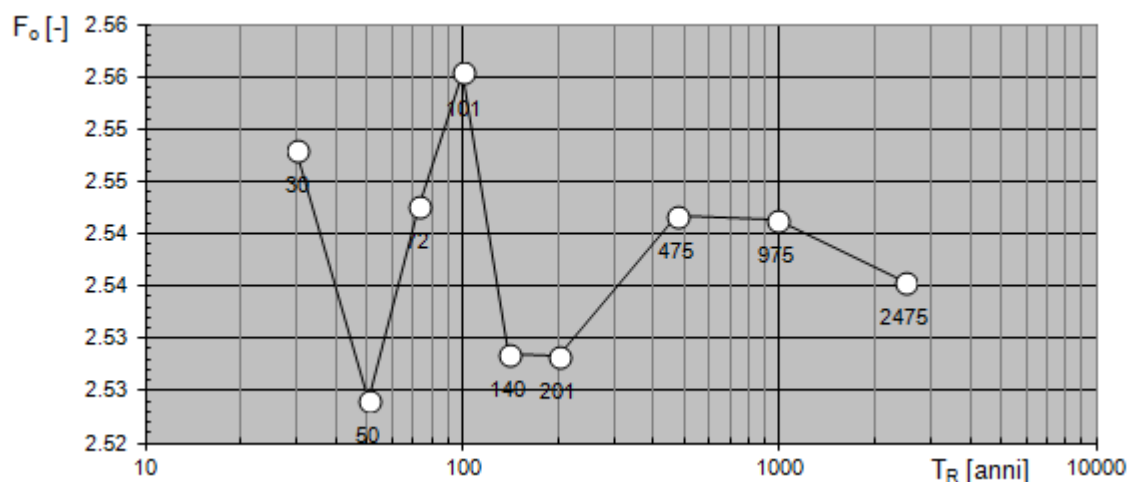


Figura 23 - Parametro di riferimento F_0 per i tempi di ritorno T_R di riferimento.

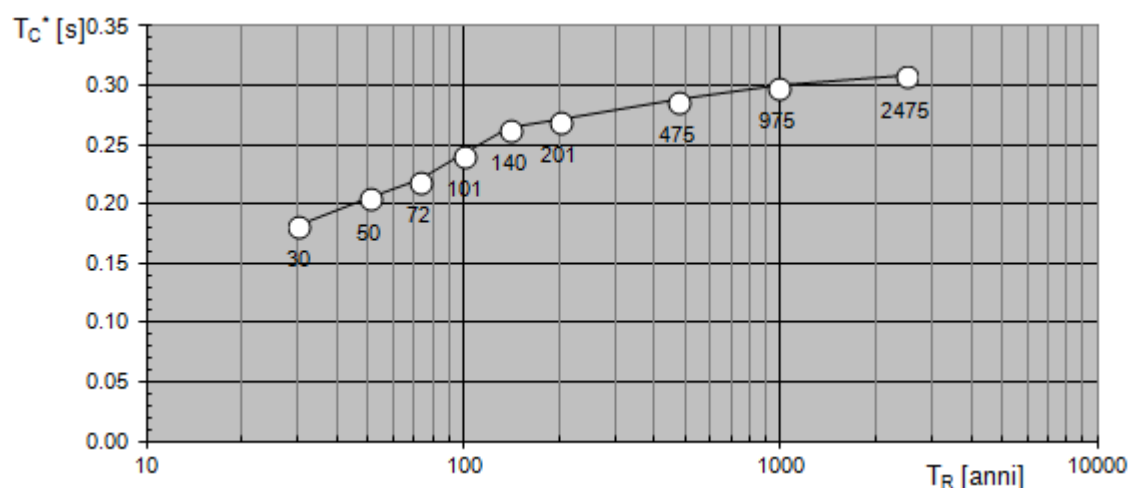


Figura 24 - Parametro di riferimento T_{c^*} per i tempi di ritorno T_R di riferimento.

Gli spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento sono invece riportati nel grafico in Figura 25, dove con linea continua sono rappresentati gli spettri di normativa, mentre con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui i precedenti sono stati determinati.

