

S.S. n.626 della "Valle del Salso"

Lotti 7° e 8° e completamento della Tangenziale di Gela

Itinerario Gela – Agrigento – Castelvetro

PROGETTO DEFINITIVO

COD. PA83

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA:

Responsabile Integrazioni specialistiche Dott. Ing. Giovanni Piazza
 Responsabile Tracciato stradale Dott. Ing. Massimo Capasso
 Responsabile Strutture Dott. Ing. Giovanni Piazza
 Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti Dott. Ing. Sergio Di Maio
 Responsabile Ambiente e SIA Dott. Ing. Francesco Ventura



GRUPPO DI PROGETTAZIONE



GEOLOGO:

Geol. Enrico Curcuruto

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Sergio Di Maio



VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Maria Coppola



GEOLOGIA E GEOTECNICA

RELAZIONE SISMICA

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. ANNO

DPPA0083 D 19

NOME FILE

T00GE00GEORE02_A_Rel. Sismica.doc

REVISIONE

SCALA:

CODICE ELAB. T00GE00GEORE02

A

D					
C					
B					
A	EMISSIONE	FEB.2020	E.CURCURUTO	V.CANZONERI	G.PIAZZA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	2
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
4	MACROSISMICITA' DELL'AREA	4
5	PERICOLOSITA' SISMICA	10
6	ELABORAZIONE DATI GEOFISICI	12
6.1	Indagini sismiche in foro down hole.....	13
6.2	Prospezione sismica MASW.....	36

Allegato 1- Indagini geofisiche 2019

Allegato 2 – planimetria con classificazione sismica

1 PREMESSA

Scopo della relazione sismica è la caratterizzazione sismica dell'area interessata dal Progetto Definitivo dei "Lavori per la realizzazione del collegamento tra la S.S.626 in corrispondenza dello svincolo di "Butera" e la S.S.117 bis in prossimità della tangenziale di Gela", in provincia di Caltanissetta. A tal fine è stato seguito quanto prescritto dal D.M. 17 Gennaio 2018 riguardante la definizione dei parametri sismici di progetto, per calcolare i quali, è stata condotta un'analisi dei dati geofisici sperimentali finalizzata alla stima della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio ed alla valutazione degli altri elementi che possono contribuire alla modifica del moto sismico in superficie (accelerazione sismica, caratteristiche stratigrafiche, condizione topografia, ecc.). Questo studio ha riguardato l'infrastruttura nella sua interezza, sebbene sia stata prestata particolare attenzione alle principali opere d'arte previste nel progetto dell'infrastruttura stessa.

Lo studio realizzato è stato articolato secondo il seguente schema concettuale:

- Macrosismicità
- Analisi della sismicità storica del territorio;
- Analisi della Normativa di riferimento
- Macrozonazione sismica: Pericolosità e Vulnerabilità;
- Sismicità applicata al tracciato
- Elaborazione dati geofisici;
- Caratterizzazione sismica dell'area (D.M. 17 Gennaio 2018);
- Calcolo del parametro V_{seq} .

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Gli studi geologici e la redazione della presente relazione sono stati eseguiti seguendo le prescrizioni delle norme, i cui riferimenti sono di seguito riportati:

- D.M. 17 Gennaio 2018

Nuove Norme tecniche per le costruzioni;

- D.M. 14 Gennaio 2008

Norme tecniche per le costruzioni;

- Circolare 2 febbraio 2009, n° 617

Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni;

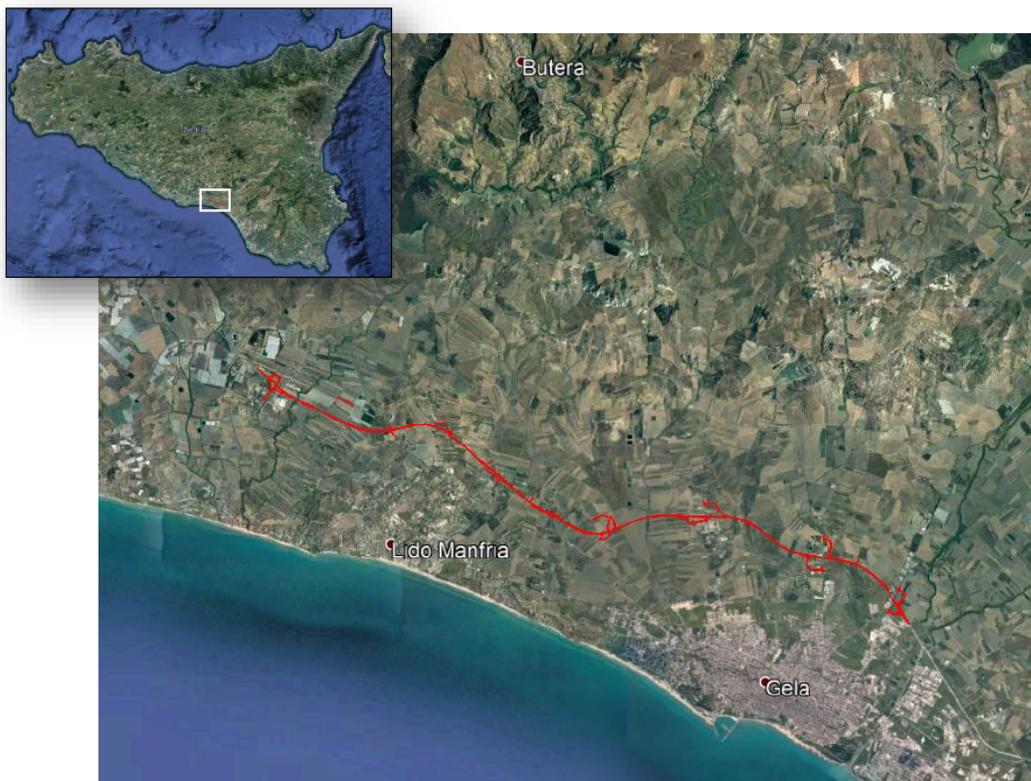
- Norme Tecniche di cui al D.M. 11.03.88;
- Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274/2003;

- ❑ Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.”; modificata dall’O.P.C.M. 3431 del 03/05/2005;
- ❑ Delibera della Giunta Regionale della Regione Siciliana n. 408 del 19/12/2003;
- ❑ Elenco dei comuni della Sicilia classificati sismici con i criteri della delibera di Giunta Regionale n.408 del 19 Dicembre 2003” pubblicato sulla GURS n.7 del 13/02/2004.

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La tangenziale in progetto si colloca nel programma di completamento della Strada Statale 626 della Valle del Salso “ Tangenziale di Gela (lotti 7° - 8° e completamento della tangenziale di Gela).

L’intervento ricade nei Comuni di Butera e Gela, come illustrato nella figura che segue.



- Ubicazione dell’area di intervento -

Il tracciato insiste sul territorio comunale di Butera (CL) per i primi chilometri, dalla progressiva 0 alla progressiva 1.680,

La realizzazione del collegamento tra la S.S.626, in corrispondenza dello svincolo di Butera, e la S.S.117 bis, in prossimità della tangenziale di Gela, si sviluppa a partire nel Comune di Butera dalla progressiva 0+000 fino alla progressiva 1+633 che coincide con il limite comunale, per poi proseguire nel Comune di Gela sino alla fine dell’intervento che è posto all’altezza della S.S. 117 bis Centrale Sicula, in prossimità della progressiva 15+823. e

S.S. n.626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8° e completamento della Tangenziale di Gela Itinerario Gela - Agrigento - Castelvetro		
PA-83	Relazione Sismica	

sul territorio di Gela (CL) per tutti il restante sviluppo fino alla fine (progressiva 15.883). Il tracciato in studio ricade nelle seguenti tavolette della Carta d'Italia redatta dall'I.G.M.I., nella sequenza progressiva del tracciato da W verso E:

- F° 272 III N.E. "Manfria";
- F° 272 II N.O. "Ponte Olivo";
- F° 272 II S.O. "Gela".

Il tracciato ricade nelle sezioni N° 643060, 643070 e 643120 della Carta Tecnica Regionale.

4 MACROSISMICITA' DELL'AREA

Il presente capitolo definisce il quadro macrosismico generale del territorio attraversato dall'asse stradale in progetto, nell'ottica di una complessiva macrozonazione sismica che abbia come fine ultimo la valutazione della pericolosità sismica, tanto in termini generali quanto in termini di singola opera d'arte da realizzare.

La pericolosità sismica del territorio definisce la probabilità statistica che si verifichi un evento tellurico di una data magnitudo, parametrizzata dalle serie storiche e statistiche, che viene definito come **terremoto di progetto**, la cui intensità, soprattutto in termini di danni attesi (Rischio - Vulnerabilità Sismica), è condizionata da locali fattori geologici, geomorfologici ed antropici, anch'essi parametrizzati in coefficienti progettuali introdotti dalla Normativa vigente.

Il territorio interessato da tale studio, ricade nel settore meridionale dell'isola siciliana, in un contesto geostrutturale di *catena* a Falde *sovrapposte* legate alla genesi dell'orogene appenninico;

in particolare, il territorio di stretto interesse risulta compreso nel settore terminale della "*Falda di Gela*" considerata, dall'attuale bibliografia scientifica, il fronte meridionale della catena siciliana.

In generale, si può affermare che la zona di Gela, strutturalmente, è compresa tra il settore orientale e quello occidentale e dell'isola, le cui caratteristiche macrosismiche e tettonico-strutturali differenti definiscono due "*regioni sismogenetiche*":

- il settore orientale siciliano
- il settore occidentale siciliano

il settore orientale siciliano

Il settore orientale si caratterizza per la presenza di macrostrutture sismicamente attive e ben differenziate: l'Avampese Ibleo a SE; la Catena costiera a N; ed il massiccio etneo, ad ovest, attraversato da tre sistemi di faglie a direzione prevalente NW - SE, NE - SW ed E - W, che continuano nella catena costiera e che sono stati attivi fino al Pleistocene sup.

La regione costiera settentrionale risulta molto attiva con terremoti di **M > 7** e periodo di ritorno di circa 70 anni; la regione Iblea, Avampese, anch'essa molto attiva, con terremoti aventi magnitudo comparabili o maggiori con 4

periodi di ritorno più lunghi (300 a). La sismicità etnea, caratterizzata da magnitudo medio – basse, anche se con ipocentri relativamente poco profondi, non sembra avere un' influenza diretta sui territori analizzati.

Oltre a tali aree "continentali" vanno considerati i settori ricadenti all'interno del bacino meridionale del Tirreno.

In termini di episodi parossistici, il settore orientale, si caratterizza per la frequenza di accadimento dei terremoti più significativi di tutta la regione (intensità massima $I = XI$ MCS), tra i quali si ricordano gli eventi sismici del 1169 e 1693, che hanno provocato distruzione nell'area iblea e nel catenese e l'evento storicamente più vicino Messina 1908 (Fig. 1.1), con magnitudo 7.2 Richter e XI-XII Mercalli.



Epicentro terremoto 1908

□ **il settore occidentale siciliano**

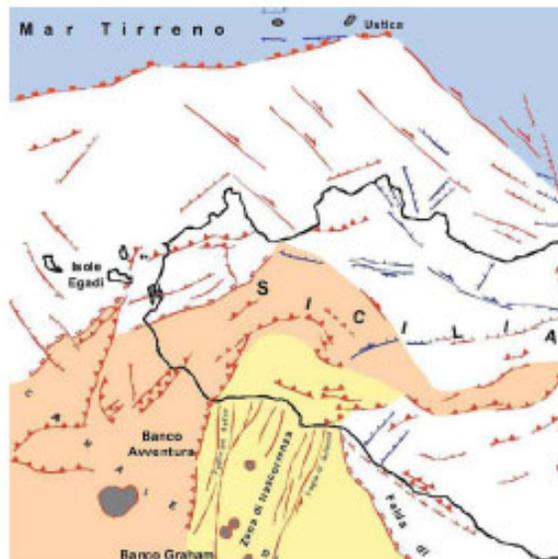
La sismicità della Sicilia occidentale e i dati di tettonica recente permettono di individuare, all'interno di tale macrosettore, delle "subzone" o aree caratterizzate da un differente comportamento sismotettonico.

In particolare, tra Palermo e Termini Imerese (Area Tirrenica) la sismicità potrebbe essere associata sia alle faglie trascorrenti del Sistema Sud - Tirrenico che alle strutture distensive responsabili del sollevamento della catena costiera.

La zona sismogenetica di Corleone si manifesta con sequenze sismiche di bassa energia. I pochi eventi conosciuti hanno aree di avvertibilità limitate che indicano strutture sismo genetiche superficiali.

La zona sismogenetica del Belice, in cui sono localizzati gli eventi sismici del 1968, può relazionarsi sia con il proseguimento in terra della zona di trascorrenza presente nel Canale di Sicilia sia con strutture di rotture lungo una rampa di thrust cieco al di sotto della sinclinale del Belice. I meccanismi focali proposti da vari autori mostrano soluzioni variabili da trascorrenti pure a transpressive a inverse pure, non permettendo di individuare specifiche strutture sismogenetiche.

Lungo la zona meridionale, la sismicità si manifesta con sequenze sismiche di bassa energia ma di lunga durata che interessano quasi esclusivamente Sciacca, talvolta in concomitanza con l'attività vulcanica del Canale di Sicilia. La zona costiera Egadi – Trapani - Mazara, si caratterizza per la presenza di una sorgente associabile all'attività del *thrust* delle Egadi o delle faglie che lo dislocano.



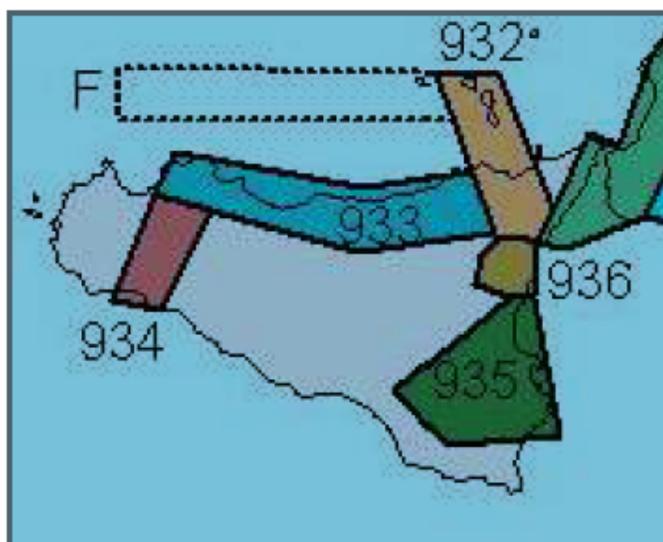
Schema strutturale Sicilia occidentale

Nel Settore occidentale, sebbene gli eventi sismici siano caratterizzati da magnitudo minori rispetto a quello orientale, vanno ricordate le sequenze sismiche del 1968 che hanno prodotto ampie devastazioni (I= IX-X MCS) per il verificarsi di numerosi forti scosse nel giro di pochi giorni, riconoscendo pertanto l'area della Valle del Belice come sismica solo in seguito al verificarsi di tali eventi. Questo accade quando si hanno periodi sismici con forti terremoti, alternati a lunghi periodi di quiescenza (migliaia di anni).

Sismicità dell'area di Gela

Quanto sopra, definisce una macro area (Bacino di Caltanissetta) soggetta al "carico sismico" di diverse "regioni *sismogenetiche*" con terremoti diversi sia in termini focali che di sorgente, legati all'attiva tettonica regionale, e caratterizzati da elevate intensità e frequenze di accadimento variabili. Il territorio in esame quindi, non è da considerarsi come una regione *sismogenetica* .

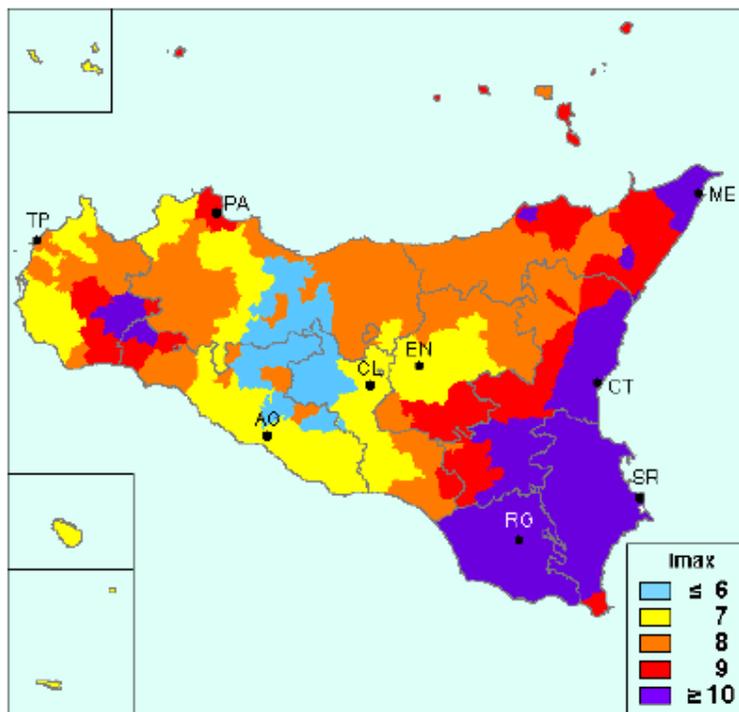
In particolare, nel Rapporto Conclusivo relativo alla redazione della mappa di Pericolosità sismica (Ord. P.C.M. 3274 - 2003) è contenuta la zonizzazione sismogenetica del territorio italiano (Z69). Tale zonizzazione, condotta tramite analisi cinematica degli elementi geologici cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale ha definito, per l'area siciliana le seguenti aree sismogenetiche evidenziate nella figura sottostante



- **936 Etna**, sismicità associata a fagliazione superficiale e all'attenuazione del moto del suolo tipica di un ambiente vulcanico;
- **935 Iblei**, settore direttamente legato alla scarpata ibleo – maltese ed alle maggiori linee di discontinuità come la Scicli – Ragusa, responsabile dell'evento sismico del 1693.
- **934 Belice**, i caratteri sismo genetici di tale zona riconducibili all'unica e grande sequenza sismica del gennaio 1968 nell'area del Belice;
- **933 Sicilia Settentrionale**, tale zona è comunemente ritenuta avere carattere prevalentemente trascorrente (Linea **M.te Kumeta – Alcantara**). In questa zona i principali eventi sismici sembrano essere localizzati sulla costa e pertanto la sismicità andrebbe attribuita alla ZS F, molto superiore a quella della costa siciliana settentrionale e del suo immediato offshore;
- **932 Eolie - Patti**, area definita sulla scorta esclusiva di esplorazioni geofisiche profonde e legata ad una zona di "svincolo" con arretramento del dell'arco calabro e delle strutture sintetiche che segmentano il golfo di Patti

Zona	N. eventi Md ≥ 2.0	N. eventi Md ≥ 2.5	N. eventi Md ≥ 3.0	Magnitudo Md Max	Classe di Profondità	Profondità efficace (Km)
932	277	194	55	6.14	12 - 20	13
933	413	162	44	6.14	8 - 12	10
934	8	6	3	6.14	8 - 12	10
935	43	34	6	7.29	12 - 20	13
936	374	283	67	5.45	1 - 5	3

Tabella 1.1 - Sintesi aree sismogenetiche

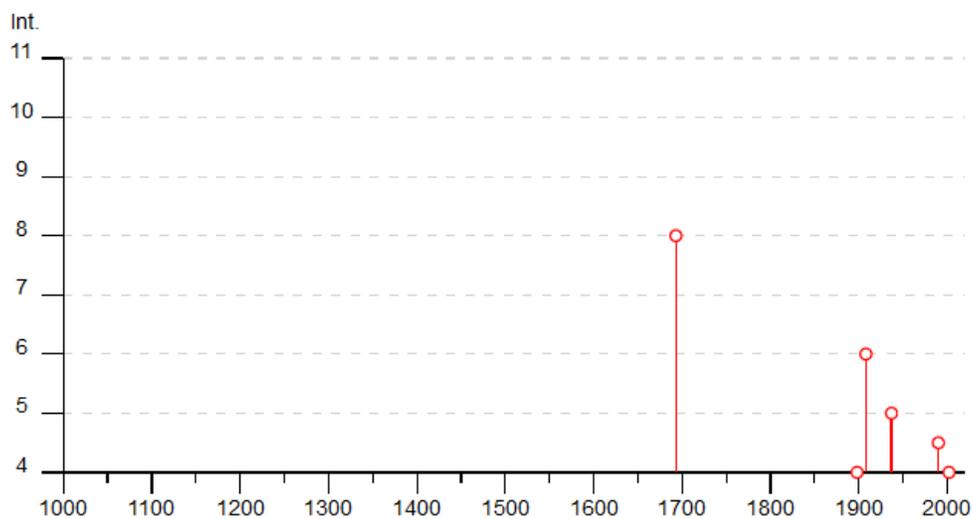


Massima intensità Sicilia (INGV)

Per l'area di Gela le seguenti tabelle sintetizzano gli eventi sismici di maggiore entità.

Comune	Lat	Long	Imax
Gela	37.07099	14.24023	8
Butera	37.18796	14.18390	7
Niscemi	37.14689	14.38920	9

Di seguito le osservazioni sismiche disponibili per Gela (<https://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15>)



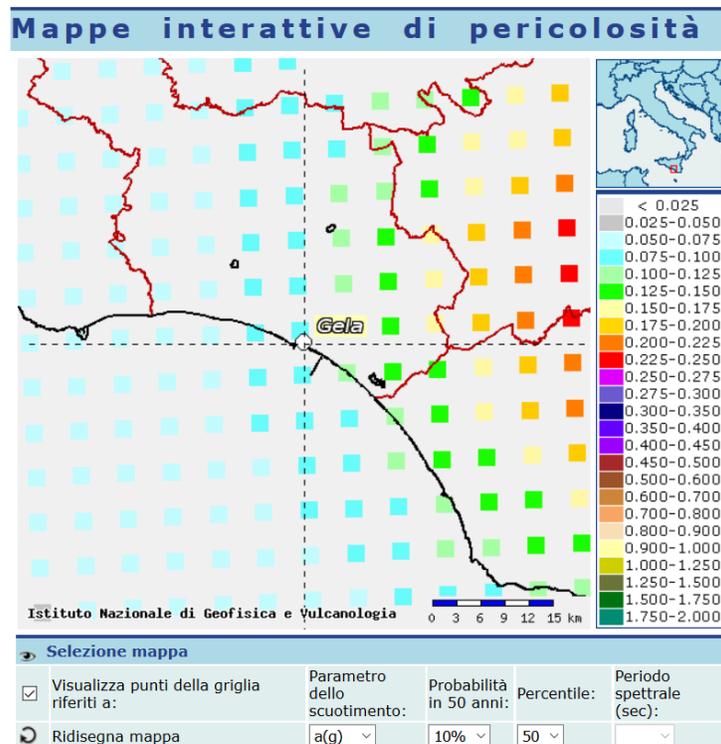
Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8	1693	01	11	13	30		Sicilia sud-orientale	179	11	7.32
F	1694	05	16				Sicilia orientale	7	5-6	4.40
3-4	1823	03	05	16	37		Sicilia settentrionale	107	8	5.81
3-4	1895	04	13	15	01		Monti Iblei ?	32	6-7	4.82
NF	1897	02	11	23	33	0	Ionio meridionale	96	5	5.03
NF	1897	05	15	13	42	3	Tirreno meridionale	85	5	4.52
4	1898	11	03	05	59		Calatino	48	5-6	4.51
2	1903	07	13	08	19		Calatino	46	5	4.14
NF	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
NF	1908	12	10	06	20		Monti Peloritani	64	7	5.11
6	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11	7.10
2	1924	08	17	21	40		Monti Iblei	22	5	4.74
2	1934	09	11	01	19		Sicilia centro-settentrionale	28	5-6	4.84
5	1937	03	06	01	56		Monti Iblei	15	5	4.49
3	1959	12	23	09	29		Piana di Catania	108	6-7	5.11
2	1978	04	15	23	33	4	Golfo di Patti	330	8	6.03
3	1980	01	23	21			Monti Iblei	122	5-6	4.39
F	1980	05	28	19	51	2	Tirreno meridionale	44	5-6	5.66
4-5	1990	12	13	00	24	2	Sicilia sud-orientale	304		5.61
NF	1990	12	16	13	50	2	Ionio meridionale	105		4.38
4	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92
NF	2016	02	08	15	35	4	Monti Iblei	58	5	4.44

5 PERICOLOSITA' SISMICA

La pericolosità sismica di un territorio, come anticipato sopra, è rappresentata dalla **frequenza** e dalla **forza** dei **terremoti** che lo interessano, ovvero dalla sua **sismicità, diretta o indiretta**.