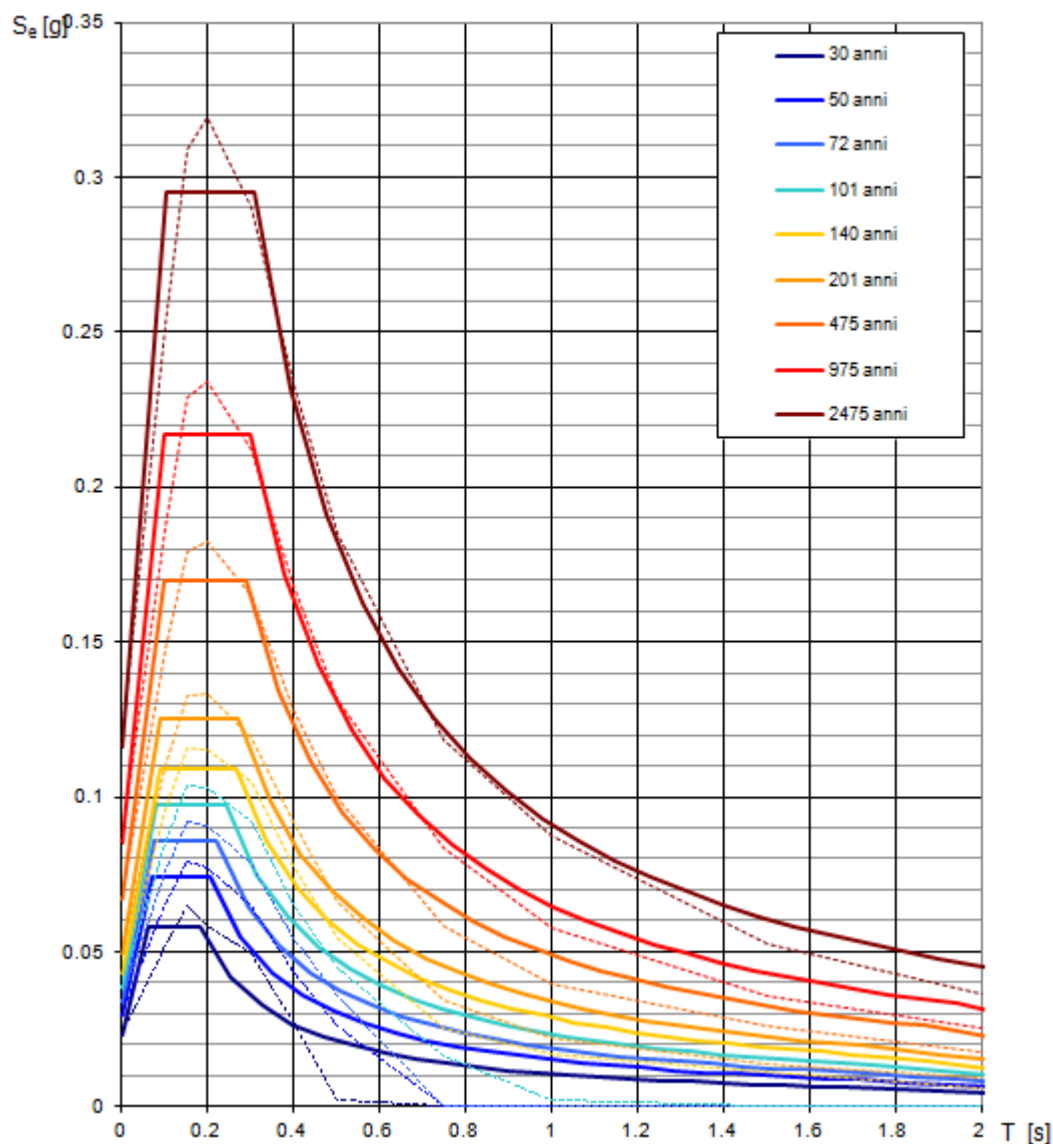


Figura 25 - Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento.