In particolare, il parametro considerato, anche nella successiva Normativa Sismica (*D.M. 17 Gennaio 2018*), tiene conto dell'accelerazione massima (a_{max}) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Il tracciato in oggetto ricade del tutto nella zona 2, cui corrispondono valori di accelerazione massima (a_{max}) **0.075 ÷ 0.15 g** calcolati su un suolo di riferimento di tipo **A**.



Pericolosità sismica , 50% percentile a max con probabilità di superamento del 10% in 50 anni



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

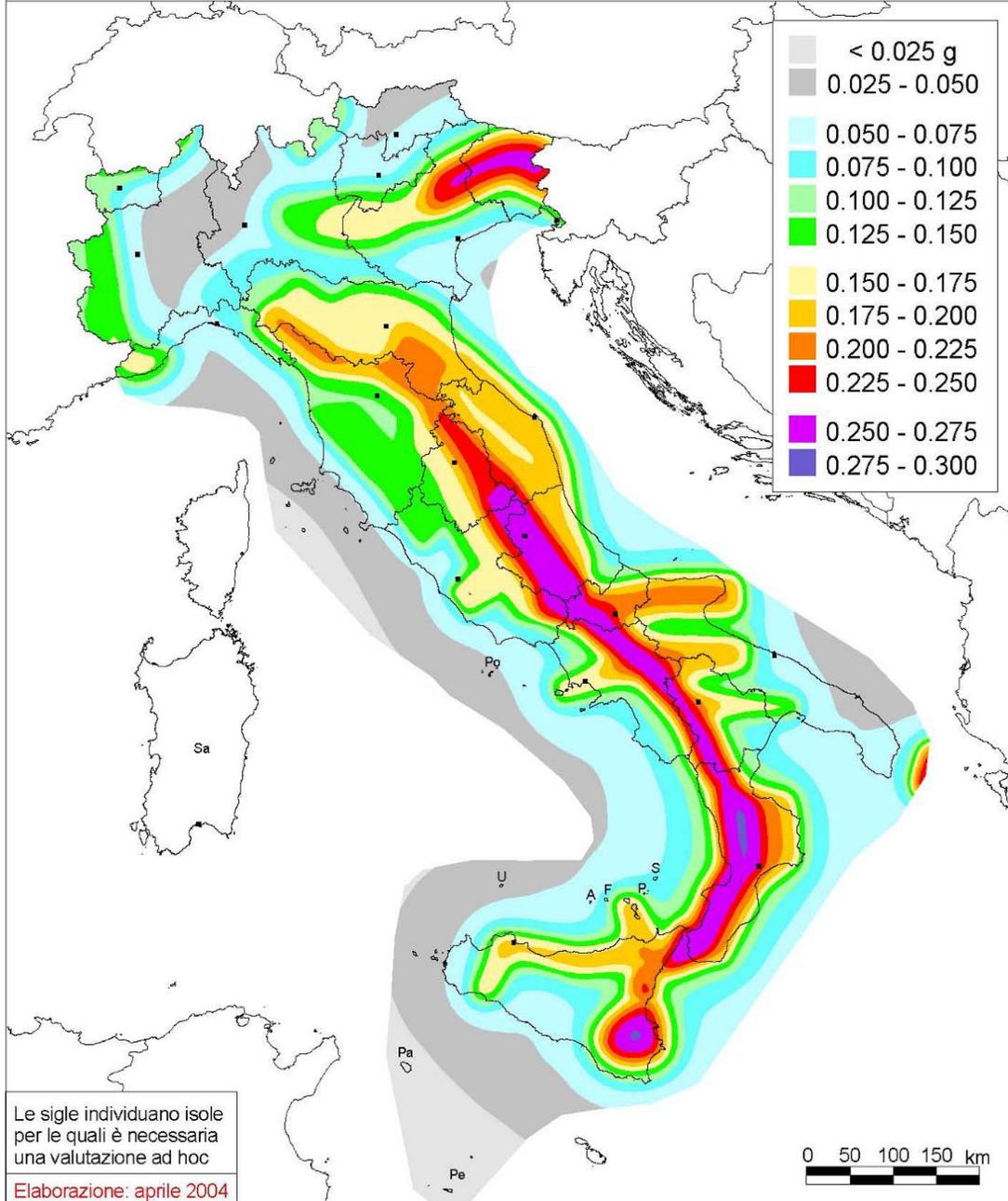
Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s0} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



- Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

6 ELABORAZIONE DATI GEOFISICI

Nell'ambito dei lavori di indagini geognostiche a supporto della caratterizzazione stratigrafica e della parametrizzazione geotecnica è stata eseguita una campagna di prospezioni geofisiche mirata alla conoscenza della velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione e di taglio dei terreni interessati dall'opera in progetto. Tali prove sono state eseguite principalmente nei siti interessati dalle opere d'arte e lungo la tratta in progetto.

Le prove geofisiche effettuate sono state tutte del tipo attivo e sono state eseguite sia nelle precedenti campagne di indagini del 2014 e sia nella campagna sismica e geognostica del 2019 (Indagini eseguite dalla Tecnoln). Le indagini utilizzate per redigere il presente studio sono state le seguenti:

- n.11 indagini sismiche in foro down-hole;
- n.1 prospezione sismica MASW.

Di seguito si riportano le coordinate relative all'ubicazione delle prospezioni sismiche rispettivamente MASW e delle prove down hole

Codice indagine	Lunghezza base sismica (m)	COORDINATE GAUSS-BOAGA			
		Coordinata inizio profilo - EST	Coordinata inizio profilo - NORD	Coordinata fine profilo - EST	Coordinata fine profilo - NORD
MASW_09	46	2451290,405	4106930,106	2451336,464	4106931,533

Ubicazione caposaldi profili MASW

Codice indagine	Profondità dal p.c. (m)	COORDINATE GAUSS-BOAGA con quota dal Piano Campagna		
		Coordinata EST	Coordinata NORD	Quota (m s.l.m. m.)
SA01-DH	40,00	2442070,725	4109806,561	31,424
SA03-DH	35,00	2442146,400	4109626,293	24,788
SA07-DH	40,00	2442681,081	4109364,971	24,518
SA10-DH	40,00	2445298,620	4108879,833	57,080
S14-DH	40,00	2446855,575	4107770,275	18,758
S16-DH	35,00	2447454,215	4107238,600	14,437
S20-DH	40,00	2449380,295	4106670,824	19,632
S23-DH	40,00	2449893,633	4106836,283	21,555
S31-DH	30,00	2452598,977	4106402,662	17,873
S34-DH	35,00	2454473,783	4105673,979	23,765
S36-DH	30,00	2455402,876	4105039,402	16,913

Ubicazione sondaggi testati con prova down hole

6.1 Indagini sismiche in foro down hole

Indagini sismiche in foro down-hole;

I valori delle velocità delle onde sismiche sono stati elaborati con l'obiettivo di definire il parametro V_{seq} , definito dall'espressione

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{H_i}{V_{S_i}}}$$

dove

h_i = spessore dello strato i esimo;

V_{S_i} = velocità delle onde di taglio nell' i esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. L'elaborazione è finalizzata all'individuazione della categoria del sottosuolo, secondo quanto previsto dal *D.M. 17 Gennaio 2018*.

Nel caso oggetto di studio la misura diretta delle onde di taglio ha riguardato solo le principali opere d'arte (prove Down_hole).

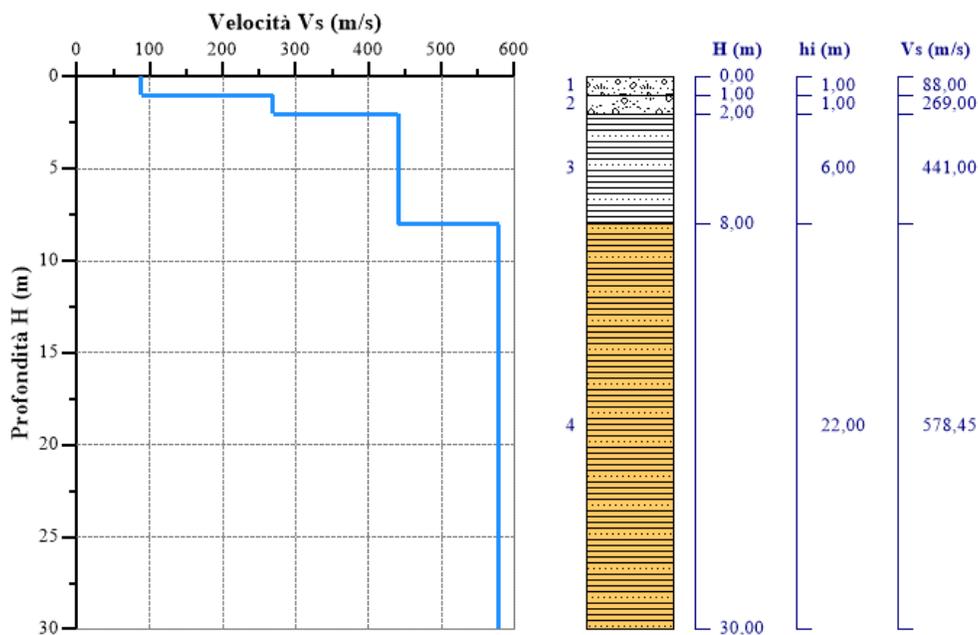
L'analisi sismostratigrafica è stata condotta confrontando gli intervalli omogenei di velocità e la stratigrafia riscontrata nel medesimo intervallo. In seguito a tale confronto è stato possibile definire le verticali di misura DH in sismostrati.

Si riportano di seguito i risultati dell'interpretazione delle prove sismiche down-hole.

Caratterizzazione sismica area Cavalcavia n°1

Sondaggio S01_DH

(Coord. UTM WGS84 x = 14.122655; y = 37.131399)



Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vs _i (m/s)	H (m)	h _i (m)	h _i /V _{si} (s)
1	1	1	88	1	1	0,0113636364
2	2	1	269	2	1	0,0037174721
3	8	6	441	8	6	0,0136054422
4	30	22	578,45	30	22	0,0380326735

Vs_{eq} = 449,65 (m/s)

Cat. = B

VI01 - VIADOTTO BURGIO

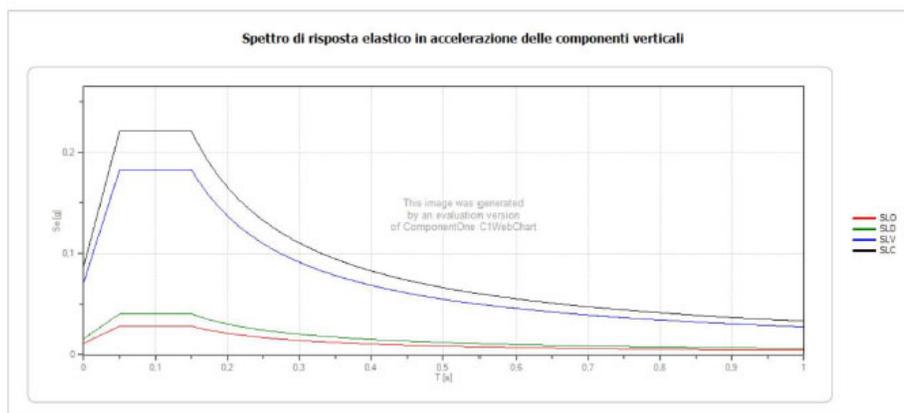
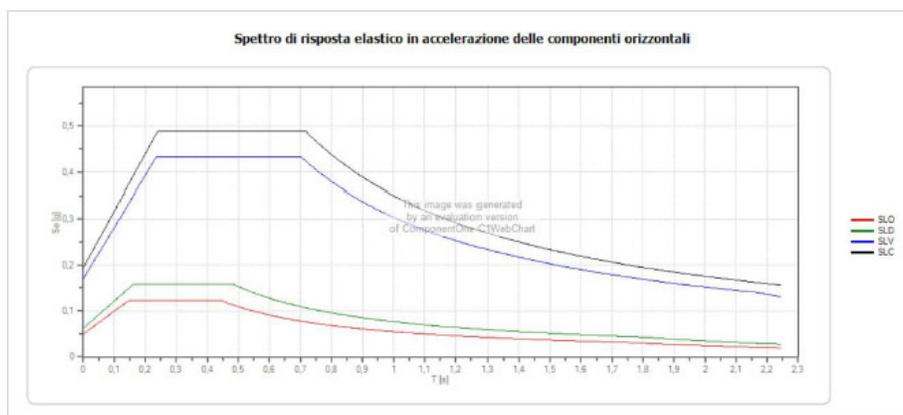
WGS84		ED50	
Lon	Lat	Lon	Lat
14,123614	37,130685	14,124445	37,131757