L'opera in progetto può essere classificata come una costruzione di tipo **3** (*Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o d'importanza strategica*), ed afferisce ad una classe d'uso di tipo **III** (*Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso*).

La vita nominale V_N dell'opera strutturale, ovvero il numero di anni nel quale la struttura,

purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata è pari a $V_N = 100$ anni.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R valutato come:

$$V_R = V_N \times C_U$$

con C_U coefficiente d'uso, per il caso in esame risulta $C_U=1.5$.

Ne discendono i periodi di ritorno per la progettazione sismica riportati in Figura 26 e Figura 27.

I parametri a_g , F_0 e T_C^* per i tempi di ritorno associati a ciascuno Stato Limite, sono stati riassunti in Tabella 8, mentre nelle Figura 28 ÷ Figura 30 gli stessi parametri sono meglio raffigurati in forma grafica, mettendo in evidenza il valore relativo a ciascuno Stato Limite. Gli spettri di risposta elastici associati ancora a ciascuno Stato Limite sono infine rappresentati in Figura 31.

Valori di progetto		
Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R		150
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R		
Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	90
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	151
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	1424
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	2475

Figura 26 - Periodi di ritorno per la progettazione sismica.

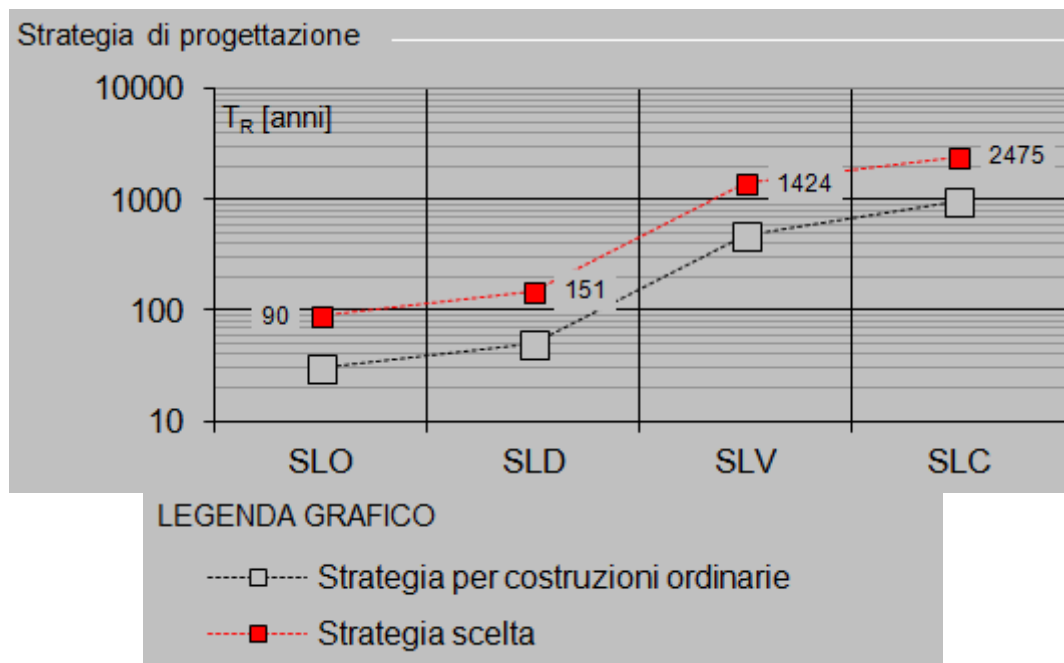


Figura 27 - Rappresentazione grafica dei periodi di ritorno per la progettazione sismica.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	90	0.037	2.551	0.235
SLD	151	0.044	2.528	0.266
SLV	1424	0.097	2.539	0.303
SLC	2475	0.116	2.535	0.309

Tabella 8 - parametri a_g , F_0 e T_C^* per i tempi di ritorno associati a ciascuno Stato Limite.