Vita Nominale V_N = 100 anni
 Classe d'uso CI = IV
 Coefficiente d'uso C.u. = 2,0
 Periodo di riferimento V_R = 200 anni

PARAMETRI SISMICI

STATO LIMITE	T _R [anni]	a _g [g]	F ₀ [-]	T _c [s]
SLO	120	0,041	2,482	0,322
SLD	201	0,052	2,552	0,360
SLV	1898	0,141	2,549	0,572
SLC	2475	0,161	2,520	0,587

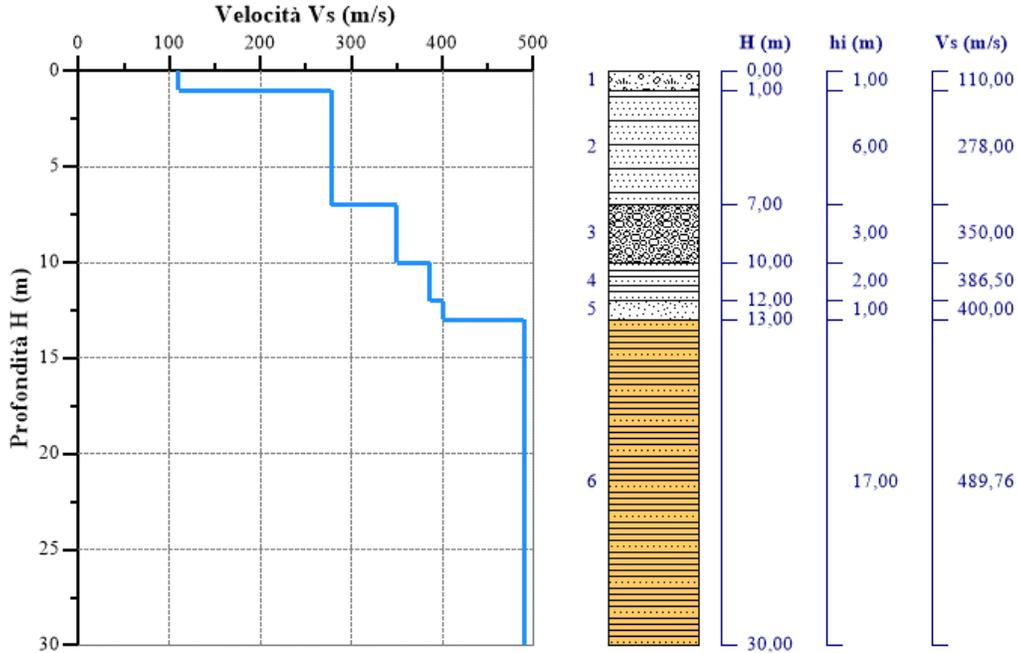
	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,381	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLD	1,200	1,350	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLV	1,200	1,230	1,000	0,006	0,003	0,250	0,240
SLC	1,200	1,224	1,000	0,006	0,003	0,250	0,240



Caratterizzazione sismica area Viadotto Burgio

Sondaggio S03_DH

(Coord. UTM WGS84 x =14.123531 -y= 37.129916)



Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	V_{s_i} (m/s)	H (m)	h_i (m)	h_i/V_{s_i} (s)
1	1	1	110	1	1	0,0090909091
2	7	6	278	7	6	0,0215827338
3	10	3	350	10	3	0,0085714286
4	12	2	386,5	12	2	0,0051746442
5	13	1	400	13	1	0,0025
6	30	17	489,76	30	17	0,0347108788

$V_{seq} = 367,51$

Cat. = B

	Prob. superamento [%]	Tr [annij]	a_g [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	120	0,041	2,482	0,321
Danno (SLD)	63	201	0,052	2,555	0,359
Salvaguardia della vita (SLV)	10	1898	0,142	2,546	0,572
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2475	0,162	2,519	0,586

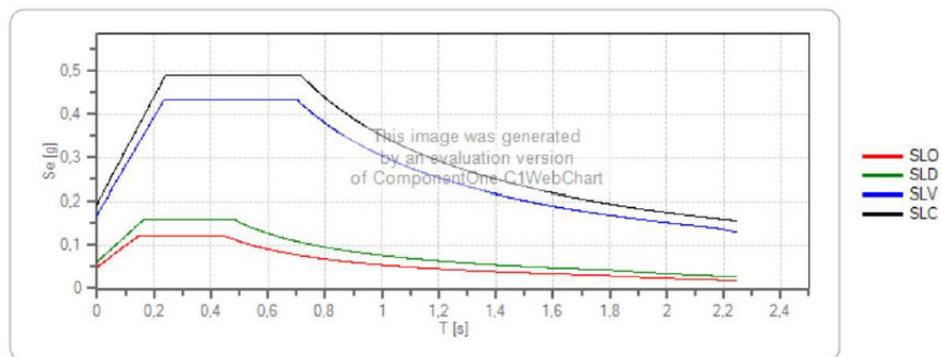
Vita Nominale $V_N =$ 100 anni
 Classe d'uso $Cl =$ IV
 Coefficiente d'uso $C.u. =$ 2,0
 Periodo di riferimento $V_R =$ 200 anni

PARAMETRI SISMICI

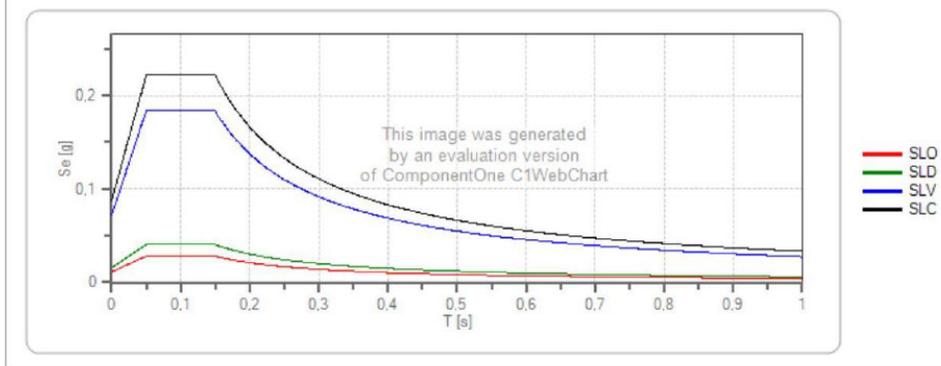
STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T^*_c [s]
SLO	120	0,042	2,484	0,322
SLD	201	0,052	2,558	0,359
SLV	1898	0,142	2,545	0,571
SLC	2475	0,163	2,519	0,586

	S_s [-]	C_c [-]	S_t [-]	K_h [-]	K_v [-]	A_{max} [m/s ²]	$Beta$ [-]
SLO	1,200	1,381	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLD	1,200	1,350	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLV	1,200	1,230	1,000	0,006	0,003	0,250	0,240
SLC	1,200	1,224	1,000	0,006	0,003	0,250	0,240

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



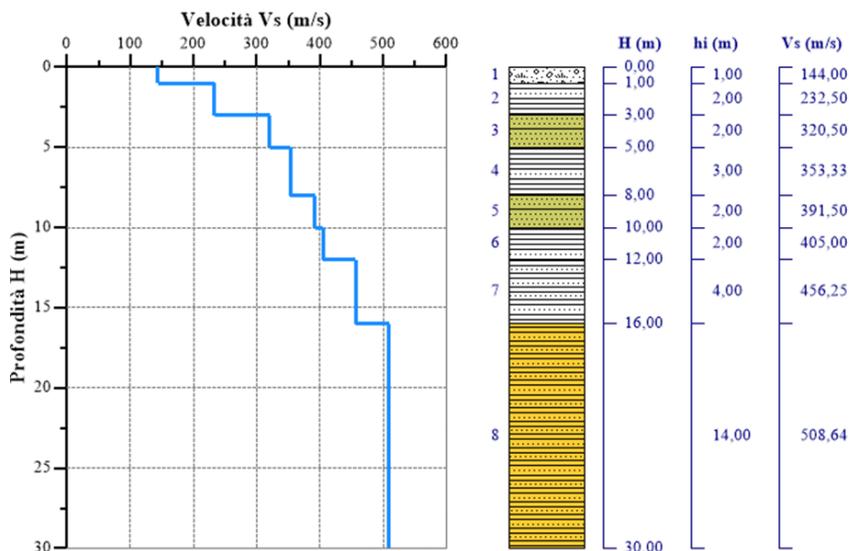
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



Caratterizzazione sismica area Viadotto Comunelli

Sondaggio S07_DH

(Coord. UTM WGS84 x =14.129632-y= 37.127492)



Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vsi (m/s)	H (m)	hi (m)	hi/Vsi (s)
1	1	1	144	1	1	0,0069444444
2	3	2	232,5	3	2	0,0086021505
3	5	2	320,5	5	2	0,0062402496
4	8	3	353,33	8	3	0,0084906461
5	10	2	391,5	10	2	0,0051085568
6	12	2	405	12	2	0,0049382716
7	16	4	456,25	16	4	0,0087671233
8	30	14	508,64	30	14	0,0275243787

$V_{seq} = 391,56$

Cat. = B

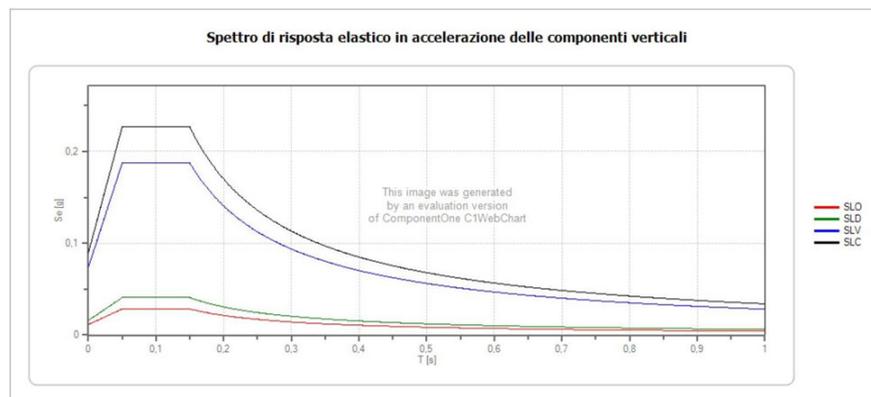
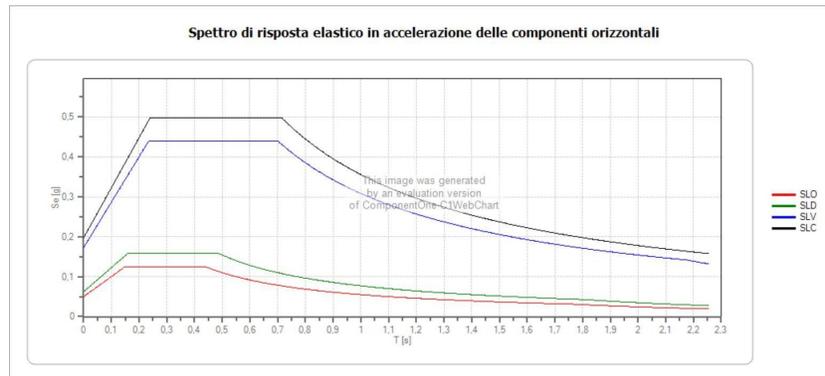
	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	120	0,042	2,485	0,321
Danno (SLD)	63	201	0,052	2,562	0,358
Salvaguardia della vita (SLV)	10	1898	0,144	2,540	0,571
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2475	0,164	2,518	0,585