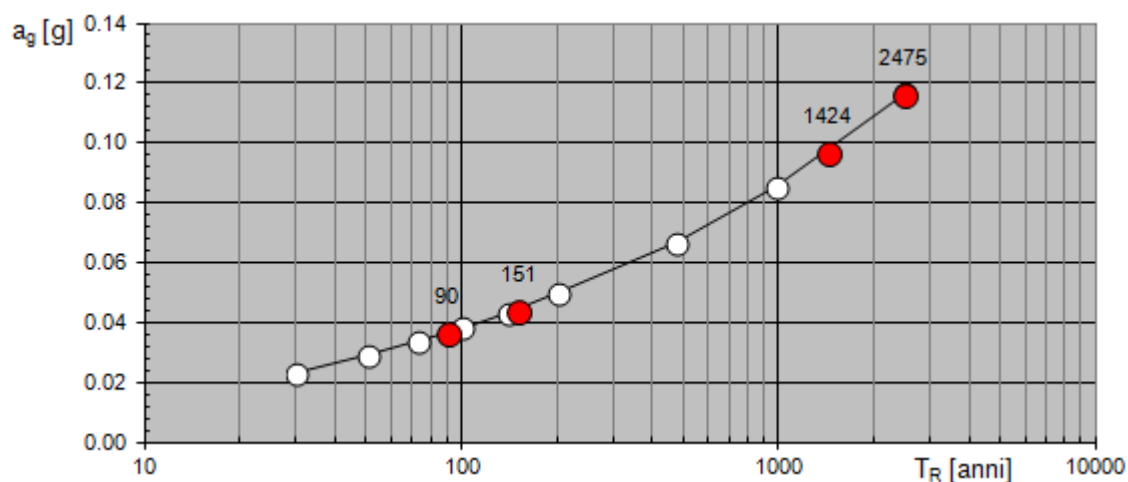


Figura 28 - Parametro di riferimento a_g espresso in funzione del tempo di ritorno T_R ed, in rosso, in riferimento al particolare SL di interesse.

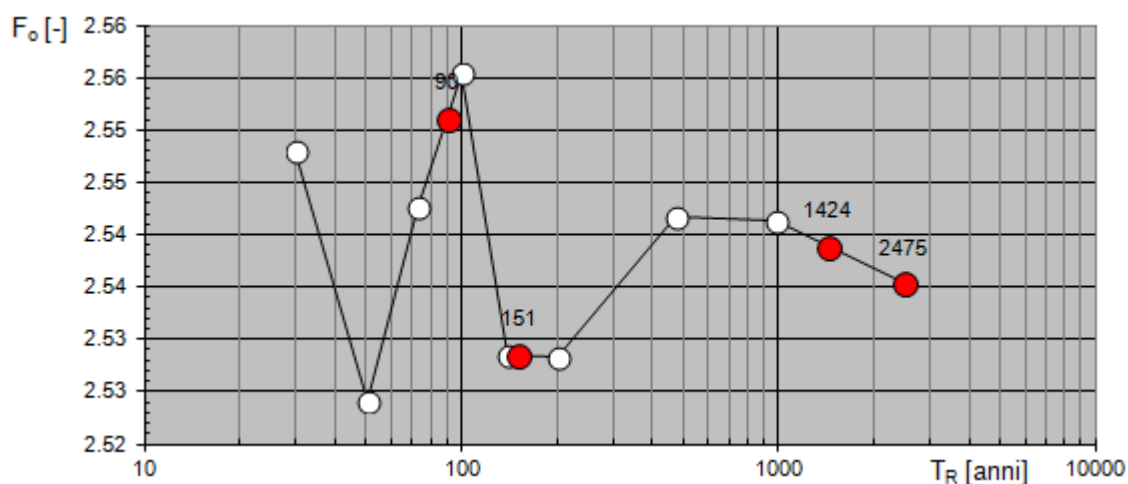


Figura 29 - Parametro di riferimento F_0 espresso in funzione del tempo di ritorno T_R ed, in rosso, in riferimento al particolare SL di interesse.