VI02 - VIADOTTO COMUNELLI

WGS84		ED50	
Lon	Lat	Lon	Lat
14,128536	37,127975	14,129366	37,129047

Vita Nominale $V_N = 100$ anni
 Classe d'uso $CI = IV$
 Coefficiente d'uso $C.u. = 2,0$
 Periodo di riferimento $V_R = 200$ anni

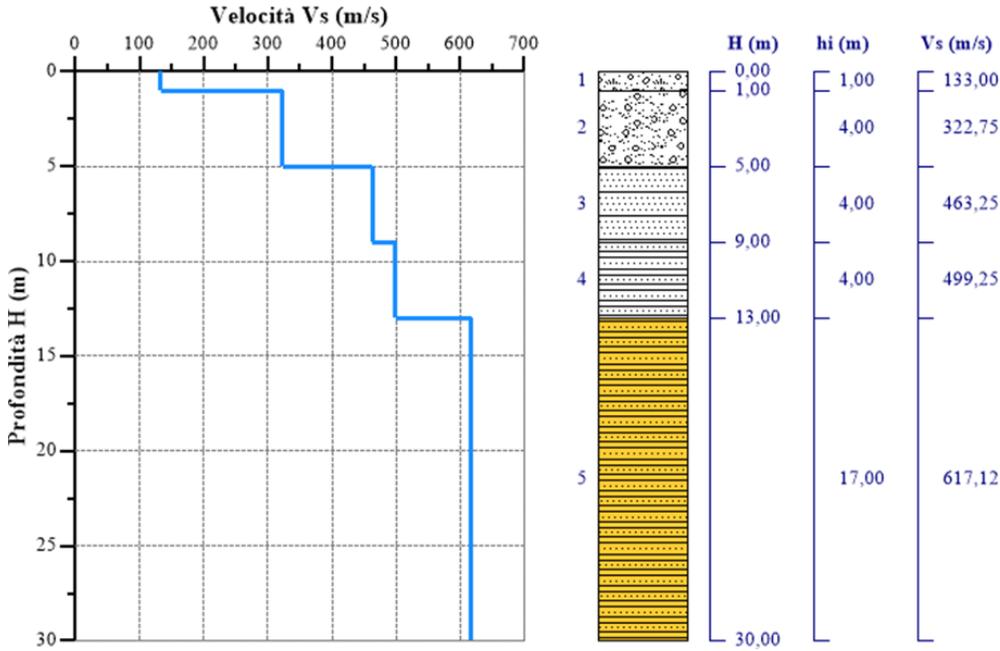
	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,381	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLD	1,200	1,351	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLV	1,200	1,231	1,000	0,006	0,003	0,250	0,240
SLC	1,200	1,225	1,000	0,006	0,003	0,250	0,240



Caratterizzazione sismica area Galleria artificiale Poggio Vipera_Imbocco

Sondaggio S10_DH

(Coord. UTM WGS84 x =14.159475-y= 37.123341)



Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vsi (m/s)	H (m)	hi (m)	hi/Vsi (s)
1	1	1	133	1	1	0,007518797
2	5	4	322,75	5	4	0,0123934934
3	9	4	463,25	9	4	0,0086346465
4	13	4	499,25	13	4	0,008012018
5	30	17	617,12	30	17	0,0275473166

$V_{Seq} = 467,97$

Cat. = B

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	120	0,042	2,499	0,322
Danno (SLD)	63	201	0,053	2,589	0,355
Salvaguardia della vita (SLV)	10	1898	0,152	2,523	0,567

Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2475	0,173	2,517	0,581
--------------------------------	---	------	-------	-------	-------

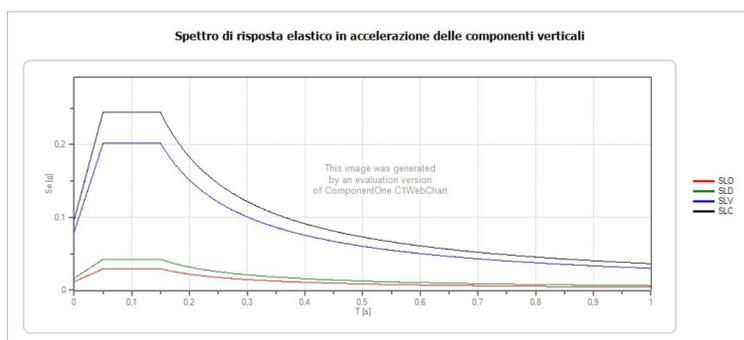
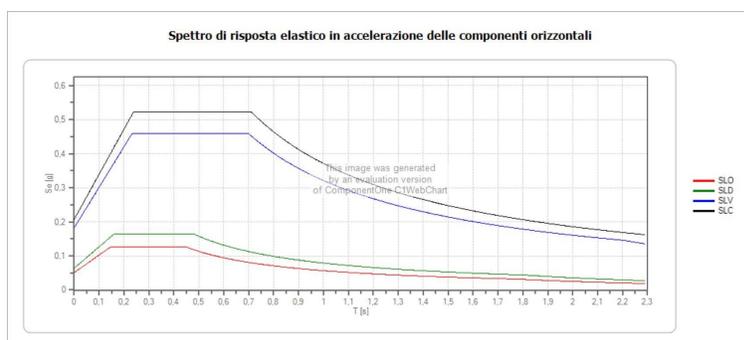
VI04

WGS84		ED50	
Lon	Lat	Lon	Lat
14,157751	37,123414	14,158581	37,124486

Vita Nominale	$V_N =$	100	anni
Classe d'uso	$CI =$	IV	
Coefficiente d'uso	$C.u. =$	2,0	
Periodo di riferimento	$V_R =$	200	anni

PARAMETRI SISMICI				
STATO	T_R	a_g	F_0	T^*_c
LIMITE	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	120	0,043	2,504	0,324
SLD	201	0,053	2,595	0,355
SLV	1898	0,153	2,521	0,567
SLC	2475	0,174	2,518	0,580

	S_s [-]	C_c [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	A_{max} [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,379	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLD	1,200	1,353	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLV	1,200	1,232	1,000	0,006	0,003	0,250	0,240
SLC	1,200	1,226	1,000	0,006	0,003	0,250	0,240

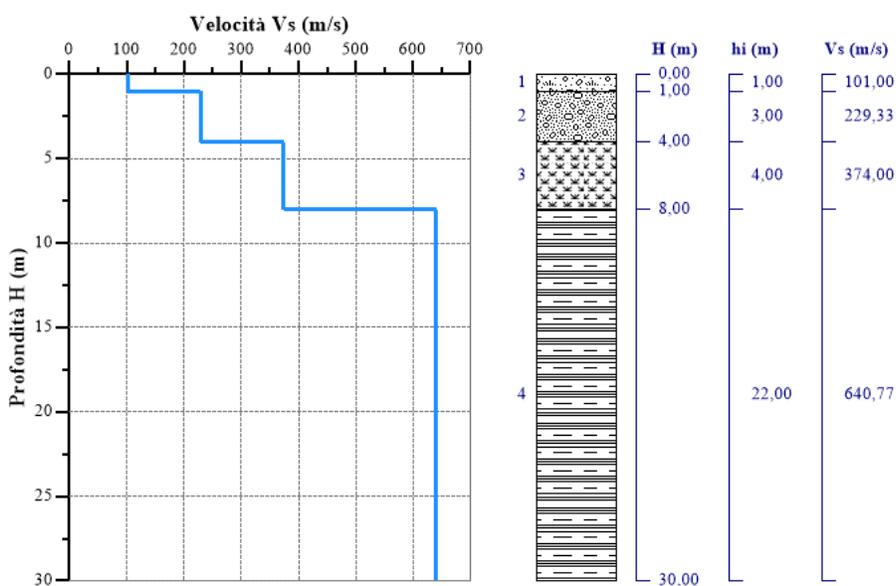


Caratterizzazione sismica area Cavalcavia n°3

Sondaggio S14_DH

(Coord. UTM WGS84 x = 14.176381; y = 37.113354)

L'analisi sismostratigrafica è stata condotta confrontando gli intervalli omogenei di velocità e la stratigrafia riscontrata nel medesimo intervallo. In seguito a tale confronto è stato possibile definire le verticali di misura DH in sismostrati ciascuno caratterizzato dai valori sismici riportati nella figura che segue:



Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vs _i (m/s)	H (m)	h _i (m)	h _i /Vs _i (s)
1	1	1	101	1	1	0,0099009901
2	4	3	229,33	4	3	0,0130815855
3	8	4	374	8	4	0,0106951872
4	30	22	640,77	30	22	0,0343336923

V_{seq} = 441,10

Cat. = B

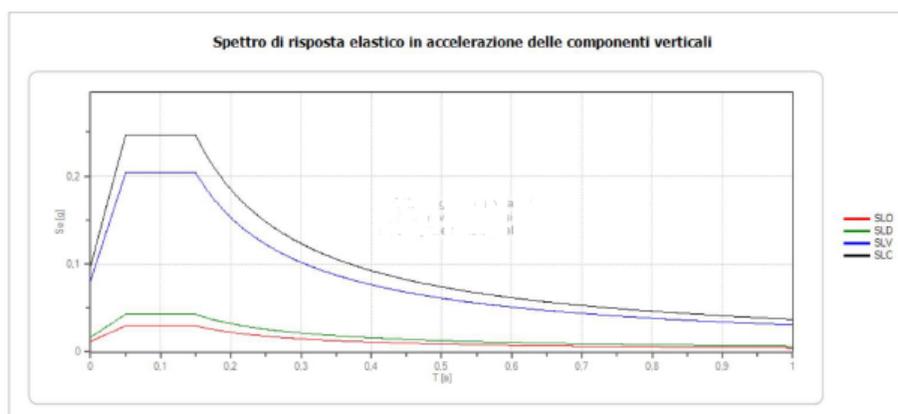
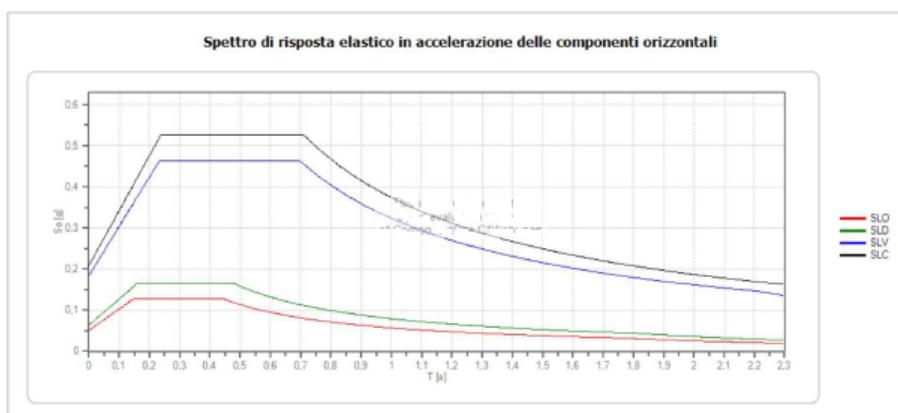
VI03

WGS84		ED50	
Lon	Lat	Lon	Lat
14,134481	37,125713	14,135311	37,126785

Vita Nominale $V_N = 100$ anni
 Classe d'uso $CI = IV$
 Coefficiente d'uso $C.u. = 2,0$
 Periodo di riferimento $V_R = 200$ anni

PARAMETRI SISMICI				
STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T^*_C [s]
SLO	120	0,042	2,488	0,322
SLD	201	0,052	2,565	0,358
SLV	1898	0,145	2,540	0,570
SLC	2475	0,165	2,519	0,585