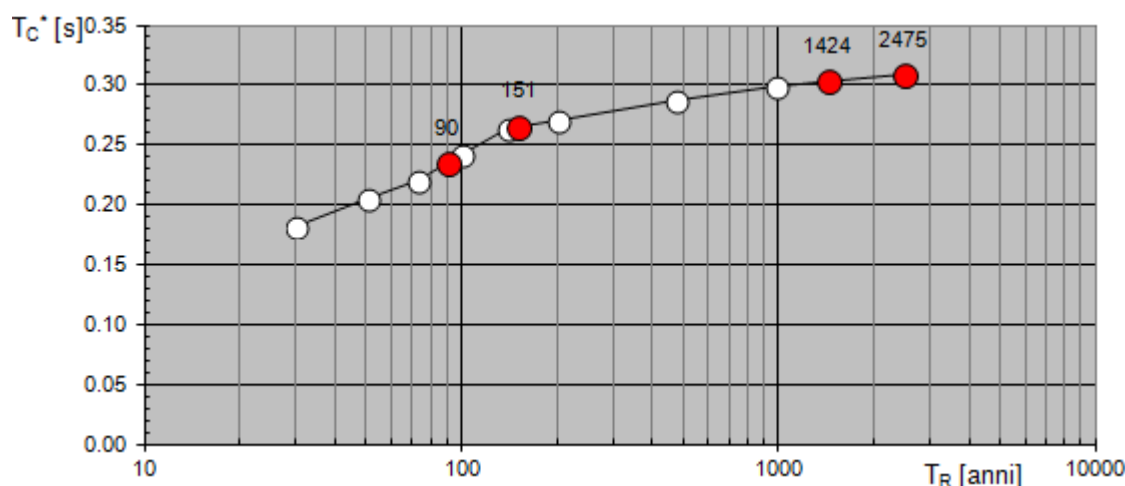


Figura 30 - Parametro di riferimento T_c^* espresso in funzione del tempo di ritorno T_R ed, in rosso, in riferimento al particolare SL di interesse.

La descrizione dell'azione sismica deve infine tener conto dei possibili effetti di amplificazione locale determinati dalla natura e dallo spessore degli strati di terreno più superficiali. In mancanza di studi più approfonditi ciò può essere effettuato individuando la categoria di suolo su cui insiste l'opera e la conseguente forma spettrale da associare al valore di accelerazione a_g riferita alle condizioni di sito rigido.

Nel caso in esame, ed in virtù dei risultati ottenuti nel corso della campagna geognostica e geofisica, è possibile riferirsi ad una categoria di sottosuolo di tipo **C**: *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

Le condizioni topografiche possono invece riferirsi ad una categoria topografica di tipo **T1**:

Ne consegue che, ai fini della quantificazione dell'amplificazione topografica, il coefficiente di amplificazione topografica S_T può essere assunto **$S_T = 1.00$** .

Il rapporto h/H tra la quota del sito " h " e l'altezza rilievo topografico " H " è da considerarsi unitario.

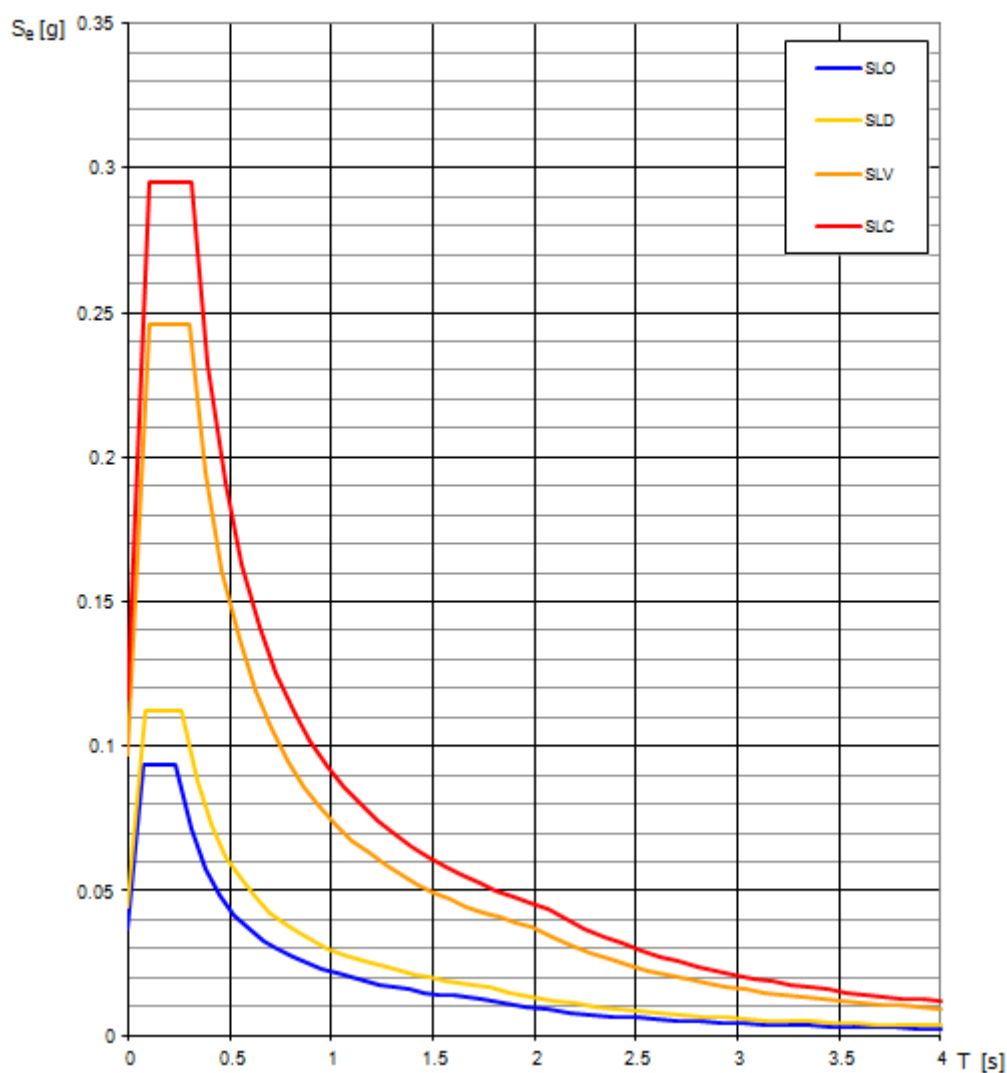


Figura 31 - Spettri di risposta elastici associati a ciascuno Stato Limite.

Alla luce di tutto quanto finora esposto è così infine possibile determinare l'azione sismica di progetto. I parametri essenziali caratteristici della stessa, in riferimento ad uno stato limite di tipo SLV, sono riportati in Figura 32.