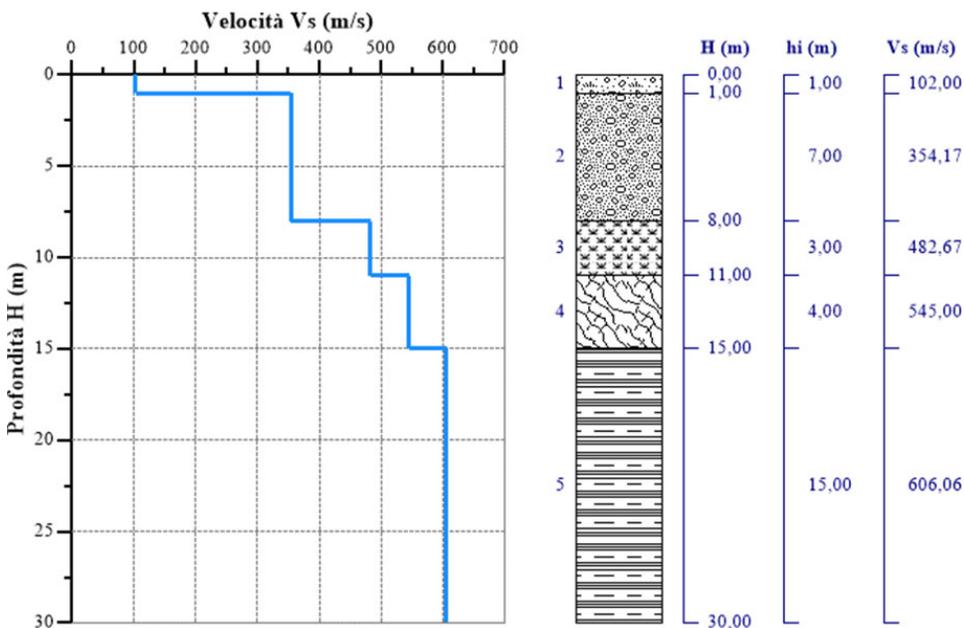
	S_s [-]	C_c [-]	S_t [-]	K_h [-]	K_v [-]	A_{max} [m/s ²]	$Beta$ [-]
SLO	1,200	1,380	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLD	1,200	1,354	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLV	1,200	1,232	1,000	0,006	0,003	0,250	0,240
SLC	1,200	1,227	1,000	0,006	0,003	0,250	0,240



Caratterizzazione sismica area Viadotto Comunelli

Sondaggio S16_DH

(Coord. UTM WGS84 x =14.183511 – y= 37.108712)



Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vsi (m/s)	H (m)	hi (m)	hi/Vsi (s)
1	1	1	102	1	1	0,0098039216
2	8	7	354,17	8	7	0,0197645199
3	11	3	482,67	11	3	0,0062154267
4	15	4	545	15	4	0,0073394495
5	30	15	606,06	30	15	0,0247500248

$V_{seq} = 442,00$

Cat. = B

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	120	0,044	2,530	0,322
Danno (SLD)	63	201	0,055	2,627	0,352
Salvaguardia della vita (SLV)	10	1898	0,168	2,507	0,558
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2475	0,190	2,521	0,570

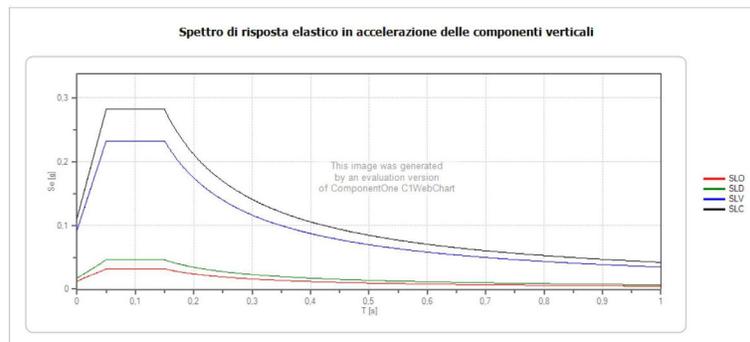
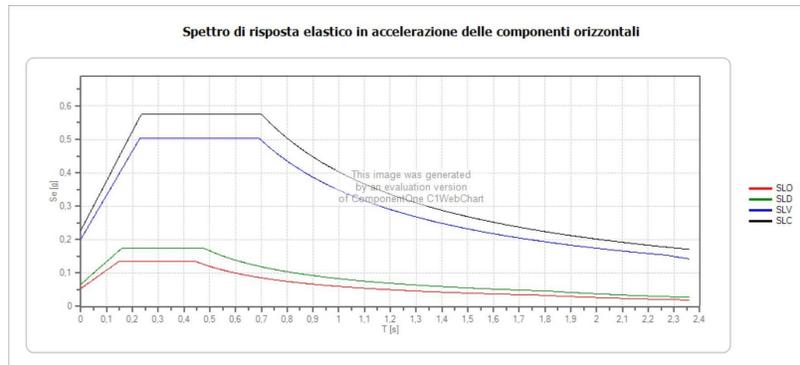
VI05 - ROCCAZZELLE

WGS84		ED50	
Lon	Lat	Lon	Lat
14,18352	37,108786	14,184349	37,109858

Vita Nominale	$V_N =$	100	anni
Classe d'uso	$CI =$	IV	
Coefficiente d'uso	$C.u. =$	2,0	
Periodo di riferimento	$V_R =$	200	anni

STATO LIMITE	PARAMETRI SISMICI			
	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T^*_c [s]
SLO	120	0,044	2,520	0,323
SLD	201	0,054	2,619	0,352
SLV	1898	0,162	2,506	0,562
SLC	2475	0,184	2,517	0,574

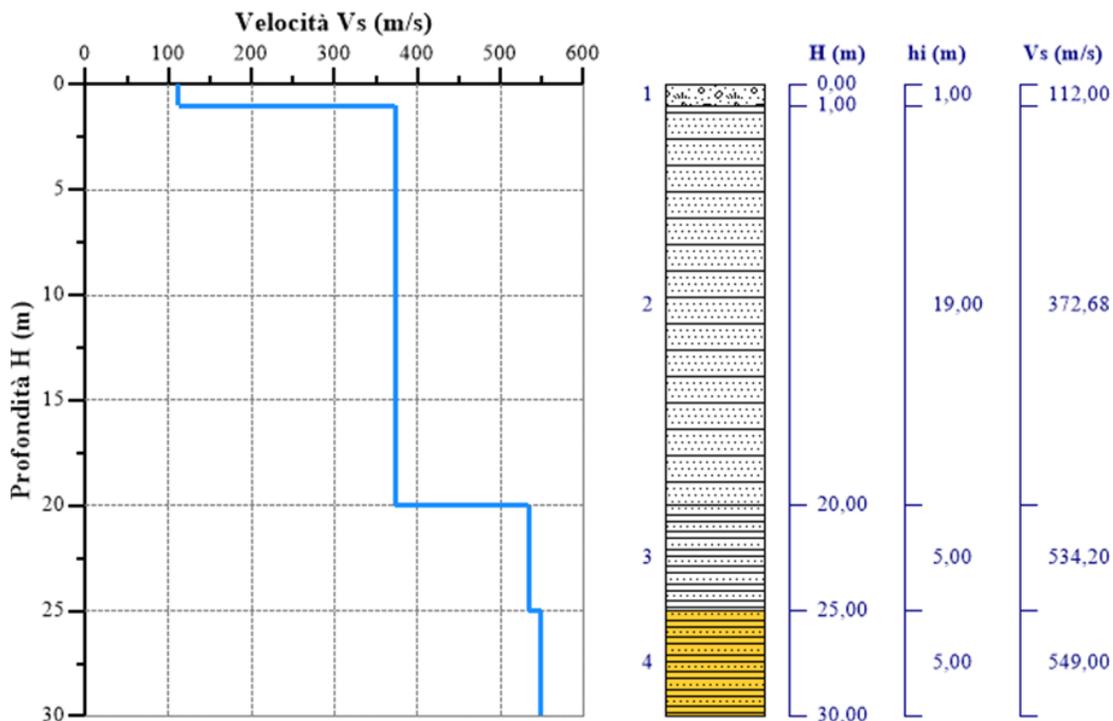
	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,380	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLD	1,200	1,356	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLV	1,200	1,236	1,000	0,006	0,003	0,250	0,240
SLC	1,200	1,231	1,000	0,006	0,003	0,250	0,240



Caratterizzazione sismica area Sottopasso ferroviario – Spalla sinistra

Sondaggio S20_DH

(Coord. UTM WGS84 x =14.205296 – y= 37.103651)



Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vsi (m/s)	H (m)	hi (m)	hi/Vsi (s)
1	1	1	112	1	1	0,0089285714
2	20	19	372,68	20	19	0,0509820758
3	25	5	534,2	25	5	0,0093597903
4	30	5	549	30	5	0,0091074681

$V_{Seq} = 382,76$

Cat. = B

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	120	0,045	2,537	0,321
Danno (SLD)	63	201	0,056	2,631	0,352

Salvaguardia della vita (SLV)	10	1898	0,171	2,508	0,556
-------------------------------	----	------	-------	-------	-------

Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2475	0,194	2,523	0,567
--------------------------------	---	------	-------	-------	-------

VI06a

WGS84		ED50	
Lon	Lat	Lon	Lat
14,202947	37,1029	14,203776	37,103972

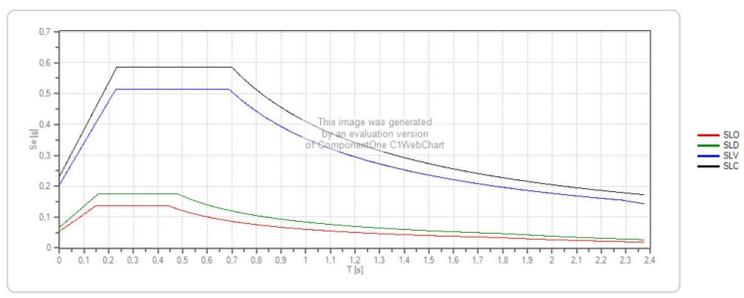
Vita Nominale	$V_N =$	100 anni
Classe d'uso	CI =	IV
Coefficiente d'uso	C.u. =	2,0
Periodo di riferimento	$V_R =$	200 anni

PARAMETRI SISMICI

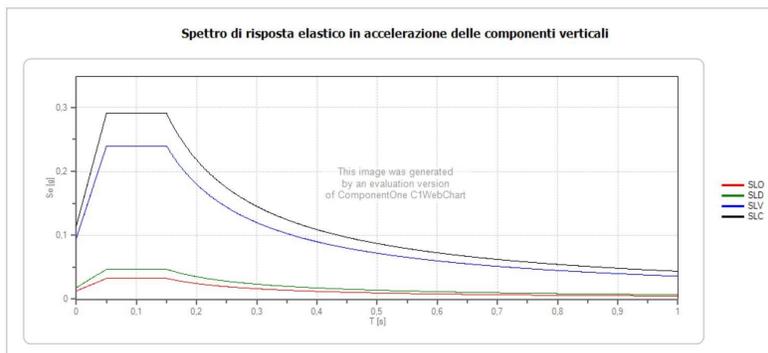
STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T^*_c [s]
SLO	120	0,045	2,535	0,321
SLD	201	0,056	2,628	0,352
SLV	1898	0,170	2,508	0,557
SLC	2475	0,192	2,522	0,568

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	A_{max} [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,381	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLD	1,200	1,356	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLV	1,200	1,237	1,000	0,006	0,003	0,250	0,240
SLC	1,200	1,232	1,000	0,006	0,003	0,250	0,240

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



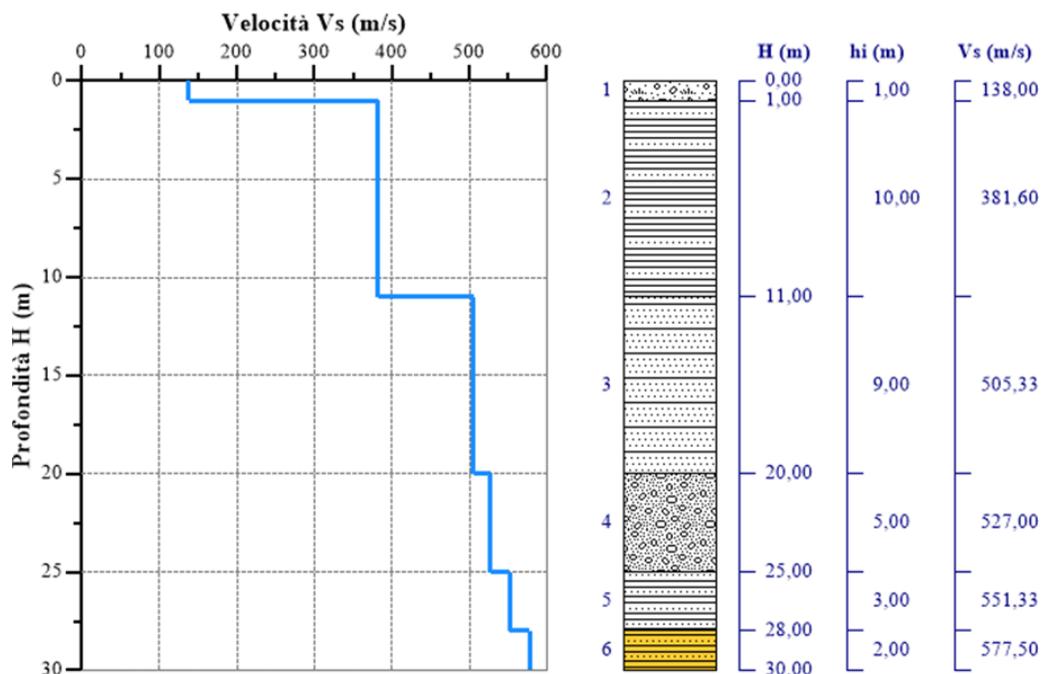
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



Caratterizzazione sismica area Viadotto Gattano – Spalla sinistra

Sondaggio S23_DH

(Coord. UTM WGS84 x = 14.211010 – y= 37.105284)



Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vsi (m/s)	H (m)	hi (m)	hi/Vsi (s)
1	1	1	138	1	1	0,0072463768
2	11	10	381,6	11	10	0,0262054507
3	20	9	505,33	20	9	0,0178101439
4	25	5	527	25	5	0,009487666
5	28	3	551,33	28	3	0,0054413872
6	30	2	577,5	30	2	0,0034632035

$V_{seq} = 430,70$

Cat. = B

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	120	0,045	2,540	0,320
Danno (SLD)	63	201	0,056	2,633	0,352
Salvaguardia della vita (SLV)	10	1898	0,172	2,509	0,555

Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2475	0,195	2,524	0,566
--------------------------------	---	------	-------	-------	-------

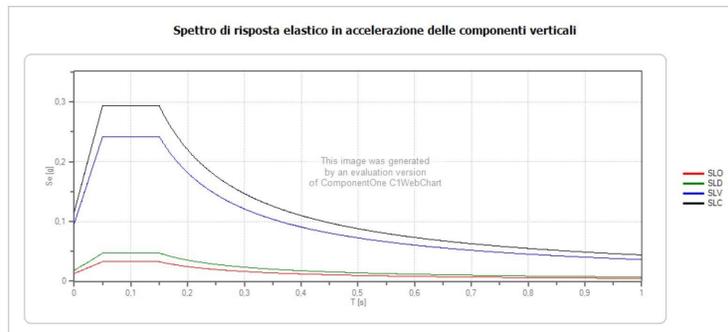
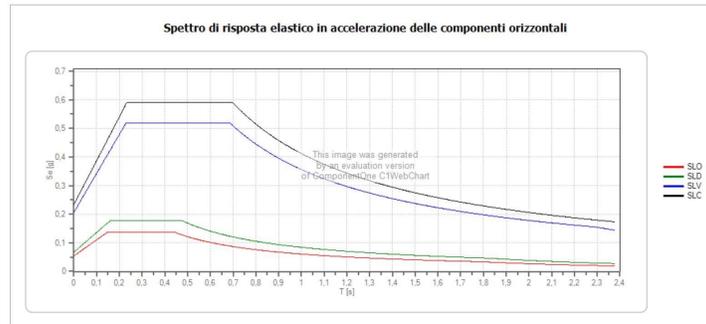
VI06b

WGS84		ED50	
Lon	Lat	Lon	Lat
14,209248	37,104635	14,210076	37,105707

Vita Nominale	$V_N =$	100	anni
Classe d'uso	CI =	IV	
Coefficiente d'uso	C.u. =	2,0	
Periodo di riferimento	$V_R =$	200	anni

PARAMETRI SISMICI				
STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T^*_c [s]
SLO	120	0,045	2,540	0,321
SLD	201	0,056	2,632	0,352
SLV	1898	0,172	2,509	0,555
SLC	2475	0,195	2,524	0,566

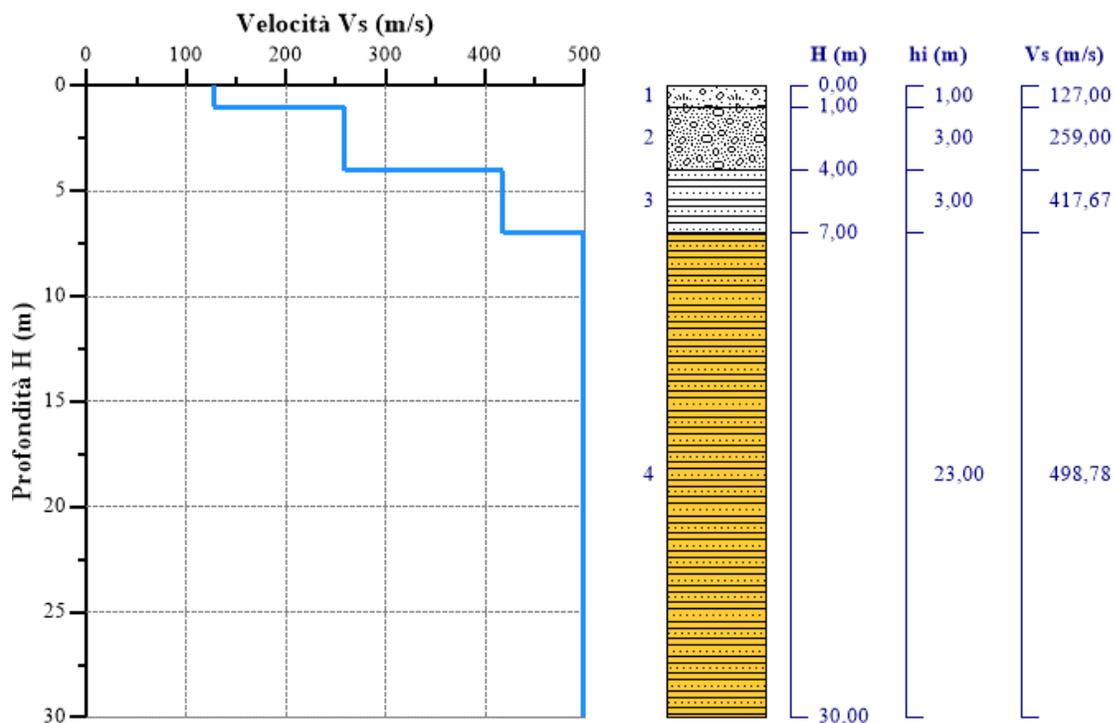
	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,381	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLD	1,200	1,356	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLV	1,200	1,237	1,000	0,006	0,003	0,250	0,240
SLC	1,200	1,232	1,000	0,006	0,003	0,250	0,240



Caratterizzazione sismica area Sottovia scatolare

Sondaggio S31_DH

(Coord. UTM WGS84 x = 14.241473 – y = 37.101556)



Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vsi (m/s)	H (m)	hi (m)	hi/Vsi (s)
1	1	1	127	1	1	0,0078740157
2	4	3	259	4	3	0,0115830116
3	7	3	417,67	7	3	0,007182704
4	30	23	498,78	30	23	0,0461125145

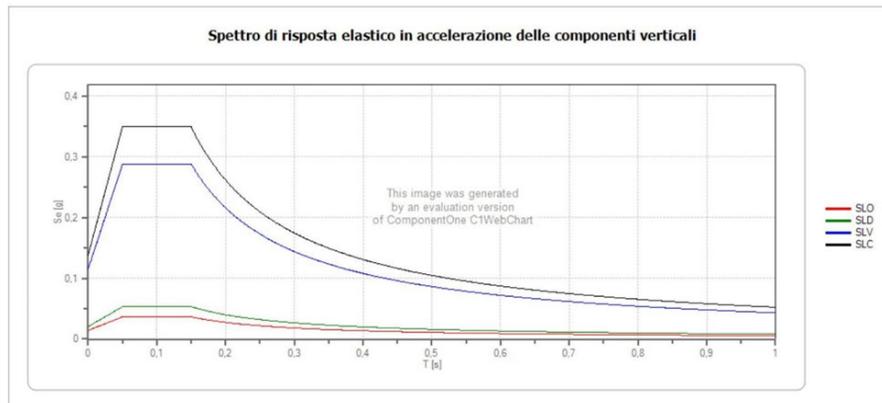
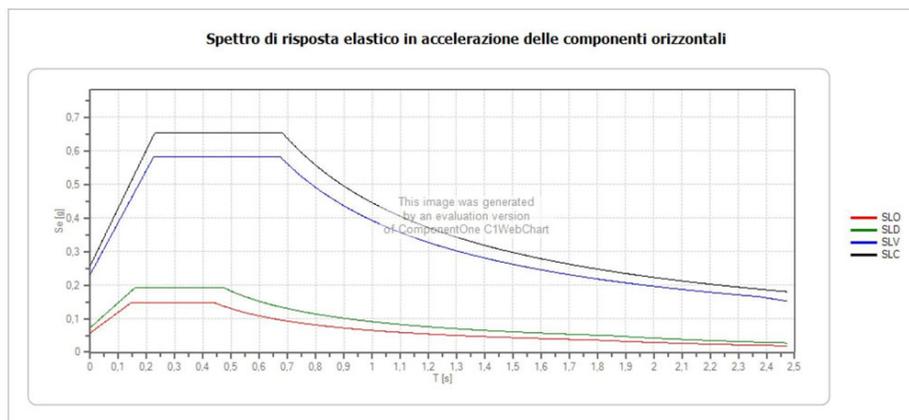
$V_{seq} = 412,36$

Cat. = B

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	120	0,048	2,566	0,317
Danno (SLD)	63	201	0,061	2,611	0,350
Salvaguardia della vita (SLV)	10	1898	0,194	2,503	0,543

Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2475	0,219	2,527	0,552
--------------------------------	---	------	-------	-------	-------

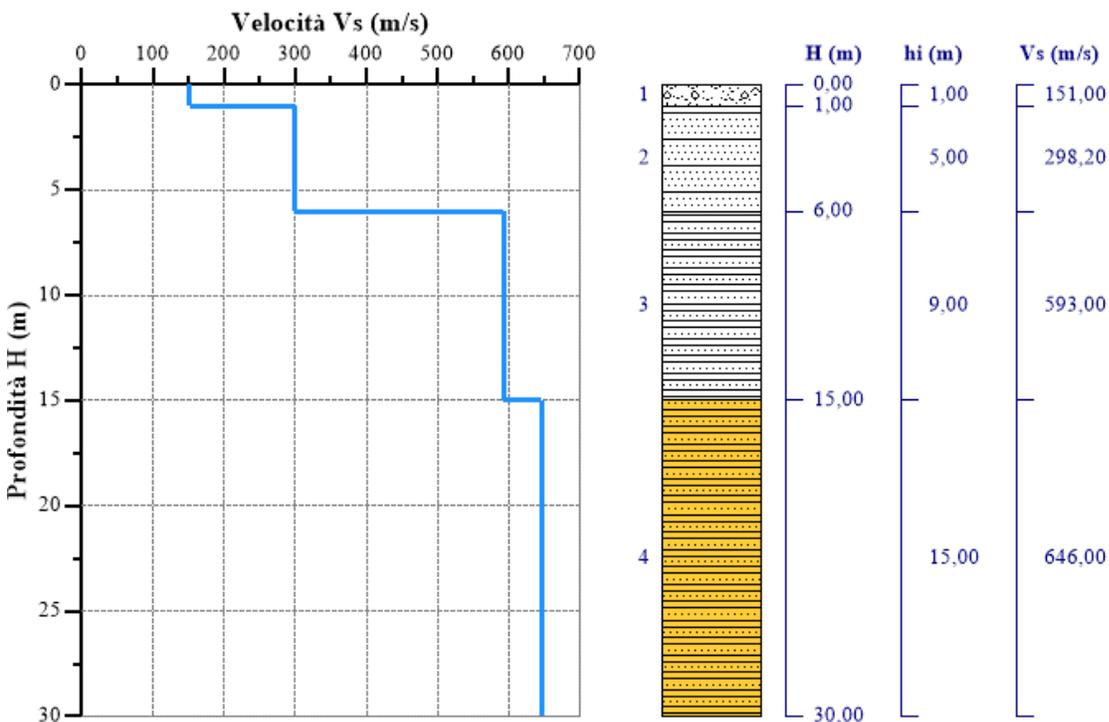
	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,384	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLD	1,200	1,357	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLV	1,200	1,243	1,000	0,006	0,003	0,250	0,240
SLC	1,179	1,239	1,000	0,007	0,004	0,250	0,280



Caratterizzazione sismica area Cavalcavia n°6

Sondaggio S34_DH

(Coord. UTM WGS84 x = 14.262392 – y= 37.096049)



Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vsi (m/s)	H (m)	hi (m)	hi/Vsi (s)
1	1	1	151	1	1	0,0066225166
2	6	5	298,2	6	5	0,0167672703
3	15	9	593	15	9	0,0151770658
4	30	15	646	30	15	0,0232198142

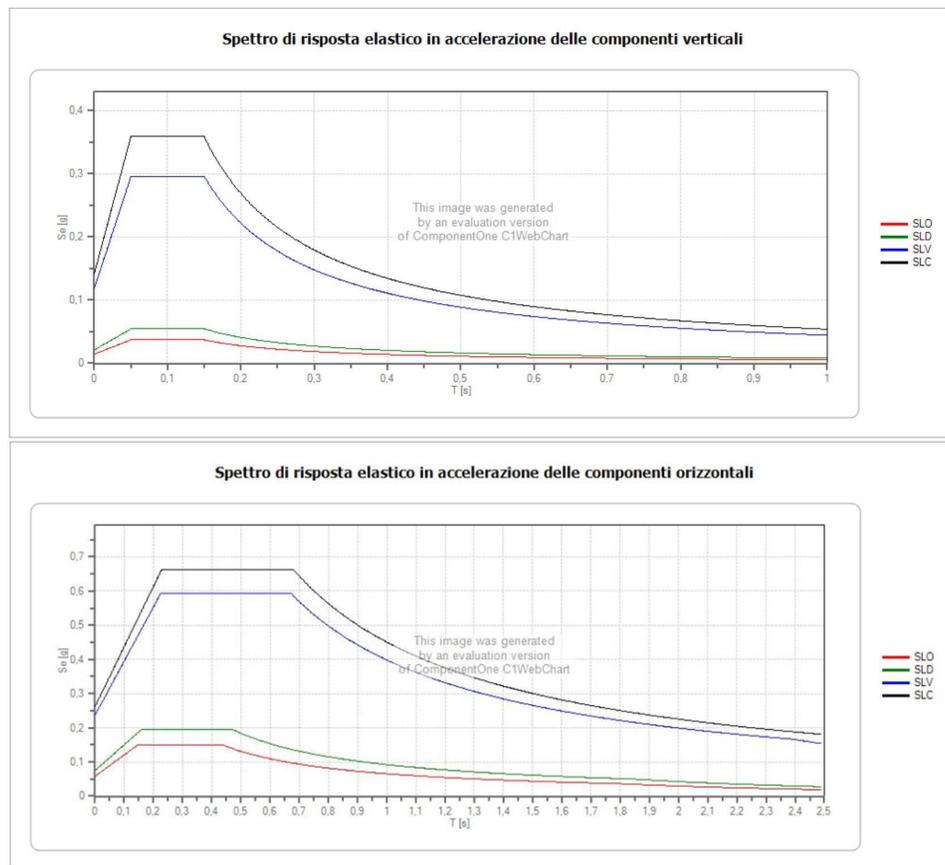
$V_{seq} = 485,54$

Cat. = B

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	120	0,049	2,567	0,316
Danno (SLD)	63	201	0,062	2,596	0,349
Salvaguardia della vita (SLV)	10	1898	0,197	2,499	0,541

Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2475	0,223	2,526	0,550
--------------------------------	---	------	-------	-------	-------

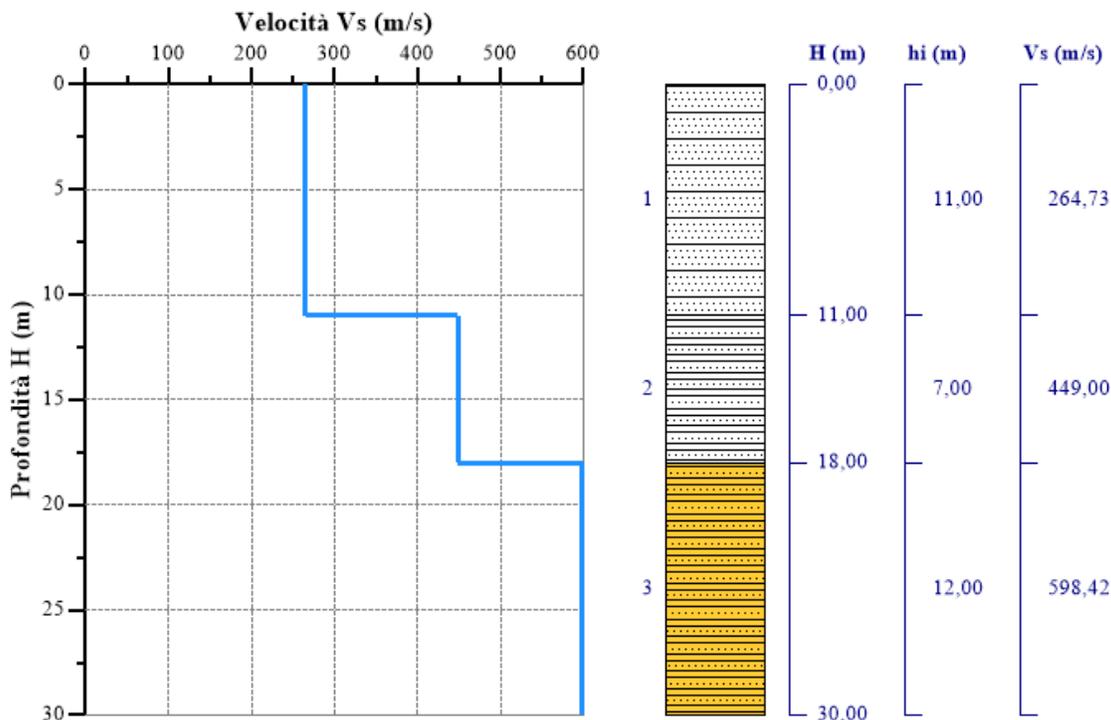
	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,385	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLD	1,200	1,358	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLV	1,200	1,244	1,000	0,006	0,003	0,250	0,240
SLC	1,175	1,240	1,000	0,007	0,004	0,250	0,280



Caratterizzazione sismica area Rampa in prossimità del tombino

Sondaggio S36_DH

(Coord. UTM WGS84 x = 14.272922 - y = 37.089473)



Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vsi (m/s)	H (m)	hi (m)	hi/Vsi (s)
1	11	11	264,73	11	11	0,0415517697
2	18	7	449	18	7	0,0155902004
3	30	12	598,42	30	12	0,0200528057

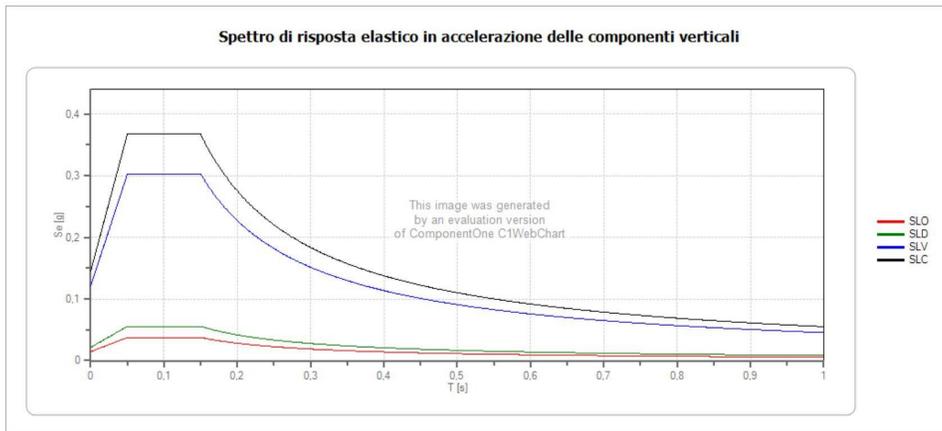
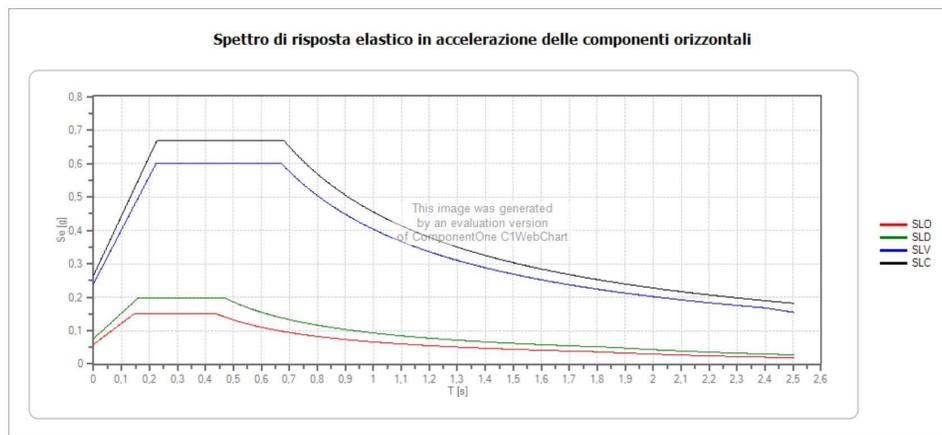
$V_{seq} = 388,63$

Cat. = B

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	120	0,049	2,568	0,316
Danno (SLD)	63	201	0,063	2,583	0,349
Salvaguardia della vita (SLV)	10	1898	0,201	2,495	0,539

Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2475	0,226	2,524	0,548
--------------------------------	---	------	-------	-------	-------

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,385	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLD	1,200	1,358	1,000	0,005	0,003	0,250	0,200
SLV	1,200	1,245	1,000	0,007	0,004	0,250	0,280
SLC	1,171	1,241	1,000	0,007	0,004	0,250	0,280



S.S. n.626 della "Valle del Salso" Lotti 7° e 8° e completamento della Tangenziale di Gela Itinerario Gela - Agrigento - Castelvetro		 anas GRUPPO FS ITALIANE
PA-83	Relazione Sismica	

6.2 Prospezione sismica MASW

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), rappresenta una tipologia d'indagine sismica non invasiva che consente di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali VS, basandosi sulla misura delle onde superficiali, fatta in corrispondenza di uno stendimento di sensori multipli (geofoni), disposti sulla superficie libera del terreno. Quando si energizza in un punto della sua superficie libera del terreno, si generano diversi tipi di onde. Se la sorgente è perpendicolare alla superficie, hanno origine onde appartenenti al piano verticale: onde P, onde SV, onde Rayleigh, onde rifratte. Se la sorgente è parallela alla superficie libera, si generano onde appartenenti al piano orizzontale: onde SH, onde di Love.

Nel metodo MASW di seguito descritto, si usano le onde di superficiali di Rayleigh e si trascurano gli effetti dovuti alle onde di volume, alle riflesse o alle rifratte.

Si riportano i risultati dell'elaborazione della prova MASW fornite dalla Tecnoln.

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	74	0,17	0,17
2	188	0,33	0,5
3	208	0,85	1,36
4	230	1,92	3,29
5	295	6,10	9,39
6	281	4,67	14,06
7	343	7,61	21,67
8	636	13,64	30