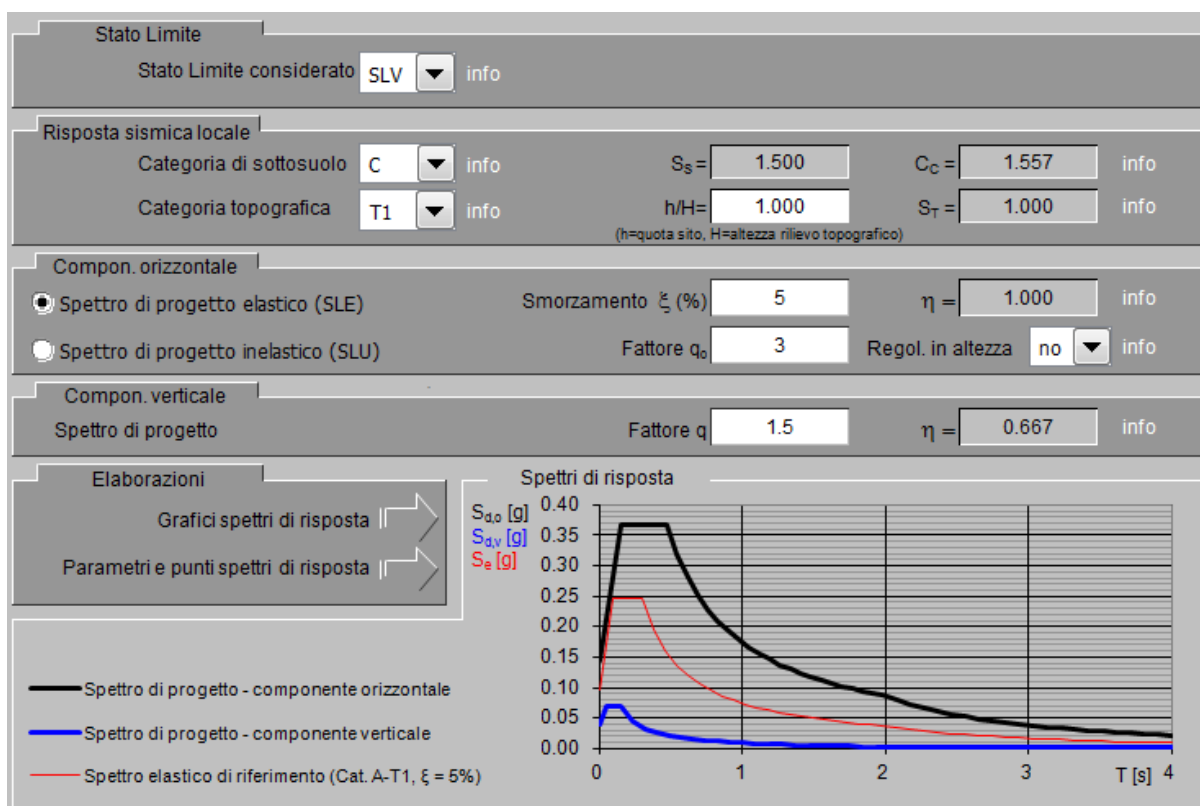


Figura 32 - Azione sismica di progetto.

Ancora in riferimento ad uno stato limite di tipo SLV, lo spettro di risposta nelle componenti orizzontali e verticali è riportato in Figura 33. Le espressioni assunte dallo spettro di risposta in riferimento al particolare periodo T, sono le seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_{\xi} \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_{\xi} \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_{\xi} \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_{\xi} \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

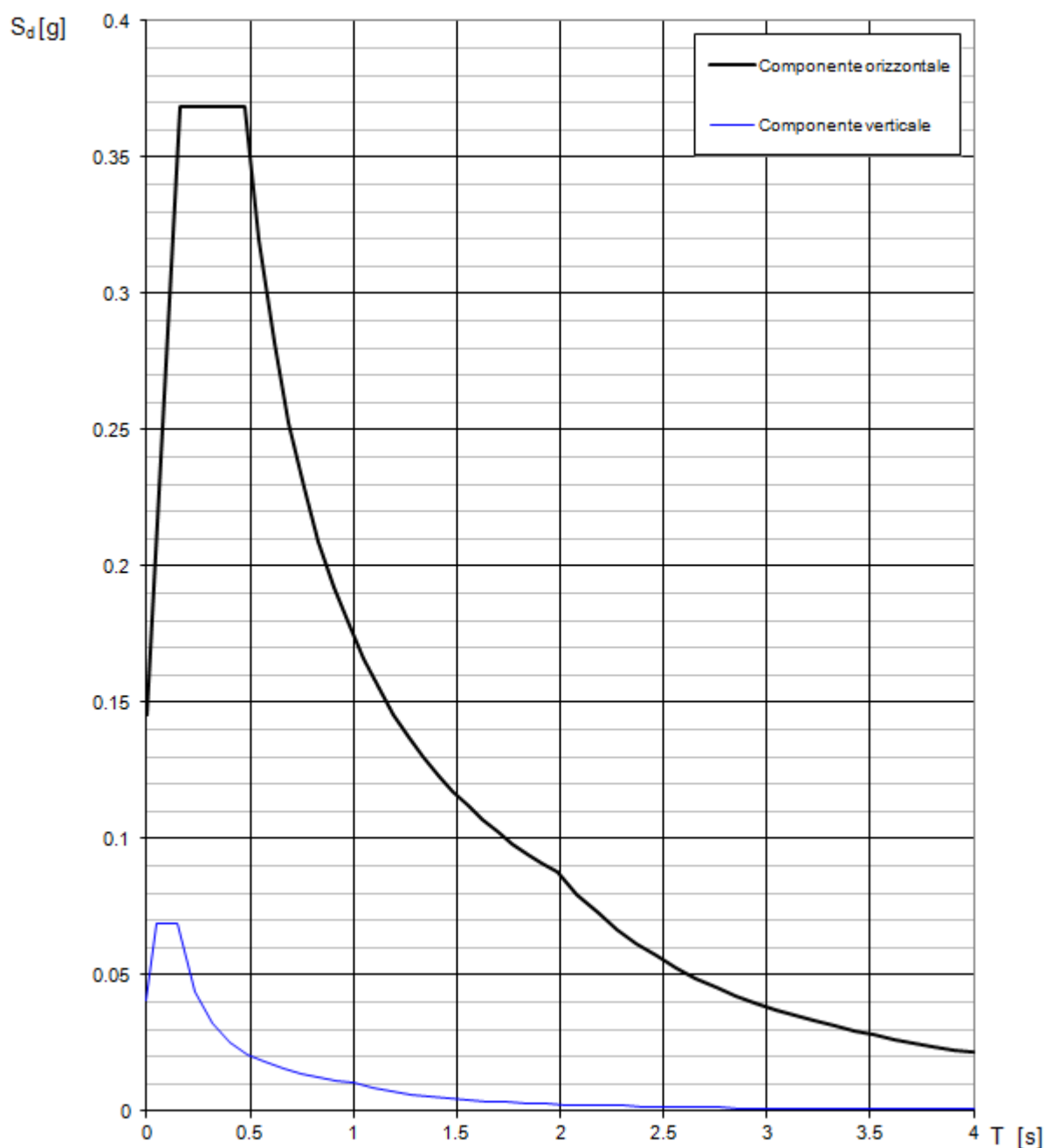


Figura 33: Spettri di risposta (componenti orizzontali e verticali) per lo stato limite SLV.

Le espressioni utili a determinare i valori associati ai parametri dipendenti dello spettro di risposta elastico sono riportate nel seguito, mentre in Tabella 10 sono riassunti i valori da questi assunti per lo specifico caso di studio. In Tabella 10 sono infine riportati i valori

associati ai parametri indipendenti dello spettro di risposta sismica.

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

S	1.500
η	1.000
T_B	0.157 s
T_C	0.472 s
T_D	1.987 s

Tabella 9 - Valori associati ai parametri dipendenti.

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.097 g
F_a	2.539
T_C^*	0.303 s
S_s	1.500
C_C	1.557
S_T	1.000
q	1.000

Tabella 10 - Valori associati ai parametri indipendenti.

10.0 - BIBLIOGRAFIA

- Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della Protezione Civile - *Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica*, Roma, Settembre 2008;
- P.Scandone; M.Stucchi - *La zonazione sismogenetica ZS4 come strumento per la valutazione della pericolosità sismica*;
- C.Meletti; G.Valensise *Zonazione Sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo*, 2004;
- Ferruccio Cestari – *Prove Geotecniche in sito*;
- NCHRP SYNTHESIS 368 – *Cone Penetration Testing*;
- G.Vannucchi – *Valutazione del rischio sismico di liquefazione mediante prove in sito*;
- D. Spallarossa, S. Barani, Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse, Università di Genova - *Task 1 – Completamento delle elaborazioni relative a MPS04 Deliverable D14 - Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R-ε*;
- <http://esse1.mi.ingv.it/d14.html>
- <http://www.ingv.it/> (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)
- <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI> (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani);
- <http://emidius.mi.ingv.it/GNDT> (Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti);
- <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04> (Database Macrosismico Italiano 2004);
- <http://emidius.mi.ingv.it/NT> (Catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno).