



*Agenzia del Demanio
Direzione regionale Emilia Romagna*

ANALISI DI VULNERABILITÀ SISMICA

FASE 1

4 - RELAZIONE INDAGINI STRUMENTALI SUI TERRENI ED INQUADRAMENTO SISMICO

Albergo Salsomaggiore PRB0483 – Ex Pensione Pineta
Via delle Fonti 4 località Bagni di Tabiano – Salsomaggiore Terme (PR)

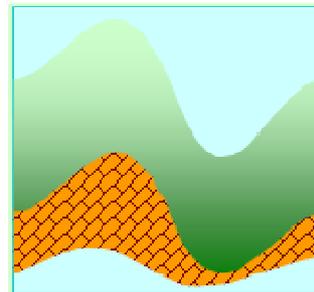


Firenze, li 09.06.2017

SICURING srl
Il Direttore tecnico
Ing. Carlo La Ferlita

STUDIO GEOLOGICO

DOTT. GEOL. LUCA TOFACCHI
VIA REGINALDO GIULIANI n°84
tel. 055 419313 fax 055 4361963
50141 - FIRENZE
e-mail: l.tofacchi@tiscali.it



COMUNE DI SALSOMAGGIORE TERME

OGGETTO: DETERMINAZIONE DEI VALORI DELLA VELOCITA' EQUIVALENTE DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI TAGLIO ENTRO I PRIMI 30 METRI DI PROFONDITA' (V_{s30}), AL FINE DELL'ESPLETAMENTO DELLE VERIFICHE TECNICHE DI VULNERABILITA' SISMICA SU DI UN IMMOBILE DI PROPRIETA' DELL'AGENZIA DEL DEMANIO - CIG Z061DE5070.

UBICAZIONE: VIA ALLE FONTI, 4 – BAGNI DI TABIANO

COMMITTENTE: AGENZIA DEL DEMANIO - DIREZIONE REGIONALE EMILIA ROMAGNA.

DATA: GIUGNO 2017

RELAZIONE DI INQUADRAMENTO SISMICO

Riferimenti legislativi:

- O.P.C.M. 3274 del 20.03.03
- O.P.C.M. 3519 28/04/06
- O.P.C.M. 4007 29/02/2012
- Del. Ass. Leg. progr. N.112
- Ogg. N. 2131 del 02.05.2007
- C.S.LL.PP. voto n.36 27.07.07
- D.M. 14.01.08 (N.T.C.)
- Ministero Infrastrutture e Trasporti
- Circolare 02.02.09 n.617
- L.R. 30.10.2009 n.19
- Del. G.R. 1302 10/09/2012





SOMMARIO

PREMESSA	1
INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	1
CONSIDERAZIONI SULLA PERICOLOSITÀ DELL'AREA	5
INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO – INDAGINI IN SITU	5
Inquadramento stratigrafico	5
Inquadramento geotecnico	6
INQUADRAMENTO SISMICO.....	7
Zonazione sismica	7
MICROZONAZIONE SISMICA.....	12
Caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione.....	13
ANALISI SISMICA DI SITO – RISPOSTA SISMICA LOCALE	15
Indagine sismica.....	15
Liquefazione	16
Calcolo del Coefficiente di Reazione	16
RISULTATI	17

TAVOLE

TAV. 1	CARTA DI UBICAZIONE DELL'AREA IN STUDIO	Scala 1:25.000
TAV. 2	CARTA GEOLOGICA (progetto CARG)	Scala 1:25.000
TAV. 3	CARTA GEOLOGICA (Geoportale ER)	Scala 1:10.000
TAV. 4	CARTA GEOLOGICO TECNICA	Scala 1:10.000
TAV. 4a	SEZIONE GEOLOGICO TECNICA	
TAV. 5	CARTA AREE SUSCETTIBILI PER EFFETTI LOCALI	Scala 1:10.000
TAV. 6	CARTA PERICOLOSITÀ SISMICA	Scala 1:25.000
TAV. 6a	DIRETTIVA ALLUVIONI - MAPPA PERICOLOSITÀ	Scala 1:10.000
TAV. 7	STORIA SISMICA SALSOMAGGIORE TERME	
TAV. 7a	VALUTAZIONE DELLA DISAGGREGAZIONE	
TAV. 8	CARTA DELLE MOPS	Scala 1:10.000
TAV. 8a	CARTA FREQUENZE E VELOCITÀ	Scala 1:10.000
TAV. 8b	CARTA MICROZONAZIONE SISMICA (F.A. PGA)	Scala 1:10.000
TAV. 8c	CARTA MICROZONAZIONE SISMICA (F.A. $0.1 < T_0 < 0.5$)	Scala 1:10.000
TAV. 8d	CARTA MICROZONAZIONE SISMICA (F.A. $0.5 < T_0 < 1.0$)	Scala 1:10.000
TAV. 9	UBICAZIONE INDAGINI	Scala 1:500

ALLEGATI

SCHEDE E REPORT DEI PARAMETRI SISMICI
IGEA S.r.l. - PROSPEZIONI SISMICHE CON METODOLOGIA MASW REMI - PROVE
PENETROMETRICHE DL30 - RELAZIONE TECNICA



PREMESSA

Il presente lavoro, svolto per conto della Agenzia del Demanio – Direzione Regionale Emilia Romagna, funge da supporto geologico per lo “espletamento delle verifiche tecniche di vulnerabilità sismica su di un immobile di pertinenza dell’Agenzia del Demanio” eseguite, in materia di microzonazione, ai sensi della L.R. 19/2009, nel rispetto della Del. Assemblea Legislativa n.112 Oggetto n°2131 del 2 maggio 2007 - Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica, delle disposizioni della Ord.P.C.M. 3519/2006, oltre che del D.M. 14.01.08"Norme Tecniche per le Costruzioni".

L’indagine microsismica, finalizzata alla determinazione dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità (Vs30), ha quindi interessato un edificio posto in Via delle Fonti n.4, loc. Bagni di Tabiano, Comune di Salsomaggiore Terme

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Geomorfologia

L’edificio in esame è ubicato nella porzione meridionale di Bagni di Tabiano, circa 2 chilometri ad ESE del capoluogo e circa un chilometro a N di “Tabiano Castello” alle quote topografiche di circa 185m s.l.m. (vedi Tavv. 1 e 3).

Nel complesso il paesaggio della zona di specifico interesse è ampiamente dominato dalla presenza di forme strutturali: l’assetto morfologico, per il netto contrasto esistente tra le zone di affioramento delle rocce dure e delle rocce tenere e per la presenza di numerose faglie, risulta vario e tipicamente contraddistinto da valli asimmetriche e dall’altalenante sequenza di versanti ripidi e versanti poco acclivi, con pendenze più dolci.

L’area ha, nell’insieme, un andamento collinare ad acclività anche pronunciata, dovuto in particolare alla presenza della Formazione a Colombacci e delle Argille Azzurre, profondamente incise dai vari fossi e torrenti, come il Rio dell’Albareto, il Rio Finetta ed il Rio Pazzaglia, tutti affluenti del Torrente Rovacchia, che scorre circa 550m più a Nord.

Sotto il profilo geomorfologico, l’analisi della cartografia esistente non ha evidenziato elementi di particolare interesse incidenti sull’area di studio (cfr. Tav.3 - Carta Geologica e Tav. 4 - Carta Geologica Tecnica), anche se nei dintorni sono state evidenziate dallo Strumento Urbanistico diverse forme geomorfologiche, tra cui alcune frane attive e quiescenti distanti diverse decine o centinaia di metri dall’edificio in esame. In particolare è presente, circa 70m più a Sud, un deposito di frana quiescente (a2g), comunque di secondario interesse ai fini del presente studio.

Geologia

Come evidenziato dalla “Carta Geologica d’Italia” nel Foglio n°181 – Parma Nord - scala 1:50.000, (cfr. Tav.3 - Carta geologica ISPRA - CARG), i depositi affioranti nel Comune di Salsomaggiore Terme, sono distinti in tre Domini distinti: il Dominio Padano Adriatico, il Dominio Ligure ed il Dominio Epiligure, che sono stati ben delineati nella “Relazione Tecnica dello studio di Microzonazione Sismica” redatta da Ambiter srl e dal dott. Geol. Andrea Bicoli (2013 – 2015), da cui sono tratte le descrizioni stratigrafiche .

...<<La geologia dell’area di studio comprende unità stratigrafiche del Dominio Padano Adriatico, note anche come neoautoctono, e del Dominio Epiligure.

Le successioni del Dominio Padano Adriatico, dal punto di vista gerarchico, hanno due Sequenze Principali (Supersintemi, secondo la terminologia delle U.B.S.U.), il Supersintema del Quaternario Marino, costituito da depositi di ambiente marino ed il Supersintema Emiliano-Romagnolo, costituita da depositi di ambiente continentale.

Il Supersintema del Quaternario Marino può essere ulteriormente suddiviso nei seguenti cicli progradazionali (dal più antico al più recente):

- Sintema del Torrente Stirone (Pliocene superiore - Pleistocene inferiore);
- Sintema di Costamezzana (Pleistocene inferiore - medio);



Il Supersistema Emiliano Romagnolo può essere ulteriormente suddiviso in 2 sistemi principali (dal più antico al più recente):

- Sistema Emiliano Romagnolo inferiore - (Pleistocene medio);
- Sistema Emiliano Romagnolo superiore - (Pleistocene medio - Olocene).

Più antiche e situate in posizione inferiore al Supersistema del Quaternario Marino, sono la Formazione delle Argille Azzurre, la Formazione Gessoso Solfifera e la Formazione a Colombacci.

Sistema di Costamezzana (CMZ): Depositi di fan-delta e di ambienti marino-marginali e continentali costituiti da limi sabbiosi e sabbie limose grigio-azzurri, giallo ocracei all'alterazione; frequenti i livelli ricchi in frustoli vegetali ed in sostanza organica. Sono presenti anche ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie, spesso cementate, grigioverdastre, ocracee all'alterazione. Contatto basale erosivo o netto e discordante sulle unità sottostanti. Spessore variabile da alcuni metri a qualche centinaio di metri. Età: Pleistocene inferiore.

Sistema del T. Stirone (ATS): Il Sistema del T. Stirone è costituito da depositi paralic e marini che si compone di due litofacies in parte eteropiche, limitato alla base da un'importante superficie di discontinuità (contatto basale erosivo o netto). È costituito da corpi lenticolari metrici ghiaioso-sabbiosi con stratificazione incrociata con base netta e spesso erosiva; diffusi clay chips. Sono presenti strati sabbiosi, da tabulari a lenticolari con laminazioni piano-parallele, HCS accumuli bioclastici concentrati in livelli sottili, strati sabbiosi e sabbioso-siltosi fossiliferi molto bioturbati e con laminazioni incrociate e strati di limi e limi sabbiosi contenenti frustoli vegetali e macrofossili. Il Sistema del T. Stirone presenta uno spessore variabile da poche decine a più di mille metri. Età: Pliocene superiore - Pleistocene inf..

- **ATSa - litofacies pelitica.** Litofacies prevalentemente fine, costituita da peliti sovente bioturbate e con presenza di fossili marini. Si intercalano strati sottili di sabbie fini, gradati, talvolta con detrito conchigliare alla base e con laminazione piano-parallela oppure di tipo hummocky. Eccezionalmente, intercalati alle peliti, si possono rinvenire livelli con ghiaie e ciottoli in matrice pelitica: depositi di prodelta, piattaforma e scarpata sottomarina. Lo spessore massimo della litofacies è di circa 420 m a sud-ovest dell'allineamento Stradella – Corcagnano, mentre esso supera i 1200 m in corrispondenza della città di Parma.
- **ATSb - litofacies sabbiosa.** Litofacies prevalentemente sabbiosa, localmente associata a ghiaie e peliti fossilifere. Le sabbie sono organizzate in corpi plurimetrici, di notevole estensione laterale, costituiti da strati sabbiosi, gradati e amalgamati e da strati sabbiosi con laminazione piano parallela e hummocky. Sono comuni i livelli ricchi di resti conchigliari. Talora si incontrano corpi ghiaioso-sabbiosi con tessitura ben selezionata, che mostrano strutture di embriciatura e laminazione obliqua. Questi corpi sono intercalati da livelli pelitici o sabbioso pelitici di spessore decametrico: depositi paralic e di fronte deltizio. A ovest del T. Recchio il tetto di questa litofacies è costituito da depositi caotici, con matrice sabbioso-argillosa, inglobanti blocchi di calcarenite fossilifera. Lo spessore massimo è di diverse decine di metri.

Argille Azzurre (FAA) – Argille di Lugagnano (LUG): Depositi distali di piattaforma e di bacino costituiti da peliti marnose, grigio-azzurre massive a frattura concoide, con rari livelli sabbioso-siltosi per lo più concentrati nella porzione basale della formazione e rari livelli siltosi in quella superiore. Frequenti microfossili (foraminiferi planctonici) e macrofossili (lamellibranchi, gasteropodi, pteropodi, eccezionalmente resti di mammiferi sia marini che terrestri). Lo spessore massimo è di circa 600 m. L'unità delle Argille Azzurre è sedimentata nel Pliocene inferiore.

Formazione a Colombacci (FCO): Unità continentale di ambiente transizionale tra quello fluviale e quello lagunare, prevalentemente arenitica, ad evoluzione trasgressiva, suddivisa in sottounità. Contatto discordante sulla successione epiligure e sulle unità liguri. Potenza massima 90 m circa. Età: Messiniano.

- **FCOa - litofacies arenacea.** Sabbie ed arenarie medie poco cementate giallastre, a laminazione incrociata a basso angolo o a laminazione piano-parallela poco evidente. Rari livelli argillosi sottili e discontinui e ciottoli molli d'argilla. Sono presenti localmente piccoli canali ghiaiosi. Abbondanti resti vegetali lignitizzati anche ben conservati e meno comuni molluschi ipoalini. Contatto parzialmente eteropico sulla litofacies conglomeratica. Spessore massimo 55 m.
- **FCOb - litofacies conglomeratica.** Paraconglomerati poligenici grossolani gradati, a matrice sabbiosa, spesso poco cementati e poco organizzati, in corpi canalizzati. Clasti ben arrotondati provenienti da unità liguri e dalla successione epiligure, spesso dalla Formazione di Contignaco. Verso l'alto locali



intercalazioni di areniti da grossolane a fini in strati da medi a spessi, a geometria lenticolare. Spessore variabile da pochi metri a 60 m circa.

Unità di Salsomaggiore

Di quest'unità, nell'area in esame, è individuabile la:

Formazione del Torrente Ghiara o Marne del Torrente Ghiara (FGH): Peliti marnose grigie a stratificazione indistinta, con sottili livelli siltosi e più raramente arenitici fini. Abbondante contenuto fossilifero. Spessore parziale massimo 900 m. Età: Langhiano – Serravalliano

Le **Unità del Dominio Epiligure** sono collocate al tetto della catena appenninica in generale discordanza stratigrafica su gran parte delle Unità Liguri. Nell'area in esame sono riconoscibili la :

Formazione di Contignaco (CTG): Marne selciferè, più o meno siltose, di colore grigio, con patine mangesifere nerastre e ocracee, o arenarie risedimentate da fini a spesse grigie. Selce generalmente diffusa, localmente in noduli e liste. Possono essere presenti banchi tripolacei chiari spessi fino a 8-10 m, talora cartografati, ricchissimi in silice sia di origine vulcanoclastica che biogenica. Sono intercalate nella formazione anche argille fogliettate grigio-verdastre in livelli da sottili a spessi. Il limite inferiore è sfumato per alternanza con le Marne di Antognola. La potenza varia da qualche decina di metri a circa 200 m. Età: Aquitaniano - Burdigaliano

Marne di Antognola (ANT): Marne argillose e marne siltose verdognole o grigie con patine mangesifere. Stratificazione difficilmente percepibile. Sono presenti livelli torbiditici sottili e medi di arenarie vulcanoclastiche, arcose e quarzoso-feldspatiche. Localmente è stata distinta una litofacies arenacea, caratterizzata dalla presenza di torbiditi arenaceo-pelitiche con areniti medio-fini, in strati sottili e medi, e areniti grossolane in strati medi e spessi. Localmente presente un orizzonte a slumping. Il limite inferiore è per alternanze o discordante sulla Formazione di Ranzano e sul substrato ligure. La potenza totale della formazione varia da pochi ad oltre 500 metri. Età: Rupeliano terminale – Aquitaniano

- **ANT4 - Membro di Anconella.** Torbiditi arenaceo-pelitiche; arenarie quarzoso-feldspatiche, con grana da grossolana a fine, di colore grigio chiaro alterate in giallastro; subordinate marne argillose grigie, grigio verdi, grigio scuro o nerastre; rapporto arenite/pelite sempre > 1 . Gli strati variano da sottili a spessi, talvolta sono presenti banchi, anche amalgamati. Spessore di poche decine di metri.
- **ANT2 - Membro arenaceo di Montesalvo.** Membro intercalato stratigraficamente nella parte inferiore delle Marne di Antognola con contatto superiore netto e inferiore per alternanze, costituito da areniti micacee grigio chiare, in letti spessi e banchi amalgamati, con fenomeni di cementazione differenziata, alternati, verso la base, a sottili livelli di siltiti marnose. Potenza da 50 a 120 m. Chattiano sup.>>...

In particolare, come mostrato dalla Carta Geologica del Geoportale Emilia Romagna (cfr. Tav.3a - Carta Geologica ER), l'area di pertinenza dell'edificio in esame è caratterizzata dai paraconglomerati poligenici, alterati e poco cementati, a matrice sabbiosa della Formazione a Colombacci (FCOb), aventi localmente uno spessore di circa 15-20 metri (cfr. Tav. 4a - Sezione geologico tecnica). Tali litotipi sono localmente sormontati da una modesta coltre di alterazione, prevalentemente sabbiosa, dello spessore di circa un metro.

Idrogeologia

Il drenaggio superficiale è regolato, come già affermato, dal Torrente Rovacchia e da un suo modesto affluente di destra, il Rio dell'Albareto, il cui impluvio si trova circa 140m ad Est dell'area in oggetto (vedi Tavv.1 e 3). Nella zona in studio sono anche presenti altri brevi fossi, tributari del Rovacchia, che drenano parzialmente l'area in esame. In ogni caso, trattandosi di un'area urbanizzata, è improprio parlare di reticolo idrografico, dato che il deflusso delle acque superficiali dovrebbe essere regolato prevalentemente dall'impianto fognario.

Per quello che riguarda la caratterizzazione idrogeologica e la circolazione acquifera profonda nei terreni dell'area in esame, è necessario ricordare che in Tabiano esiste un rinomato impianto di acque termali, la cui principale caratteristica è di fornire acqua sulfuree fredde, a differenza della maggior parte delle terme ad acqua sulfurea.

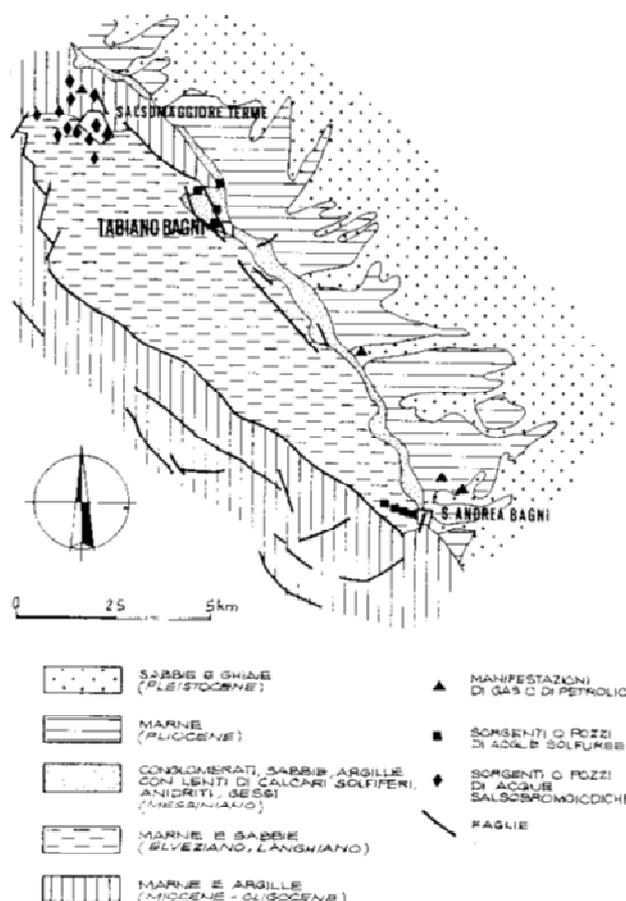
La presenza di idrogeno solforato nelle acque non è dovuta a fenomeni vulcanici, bensì a ...“rocce permeabili e faglie che permettono la penetrazione delle acque piovane in profondità e consentono il



loro contatto con rocce ricche di solfati e con idrocarburi provenienti dal profondo. In tale ambiente esplicano un ruolo importante, nella caratterizzazione finale dell'acqua, i batteri solforiduttori, la cui presenza è stata recentemente evidenziata nell'acqua Termale di Tabiano, pozzi Arvè ... Lungo le faglie avviene in seguito la risalita delle acque mineralizzate ricche di H₂S, fino a sgorgare da sorgenti naturali, dal caratteristico odore di "uova marce".

Possiamo quindi concludere che l'esistenza delle acque termali sulfuree di Tabiano è dovuta ad un delicato equilibrio tra processi organici ed inorganici di ossidazione e di riduzione delle specie di zolfo, accanto alla presenza di particolari rocce ricche di solfati e di materiale organico" ... (fonte: Terme Tabiano – Dichiarazione ambientale 2009).

Risulta evidente come la circolazione idrica profonda dell'area di Tabiano sia un sistema complesso, descritto tramite la seguente schematizzazione idrogeologica:



... <<Dal punto di vista idrogeologico, l'area attorno a Tabiano è composta da diverse formazioni così suddivise dalle più recenti alle più antiche:

Sabbie e ghiaie di età pleistocenica, permeabili;

Marne, di età pliocenica, complessivamente poco permeabili o impermeabili;

Complesso di conglomerati, sabbie, argille con lenti di calcari solfiferi, anidriti e gessi, di età messiniana (la permeabilità all'interno di questo complesso è variabile, a seconda della litologia);

Marne e sabbie di età elveziana e langhiana, con permeabilità variabile;

Marne e argille di età miocenica - oligocenica pressoché impermeabili.

Le acque termali di Tabiano circolano principalmente entro i livelli permeabili della successione messiniana caratterizzata da alternanza di conglomerati, sabbie e argille, inglobanti lenti di anidriti e gessi. Rocce permeabili e faglie permettono la penetrazione delle acque piovane in profondità e consentono la lisciviazione di rocce gessose e anidriti e il contatto con idrocarburi

provenienti dal profondo; lungo le faglie attive e le rocce permeabili vi è la successiva risalita delle acque mineralizzate. In particolare le acque della sorgente Pergoli, quella sfruttata da più tempo e localizzata nella zona retrostante lo Stabilimento Termale, sgorgano alla base di una lente gessosa, al contatto con argille impermeabili. Le acque più ricche in zolfo sono invece le acque emunte dal pozzo Arvè, che intercetta a circa 180 m di profondità la medesima lente gessosa da cui scaturisce l'acqua della sorgente Pergoli.>>... (fonte A. Fuganti, G. Bazzoli - Origine geologica delle acque sulfuree attorno a Tabiano -, Sulphur, anno III, n. 1, 1993).



CONSIDERAZIONI SULLA PERICOLOSITÀ DELL'AREA

La carta della pericolosità sismica, tratta dal P.S.C. di Salsomaggiore Terme (cfr. Tav. 6 - Studio Pericolosità Sismica 2011) inserisce l'area in oggetto in ... "Aree soggette ad effetti topografici Acclività >15° e dislivello >30m" ... con ... "Substrato roccioso caratterizzato da Vs<800m/s"... anche se nella la successiva, e già menzionata, Relazione Tecnica di Microzonazione Sismica del 2015 gli scriventi non sembrano considerare l'area in studio interessata da possibili effetti topografici (cfr. anche Tav.8a): ...<<Versanti con pendenze > di 15°. In tali aree, se il dislivello è superiore a 30 m, possono verificarsi effetti di amplificazione per cause topografiche. Pertanto in queste aree, e in quelle a quote immediatamente superiori, in caso di dislivello maggiore di 30 m, dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione topografico; nel territorio comunale di Salsomaggiore Terme sono state individuate due aree che possono presentare amplificazioni per caratteristiche topografiche aventi entrambe versanti con inclinazioni superiori a 15°; i siti sono Fornacchia e Monte Costa identificati nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica come zona 2>>...

Dal punto di vista idraulico la zona in esame, essendo ubicata in area pedecollinare con pendenze medie superiori al 5%, non è stata inserita dal citato PSC comunale, in classe di pericolosità significativa. (cfr. Tav.6a - Direttiva Alluvioni - Mappa della pericolosità).

INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO – INDAGINI IN SITU

Al fine di acquisire elementi utili alla caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni in esame, sono state realizzate, nelle immediate vicinanze dell'edificio due prove penetrometriche dinamiche DL30 (cfr. Tav.9 - carta dell'ubicazione delle indagini in situ). L'indagine geognostica, realizzata da IGEA S.A.S., è stata sostanzialmente finalizzata alla verifica puntuale dei modesti spessori di materiale di copertura ed alla valutazione delle caratteristiche geologico tecniche del terreno nei pressi delle strutture fondali.

Inquadramento stratigrafico

L'analisi dei dati ottenuti dalle prove penetrometriche effettuate in situ, che si sono ben presto interrotte per aver intercettato terreni particolarmente resistenti, ha consentito la seguente interpretazione litologica della coltre di copertura:

strati	P1	P2
a1	0.0-0.6m: sabbia da sciolta a compatta	0.0-0.6m: sabbia sciolta prevalente
a2	0.6-0.8m: sabbia da densa a molto densa	0.6-0.8: sabbia da densa a molto densa

In ogni caso, la presenza di un'esposizione parzialmente affiorante posta sulla scarpata immediatamente a valle dell'edificio e l'analisi della citata sezione geologico tecnica (cfr. Tav.4a), ha permesso di effettuare la seguente ricostruzione stratigrafica di massima:

orizzonte	m dal p.c.	descrizione
a	da 0.0 a 1.0-2.0 circa	Coltre di copertura, Olocene: localmente si tratta di sabbie prevalenti con ciottoli, derivate dal disfacimento della Formazione a Colombacci (livelli litostratigrafici a1, a2 – desunti dalle penetrometrie).
FCOb	da 1.0-2.0 a circa 15.0	Formazione a Colombacci: paraconglomerati poligenici grossolani gradati, a matrice sabbiosa, spesso poco cementati e poco organizzati, in corpi canalizzati (unità litologica GR - granulare cementato – cfr. Tav.4)
FGH (ANT)	da circa 15.0 a circa 75.0	Formazione del T. Ghiara: peliti marnose grigie a stratificazione indistinta, con sottili livelli siltosi e più raramente arenitici fini (unità litologica COS – coesivo sovraconsolidato stratificato – cfr. Tav.4a). N.B. - si potrebbe trattare anche delle Marne di Antognola: marne argillose e marne siltose verdognole o grigie con patine manganesifere a stratificazione difficilmente percepibile.



Sembra comunque evidente che, localmente, i terreni in esame siano costituiti da granulometrie medie e medio grossolane, aventi un certo grado di cementazione, in accordo con la cartografia allegata allo Strumento Urbanistico.

Inquadramento geotecnico

Dal punto di vista geotecnico, grazie alle due penetrometrie statiche, stato possibile ricostruire il sottostante schema di massima dei terreni nei pressi delle strutture fondali:

strati	P1				P2			
	Dr (%)	ϕ (°)	Cu (kg/cm ²)	Eed (kg/cm ²)	Dr (%)	ϕ (°)	Cu (kg/cm ²)	Eed (kg/cm ²)
a1	28-43	28	-	57-128	15-22	28	-	21-43
a2	74-85	30-31	-	277-461	69-85	30-31	-	241-412

Mediamente, quindi, il valore dell'angolo di attrito che caratterizza i terreni sottostanti le fondazioni esistenti, con ogni probabilità fondati sullo strato 2, può essere considerato pari a circa 30°.



INQUADRAMENTO SISMICO

Il rischio sismico è il risultato dell'interazione tra il fenomeno naturale e le principali caratteristiche della comunità esposta. Viene definito "come l'insieme dei possibili effetti che un terremoto di riferimento può produrre in un determinato intervallo di tempo, in una determinata area, in relazione alla sua probabilità di accadimento ed al relativo grado di intensità (severità del terremoto). La determinazione del rischio è legata a tre fattori principali:

- **PERICOLOSITÀ:** esprime la probabilità che, in un certo intervallo di tempo, un'area sia interessata da terremoti che possono produrre danni. Dipende dal tipo di terremoto, dalla distanza tra l'epicentro e la località interessata nonché dalle condizioni geomorfologiche. La pericolosità è indipendente e prescinde da ciò che l'uomo ha costruito.
- **ESPOSIZIONE:** è una misura dell'importanza dell'oggetto esposto al rischio in relazione alle principali caratteristiche dell'ambiente costruito. Consiste nell'individuazione, sia come numero che come valore, degli elementi componenti il territorio o la città, il cui stato, comportamento e sviluppo può venire alterato dall'evento sismico (il sistema insediativo, la popolazione, le attività economiche, i monumenti, i servizi sociali).
- **VULNERABILITÀ:** consiste nella valutazione della possibilità che persone, edifici o attività subiscano danni o modificazioni al verificarsi dell'evento sismico. Misura da una parte la perdita o la riduzione di efficienza, dall'altra la capacità residua a svolgere ed assicurare le funzioni che il sistema territoriale nel suo complesso esprime in condizioni normali. Ad esempio nel caso degli edifici la vulnerabilità dipende dai materiali, dalle caratteristiche costruttive e dallo stato di manutenzione ed esprime la loro resistenza al sisma.

Zonazione sismica

La zonazione sismica in pratica, la visione generale del potenziale sismico di un'ampia area, ottenuta individuando le aree sismiche e non sismiche, verificando la ricorrenza dei terremoti ed infine valutando la scuotibilità dell'area. Quindi consiste nell'individuazione della pericolosità sismica a livello regionale. Integrando i dati storici con la ricostruzione delle strutture geodinamiche si ottiene un modello sismotettonico che individua le sorgenti sismiche, le leggi di ricorrenza, la massima magnitudo ed i relativi parametri. Caratterizzata la sorgente attraverso un modello probabilistico di ricorrenza, è possibile passare alla previsione per ogni sito, dello scuotimento e dei parametri di moto.

Nella carta a fianco (fig.1), sono rappresentati gli epicentri dei terremoti in Italia, che negli ultimi mille anni hanno superato la soglia del danno grave (l'intensità uguale o maggiore al VII grado della scala Mercalli ovvero circa 5,5 della scala Richter).

La macrozonazione sismica del territorio italiano è stata aggiornata e revisionata nell'ambito della "**Ord. P.C.M. 3274 del 20.03.03 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica**" e successive modifiche.

L'ordinanza ha approvato i criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e le normative tecniche per le costruzioni in zona sismica, sulla base della Proposta del 1998 del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e Servizio Sismico Nazionale, istituito dal Dipartimento della Protezione Civile, in accordo con le Regioni alle quali restano ferme le competenze di cui all'art. 93, comma 1, lettera g) del decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112. In tale occasione è stata redatta una mappa della pericolosità sismica di base per tutto il territorio italiano, con la individuazione di quattro zone sismiche a pericolosità decrescente (zona 1, zona 2, zona 3, zona 4) e la formazione degli elenchi dei comuni compresi in ciascuna zona. Ogni zona è contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g corrispondente alla accelerazione di picco orizzontale del suolo, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, espressa

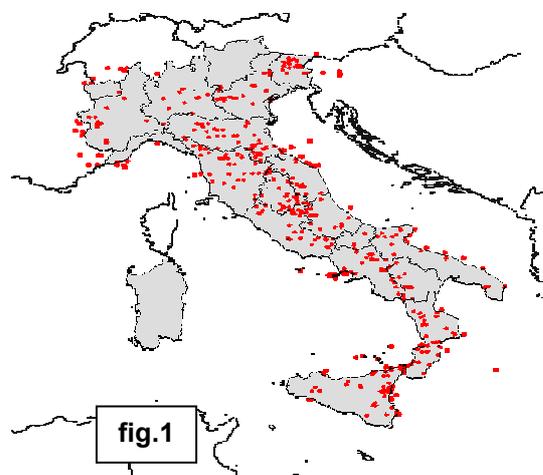


fig.1



come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale, secondo la seguente tabella:

Zona sismica	Valore di a_g
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

Le prime tre zone corrispondono alle zone già definite dalla Legge 64 del 02.02.74; la quarta è invece di nuova introduzione ed in essa è data facoltà alle regioni di imporre l'obbligo della progettazione antisismica. L'Ord. P.C.M. 3274 20.03.2003 ha anche suddiviso, sulla base della velocità media nei primi 30 metri di terreno delle onde sismiche S o seconde (V_{S30}), i terreni di fondazione in cinque diverse tipologie, con diverso comportamento alle sollecitazioni sismiche.

Tale suddivisione è riportata nella seguente tabella.

SUOLO DI FONDAZIONE	V_{S30}
A: Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale >800 m/s, di spessore massimo pari a 5 m	>800 m/s
B: Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s	>360 m/s <800 m/s
C: Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, tra 180 m/s e 360 m/s	>180 m/s
D: Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 180$ m/s	<180 m/s
E: Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{S30} simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 m giacenti su un substrato di materiale più rigido con $V_{S30} > 800$ m/s	<360 m/s

Il Comune di Salsomaggiore Terme, secondo la precedente classificazione, ricade in zona sismica 3: l'area in esame, sulla base delle indagini effettuate, presenta suolo di fondazione di tipo B.

Partendo dalla pericolosità sismica di base indicata dalla normativa statale, OPCM 3274/2003 e successive modifiche e integrazioni, viene valutata la risposta sismica locale (microzonazione sismica) necessaria per la pianificazione del territorio e per la progettazione delle opere, secondo quanto previsto normative regionali.

Attraverso la microzonazione sismica è possibile prevedere e mitigare gli effetti sismici che possono interessare il territorio comunale. Eventi sismici, provenienti da varie zone sismogenetiche, possono assumere caratteristiche diverse, anche a distanze di poche decine di metri, in relazione alle condizioni locali (litologiche, morfologiche idrogeologiche) tanto da provocare danni assai diversi a parità di tipologie costruttive e stato di conservazione delle costruzioni.

Quindi l'obiettivo della microzonazione sismica è l'individuazione delle aree caratterizzate dallo stesso scenario sismico e la verifica della risposta sismica locale con indagini e metodologie affidabili, al fine di prevedere il comportamento dei terreni superficiali interessati dalle costruzioni attuali e future, quando sono sottoposti ad un evento sismico.

Tale caratterizzazione sismica poggia sulla Mappa di Pericolosità Sismica [GRUPPO DI LAVORO (2004) - Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile. INGV, Milano-Roma,



aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici], prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20.03.2003; tale mappa è stata approvata con Ordinanza PCM 28 aprile 2006 n. 3519 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

Questa iniziativa è stata rivolta a soddisfare l'esigenza di una mappa di pericolosità sismica di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche, esigenza formulata dall'Ordinanza PCM 20.03.2003 n. 3274, che ne fissa criteri e scadenza. In particolare:

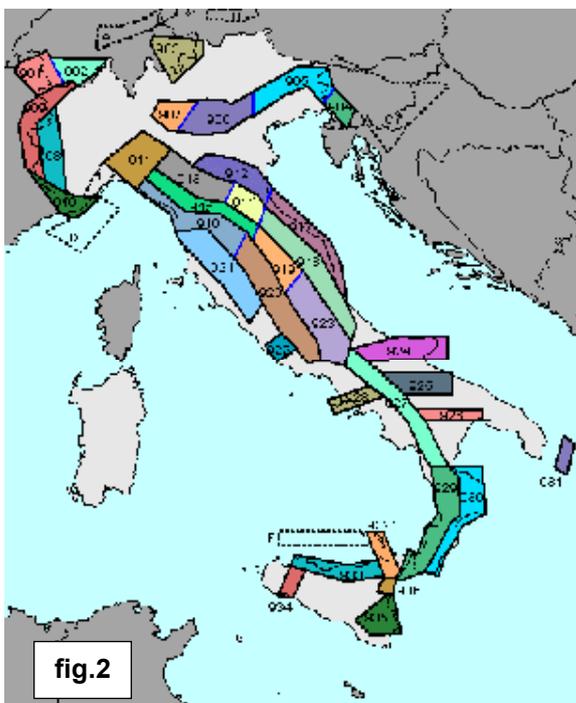


fig.2

- è stata elaborata una nuova zonazione sismogenetica, denominata **ZS9**, a partire da un sostanziale ripensamento della precedente zonazione (ZS4), alla luce delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni acquisite negli ultimi anni. ZS9 è corredata, per ogni ZS, da un meccanismo focale prevalente e da un valore di profondità, determinati nella prospettiva di utilizzo con le relazioni di attenuazione. La suddivisione in zone sismogenetiche è riportata a lato, in fig.2.
- è stata prodotta una versione aggiornata del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, detta inizialmente CPT12; tutt'ora il Catalogo viene continuamente aggiornato: attualmente la versione più recente è la CPT15;
- sono state verificate le relazioni di attenuazione di a_{max} definite a scala nazionale ed europea;
- sono stati determinati, con approcci storici e statistici, due insiemi di completezza dei dati del Catalogo Parametrico

Il Comune di Salsomaggiore è stato inserito nella parte centro-ovest della Zona Sismogenetica 913 (Appennino Emiliano Romagnolo), a circa 20.0 km a nord della Zona Sismogenetica 915 (Garfagnana-Mugello) e a circa 6,0 km ad est della Zona Sismogenetica 911 (Tortona - Bobbio).

Successivamente è stata realizzata una nuova mappa di pericolosità sismica per l'intero territorio nazionale, definita dall'Ordinanza PCM 28 aprile 2006 n. 3519. Più in particolare la Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (cfr. fig.3, a lato), nell'elaborato "Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800 \text{ m/s}$; cat.A, punto 3.2.1. del D.M. 14.09.2005) - riferimento O.P.C.M. del 28.04.06 n° 3519, All.1b", esprime la pericolosità sismica del territorio comunale di Salsomaggiore Terme con l'accelerazione massima (a_{max}) $0.150 < a_{g} \leq 0.175$, valori che sono riferibili alla zona sismica 3.

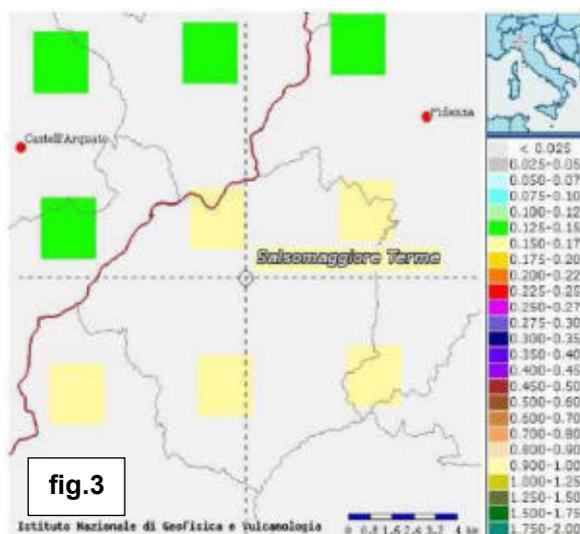


fig.3

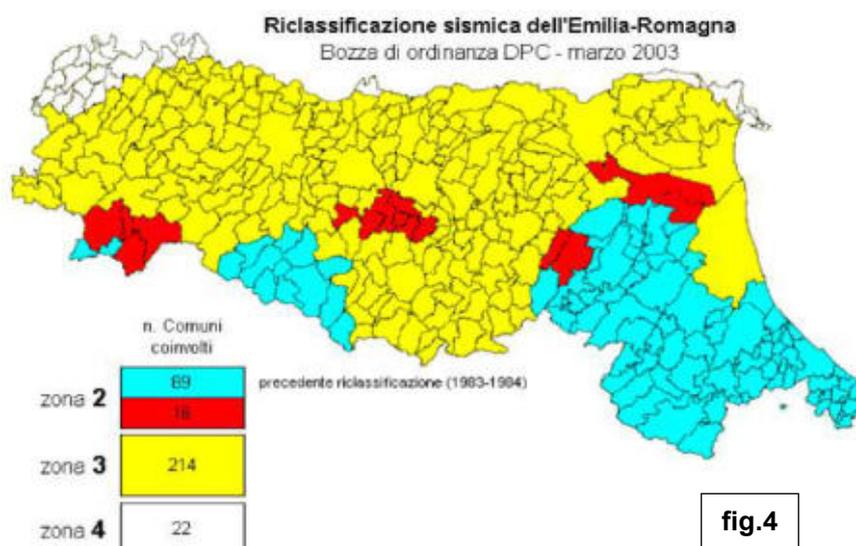


L'Ord. P.C.M. 3519 del 28.04.06, ha infatti modificato la classificazione delle zone sismiche secondo la seguente tabella:

zona	accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)	accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (ag/g)
1	$0,25 < ag \leq 0,35$ g	0,35 g
2	$0,15 < ag \leq 0,25$ g	0,25 g
3	$0,05 < ag \leq 0,15$ g	0,15 g
4	$ag \leq 0,05$ g	0,05 g

La zonizzazione sismica regionale, prevede una classificazione in cui i 341 comuni che fanno parte della Regione Emilia Romagna sono così catalogati (cfr. fig.4):

- 105 Comuni appartenenti alla Zona 2
- 214 Comuni appartenenti alla Zona 3
- 22 Comuni appartenenti alla Zona 4



Quindi, secondo la carta di macrozonazione della Regione Emilia Romagna (cfr. *Classificazione sismica dei Comuni dell'Emilia Romagna*), il Comune di Salsomaggiore Terme risulta inserito nella **Zona 3** (Zona a sismicità bassa) con accelerazione massima di riferimento, secondo la classificazione, che raggiunge valori massimi di PGA compresi tra **0.05 g e 0.15g**. Tali valori d'accelerazione sono relativi al bedrock, ovvero a formazioni litoidi o terreni omogenei molto rigidi.

Inoltre, la Del. Assemblea Legislativa n°112 - Oggetto n°2131 del 2007, indica, per il Comune di Salsomaggiore Terme, un valore della accelerazione massima orizzontale di picco al suolo (T=0), pari a **0.152g**. (cfr. Allegato A4 – Tabella 2 della Deliberazione dell'Assemblea Legislativa n° 112 – Oggetto n° 2131 del 02/05/2007 - Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione Territoriale ed Urbanistica).

Dall'interrogazione del recente "*Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - Versione CPTI15 - A.Rovida, M.Locati, R.Camassi, B. Lolli, P.Gasperini, 2016*" è stata estrapolata, tramite il motore di ricerca INGV (CPTI15), la "storia sismica di Salsomaggiore Terme", dove è considerata una serie di 22



eventi, in ordine cronologico, dal 1901 al 2008 (cfr. Tav.7a - Storia sismica di Salsomaggiore Terme). Gli episodi più significativi per il Comune di Salsomaggiore sono presumibilmente quelli del 1983 e del 1991, che produssero effetti del VI grado MCS (Scala Mercalli-Cancani-Sieberg).

Invece la sismicità recente che ha interessato il territorio comunale di Salsomaggiore Terme è stata ricavata dalla Lista Terremoti aggiornata in tempo reale elaborata dal Centro Nazionale Terremoti (INGV-CNT). Nello specifico sono stati ricercati i terremoti aventi una magnitudo minima pari a 4.5, registrati nell'intervallo di tempo tra il 01/01/2007 ad oggi, in un raggio di 100 Km dal Comune di Salsomaggiore Terme. I principali eventi sismici registrati sono riportati nella seguente tabella.

Data e Ora (Italia)	Magnitudo	Zona	Profondità
2013-06-30 16:40:08	Mw 4.5	2 km SW Minucciano (LU)	6
2013-06-21 12:33:56	Mw 5.1	7 km NE Carrara (MS)	7
2013-01-25 15:48:18	Mw 4.8	3 km E Castiglione di Garfagnana (LU)	20
2012-06-03 21:20:43	Mw 4.7	4 km W San Possidonio (MO)	9
2012-05-29 13:00:22	ML 5.1	3 km SW San Possidonio (MO)	7
2012-05-29 13:00:01	ML 5.0	5 km SE Novi di Modena (MO)	9
2012-05-29 12:55:56	Mw 5.3	3 km SW San Possidonio (MO)	4
2012-05-29 10:27:22	ML 4.6	2 km W Mirandola (MO)	6
2012-05-29 10:25:51	ML 5.0	5 km SE Novi di Modena (MO)	8
2012-05-29 09:00:02	Mw 5.6	1 km SW Medolla (MO)	8
2012-05-20 05:02:47	ML 5.0	2 km NE San Felice sul Panaro (MO)	9
2012-05-20 04:06:26	ML 4.8	7 km N San Felice sul Panaro (MO)	4
2012-05-20 04:06:12	ML 4.8	4 km E Mirandola (MO)	5
2012-01-27 15:53:12	Mw 4.9	2 km NE Berceto (PR)	72
2012-01-25 09:06:37	Mw 4.9	4 km S Brescello (RE)	29
2008-12-23 16:24:21	Mw 4.9	5 km SE Neviano degli Arduini (PR)	23



Gli eventi maggiormente significativi sono, evidentemente, quelli verificatisi nel 2012 (modenese e, in minor misura, parmense), con picco massimo di magnitudo a Medolla (Mw 5.6 - in data 29.05.2012).



Infine, in base al progetto DPC dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Milano) “Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M , R , ϵ ”, si è definita l'incidenza di sorgenti sismogenetiche poste ad una distanza R , capaci di generare terremoti significativi di magnitudo M . In pratica è possibile individuare l'evento sismico dominante relativo allo scenario di pericolosità ricostruito, detto terremoto scenario. Il terremoto di scenario è quindi l'evento di magnitudo M , a distanza R dal sito in esame che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica.

La valutazione della disaggregazione, calcolata sulla base di tali parametri, individua un probabile terremoto scenario con magnitudo media pari a 4.85, distanza epicentrale pari a 7.97 km ed epsilon pari a 0.818 (cfr. Tav.7 - Valutazione della disaggregazione).

MICROZONAZIONE SISMICA

Il recente studio di microzonazione sismica di II° livello (Comune di Salsomaggiore Terme - Microzonazione Sismica - Relazione Tecnica – Ambiter e Dott. Geol. Bricoli – rev. luglio 2015) ha permesso di stabilire che il substrato geologico, nell'area di Tabiano, si trova a profondità di circa 12-14m (cfr. Tav.8a - MASW3 e 4) e che approssimativamente in corrispondenza di tale substrato si verifica un repentino aumento delle onde VsH ...<< Zona 06: aree caratterizzate da substrato geologico granulare cementato con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 10 – 20m dal piano campagna fino ad oltre 40m verso Nord>>... (cfr. Tav.8 – Carta MOPS).

L'indagine MASW, eseguita per il presente lavoro, conferma per buona parte i dati dello Strumento Urbanistico: infatti il substrato geologico inalterato sembrerebbe ubicato a profondità di circa 10 metri e, localmente, il substrato sismico ($VsH > 800$ m/s). A differenza di quanto sopra esposto, la MASW realizzata in situ mostra un graduale e costante incremento delle onde di taglio per l'intero profilo di velocità (cfr. Relazione tecnica IGEA, in allegato e Tav.9, per l'ubicazione).

Inoltre l'elaborazione delle misure di microtremore a stazione singola nell'area di interesse (cfr. Tav.8a – HVSR 28 e 29), ha dato per l'area di Tabiano i seguenti risultati.

Sigla	Ubicazione	Vs30 (m/s)	Prof. substrato (m)	VsH copertura (m/s)	VsH substrato (m/s)	f0/A0 (Hz)
034032P28HVSR28	Viale Terme	323	14.17	236	482	1.64 / 2.07
034032P29HVSR29	Tabiano Bagni	276	36.33	280	554	1.12 / 2.04

Le misure di microtremore permettono, anche se approssimativamente, una stima dell'ordine di grandezza dello spessore dei terreni di copertura dal valore della frequenza fondamentale (f_0) e l'entità del contrasto d'impedenza tra le varie litologie dal valore dell'ampiezza di picco (A_0).

Questi dati permettono di distinguere qualitativamente le zone caratterizzate da assenza di fenomeni di risonanza significativi a zone caratterizzate dalla presenza dei fenomeni di risonanza.

Inoltre dalla formula semplificata proposta da G. Pratt (da utilizzare solamente in prima approssimazione), che mette in correlazione il periodo proprio di vibrazione di un edificio con la sua altezza, è possibile orientativamente individuare quale tipologia di edifici si potrebbe trovare a vibrare a frequenze simili a quelle riscontrate nei terreni e quindi subire i pericolosi effetti di risonanza.

L'informazione fornisce quindi in modo diretto, anche se semi-quantitativo, indicazioni sui possibili effetti attesi di amplificazione della sollecitazione sismica.

Utilizzando la correlazione empirica:

$$T_{ed} \cong C h_{ed}^{3/4}$$

Dove:

T_{ed} = periodo proprio di vibrazione dell'edificio espresso in secondi

C = coefficiente che dipende dalla tipologia costruttiva dell'edificio (muratura o telaio c.a.)

h_{ed} = altezza dell'edificio in metri



e ricordando che la frequenza è l'inverso del periodo:

$$f = \frac{1}{T}$$

È possibile valutare in modo speditivo le tipologie di edifici che possono risentire degli effetti di massima amplificazione connessi alla frequenza fondamentale di vibrazione espressa dal terreno.

Quando le due frequenze corrispondono si hanno effetti di risonanza catastrofica.

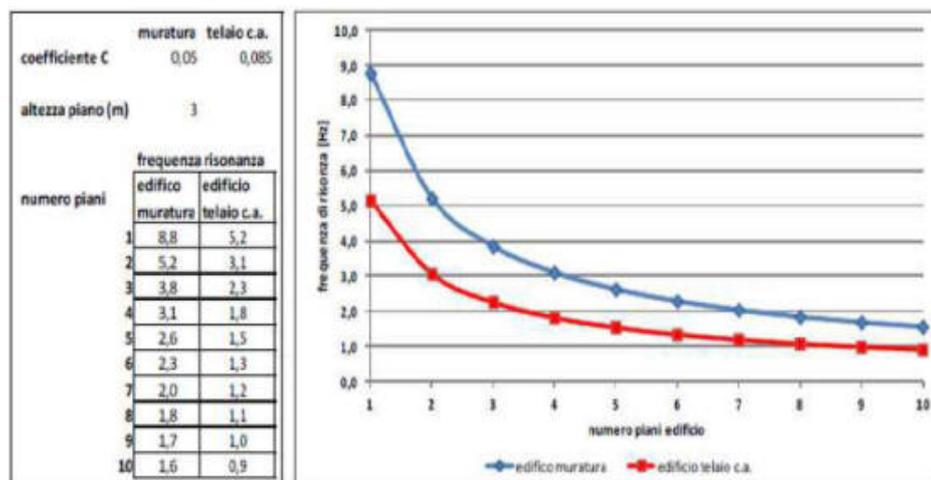


FIG.5

rapporti indicativi fra il numero dei piani di un edificio e la sua frequenza di vibrazione

Nel caso in esame, avendo riscontrato dalla misura di microtremore **un massimo risonante intorno a 1,12-1,64 Hz (f0)** è possibile ragionevolmente escludere fenomeni di doppia risonanza sull'edificio esaminato. L'**ampiezza di picco (A0), di circa a 2,04-2,07**, ha inoltre definito un contrasto di impedenza intermedio; ciò, anche in considerazione del citato aumento graduale e costante incremento delle VsH, dovrebbe garantire l'assenza di fenomeni di risonanza dovuti ad impedenza sismica.

Caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione

Nella già citata relazione tecnica dello studio di Microzonazione Sismica (2015) è stata effettuata, tramite abachi, la procedura per la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti d'amplificazione, che ... *“consiste nella stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (F.A.); lo studio nel caso del comune di Salsomaggiore è condotto con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche.*

Il valore di F.A. si riferisce al PGA e agli intervalli di periodo tra 0.1 - 0.5 s e 0.5 - 1.5 s: in particolare l'intervallo tra 0.1 - 0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5 - 1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili. In altri termini si tratta di quelle strutture che comunemente sono realizzate nel territorio comunale di Salsomaggiore. I Fattori di Amplificazione (F.A.) sono riferiti al Suolo A come previsto dall'Eurocodice 8, parte 1, e dal D.M. 14/9/2005 “Norme tecniche per le costruzioni”, punto 3.2.1. La scheda di riferimento, messa a punto dalla Regione Emilia Romagna “Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica” di cui alla deliberazione n. 112 del 2/5/2007 dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna” (D.A.L. 112/2007), che si adatta meglio al modello geofisico – geotecnico è definita APPENNINO e MARGINE APPENNINICO PADANO. Il substrato è quasi sempre caratterizzato da Vs < 800 m/s”...

Nel contesto geologico “APPENNINO E MARGINE APPENNINICO PADANO”, la Del. 112/2007 prescrive, per la determinazione dei fattori di amplificazione (F.A.), l'utilizzo di tabelle specifiche, di seguito riportate:



In caso di substrato marino caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s si devono usare le seguenti tabelle:

F.A. P.G.A.										
$\frac{F_{1H}}{H}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$										
$\frac{F_{1H}}{H}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$										
$\frac{F_{1H}}{H}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.1	2.1	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
30	2.4	2.3	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
35	2.5	2.4	2.3	1.8	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
40	2.7	2.6	2.6	2.0	1.6	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0

In caso di substrato marino caratterizzato da $V_s < 800$ m/s si devono usare le seguenti tabelle:

F.A. P.G.A.										
$\frac{F_{1H}}{H}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0
10	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
35	1.8	1.9	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
40	1.7	1.9	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$										
$\frac{F_{1H}}{H}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.3	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$										
$\frac{F_{1H}}{H}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

Si tiene a precisare che gli abachi in oggetto possono essere utilizzati esclusivamente nell'ambito degli studi di microzonazione sismica di livello 2 e che è **fatto assoluto divieto di utilizzo dei dati di output di secondo livello in attività connesse alla determinazione dell'azione sismica a corredo della progettazione edilizia.**

In accordo con quanto previsto dalla normativa regionale, lo studio di microzonazione sismica comunale prevede, per l'area in studio:

- nella Carta MOPS (Tav.8) l'area in esame è stata definita stabile, suscettibile di amplificazioni locali... << Zona 06: aree caratterizzate da substrato geologico granulare cementato con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 10 – 20m dal piano campagna fino ad oltre 40m verso Nord >> ...
- nella Carta Microzonazione sismica PGA (Tav.8b) l'area in esame è stata definita stabile, suscettibile di amplificazioni locali con Fattore di Amplificazione 1.9-2.0.
- nella Carta Microzonazione sismica F.A. $0.1 < T_0 < 0.5$ (Tav.8c) l'area in esame è stata definita stabile, suscettibile di amplificazioni locali con Fattore di Amplificazione 1.9-2.0.
- nella Carta Microzonazione sismica F.A. $0.5 < T_0 < 1.0$ (Tav.8d) l'area in esame è stata definita stabile, suscettibile di amplificazioni locali con Fattore di Amplificazione 1.5-1.6.

Tali valori sono coerenti un substrato sismico caratterizzato con $V_s < 800$. In realtà, almeno localmente, le onde di taglio registrate tramite l'analisi MASW mostrano velocità del substrato sismico $V_s > 800$ m/s e velocità medie dello strato superficiale pari a circa 400 m/s, superiori a quelle valutate dallo studio di Microzonazione Sismica. I fattori di amplificazione, ricalcolati tramite la tabella apposta, diventano quindi leggermente inferiori e precisamente: **PGA = 1.6; F.A. $0.1 < T_0 < 0.5 = 1.2$; F.A. $0.5 < T_0 < 1.0 = 1.0$.** Per la tipologia dell'edificio in esame il fattore di amplificazione da prendere in considerazione (F.A. $0.1 < T_0 < 0.5$) è pari a 1.5.



ANALISI SISMICA DI SITO – RISPOSTA SISMICA LOCALE

Con l’entrata in vigore del D.M. 14.01.08- Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente"; quindi l’azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto degli stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla pericolosità di base del sito in esame, elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell’azione sismica.

Per definire l’azione sismica di progetto, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, come indicato dalle NTC (Tab.3.2.II e Tab.3.2.III).

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Formazioni rocciose affioranti e terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente sottogiacenti in superficie (con strati di alterazione, non spessore massimo pari a 3 m).
B	Forme tenere e rigide di terreni a grana grossa molto sabbiosi o terreni a grana fine molto compattati 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 500 m/s e 800 m/s (ovvero $V_{s,30} > 50$ nel terreno a grana grossa e $v_{s,30} > 250$ kPa nel terreno a grana fine).
C	Depositi di terreni a grana grossa moderatamente sabbiosi o terreni a grana fine moderatamente compattati 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 350 m/s e 500 m/s (ovvero $15 < V_{s,30} < 50$ nel terreno a grana grossa e $v_{s,30} > 150$ kPa nel terreno a grana fine).
D	Depositi di terreni a grana grossa moderatamente sabbiosi o di terreni a grana fine moderatamente compattati con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 350 m/s (ovvero $V_{s,30} < 15$ nel terreno a grana grossa e $v_{s,30} < 75$ kPa nel terreno a grana fine).
E	Forme dei sedimenti di tipo C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < v_{s,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della **velocità equivalente V_{s30}** di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, definita dalla seguente espressione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}}$$

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo
 V_i = Velocità dell'onda di taglio i-esima
 N = Numero di strati

Indagine sismica

Al fine di acquisire elementi utili all’identificazione della categoria di sottosuolo è stata realizzata un’indagine MASW (Multichannel Analysis of surface Waves), effettuando un allineamento composto da 12 geofoni verticali con spaziatura 2.5m, per un totale di circa 27.5m. Per i principi teorici della tecnica MASW, per il metodo di acquisizione ed elaborazione, per la presentazione dei dati e per l’ubicazione del profilo sismico, facciamo riferimento a quanto prodotto nella Relazione Tecnica redatta da IGEA srl. che completa di elaborati grafici, è parte integrante del presente lavoro.



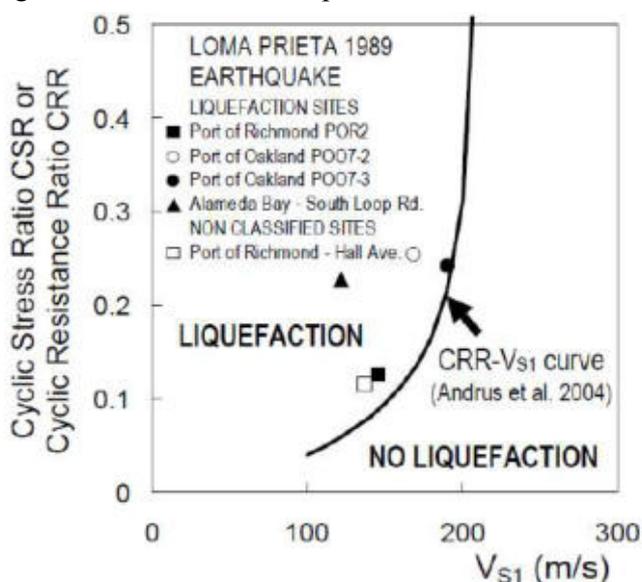
In particolare, relativamente alla velocità delle onde di taglio entro i primi 30m di profondità dell'area indagata, Igea fornisce le seguenti considerazioni: ...“Considerando le velocità degli strati e gli spessori rilevati, si ottiene dal piano di campagna, **un valore delle VS30 pari a 566 m/sec**”...

Per completezza di indagine, sono stati anche calcolati i parametri sismici di situ tramite il programma on line Geostru Parametri Sismici; le relative elaborazioni, valide a titolo indicativo, sono state riportate in allegato.

Liquefazione

Il fenomeno della liquefazione si verifica, in terreni non coesivi saturi d'acqua, quando in seguito a sforzi ciclici indotti dalle sollecitazioni sismiche, le pressioni interstiziali aumentano progressivamente fino ad eguagliare la pressione di confinamento. Il terreno subisce quindi una drastica diminuzione della resistenza al taglio e viene a trovarsi in uno stato assimilabile a quello di un fluido viscoso.

I terreni maggiormente interessati da tale fenomeno sono quindi prevalentemente sabbie monogranulari, mentre, in pratica, la liquefazione non interessa terreni eterogenei, a granulometria fine e medio grossolana, che sembrano presenti nell'area in esame.



È anche possibile verificare la predisposizione alla liquefazione dei terreni presenti nell'area con uno dei principali metodi quantitativi semplificati, sintetizzato nel grafico qui a lato.

Il metodo mette in correlazione la predisposizione alla liquefazione con le velocità delle onde sismiche di taglio del terreno (V_s), individuando sperimentalmente una velocità (200 m/s) al di sopra della quale la propensione alla liquefazione è minima.

Sembra quindi evidente, dal grafico, che il terreno in studio, caratterizzato da valori delle velocità delle onde V_s sempre superiori ai 200m/s (valori minimi del livello superficiale pari a 205m/s), non dovrebbe presentare propensione a fenomeni di liquefazione.

Calcolo del Coefficiente di Reazione

Sulla base dei parametri geotecnici a nostra disposizione, è stato eseguito un calcolo di massima del **Coefficiente Di Reazione (K_s)** del terreno, ipotizzando pari ad un metro sia larghezza (B) della fondazione, sia la sua profondità di imposta (D); una valutazione più attendibile dovrà essere effettuata avendo a disposizione tipologia e dimensioni delle strutture fondali:

1. (Bowles) $K_s = 40 F_s q$
2. (Bowles) $K_s = E_s / B(1 - \nu^2)$

dove:

B	larghezza della fondazione	E_s	modulo di Young statico
q	capacità portante	ν	modulo di Poisson
F_s	coefficiente di sicurezza		

Secondo le precedenti ipotesi, avremo rispettivamente i seguenti valori del coefficiente di reazione del terreno (**K_s**):



- $K_s = 1.85 \text{ Kg/cm}$
- $K_s = 2.90 \text{ Kg/cm}$

Per un valore medio di K_s pari a circa **2.0-2.5**. Ovviamente dovranno essere applicati gli opportuni fattori correttivi nel caso che i software di calcolo richiedano il valore di K orizzontale e/o in condizioni dinamiche.

RISULTATI

Dal punto di vista geologico e sismico, si ritiene che, per i contrasti di velocità, gli spessori e le caratteristiche dei materiali, il sito in esame ricada, secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2008, nella categoria di sottosuolo B.

⇒ B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero $N_{spt30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_u > 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fine)</i>
------------	--

Inoltre è possibile affermare che:

- il modello sismo stratigrafico medio evidenzia un costante incremento delle velocità V_s con la profondità, nell'intervallo compreso tra 205 e 876 m/s;
- la velocità equivalente delle onde di taglio (V_{s30}) è stata calcolata, mediamente, pari a 566 m/s;
- è probabile un leggero incremento delle velocità delle V_{s30} in corrispondenza del piano fondale, dato che l'asportazione dei materiali superficiali tende ad aumentare il valore del parametro V_{s30} , diminuendo lo spessore dei terreni a bassa velocità; il modesto incremento di velocità non sarà comunque sufficiente per una variazione di categoria di sottosuolo;
- le caratteristiche stratigrafiche e sismiche di bibliografia dei terreni investigati risultano coerenti con le risultanze dell'indagine sismica MASW; anche se si ritiene che, localmente, le velocità delle onde di taglio V_{sH} , sia del substrato, sia dell'orizzonte più superficiale, siano superiori a quelle previste dallo Strumento Urbanistico.

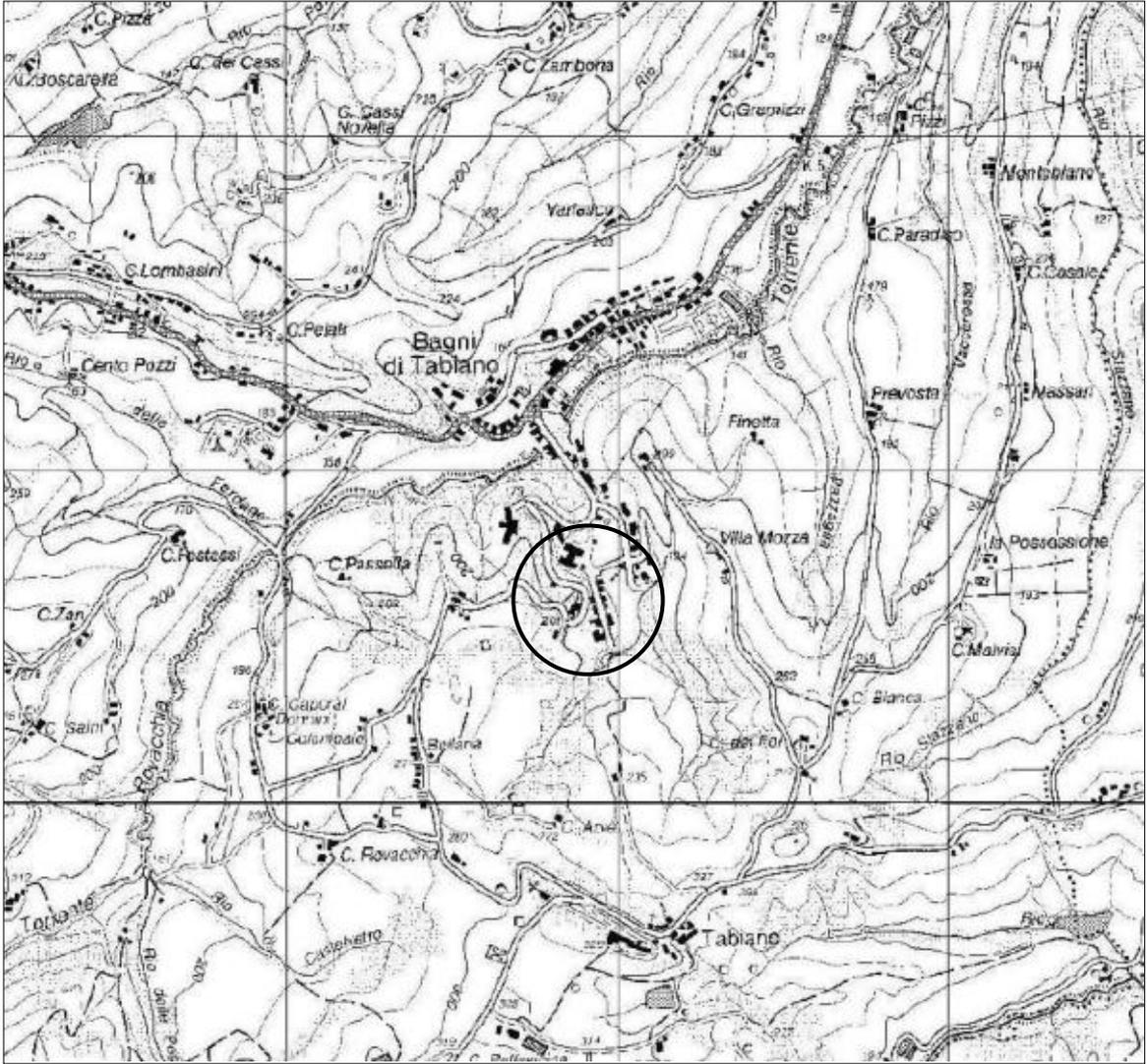
Il presente studio ha inoltre permesso di evidenziare, nella porzione superficiale, un terreno con caratteristiche geomeccaniche sufficienti, mentre più in profondità le proprietà geotecniche tendono senz'altro a migliorare.

Si tiene anche a precisare che la situazione geologica e geomorfologica locale potrebbe indurre, sia pure con bassa probabilità, fenomeni di amplificazione (effetti topografici), soprattutto in caso di sisma più intenso di quello atteso.

Firenze, 11.06.2017

Il tecnico:
Dott. Geol. Luca Tofacchi

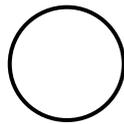




TAV.1 - CARTA DI UBICAZIONE DELL'AREA DI STUDIO

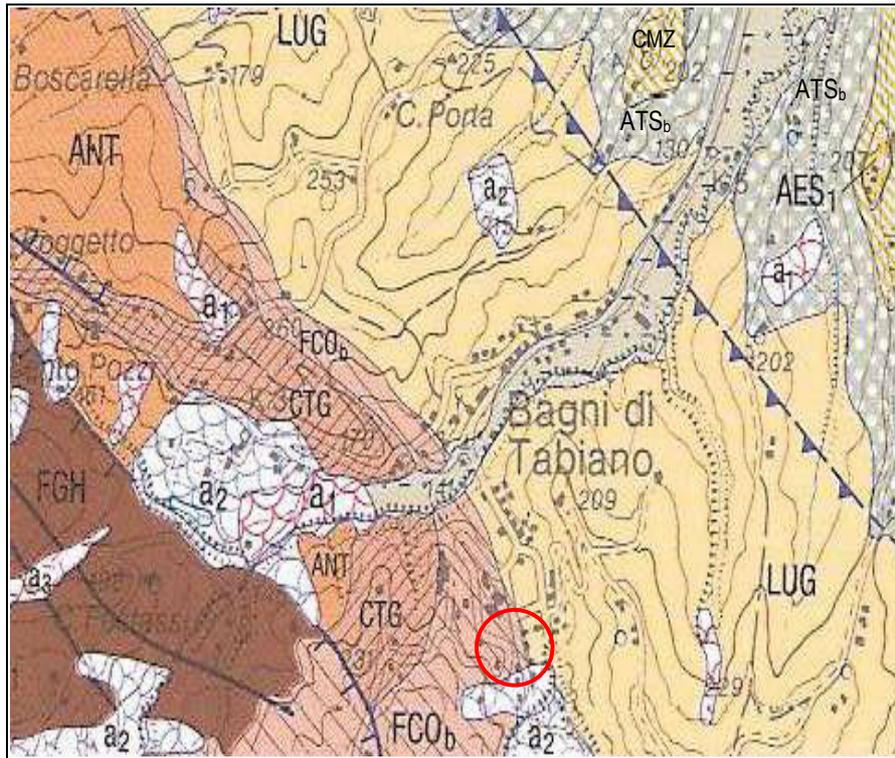
GEOPORTALE REGIONE EMILIA ROMAGNA

CARTA TECNICA REGIONALE



Area di studio

Scala 1:25.000

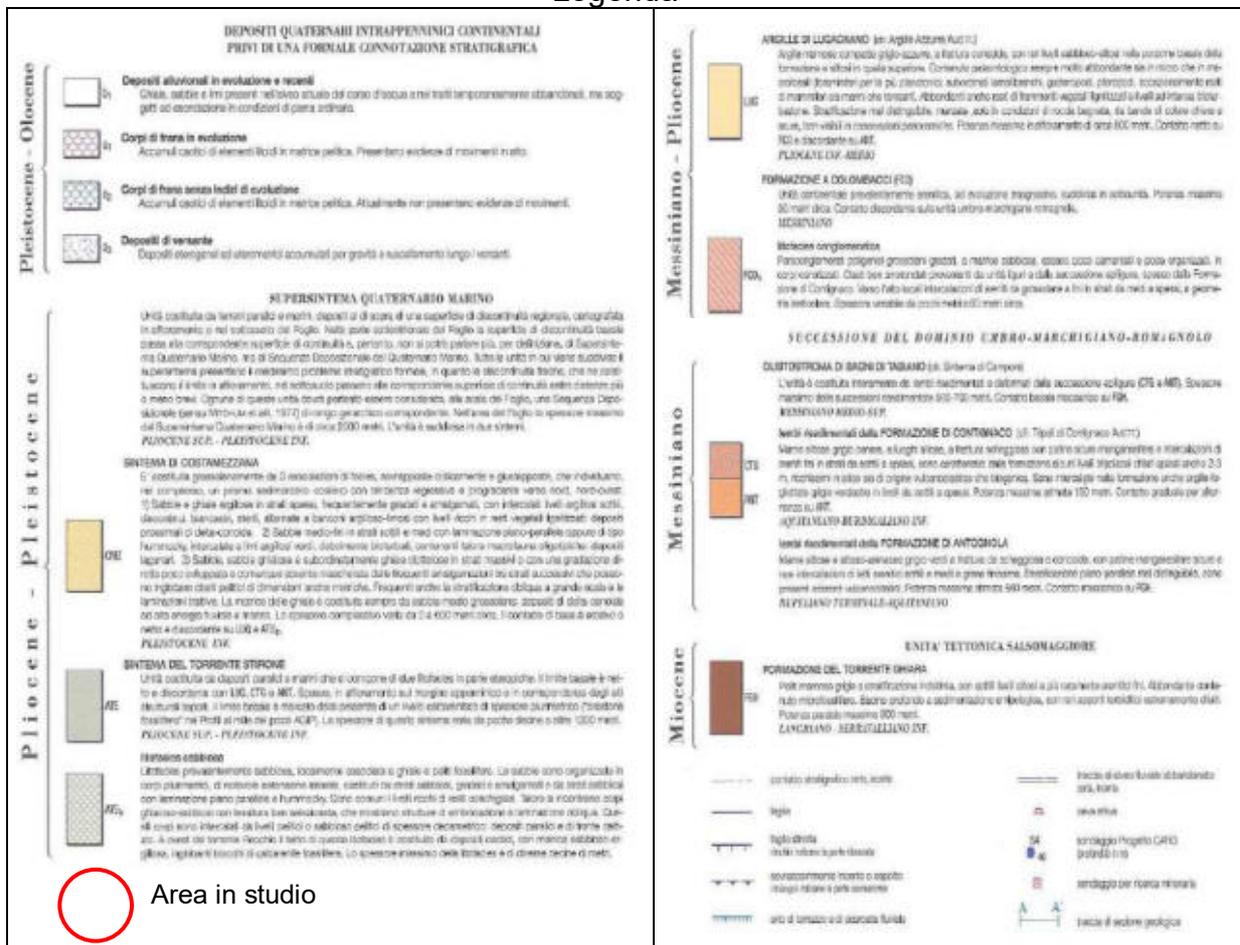


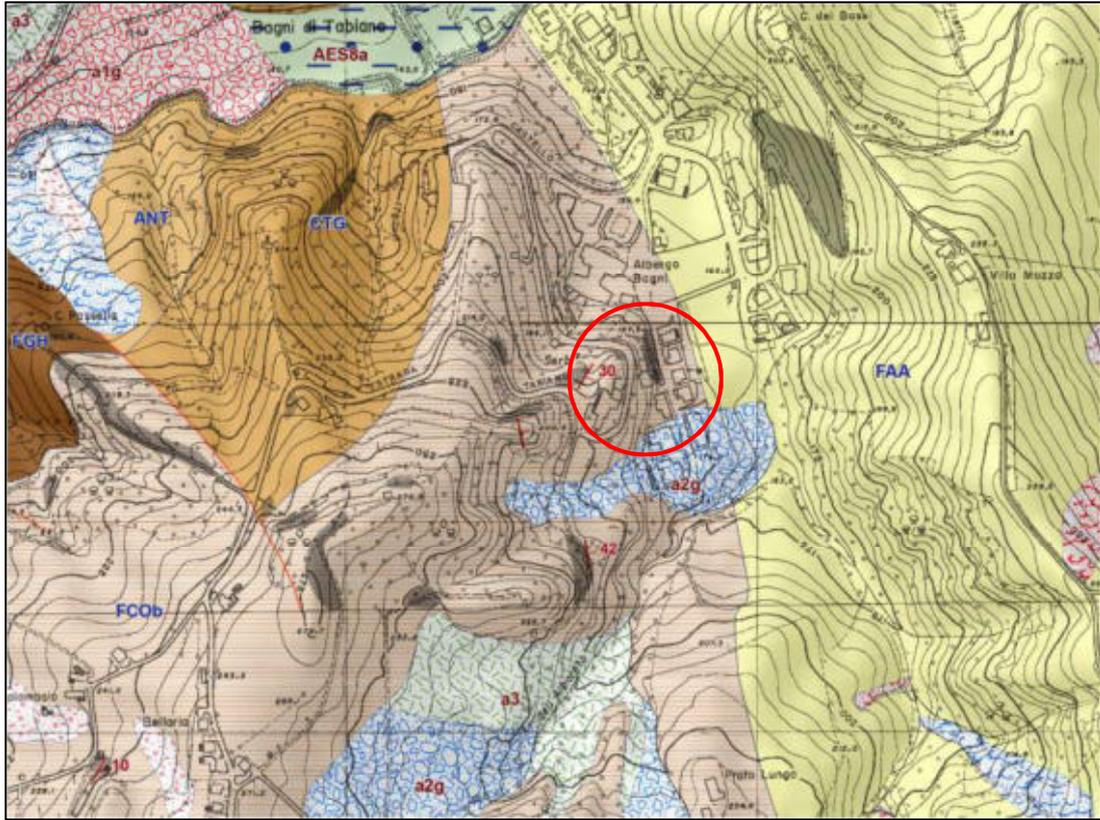
Scala 1:25.000

TAV.2 – CARTA GEOLOGICA

Tratta dal FOGLIO 181 – Parma Nord (ISPRA – Progetto CARG)

Legenda





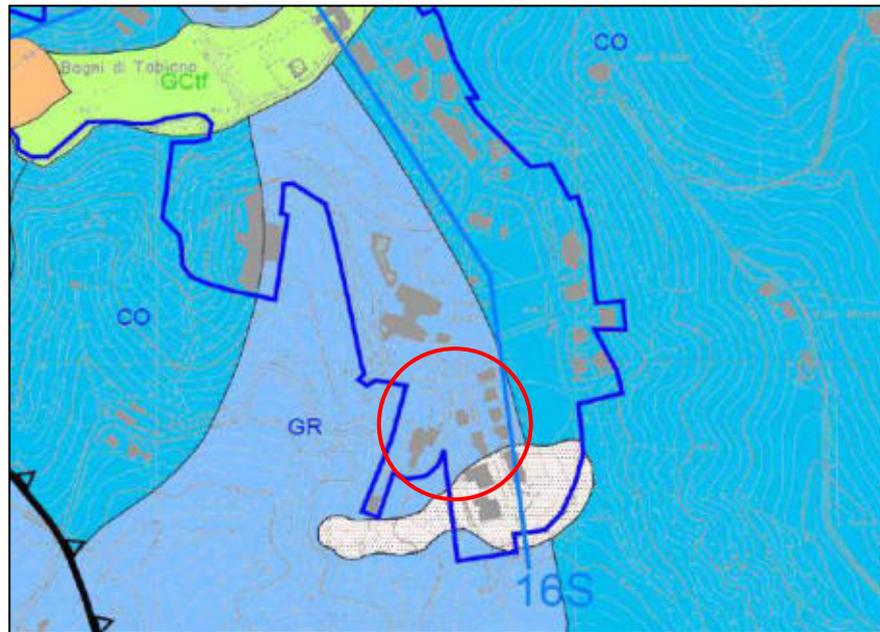
Scala 1:10.000

TAV.3 – CARTA GEOLOGICA

tratta dal Geoportale della Regione Emilia Romagna

Legenda

<p>Ambienti deposiz. e litologie (10K)</p> <p>▨ Limo Sabbioso - Piana alluvionale</p> <p>Coperture quaternarie (10K)</p> <p>▨ AES8a - Unità di Modena</p> <p>▨ a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento</p> <p>▨ a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango</p> <p>▨ a1g - Deposito di frana attiva complessa</p> <p>▨ a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango</p> <p>▨ a2g - Deposito di frana quiescente complessa</p> <p>▨ a3 - Deposito di versante s.l.</p> <p>○ Area in studio</p>	<p>Unità geologiche (10K)</p> <p>▨ ANT - Marne di Antognola</p> <p>▨ CTG - Formazione di Contignaco</p> <p>▨ FAA - Argille Azzurre</p> <p>▨ FCOB - Formazione a Colombacci - litofacies conglomeratica</p> <p>▨ FGH - Formazione del Torrente Ghiara</p> <p>Limiti di unità geologiche (10K)</p> <p>— contatto stratigrafico o litologico certo</p> <p>— faglia certa</p> <p>— faglia incerta</p> <p>— limite di natura incerta</p> <p>Affioramenti (aree) (10K)</p> <p>▨</p> <p>Punti di osservaz. e misura (10K)</p> <p>⊥ stratificazione drifita</p>
--	---



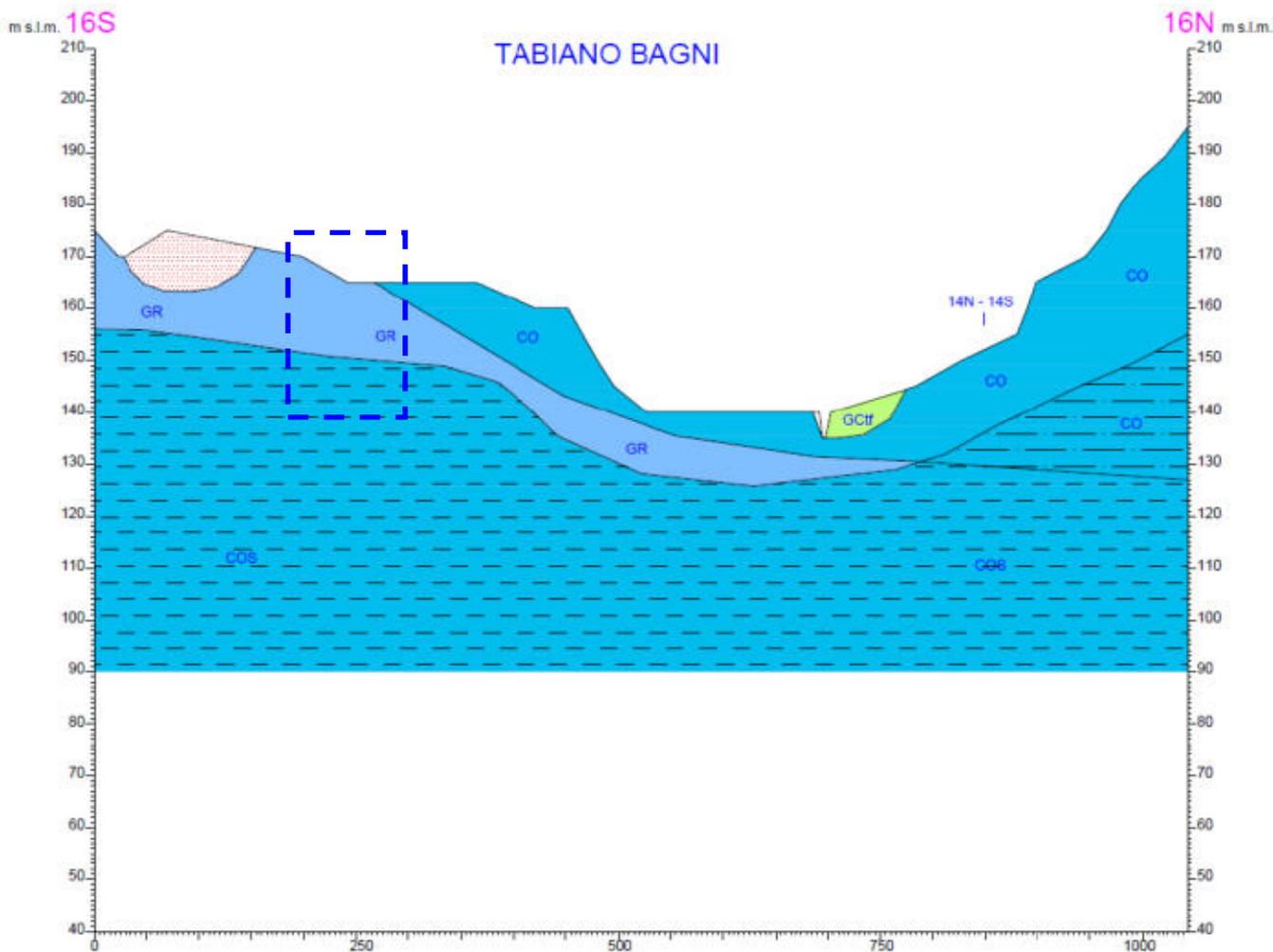
Scala 1:10.000

TAV.4 – CARTA GEOLOGICO TECNICA

tratta dal Piano Strutturale del Comune di Salsomaggiore Terme (Microzonazione Sismica liv.2 - 2014)

Legenda

	Faglia inversa non attiva (certa)
	Faglia diretta non attiva (certa)
	Frana attiva (non definita)
	Frana quiescente (non definita)
	Area d'indagine
	Traccia sezione geologica
	Confine Comunale
	Area in studio
	GM Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
	GCr Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
	tf Terziario fluviale
	cz Conoidi di deiezione
	CL Argille inorganiche di media-cassa plastiche, argille grasse o sabbiose, argille limose, argille magre
	CH Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
	ec Eluviocoltari
	GR Granulare cementato Tessuti poco cementati e rocce tenere appartenenti al Dominio Padano-Adriatico. Affiorano le seguenti unità: Siltite di Costamazzana, Siltite del T. Sironi, Formazione a Colombacci
	CO Coesive sovraconsolidate Rocce tenere appartenenti al Dominio Padano-Adriatico. Argille Azzurre Rocce tenere prevalentemente pelliche e argillose, che per effetto dei fenomeni di degradazione meteorica nella parte superficiale affiorante assumono un aspetto mal definito privo di stratificazione evidente: Argille Varicolori, Formazione Gessoso Solifera, Formazione del T. Ghiera, Formazione di Case Gallo, Formazione di Rio della Canala, Fiyach di M. Sporno - Membrò di Calestano - Membrò di Rio Enzaiana, Complesso di Case Bossani, Marna del Turinno, Formazione di Costigrado, Marna di Arlognola, Marna di M. Piano
	LP Lapideo Rocce dure prevalentemente calcaree ed arenacee, che per effetto dei fenomeni di degradazione meteorica nella parte superficiale affiorante assumono un aspetto mal definito privo di stratificazione evidente: Arenario di Sobbiazza, Formazione di Ranzano, Formazione di Rio Gisolò, Fiyach di M. Cassio, Formazione di Ponte Grasso, Formazione di Rio della Canala, Fiyach di M. Sporno - Membrò di Amoroso



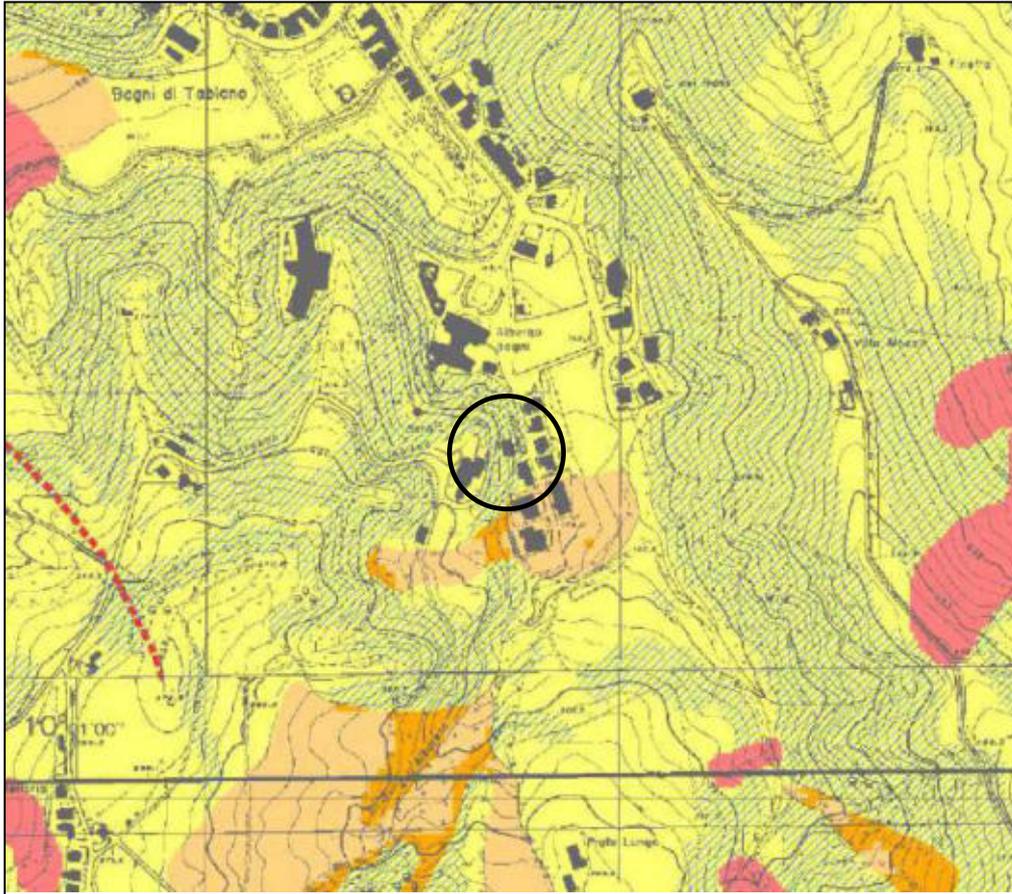
TAV.4a – SEZIONE GEOLOGICO TECNICA

tratte dal Piano Strutturale del Comune di Salsomaggiore Terme (Microzonazione Sismica II° Liv. - 2014)

	GM	Ghiaie limose: miscela di ghiaia, sabbia e limo
	GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
	ff	Terreno fuviale
	CZ	Concine di direzione
	CL	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
	CH	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
	etc	Chavimofuoi

Area in studio

Strati superficiali a bassa velocità delle onde di taglio	Strati profondi a velocità medio e alta delle onde di taglio	
		GR Intervallata cementata Terreni poco cementati e rocce tenere appartenenti al Distretto Padano-Adriatico. Affiorano le seguenti unità: Sistema di Costamezzano, Gittina del T. Strona, Formazione a Coombasso
		CO Cervici sconvoluzionati Rocce tenere appartenenti al Distretto Padano-Adriatico. Argille Rizzoli Rocce tenere prevalentemente calcaree e siltose, che per effetto dei fenomeni di degradazione meccanica nella parte superficiale affiorano assommo un aspetto mal definito con il caratteristico aspetto: Argille Vianon, Formazione Salsomaggiore, Formazione del T. Ignara, Formazione di Casa Gallo, Formazione di Rio della Canala, Ripoli di M. Sporno - Membro di Castellano - Membro di Rio Brughera, Complesso di Casa Rocca, Marna del Terrino, Formazione di Cortigiano, Marna di Ardigola, Marna di M. Piani
		LP Lapidee Rocce dure prevalentemente calcaree ed arenacee, che per effetto dei fenomeni di degradazione meccanica nella parte superficiale affiorano assommo un aspetto mal definito con il caratteristico aspetto: Arenarie di Capozzo, Formazione di Ronzano, Formazione di Rio Giallo, Ripoli di M. Casio, Formazione di Ponte Grossa, Formazione di Rio della Canala, Ripoli di M. Sporno - Membro di Amoroso
		LPS Lapidee stratificate Rocce dure stratificate prevalentemente calcaree ed arenacee. Affiorano le seguenti unità: Arenarie di Gabazzi, Formazione di Ronzano, Formazione di Rio Giallo, Ripoli di M. Casio, Formazione di Ponte Grossa, Formazione di Rio della Canala, Ripoli di M. Sporno - Membro di Amoroso
		COS Cervici sconvoluzionati stratificati Rocce tenere stratificate prevalentemente calcaree e siltose: Argille Usciolini, Formazione Gesso Delfino, Formazione del T. Ignara, Formazione di Casa Gallo, Formazione di Rio della Canala, Ripoli di M. Sporno - Membro di Castellano - Membro di Rio Brughera, Complesso di Casa Rocca, Marna del Terrino, Formazione di Cortigiano, Marna di Ardigola, Marna di M. Piani



Scala 1:10.000

TAV.5 - CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI PER EFFETTI LOCALI

tratta dal P.S. del Comune di Salsomaggiore Terme (Studio Pericolosità Sismica 2011)

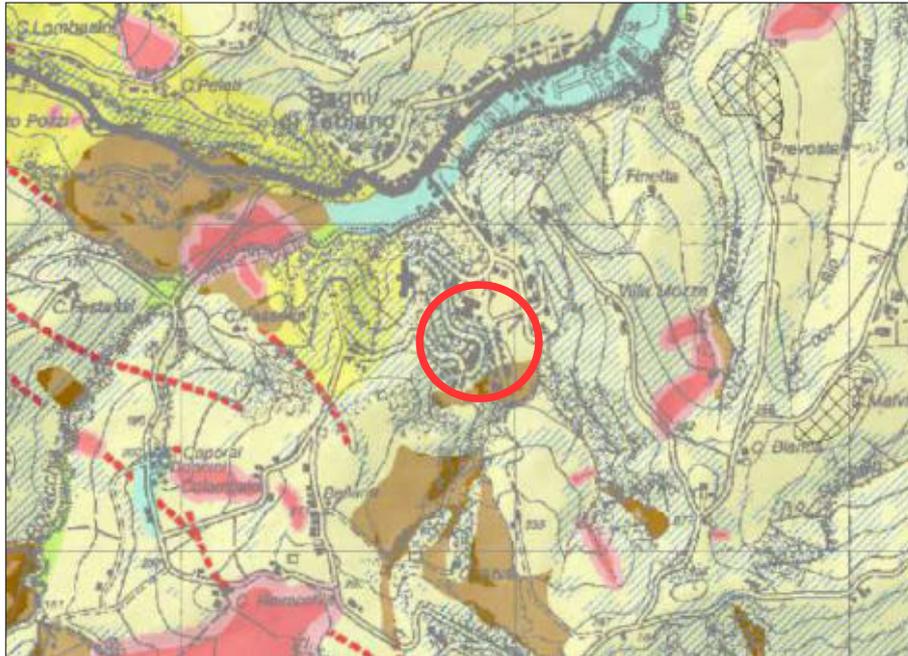
LEGENDA

LEGENDA:

Aree suscettibili di effetti locali:	Effetti locali	Liv. Approfondimento *
Fenomeni di instabilità in atto (fratto attivo, crepe calanchive) <small>Art.21 N.I.A. P.L.C.P.</small> <small>100-1000-10000</small>	INSTABILITÀ DI VERSANTE IN ATTO INSTABILITÀ DI VERSANTE (evoluzione) AMPLIFICAZIONE PER CARATTERISTICHE IDROLOGICHE	III LIVELLO <small>(per interorni consentiti)</small>
Detti di versante e fenomeni di instabilità potenziale (Sp. frane quotate - blocchi, scivolamenti in massa) <small>Art.22-22bis della N.I.A. del P.L.C.P.</small>	INSTABILITÀ DI VERSANTE POTENZIALE AMPLIFICAZIONE PER CARATTERISTICHE IDROLOGICHE	III LIVELLO <small>(il se si segua di vertice)</small>
Detti di versante e fenomeni di instabilità generale - ACCUMI > 15' (Sp. frane quotate - blocchi, scivolamenti in massa) <small>Art.22-22bis della N.I.A. del P.L.C.P.</small>	INSTABILITÀ DI VERSANTE POTENZIALE AMPLIFICAZIONE PER CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AMPLIFICAZIONE PER CARATTERISTICHE TOPOGRAFICHE	III LIVELLO
litogefiti - depositi alluvionali in evasione Depositi alluvionali sabbiosi	AMPLIFICAZIONE PER CARATTERISTICHE IDROLOGICHE POTENZIALE LIGERFADONE	III LIVELLO <small>(il se si esclude la liquefazione)</small>
Depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o misti, depositi alluvionali intermedii, substrato roccioso con Vs inf. 800 m/s Area soggetta ad effetti topografici (onda < 10 m - 10 m)	AMPLIFICAZIONE PER CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AMPLIFICAZIONE PER CARATTERISTICHE TOPOGRAFICHE	II LIVELLO III LIVELLO
Contatto tettonico (freato, recente o presunto)	AMPLIFICAZIONE PER CARATTERISTICHE IDROLOGICHE	II LIVELLO
Substrato roccioso rigido (Vs mag. 800 m/s) Area soggetta ad effetti topografici (onda < 10 m - 10 m)	NON SONO AITES EFFETTI DI SITO AMPLIFICAZIONE PER CARATTERISTICHE TOPOGRAFICHE	I LIVELLO II LIVELLO

* Obiettivi:
 Del D.L. n. 112 del 02.05.2007
 Istituto per gli studi di microzonazione sismica di Emilia-Romagna
 per la pianificazione territoriale e urbanistica

Area in esame



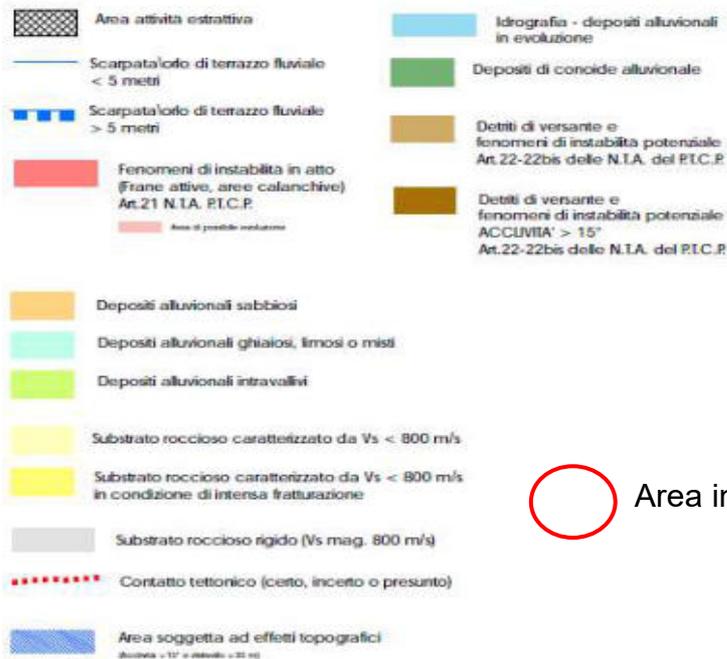
Scala 1:25.000

TAV.6 - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

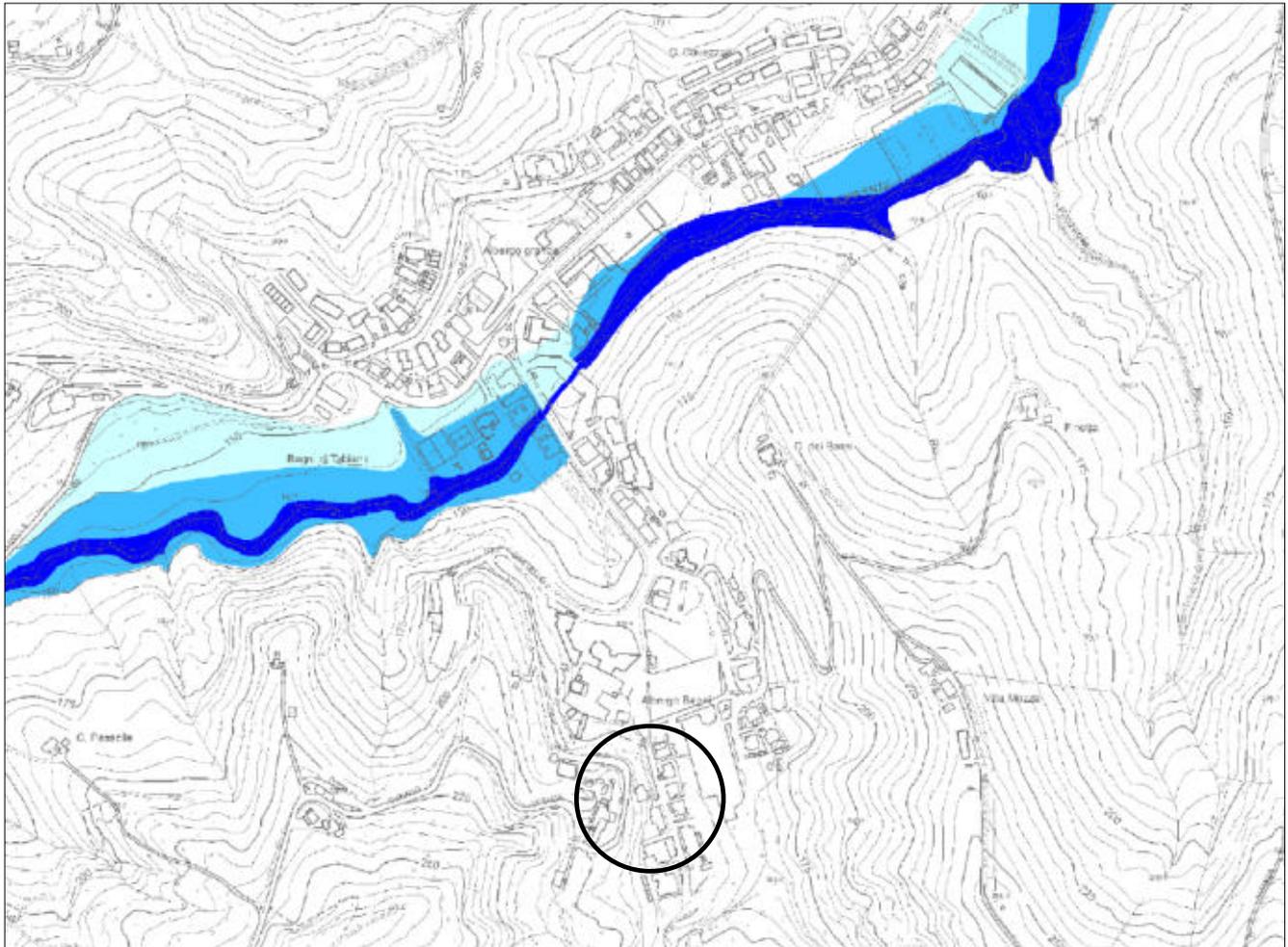
tratta dal P.S. del Comune di Salsomaggiore Terme (Studio Pericolosità Sismica 2011)

LEGENDA:

Depositi e forme superficiali che possono influenzare il moto sismico in superficie



 Area in studio



Scala 1:10.000

TAV.6a – DIRETTIVA ALLUVIONI - MAPPA DELLA PERICOLOSITÀ

tratta dal Piano Strutturale Comunale di Salsomaggiore (Variante 2015)

LEGENDA

-  Alluvioni frequenti
-  Alluvioni poco frequenti
-  Alluvioni rare

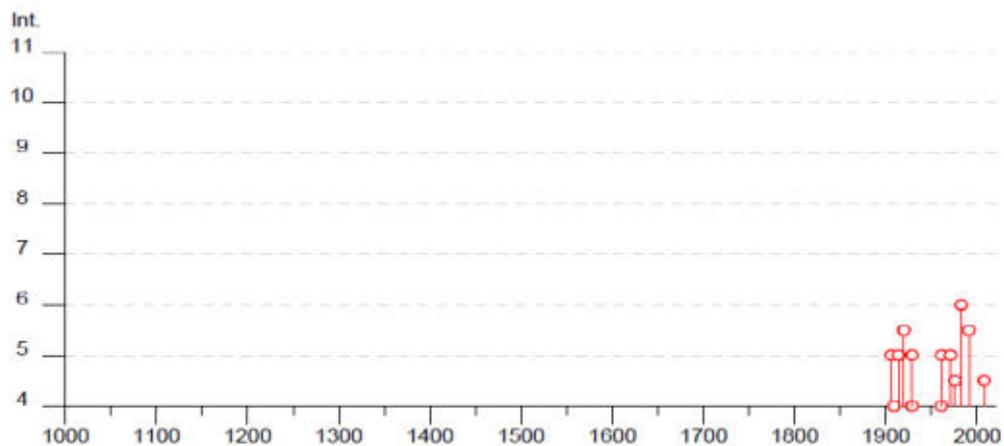
*da Progetto di Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni
Autorità di Bacino del Fiume Po*

 Area in esame

Salsomaggiore Terme

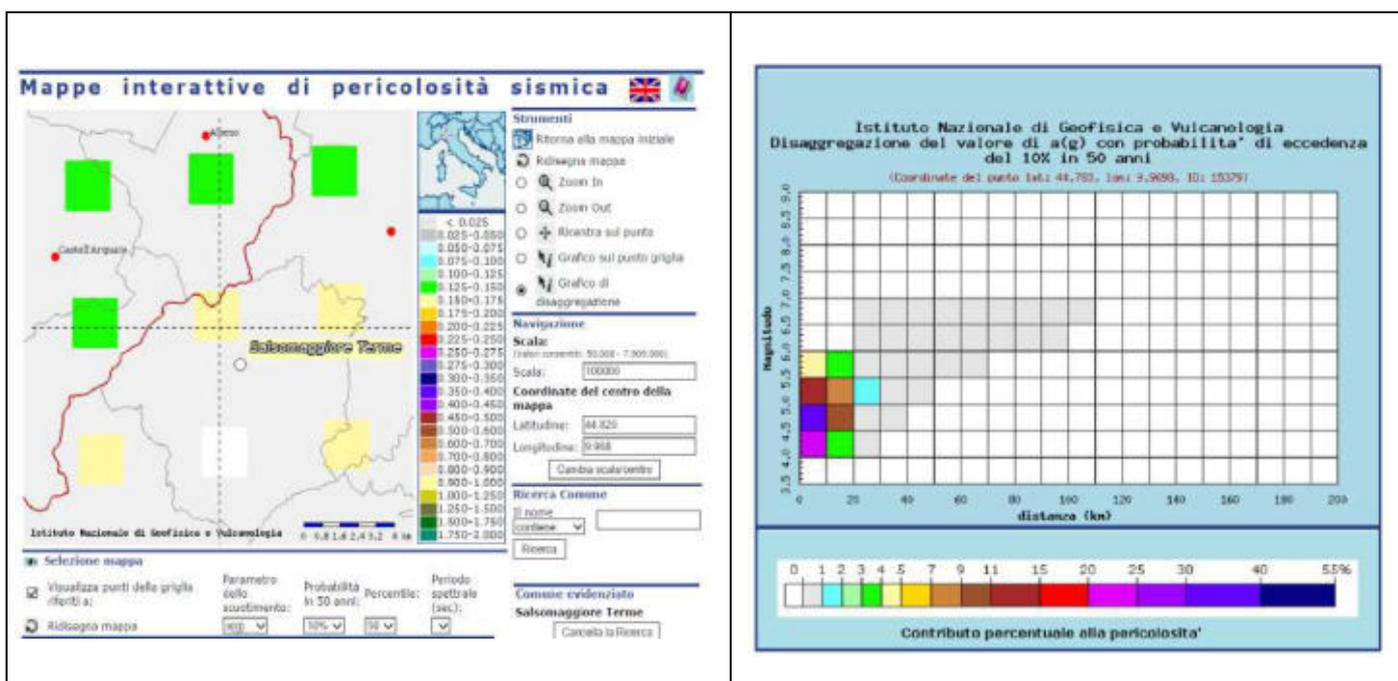
PlaceID IT_36733
 Coordinate (lat, lon) 44.816, 9.979
 Comune (ISTAT 2015) Salsomaggiore Terme
 Provincia Parma
 Regione Emilia-Romagna
 Numero di eventi riportati 22

Effetti		In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
F	1901	10	30	14	49	5	Garda occidentale	289	7-8	5.44	
5	1906	08	25	03	11		Parmense	31	5	4.25	
4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36	
3	1910	01	23	01	50		Piacentino	118	5	4.39	
5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63	
5-6	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53	
4	1929	04	19	04	16		Bolognese	82	6-7	5.13	
5	1929	04	20	01	10		Bolognese	109	7	5.36	
F	1957	10	25	23	02	0	Appennino reggiano	79	5-6	4.27	
4	1961	08	13	22	34	1	Parmense	22	5-6	4.37	
5	1961	08	14	01	03	0	Parmense	14	5-6	4.47	
5	1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8	5.51	
4-5	1976	08	22	02	49	1	Alta Val di Taro	26	5	4.54	
6	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04	
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43	
NF	1989	10	03	09	41	3	Appennino parmense	91	4	4.04	
5-6	1991	10	31	09	31	1	Emilia occidentale	134	5	4.33	
3	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82	
NF	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40	
NF	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5	4.21	
3	2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284	4	3.97	
4-5	2008	12	23	15	24	2	Parmense	291	6-7	5.36	



Tav.7 – STORIA SISMICA DI SALSOMAGGIORE TERME

(tratta da INGV: DBMI15- Catalogo Parametrico Terremoti Italiani Versione CPT115 - 2016)



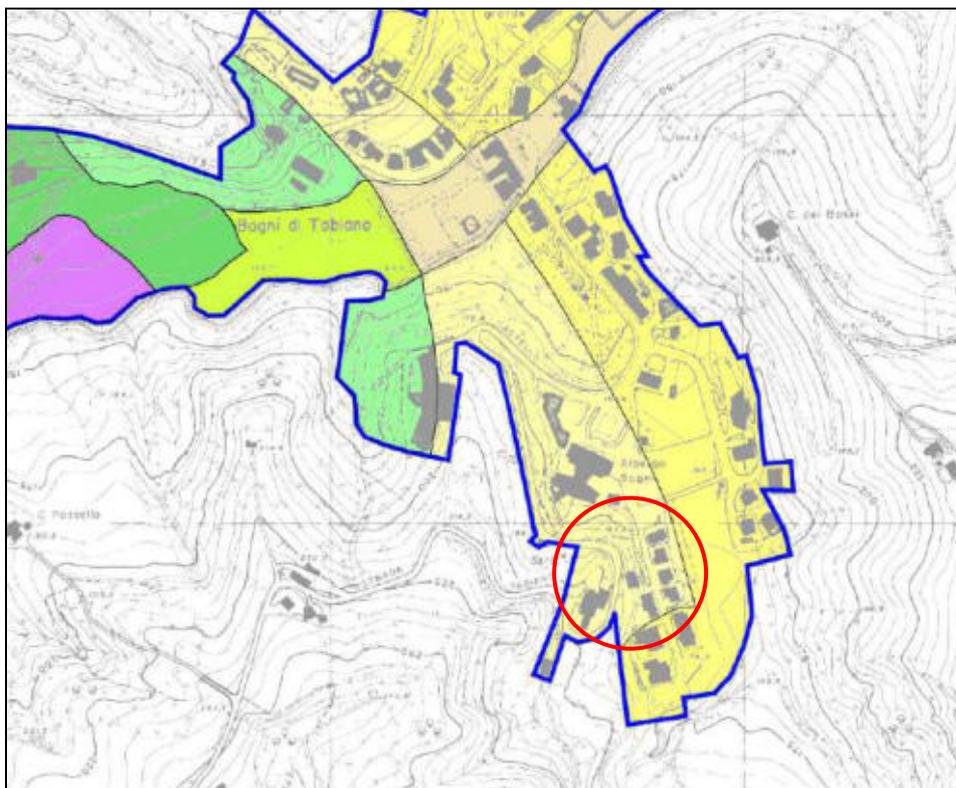
Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto lat: 44.783, lon: 9.9698, ID: 15379)

Distanza in km	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	21.100	32.900	14.400	4.360	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.810	9.290	7.000	3.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.057	0.729	1.270	0.873	0.163	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.003	0.126	0.257	0.200	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.003	0.054	0.093	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.027	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.010	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.850	7.970	0.818

Tav.7a – VALUTAZIONE DELLA DISAGGREGAZIONE

tratta da Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) - dati di pericolosità sismica nazionale (progetto DPC-INGV-S1)



Scala 1:10.000

TAV.8 - CARTA MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

Tratta dal P.S.C. di Salsomaggiore- Microzonazione Sismica II° Livello (2014-2015).

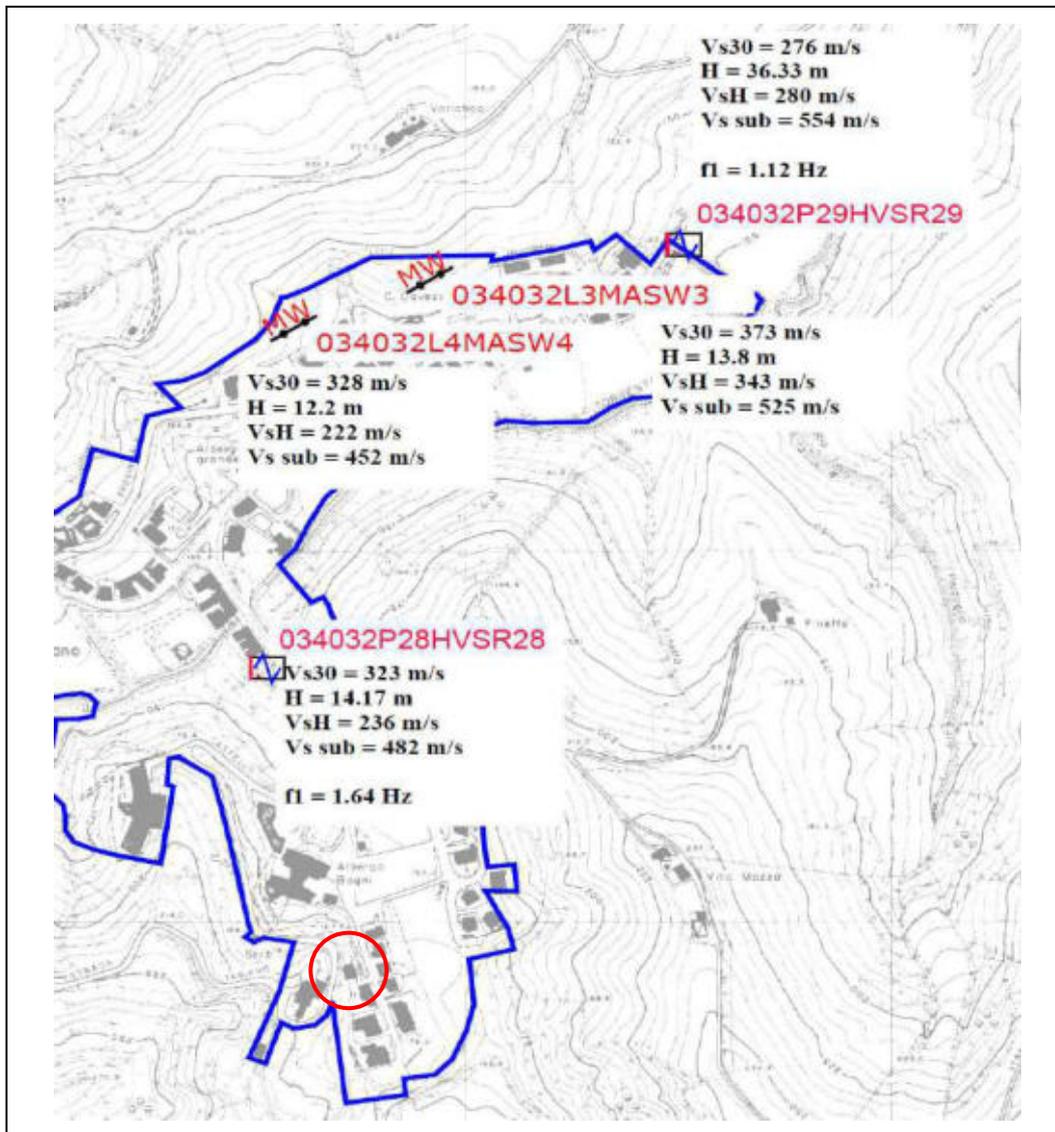
LEGENDA

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

	Zona 01: Aree caratterizzate da substrato geologico coesivo sovraconsolidato stratificato con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 15 m dal piano campagna
	Zona 02: Aree caratterizzate da substrato geologico lapideo stratificato con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 12 - 15 m dal piano campagna. I versanti presentano inclinazioni superiori a 15°
	Zona 03: Aree caratterizzate da substrato geologico coesivo sovraconsolidato stratificato con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 9 - 20 m dal piano campagna
	Zona 04: Zone di versante caratterizzate da substrato geologico coesivo sovraconsolidato stratificato situato a profondità di circa 10 - 20 m dal piano campagna e copertura detritica prevalentemente argillosa generata da processi eluvio/coluviali
	Zona 05: Zone di fondo valle caratterizzate da substrato geologico coesivo sovraconsolidato stratificato situato a profondità di circa 5 - 13 m dal piano campagna e copertura mista ghiaiosa ed argillosa di origine fluviale
	Zona 06: Aree caratterizzate da substrato geologico granulare cementato con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 10 - 20 m dal piano campagna fino ad oltre 40 m verso nord
	Zona 07: Aree caratterizzate da substrato geologico coesivo sovraconsolidato con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 10 - 16 m dal piano campagna
	Zona 08: Zone di fondo valle caratterizzate da substrato geologico granulare cementato con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre 20 - 30 metri fino ad oltre 40 m dal piano campagna e copertura mista di origine fluviale: alternanza di strati ghiaiosi e strati argillosi con rapporto ghiaia/argilla pari a circa l'unità
	Zona 09: Aree caratterizzate da substrato geologico granulare cementato con velocità delle onde di taglio in repentino aumento oltre i 30 - 45 m dal piano campagna e copertura mista di origine fluviale: alternanza di strati ghiaiosi e strati argillosi con rapporto ghiaia/argilla pari a circa l'unità

ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA' E FORME DI SUPERFICIE

-  Instabilità di versante: Attiva
-  Instabilità di versante: Quiescente
-  area in esame
-  Area d'indagine
-  Confine Comunale



Scala 1:10.000

TAV.8a - CARTA FREQUENZE E VELOCITA'

Comune di Salsomaggiore- Microzonazione Sismica II° Livello (2014-2015).

LEGENDA



Area d'indagine



Confine Comunale



Stazione microtremore a stazione singola (HVS29)
In alto il codice identificativo delle indagini eseguite



MASW
In basso il codice identificativo delle indagini



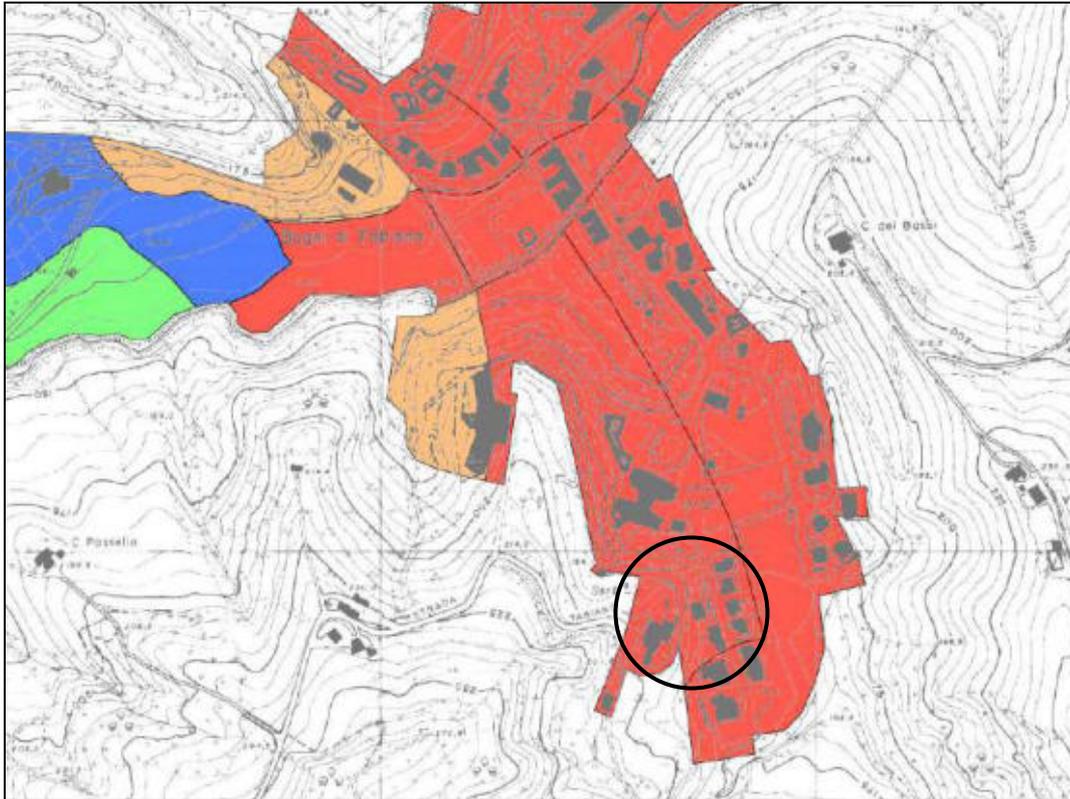
Prova REfractionMicrotremors
In basso il codice identificativo delle indagini



Profilo Sismico a Rifrazione
In basso il codice identificativo delle indagini



area in esame



Scala 1:10.000

TAV.8b - CARTA MICROZONAZIONE SISMICA (F.A. PGA)

Tratta dal P.S.C. di Salsomaggiore- Microzonazione Sismica II° Livello (2014).

LEGENDA

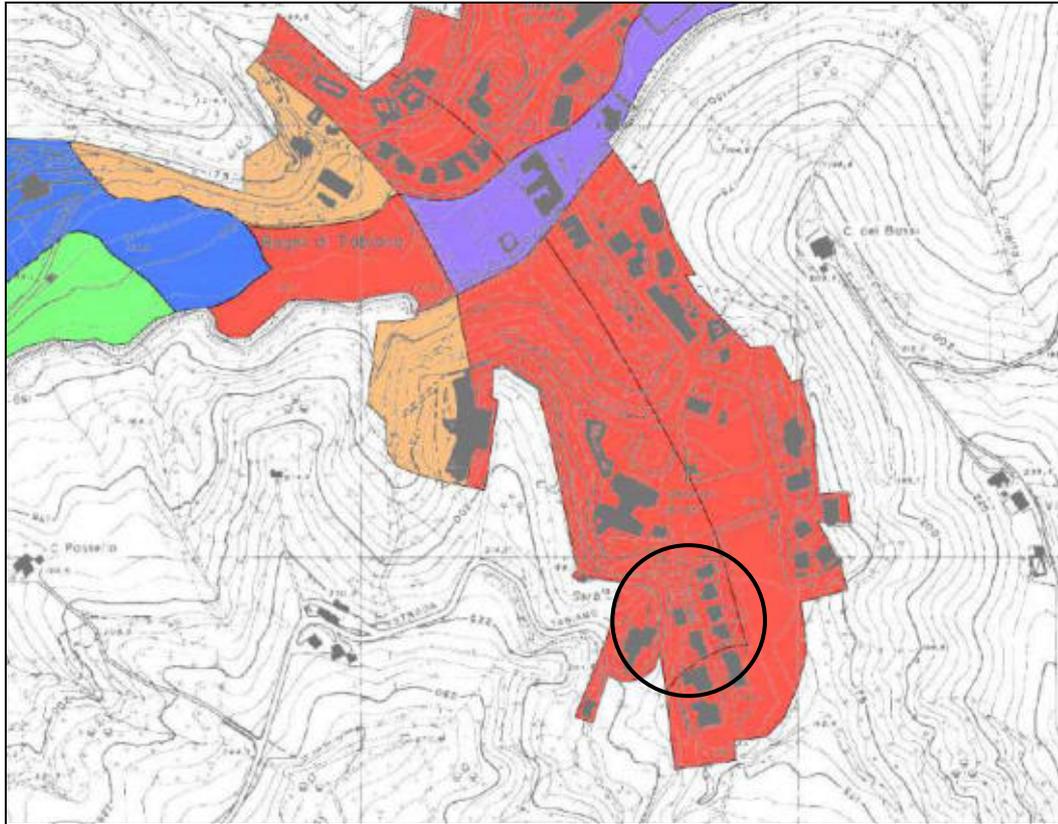
ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI (Fa)

Valori proposti nell'atto di indirizzo regionale DAL 11267RER	
F.A. P.G.A.	
	1.5 - 1.6
	1.7 - 1.8
	1.9 - 2.0
	2.1 - 2.2
	2.3 - 2.4
	≥ 2.5

Aree che necessitano di indagini sismiche di 3° livello

Valori proposti nell'atto di indirizzo regionale DAL 11267RER	
EFFETTI DELLA TOPOGRAFIA F.T.	
1	1.2
2	1.2

area in esame



Scala 1:10.000

TAV.8c - CARTA MICROZONAZIONE SISMICA (F.A. $0.1s < T_0 < 0.5s$)

Tratta dal P.S.C. di Salsomaggiore- Microzonazione Sismica II° Livello (2014).

LEGENDA

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI (Fa)

Valori proposti nell'atto di indirizzo regionale DAL 11/2017/PER	
F.A. $0,1s < T_0 < 0,5s$	
	1.3 - 1.4
	1.5 - 1.6
	1.7 - 1.8
	1.9 - 2.0
	2.1 - 2.2
	2.3 - 2.4
	≥ 2.5

Arece che necessitano di indagini sismiche di 3° livello

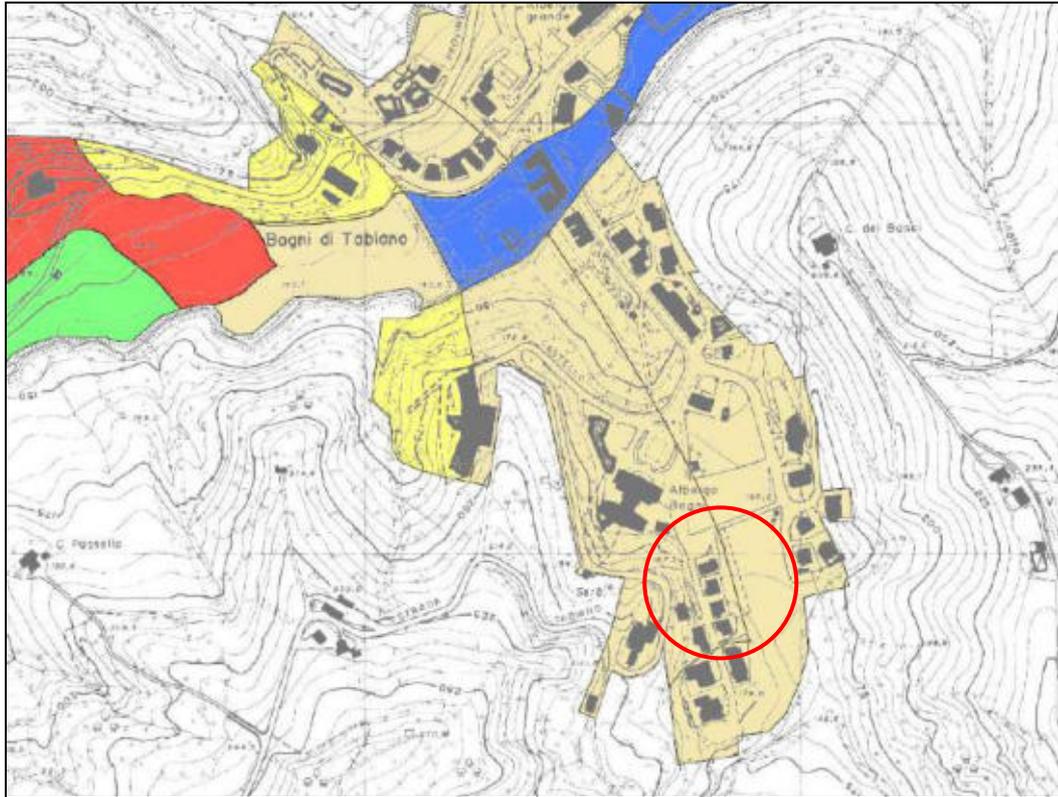
Valori proposti nell'atto di indirizzo regionale DAL 11/2017/PER	
EFFETTI DELLA TOPOGRAFIA F.T.	
	1.2
	1.2

ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

	Instabilità di versante
---	-------------------------

 Confine Comunale

 area in esame



Scala 1:10.000

TAV.8a - CARTA MICROZONAZIONE SISMICA (F.A. $0.5s < T_0 < 1.0s$)

Tratta dal P.S.C. di Salsomaggiore- Microzonazione Sismica II° Livello (2014).

LEGENDA

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI (Fa)

Valori proposti nell'atto di indirizzo regionale DAL11/20/PER	
F.A. $0.5s < T_0 < 1.0s$	
	1.3 - 1.4
	1.5 - 1.6
	1.7 - 1.8
	1.9 - 2.0
	2.1 - 2.2
	2.3 - 2.4
	≥ 2.5

Aree che necessitano di indagini sismiche di 3° livello

Valori proposti nell'atto di indirizzo regionale DAL11/20/PER	
EFFETTI DELLA TOPOGRAFIA F.T.	
	1.2
	1.2

ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

	Instabilità di versante
---	-------------------------

 Confine Comunale

 area in esame



TAV. 9

UBICAZIONE DELLE
INDAGINI IN SITU

● **P1** Penetrometria dinamica

— Analisi MASW

X Y

Scala ≈ 1:500



PARAMETRI SISMICI

Via n°
 Comune Cap
 Provincia

WGS84 (*)

Latitudine
 Longitudine

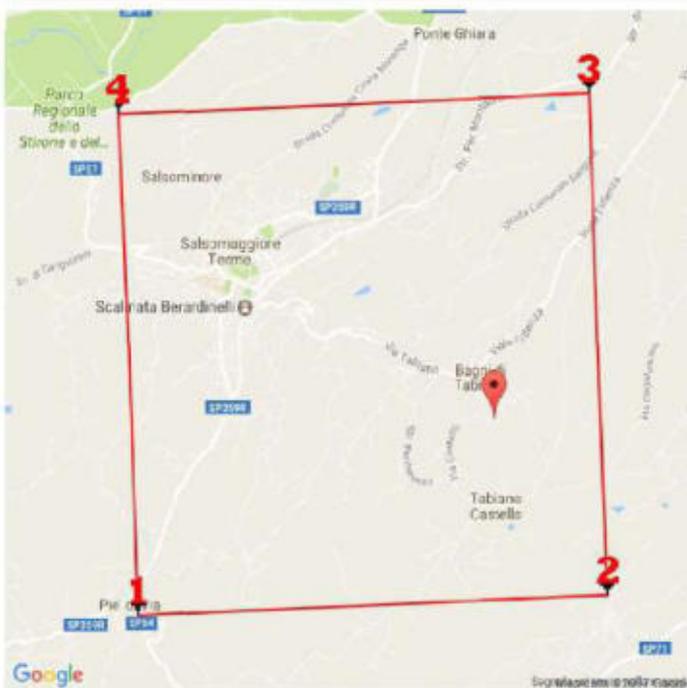
Isola:

(1)* Coordinate WGS84 (*)
 Latitudine Longitudine

(1)* Coordinate ED50 (*)
 Latitudine Longitudine

Classe dell'edificio:

Cu = 1
 Vita nominale (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)
 Interpolazione:



Stato Limite	Tr [anni]	a _s [g]	F ₀	T _c [s]
Operatività (SLO)	30	0,048	2,437	0,233
Danno (SLD)	50	0,061	2,461	0,253
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,154	2,462	0,277
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,195	2,480	0,285
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

44.801544, 10.022140

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI

Muri di sostegno Paratie
 Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)
 us (m)

Categoria sottosuolo
 Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
S _s *	1,20	1,20	1,20	1,20
Amplificazione stratigrafica				
C _c *	1,47	1,45	1,42	1,41
Coeff. funz. categoria				
S _t *	1,20	1,20	1,20	1,20
Amplificazione topografica				

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,014	0,018	0,053	0,067
kv	0,007	0,009	0,027	0,034
Amax [m/s²]	0,677	0,659	2,172	2,749
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

* I valori di S_s, C_c ed S_t possono essere variati.



Parametri sismici Report

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 44,8024873132756
longitudine: 10,0231683819066
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 15379	Lat: 44,7830	Lon: 9,96980	Distanza: 4736,042
Sito 2	ID: 15380	Lat: 44,7850	Lon: 10,0401	Distanza: 2357,434
Sito 3	ID: 15158	Lat: 44,8350	Lon: 10,0373	Distanza: 3779,987
Sito 4	ID: 15157	Lat: 44,8329	Lon: 9,96690	Distanza: 5581,841

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T2
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,048 g
Fo: 2,437
Tc*: 0,233 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,061 g
Fo: 2,461
Tc*: 0,253 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,154 g
Fo: 2,462
Tc*: 0,277 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,195 g
Fo: 2,480
Tc*: 0,285 [s]



Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,200
Cc: 1,470
St: 1,200
Kh: 0,014
Kv: 0,007
Amax: 0,677
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200
Cc: 1,450
St: 1,200
Kh: 0,018
Kv: 0,009
Amax: 0,859
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200
Cc: 1,420
St: 1,200
Kh: 0,053
Kv: 0,027
Amax: 2,172
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,200
Cc: 1,410
St: 1,200
Kh: 0,067
Kv: 0,034
Amax: 2,749
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru software - www.geostru.com

Coordinate WGS84

latitudine: 44.801544
longitudine: 10.022140



CANTIERE TABIANO TERME (PR) – VIA FONTI, 4
PROSPEZIONI SISMICHE CON METODOLOGIA MASW-REMI
PROVE PENETROMETRICHE DL30

RELAZIONE TECNICA

IGeA sas
Dott. Geol. Guglielmo Braccesi



Table with 7 columns: REV., DATA, DESCRIZIONE, REDATTO, CONTR., AFFIDATO, AUTOC. Row 1: 1.0, 16/05/17, C:/Documenti/LAVORI/2017/43_17_Sicuring srl Ferrara/ Relazione.doc



1 PREMESSA

Il giorno 11/05/17, è stata realizzata un'indagine sismica con metodologia MASW-REMI oltre a due prove penetrometriche presso Via Bersaglieri del Po, 22 a Ferrara (FE).



Ubicazione dell'area di indagine



2 METODOLOGIA MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è classificabile come tecnica di indagine sismica simile alla sismica a rifrazione e alla sismica a riflessione, perché il principio alla base della prova sperimentale in sito è analogo e consiste nel misurare le onde superficiali sul suolo. Rispetto alla sismica a rifrazione il metodo MASW presenta i vantaggi di superare i problemi legati alla presenza di strati soffici compresi tra strati più rigidi o di strati più rigidi compresi tra strati più soffici; o nel caso di sismica a rifrazione con onde P alla presenza della falda superficiale, che nasconde gli strati di terreno con velocità delle onde P inferiore alla velocità delle onde nell'acqua.

Il metodo MASW consente di individuare il profilo di velocità Vs anche in presenza di contrasti di rigidità tra gli strati del suolo. La presenza della falda è modellata assegnando un valore del coefficiente di Poisson prossimo a 0.5, tra 0.4 e 0.5, in funzione del grado di saturazione. I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°. Nella pratica è stato osservato che, se si esegue la prova con lo stendimento dei sensori lungo la direzione di massima pendenza, la presenza di forti acclività comporta una traslazione della curva di dispersione sperimentale. Il problema è mitigato disponendo lo stendimento dei sensori lungo una curva di livello in direzione perpendicolare alla direzione di massima pendenza.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato, le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè la velocità di fase (o di gruppo) apparente dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.



Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (REMI), o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente.

Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30-50 m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50 m, in funzione della rigidità del suolo. Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità V_{s30} e quindi individuare la categoria sismica del suolo.

La linea acquisita ha una lunghezza di 27.5 metri e, per quanto riguarda il metodo attivo, è stata registrata con 1 energizzazione. La sorgente è costituita da una mazza dal peso di 10 kg battente una piastra metallica adagiata a terra. Per il metodo passivo, che sfrutta il rumore naturale senza bisogno di eseguire energizzazioni, il sismografo è stato lasciato in acquisizione per un periodo di tempo pari a 30 secondi.

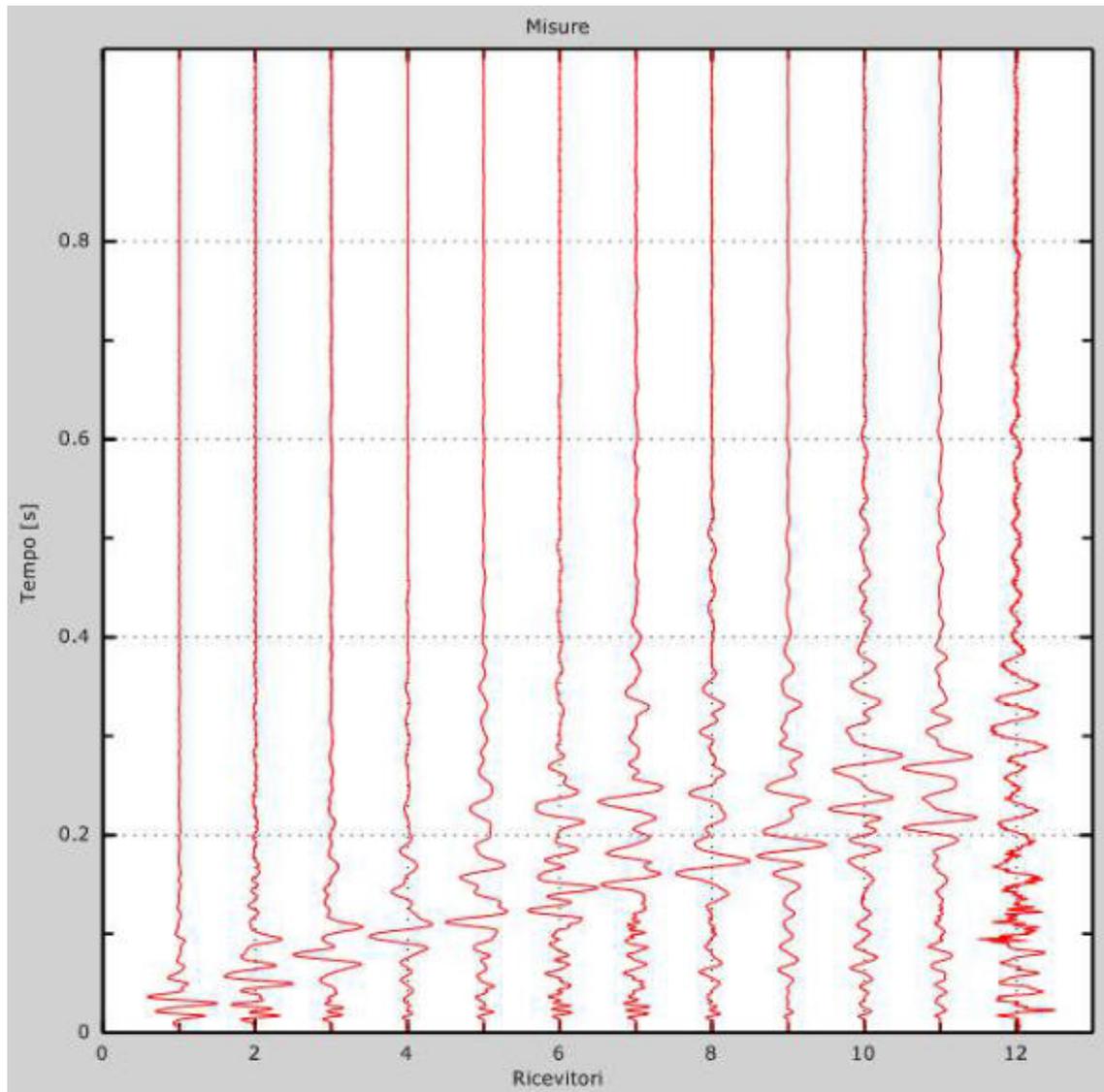
Il sistema di ricezione è costituito da 12 geofoni posizionati ad una distanza intergeofonica pari a 2.5 metri.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Il sistema di acquisizione dati è un sismografo marca AMBROGEO, modello ECHO 12/24, sistema multicanale (12 canali) in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 16 bit. Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità al trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger. Di seguito si riportano alcuni stralci dell'elaborazione.



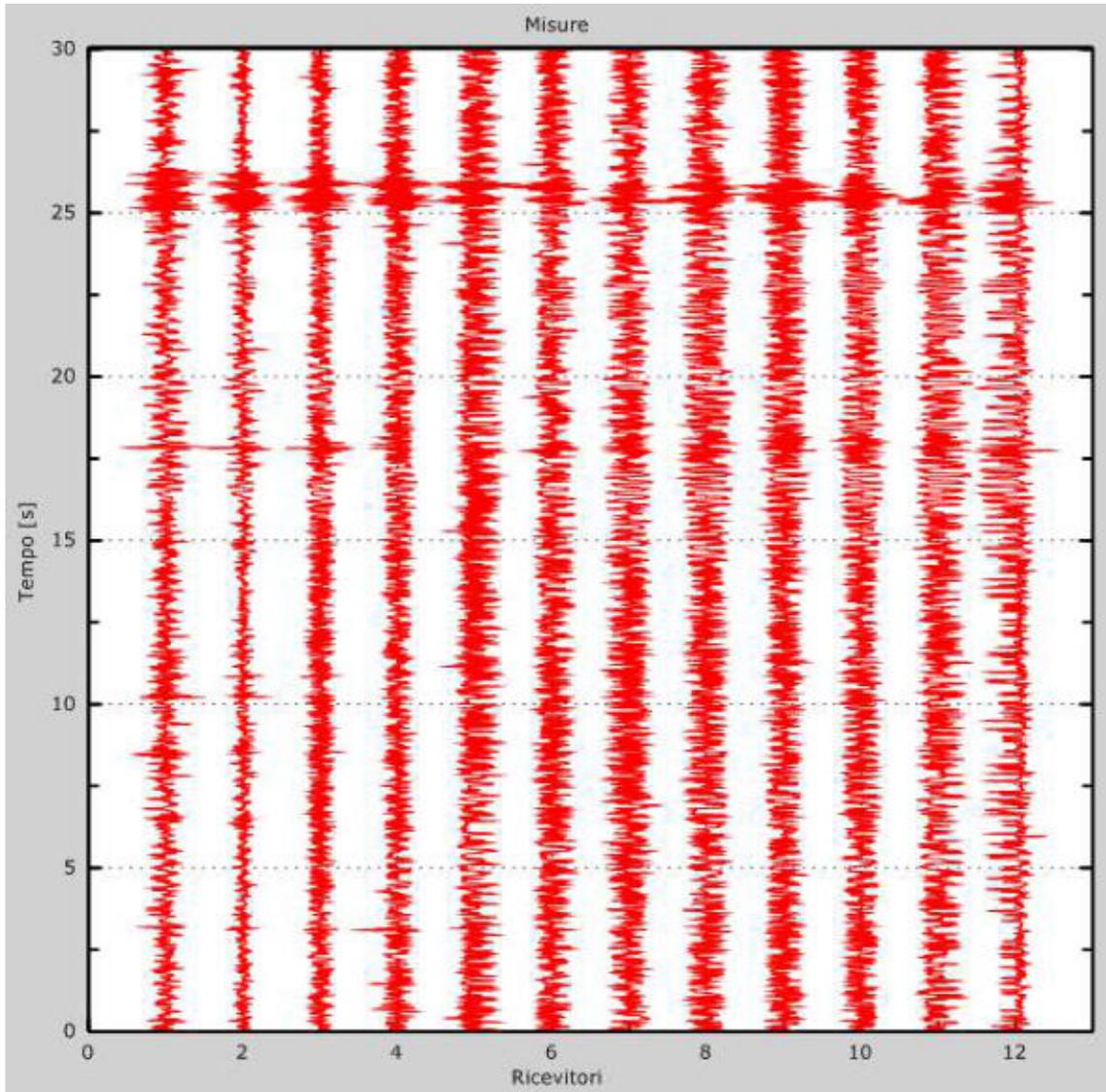
TRACCE SISMICHE METODO ATTIVO



Numero di ricevitori 12
Distanza tra i sensori: 2.5 m
Numero di campioni temporali..... 7651
Passo temporale di acquisizione..... 0.13ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi..... 12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 3000ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)



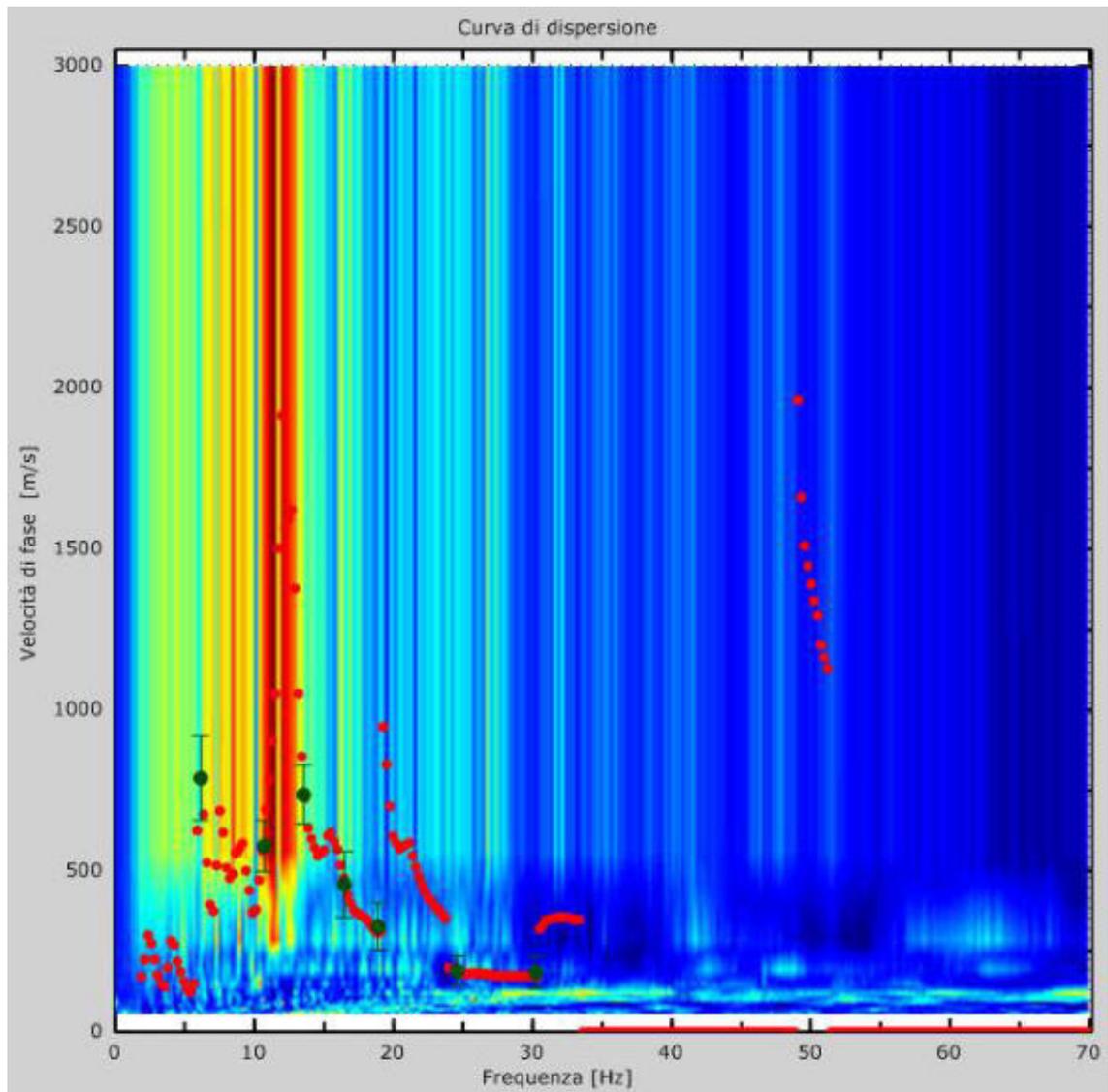
TRACCE SISMICHE METODO PASSIVO



Numero di ricevitori 12
 Numero di campioni temporali 3.26787e-312
 Passo temporale di acquisizione 5.38ms
 Numero di ricevitori usati per l'analisi 12
 L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
 L'intervallo considerato per l'analisi termina a 30000ms
 I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)



CURVA DI DISPERSIONE





PROFILO IN SITO

Numero di strati (escluso semispazio) 9
 Spaziatura ricevitori 2.5m
 Numero ricevitori..... 12
 Numero modi 6

Strato 1

h [m] 1
 z [m] -1
 Vs fin.[m/s] 205

Strato 2

h [m] 2
 z [m] -3
 Vs fin.[m/s] 212

Strato 3

h [m] 2
 z [m] -5
 Vs fin.[m/s] 364

Strato 4

h [m] 2
 z [m] -7
 Vs fin.[m/s] 509

Strato 5

h [m] 2
 z [m] -9
 Vs fin.[m/s] 509

Strato 6

h [m] 2
 z [m] -11
 Vs fin.[m/s] 642

Strato 7

h [m] 3
 z [m] -14
 Vs fin.[m/s] 819

Strato 8

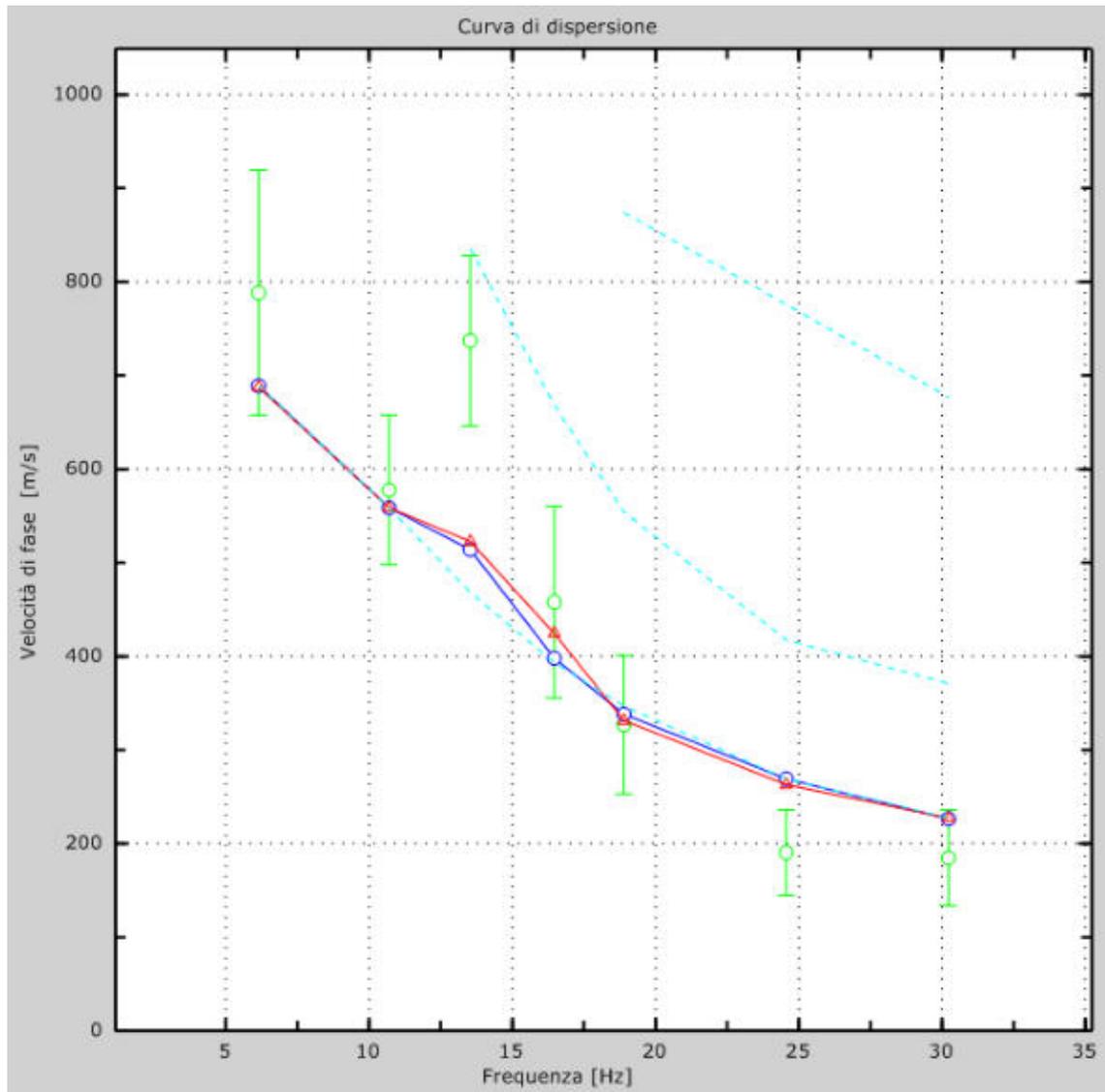
h [m] 3
 z [m] -17
 Vs fin.[m/s] 819

Strato 9

h [m] 0
 z [m] -00
 Vs fin.[m/s] 876

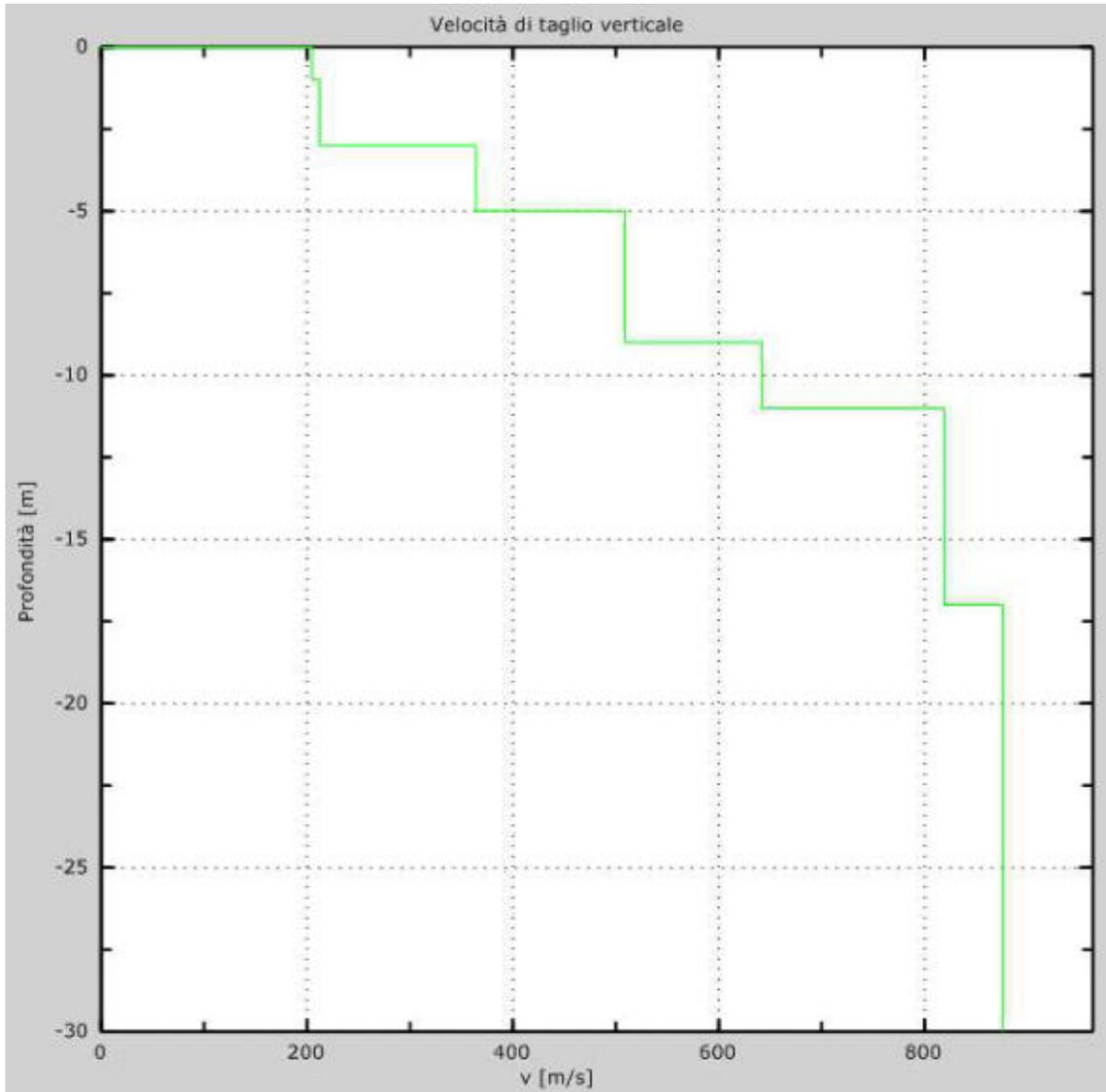


VELOCITÀ NUMERICHE - PUNTI SPERIMENTALI (VERDE), MODI DI RAYLEIGH (CIANO),
CURVA APPARENTE (BLU), CURVA NUMERICA (ROSSO)





PROFILO DI VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO VERTICALI





3 CALCOLO DELLE V_{s30}

Per V_{s30} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione, calcolata secondo la relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

La Normativa Italiana (Ordinanza 3274), coerentemente con quanto indicato nell'Eurocodice 8, prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della stessa. Vengono identificate 5 classi, A, B, C, D e E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Classe	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).



In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E. Alle cinque categorie descritte se ne aggiungono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare.

Classe	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{S30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{U30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Considerando le velocità degli strati e gli spessori rilevati, si ottiene dal piano di campagna, un valore delle V_{S30} pari a **566 m/sec**.



PROVA 1

IGEA sas

pag.1

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:					
Località:				Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:		Data fine cantiere:		Sigla:	Prova 1
Attrezzatura:					
Coordinate geografiche:					

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**ALLEGATI N.6**



IGEA sas

pag.2

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:											
Località:								Quota s.l.m.(m):			
Data inizio cantiere:				Data fine cantiere:				Sigla:	Prova 1		
Attrezzatura:											
Coordinate geografiche:											
TABELLA DATI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA											
NL	Prof.(m)	N.punta	N.riv.to	Nspt eq.	N.riv.c.	N	Prof.(m)	N.punta	N.riv.to	Nspt eq.	N.riv.c.
1	0,1	8		8							
2	0,2	12		12							
3	0,3	10		10							
4	0,4	8		8							
5	0,5	15		15							
6	0,6	18		18							
7	0,7	39		39							
8	0,8	65		65							



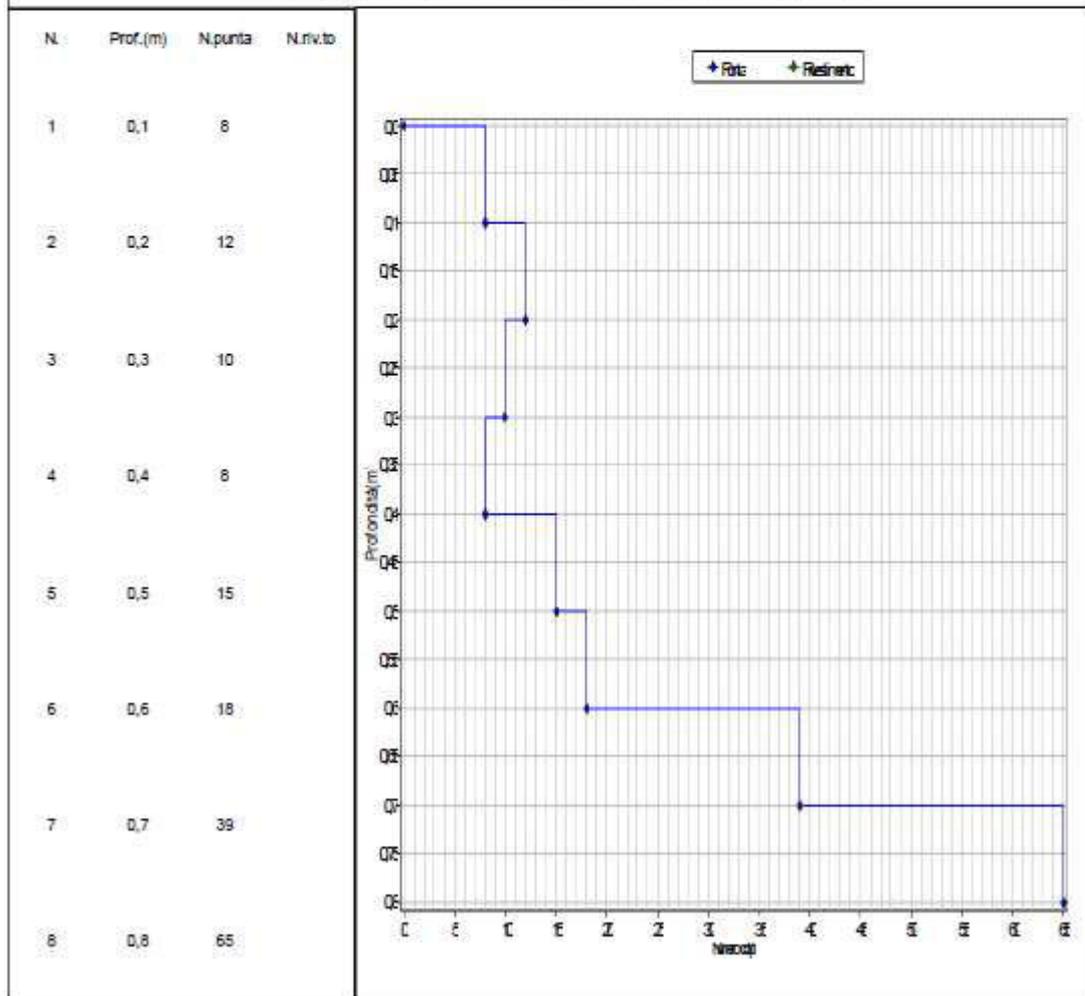
IGEA sas

pag.3

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:			
Località:		Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:	Data fine cantiere:	Sigla:	Prova 1
Attrezzatura:			
Coordinate geografiche:			

TABELLA E GRAFICO DATI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA





IGEA sas

pag.4

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:			
Località:			Quota s.l.m.(m):
Data inizio cantiere:		Data fine cantiere:	Sigla: Prova 1
Attrezzatura:			
Coordinate geografiche:			

TABELLA RIASSUNTIVA STRATIGRAFIA

N.	Prof.(m)	Nspt eq.	Descrizione	Tipo	Rd(kg/cmq)	RdSPT(kg/cmq)
1	0,1	8	Sabbia sciolta	0	0,33	39,61
2	0,2	12	Sabbia compatta	0	0,49	59,42
3	0,3	10	Sabbia compatta	0	0,41	49,51
4	0,4	8	Sabbia sciolta	0	0,33	39,61
5	0,5	15	Sabbia compatta	0	0,62	74,27
6	0,6	18	Sabbia compatta	0	0,74	89,13
7	0,7	39	Sabbia densa	0	1,6	193,11
8	0,8	65	Sabbia molto densa	0	2,67	321,65



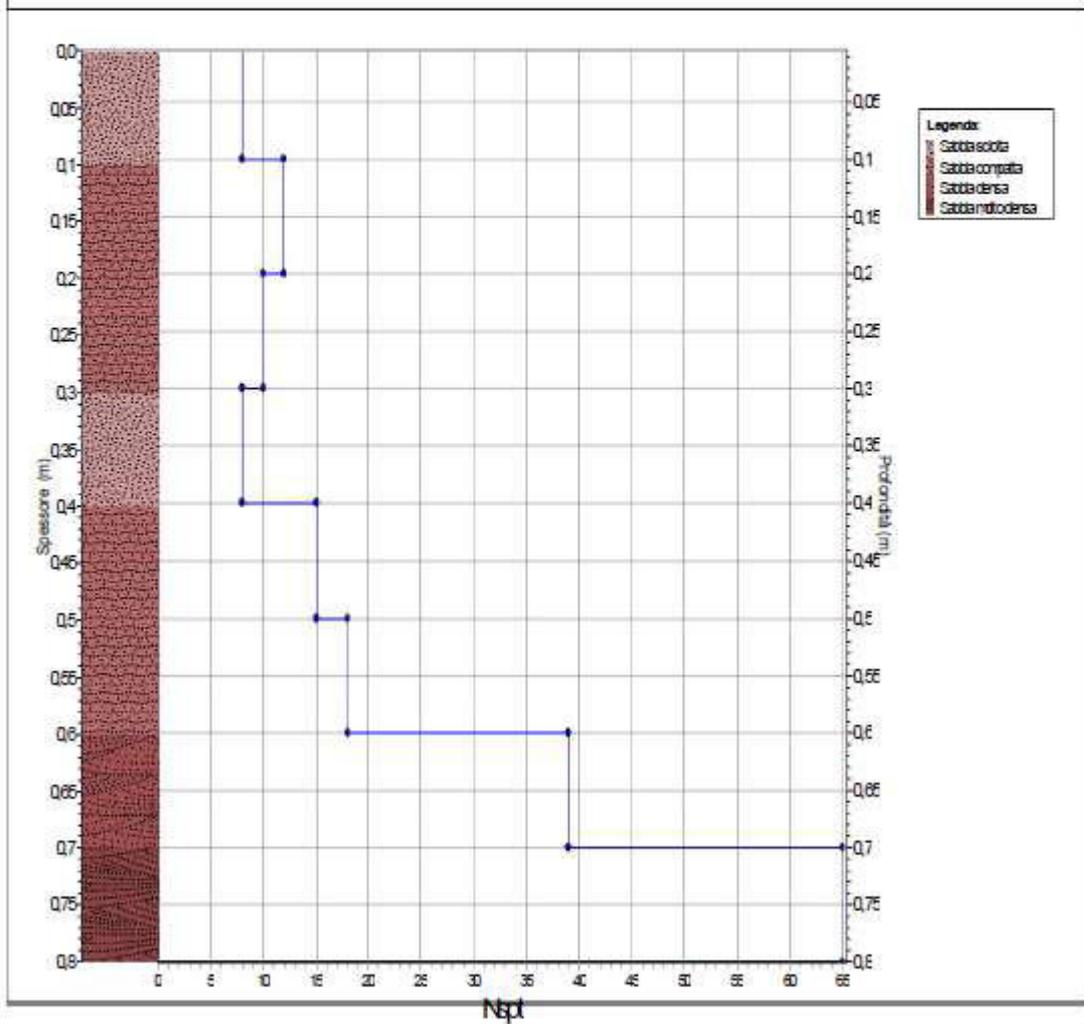
IGEA 636

pag.5

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:			
Località:		Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:		Data fine cantiere:	Sigla: Prova 1
Attrezzatura:			
Coordinate geografiche:			

COLONNA STRATIGRAFICA RIASSUNTIVA





IGEA sas

pag.6

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:			
Località:		Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:		Data fine cantiere:	Sigla: Prova 1
Attrezzatura:			
Coordinate geografiche:			

TABELLA RIASSUNTIVA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

N.	Prof.(m)	Nspt eq.	Phi piccolo(*)	Phi c.v.(*)	Gamma(kg/mc)	Dr %	Cu(kg/cm ²)	E Young(kg/cm ²)	E edom.(kg/cm ²)
1	0,1	8	29,3	28,1	1833,33	28,0	0,0	197,91	56,8
2	0,2	12	30,6	27,9	1810,0	38,0	0,0	350,81	85,2
3	0,3	10	30,0	27,8	1800,0	35,0	0,0	270,28	71,0
4	0,4	8	29,3	28,1	1833,33	28,0	0,0	197,91	56,8
5	0,5	15	31,5	28,0	1825,0	43,0	0,0	485,78	106,5
6	0,6	18	32,4	28,4	1840,0	47,0	0,0	636,26	127,8
7	0,7	39	38,3	30,2	1962,5	74,0	0,0	1961,03	276,9
8	0,8	65	41,0	31,3	1900,0	85,0	0,0	3711,42	461,5



PROVA 2

IGEA sas

pag.1

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:					
Località:				Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:		Data fine cantiere:		Sigla:	Prova 1
Attrezzatura:					
Coordinate geografiche:					

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**ALLEGATI N.6**



IGEA 536

pag.2

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:											
Località:									Quota s.l.m.(m):		
Data inizio cantiere:				Data fine cantiere:				Sigla:	Prova 1		
Attrezzatura:											
Coordinate geografiche:											
TABELLA DATI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA											
N.	Prof.(m)	N.punta	N.riv.to	Nspt eq.	N.riv.c.	N.	Prof.(m)	N.punta	N.riv.to	Nspt eq.	N.riv.c.
1	0,1	3		3							
2	0,2	5		5							
3	0,3	5		5							
4	0,4	6		6							
5	0,5	5		5							
6	0,6	27		27							
7	0,7	34		34							
8	0,8	58		58							



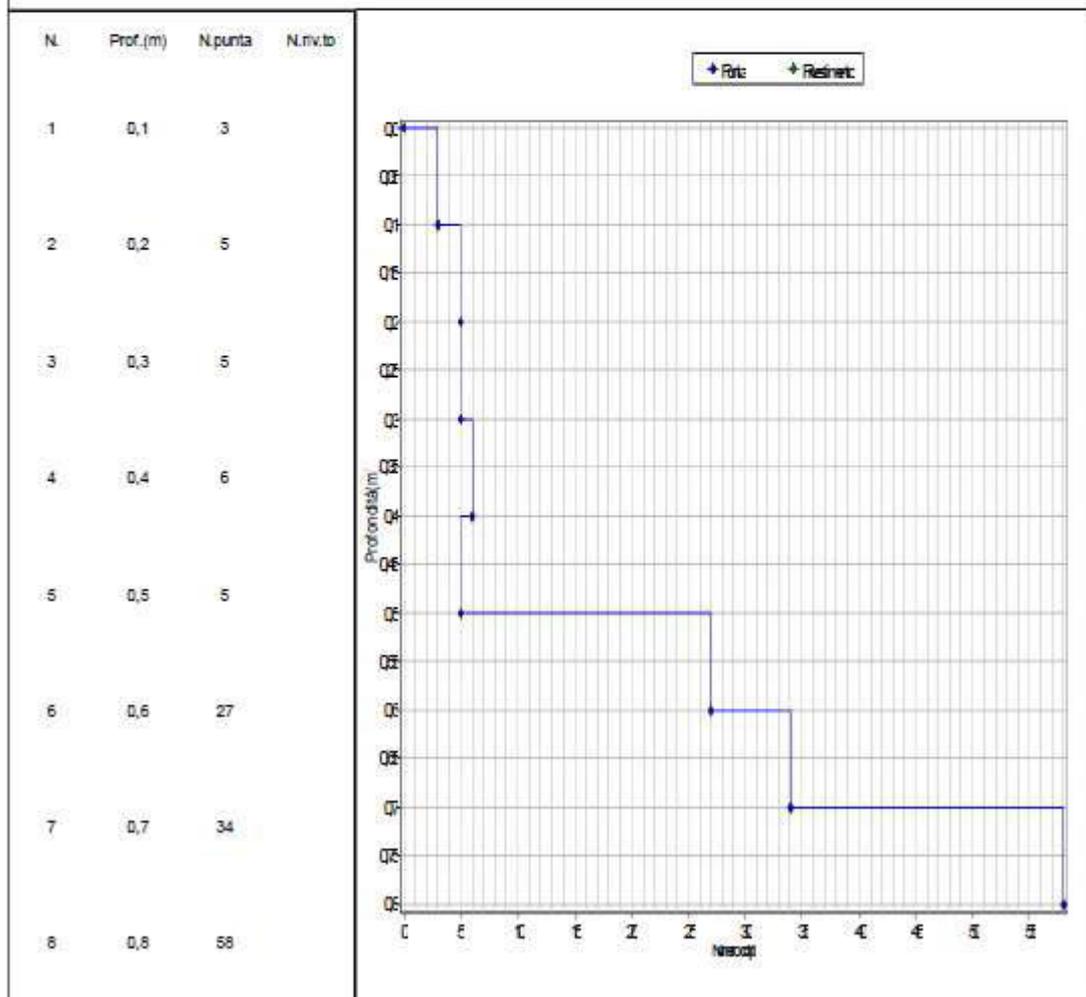
IGEA sas

pag.3

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:			
Località:			Quota s.l.m.(m):
Data inizio cantiere:		Data fine cantiere:	Sigla: Prova 1
Attrezzatura:			
Coordinate geografiche:			

TABELLA E GRAFICO DATI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA





IGEA sas

pag.4

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:			
Località:		Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:		Data fine cantiere:	Sigla: Prova 1
Attrezzatura:			
Coordinate geografiche:			

TABELLA RIASSUNTIVA STRATIGRAFIA

N.	Prof.(m)	Nspt eq.	Descrizione	Tipo	Rd(kg/cmq)	RdSPT(kg/cmq)
1	0,1	3	Sabbia molto sciolta	0	0,12	14,85
2	0,2	5	Sabbia sciolta	0	0,21	24,76
3	0,3	5	Sabbia sciolta	0	0,21	24,76
4	0,4	6	Sabbia sciolta	0	0,25	29,71
5	0,5	5	Sabbia sciolta	0	0,21	24,76
6	0,6	27	Sabbia compatta	0	1,11	133,69
7	0,7	34	Sabbia densa	0	1,4	168,35
8	0,8	58	Sabbia molto densa	0	2,39	287,19

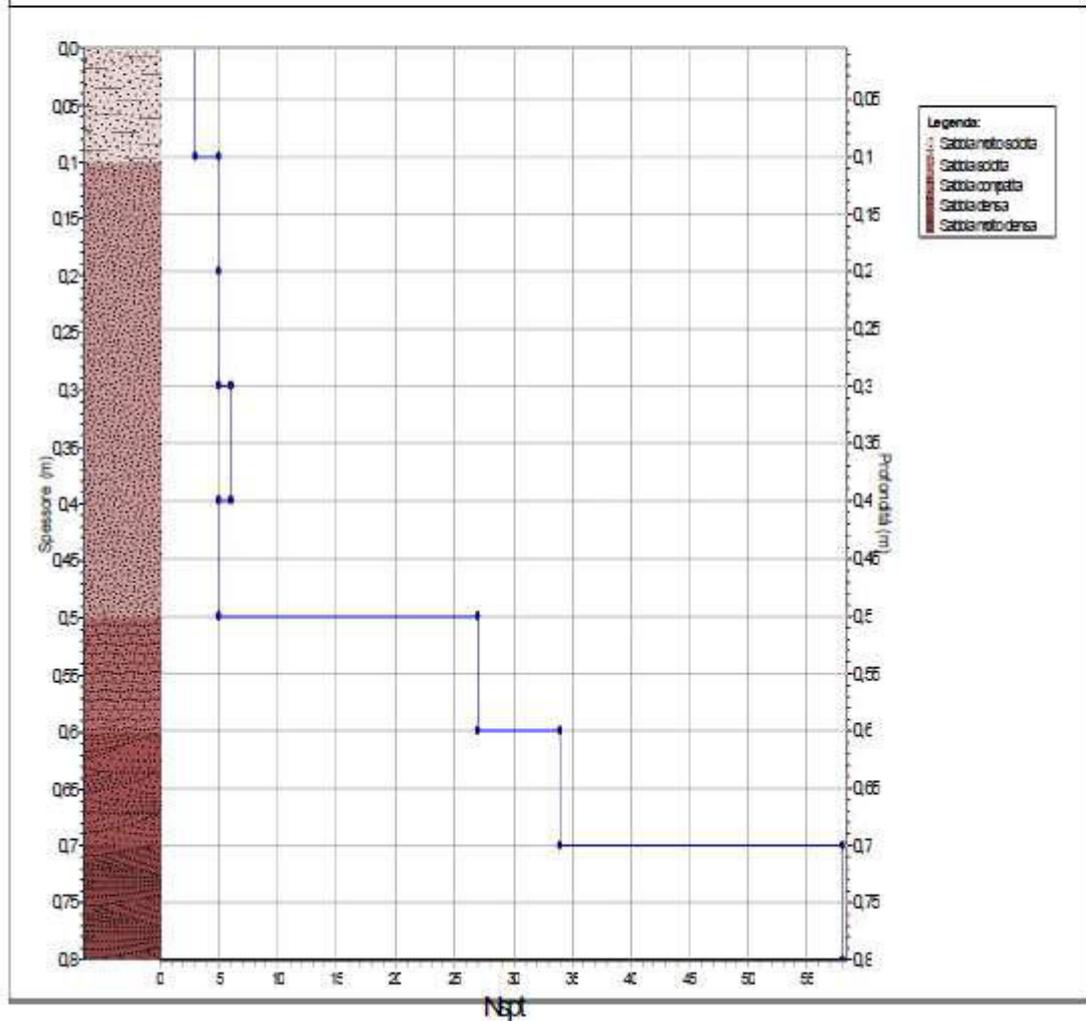


IGEA sas

pag.5

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:		Quota s.l.m.(m):	
Località:			
Data inizio cantiere:	Data fine cantiere:	Sigla:	Prova 1
Attrezzatura:			
Coordinate geografiche:			
COLONNA STRATIGRAFICA RIASSUNTIVA			





IGEA sas

pag.6

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:					
Località:				Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:		Data fine cantiere:		Sigla:	Prova 1
Attrezzatura:					
Coordinate geografiche:					

TABELLA RIASSUNTIVA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

N.	Prof.(m)	Nspt eq.	Phi piccolo(*)	Phi c.v.(*)	Gamma(kg/mc)	Dr %	Cu(kg/cmq)	E Young(kg/cmq)	E edom.(kg/cmq)
1	0,1	3	28,0	28,0	1700,0	15,0	0,0	55,94	21,3
2	0,2	5	28,3	28,3	1733,33	18,0	0,0	105,73	35,5
3	0,3	5	28,3	28,3	1733,33	18,0	0,0	105,73	35,5
4	0,4	6	28,7	28,4	1766,67	22,0	0,0	134,19	42,6
5	0,5	5	28,3	28,3	1733,33	18,0	0,0	105,73	35,5
6	0,6	27	35,1	28,9	1885,0	61,0	0,0	1163,74	191,7
7	0,7	34	37,0	29,6	1900,0	69,0	0,0	1630,54	241,4
8	0,8	58	41,0	31,3	1900,0	65,0	0,0	3294,25	411,8



CANTIERE TABIANO TERME (PR) – VIA FONTI, 4
PROSPEZIONI SISMICHE CON METODOLOGIA MASW-REMI
PROVE PENETROMETRICHE DL30

RELAZIONE TECNICA

IGeA sas
Dott. Geol. Guglielmo Braccesi



Table with 7 columns: REV., DATA, DESCRIZIONE, REDATTO, CONTR, AFFRANTO, AUTOR. Row 1: 1.0, 16/05/17, C:/Documenti/LAVORI/2017/43_17_Sicuring srl Tabiano Terme/Relazione.doc



1 PREMESSA

Il giorno 11/05/17, è stata realizzata un'indagine sismica con metodologia MASW-REMI oltre a due prove penetrometriche presso Via Fonti, 4 a Tabiano Terme (PR).



Ubicazione dell'area di indagine



2 METODOLOGIA MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è classificabile come tecnica di indagine sismica simile alla sismica a rifrazione e alla sismica a riflessione, perché il principio alla base della prova sperimentale in sito è analogo e consiste nel misurare le onde superficiali sul suolo. Rispetto alla sismica a rifrazione il metodo MASW presenta i vantaggi di superare i problemi legati alla presenza di strati soffici compresi tra strati più rigidi o di strati più rigidi compresi tra strati più soffici; o nel caso di sismica a rifrazione con onde P alla presenza della falda superficiale, che nasconde gli strati di terreno con velocità delle onde P inferiore alla velocità delle onde nell'acqua.

Il metodo MASW consente di individuare il profilo di velocità Vs anche in presenza di contrasti di rigidità tra gli strati del suolo. La presenza della falda è modellata assegnando un valore del coefficiente di Poisson prossimo a 0.5, tra 0.4 e 0.5, in funzione del grado di saturazione. I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°. Nella pratica è stato osservato che, se si esegue la prova con lo stendimento dei sensori lungo la direzione di massima pendenza, la presenza di forti acclività comporta una traslazione della curva di dispersione sperimentale. Il problema è mitigato disponendo lo stendimento dei sensori lungo una curva di livello in direzione perpendicolare alla direzione di massima pendenza.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato, le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè la velocità di fase (o di gruppo) apparente dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.



Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (REMI), o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente.

Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30-50 m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50 m, in funzione della rigidità del suolo. Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità V_{s30} e quindi individuare la categoria sismica del suolo.

La linea acquisita ha una lunghezza di 27.5 metri e, per quanto riguarda il metodo attivo, è stata registrata con 1 energizzazione. La sorgente è costituita da una mazza dal peso di 10 kg battente una piastra metallica adagiata a terra. Per il metodo passivo, che sfrutta il rumore naturale senza bisogno di eseguire energizzazioni, il sismografo è stato lasciato in acquisizione per un periodo di tempo pari a 30 secondi.

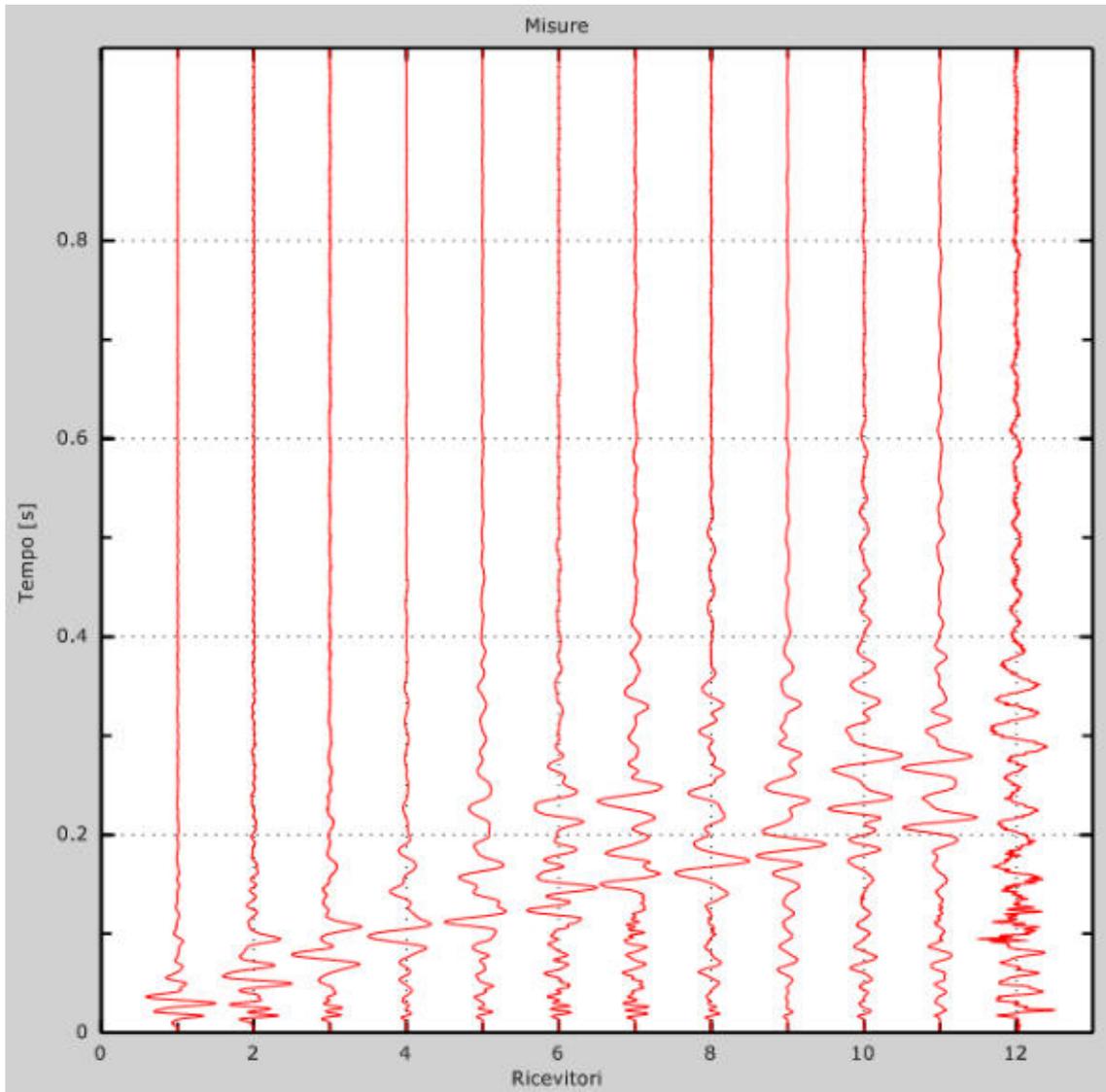
Il sistema di ricezione è costituito da 12 geofoni posizionati ad una distanza intergeofonica pari a 2.5 metri.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Il sistema di acquisizione dati è un sismografo marca AMBROGEO, modello ECHO 12/24, sistema multicanale (12 canali) in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 16 bit. Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità al trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger. Di seguito si riportano alcuni stralci dell'elaborazione.



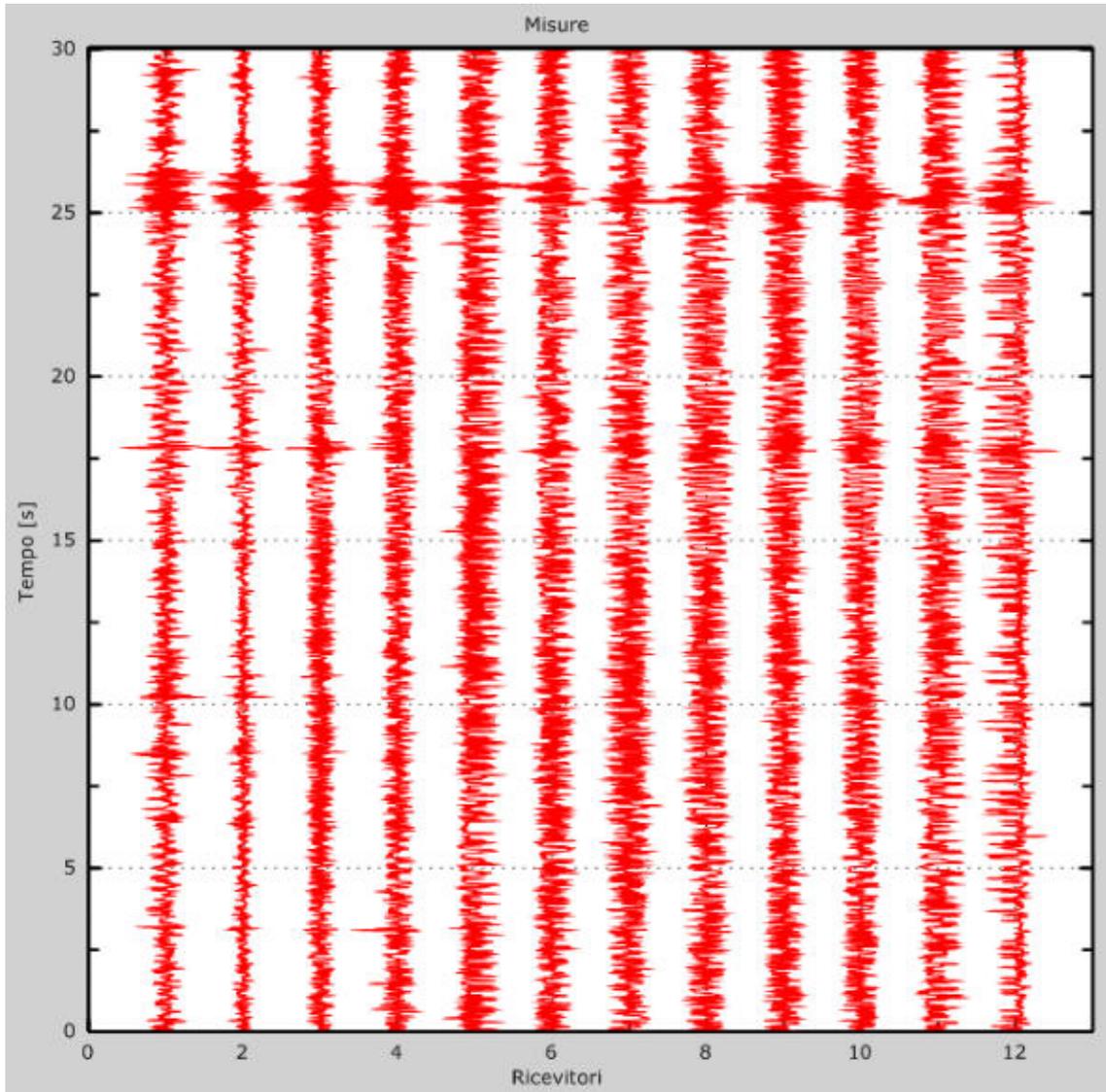
TRACCE SISMICHE METODO ATTIVO



Numero di ricevitori 12
Distanza tra i sensori: 2.5 m
Numero di campioni temporali..... 7651
Passo temporale di acquisizione..... 0.13ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi..... 12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 3000ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)



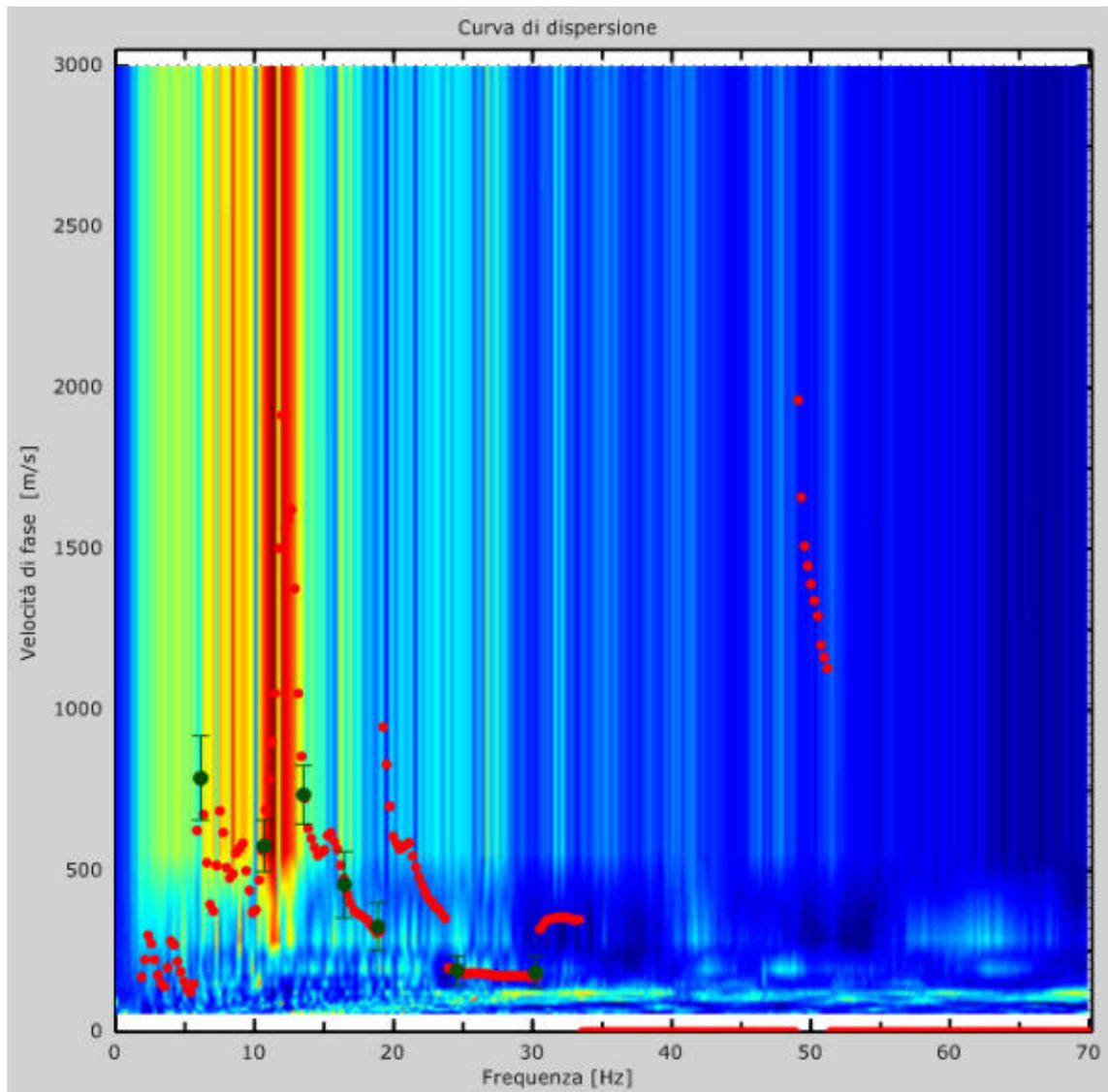
TRACCE SISMICHE METODO PASSIVO



Numero di ricevitori 12
 Numero di campioni temporali..... 3.26787e-312
 Passo temporale di acquisizione..... 5.38ms
 Numero di ricevitori usati per l'analisi..... 12
 L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
 L'intervallo considerato per l'analisi termina a 30000ms
 I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)



CURVA DI DISPERSIONE





PROFILO IN SITO

Numero di strati (escluso semispazio) 9
 Spaziatura ricevitori 2.5m
 Numero ricevitori..... 12
 Numero modi 6

Strato 1

h [m] 1
 z [m] -1
 Vs fin.[m/s] 205

Strato 2

h [m] 2
 z [m] -3
 Vs fin.[m/s] 212

Strato 3

h [m] 2
 z [m] -5
 Vs fin.[m/s] 364

Strato 4

h [m] 2
 z [m] -7
 Vs fin.[m/s] 509

Strato 5

h [m] 2
 z [m] -9
 Vs fin.[m/s] 509

Strato 6

h [m] 2
 z [m] -11
 Vs fin.[m/s] 642

Strato 7

h [m] 3
 z [m] -14
 Vs fin.[m/s] 819

Strato 8

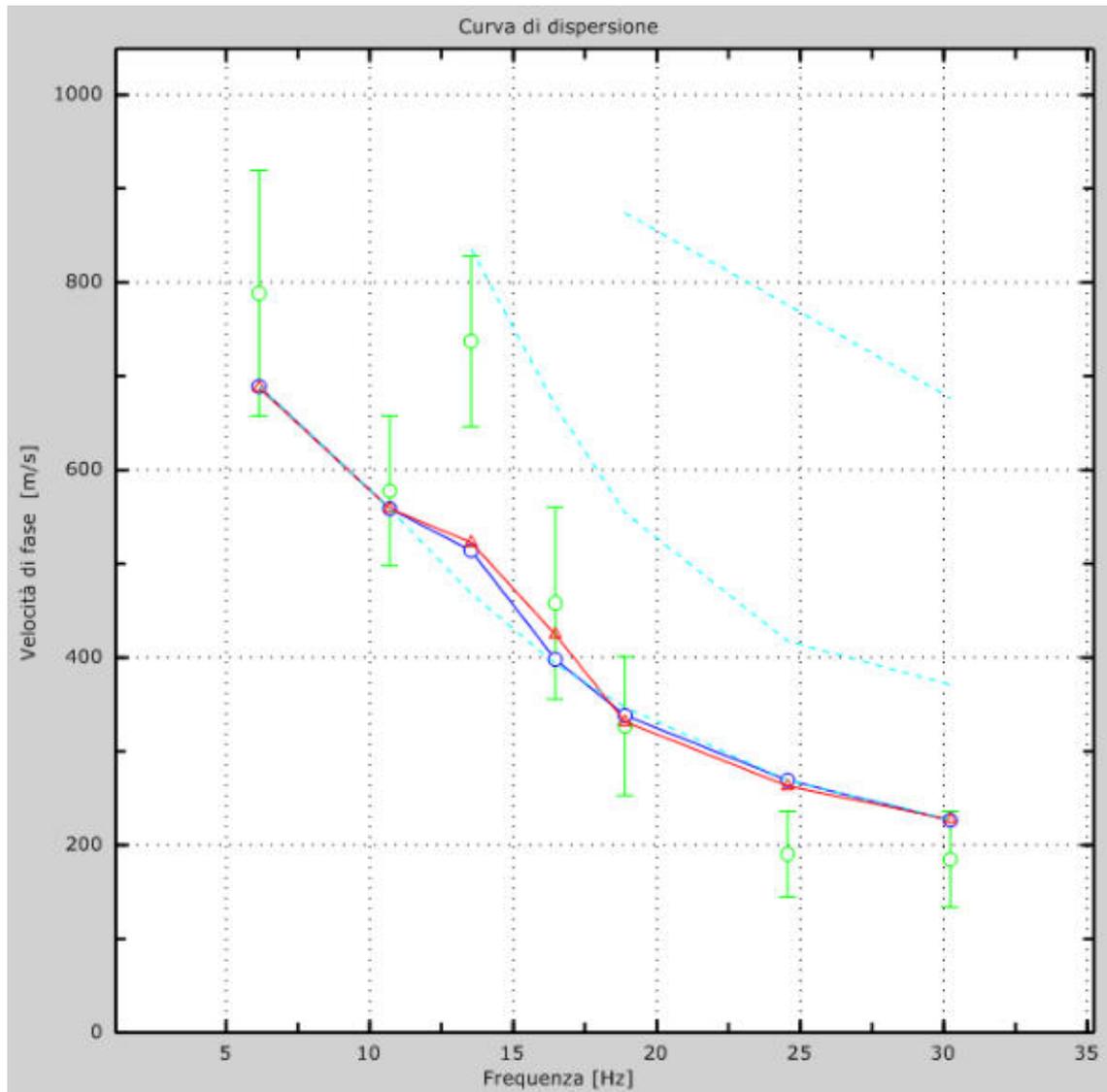
h [m] 3
 z [m] -17
 Vs fin.[m/s] 819

Strato 9

h [m] 0
 z [m] -00
 Vs fin.[m/s] 876

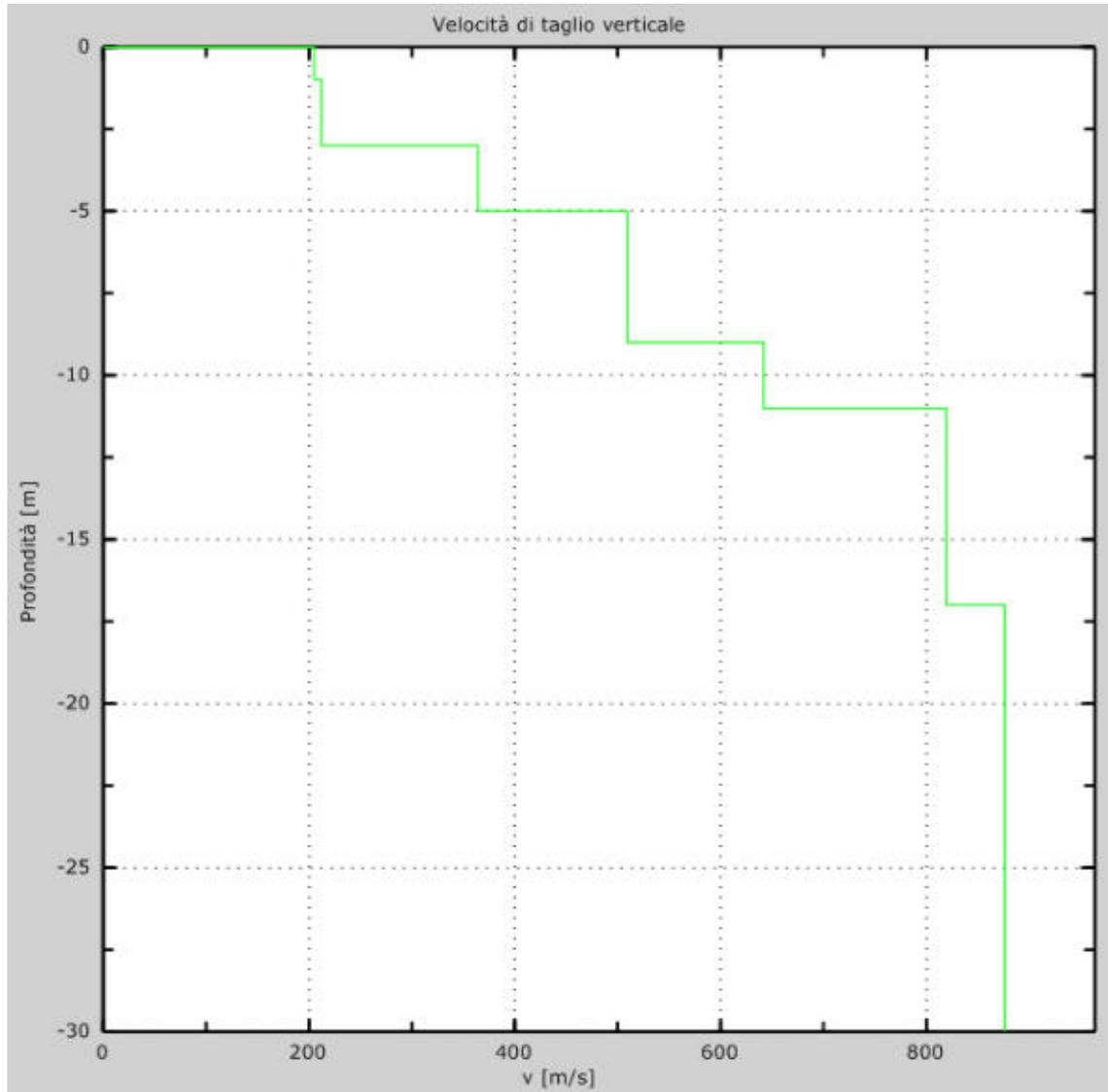


VELOCITÀ NUMERICHE - PUNTI SPERIMENTALI (VERDE), MODI DI RAYLEIGH (CIANO),
CURVA APPARENTE (BLU), CURVA NUMERICA (ROSSO)





PROFILO DI VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO VERTICALI





3 CALCOLO DELLE V_{s30}

Per V_{s30} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione, calcolata secondo la relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

La Normativa Italiana (Ordinanza 3274), coerentemente con quanto indicato nell'Eurocodice 8, prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della stessa. Vengono identificate 5 classi, A, B, C, D e E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Classe	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).



In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E. Alle cinque categorie descritte se ne aggiungono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare.

Classe	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{S30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{U30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Considerando le velocità degli strati e gli spessori rilevati, si ottiene dal piano di campagna, un valore delle V_{S30} pari a **566 m/sec**.



PROVA 1

IGEA sas

pag.1

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:			
Località:		Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:	Data fine cantiere:	Sigla:	Prova 1
Attrezzatura:			
Coordinate geografiche:			

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**ALLEGATI N.6**



IGEA sas

pag.2

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:											
Località:									Quota s.l.m.(m):		
Data inizio cantiere:				Data fine cantiere:				Sigla:	Prova 1		
Attrezzatura:											
Coordinate geografiche:											
TABELLA DATI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA											
N.	Prof.(m)	N.punta	N.riv.to	Nspt eq.	N.riv.c.	N.	Prof.(m)	N.punta	N.riv.to	Nspt eq.	N.riv.c.
1	0,1	8		8							
2	0,2	12		12							
3	0,3	10		10							
4	0,4	8		8							
5	0,5	15		15							
6	0,6	18		18							
7	0,7	39		39							
8	0,8	65		65							



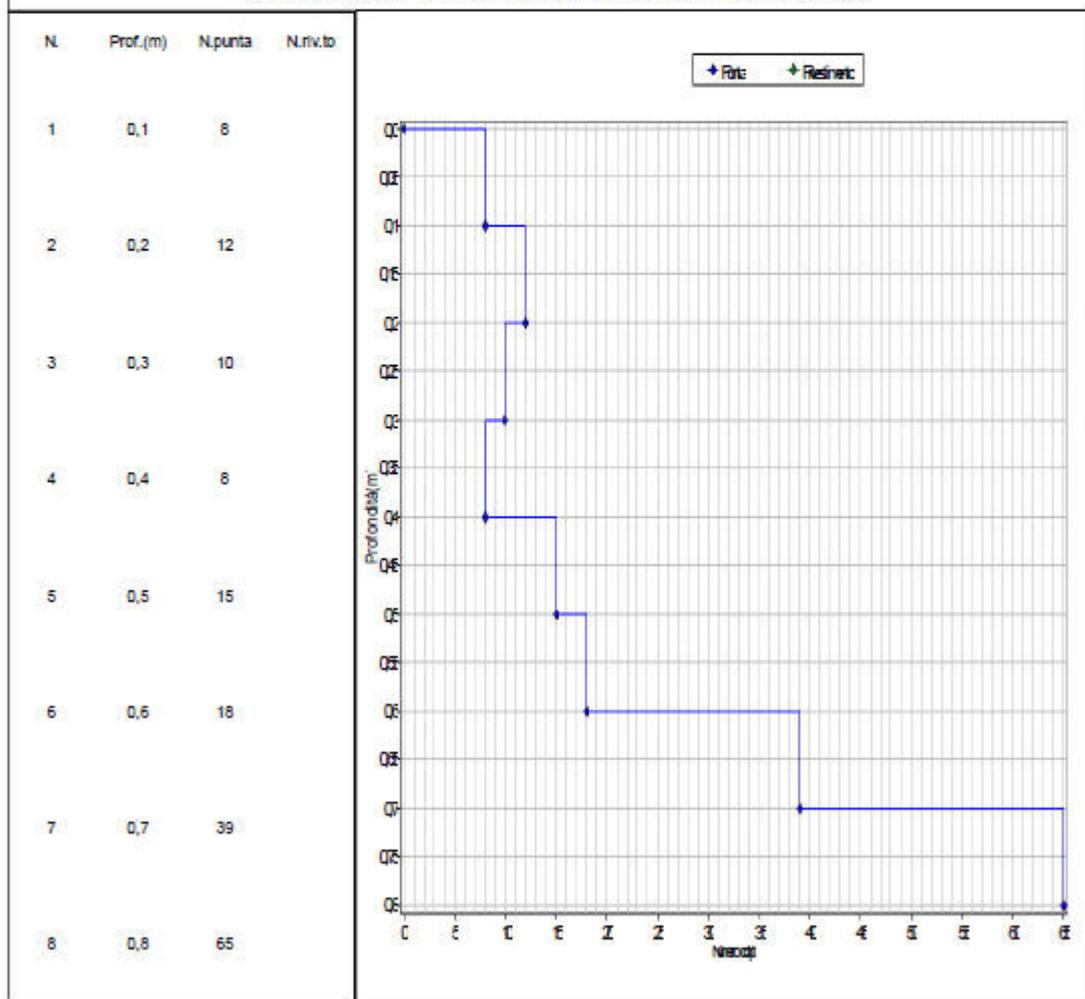
IGEA sas

pag.3

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:			
Località:			Quota s.l.m.(m):
Data inizio cantiere:		Data fine cantiere:	Sigla: Prova 1
Attrezzatura:			
Coordinate geografiche:			

TABELLA E GRAFICO DATI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA





IGEA sas

pag.4

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@lgeasas.it - www.lgeasas.it

Committente:					
Località:				Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:		Data fine cantiere:		Sigla:	Prova 1
Attrezzatura:					
Coordinate geografiche:					

TABELLA RIASSUNTIVA STRATIGRAFIA

N.	Prof.(m)	Nspt eq.	Descrizione	Tipo	Rd(kg/cmq)	RdSPT(kg/cmq)
1	0,1	8	Sabbia sciolta	0	0,33	39,61
2	0,2	12	Sabbia compatta	0	0,49	59,42
3	0,3	10	Sabbia compatta	0	0,41	49,51
4	0,4	8	Sabbia sciolta	0	0,33	39,61
5	0,5	15	Sabbia compatta	0	0,62	74,27
6	0,6	18	Sabbia compatta	0	0,74	89,13
7	0,7	39	Sabbia densa	0	1,6	193,11
8	0,8	65	Sabbia molto densa	0	2,67	321,85



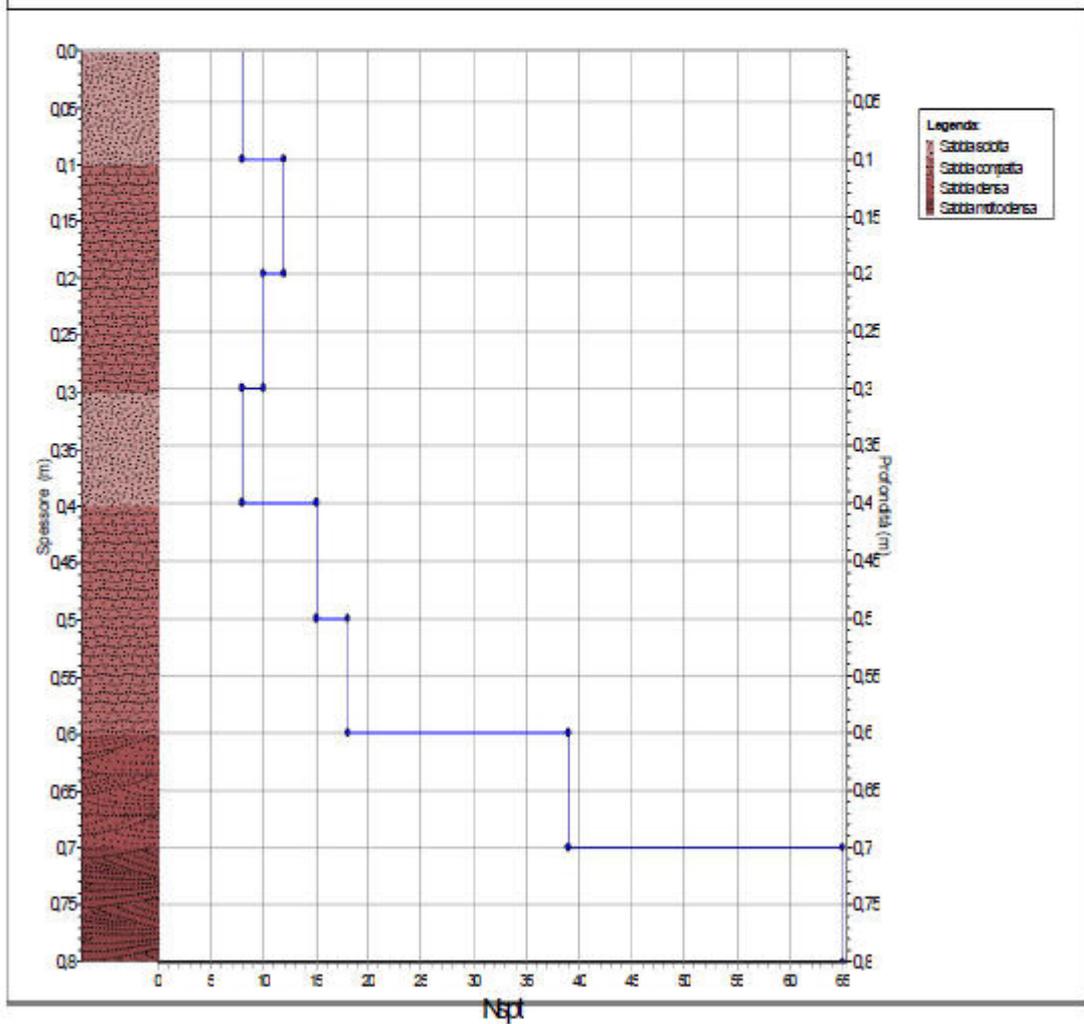
IGEA 636

pag.5

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:			
Località:		Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:		Data fine cantiere:	Sigla: Prova 1
Attrezzatura:			
Coordinate geografiche:			

COLONNA STRATIGRAFICA RIASSUNTIVA





IGEA sas

pag.6

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:			
Località:		Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:		Data fine cantiere:	
Attrezzatura:		Sigla:	Prova 1
Coordinate geografiche:			

TABELLA RIASSUNTIVA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

N.	Prof.(m)	Nspt eq.	Phi picco(*)	Phi c.v.(*)	Gamma(kg/mc)	Dr %	Cu(kg/cm ²)	E Young(kg/cm ²)	E edom.(kg/cm ²)
1	0,1	8	29,3	28,1	1833,33	28,0	0,0	197,91	56,8
2	0,2	12	30,6	27,9	1810,0	38,0	0,0	350,81	85,2
3	0,3	10	30,0	27,8	1800,0	35,0	0,0	270,28	71,0
4	0,4	8	29,3	28,1	1833,33	28,0	0,0	197,91	56,8
5	0,5	15	31,5	28,0	1825,0	43,0	0,0	485,78	106,5
6	0,6	18	32,4	28,4	1840,0	47,0	0,0	636,26	127,8
7	0,7	39	38,3	30,2	1962,5	74,0	0,0	1961,03	276,9
8	0,8	65	41,0	31,3	1900,0	85,0	0,0	3711,42	461,5



PROVA 2

IGEA sas

pag.1

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:					
Località:				Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:		Data fine cantiere:		Sigla:	Prova 1
Attrezzatura:					
Coordinate geografiche:					

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**ALLEGATI N.6**



IGEA 636

pag.2

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:											
Località:								Quota s.l.m.(m):			
Data inizio cantiere:				Data fine cantiere:				Sigla:	Prova 1		
Attrezzatura:											
Coordinate geografiche:											
TABELLA DATI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA											
N.	Prof.(m)	N.punta	N.riv.to	Nspt eq.	N.riv.c.	N.	Prof.(m)	N.punta	N.riv.to	Nspt eq.	N.riv.c.
1	0,1	3		3							
2	0,2	5		5							
3	0,3	5		5							
4	0,4	6		6							
5	0,5	5		5							
6	0,6	27		27							
7	0,7	34		34							
8	0,8	58		58							



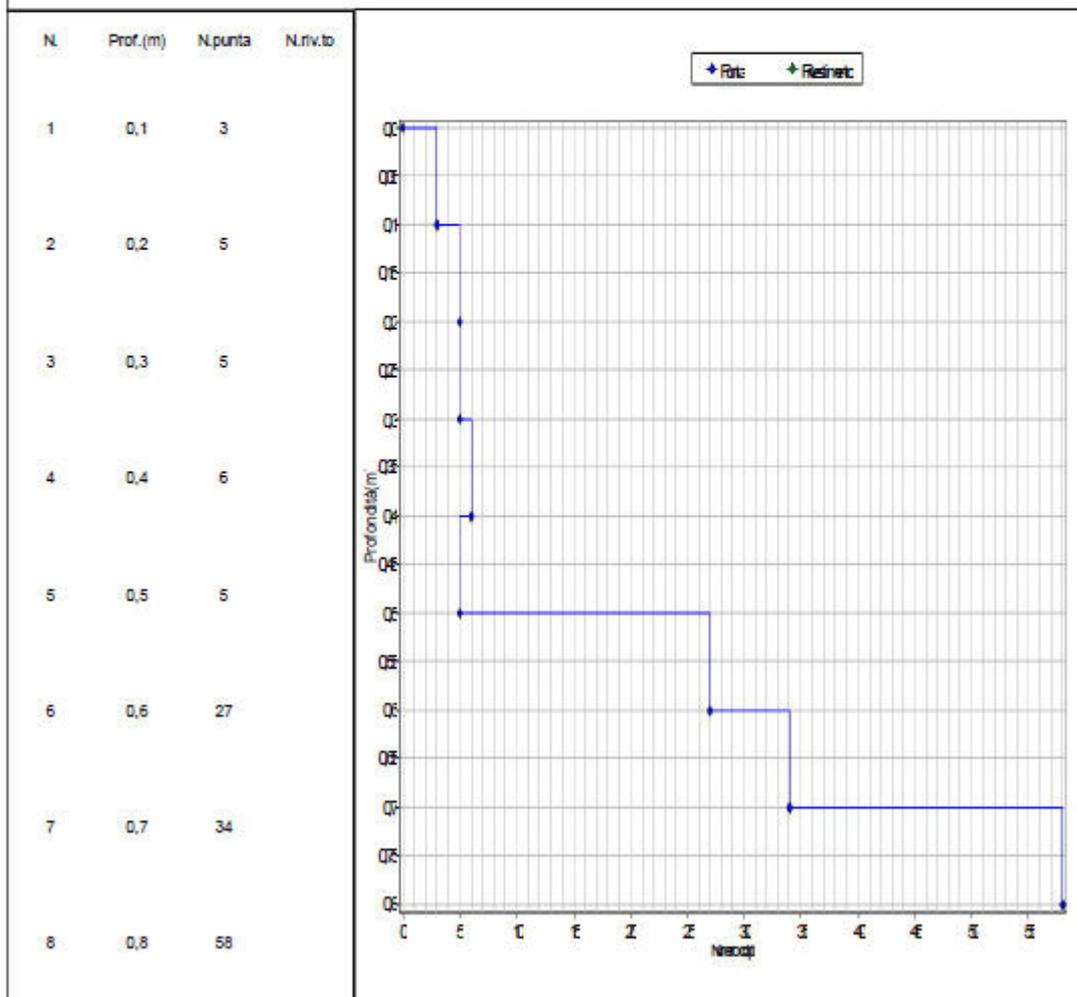
IGEA sas

pag.3

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:			
Località:		Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:	Data fine cantiere:	Sigla:	Prova 1
Attrezzatura:			
Coordinate geografiche:			

TABELLA E GRAFICO DATI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA





IGEA sas

pag.4

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:			
Località:			Quota s.l.m.(m):
Data inizio cantiere:		Data fine cantiere:	Sigla: Prova 1
Attrezzatura:			
Coordinate geografiche:			

TABELLA RIASSUNTIVA STRATIGRAFIA

N.	Prof.(m)	Nspt eq.	Descrizione	Tipo	Rd(kg/cmq)	RdSPT(kg/cmq)
1	0,1	3	Sabbia molto sciolta	0	0,12	14,85
2	0,2	5	Sabbia sciolta	0	0,21	24,76
3	0,3	5	Sabbia sciolta	0	0,21	24,76
4	0,4	6	Sabbia sciolta	0	0,25	29,71
5	0,5	5	Sabbia sciolta	0	0,21	24,76
6	0,6	27	Sabbia compatta	0	1,11	133,69
7	0,7	34	Sabbia densa	0	1,4	168,35
8	0,8	58	Sabbia molto densa	0	2,39	287,19



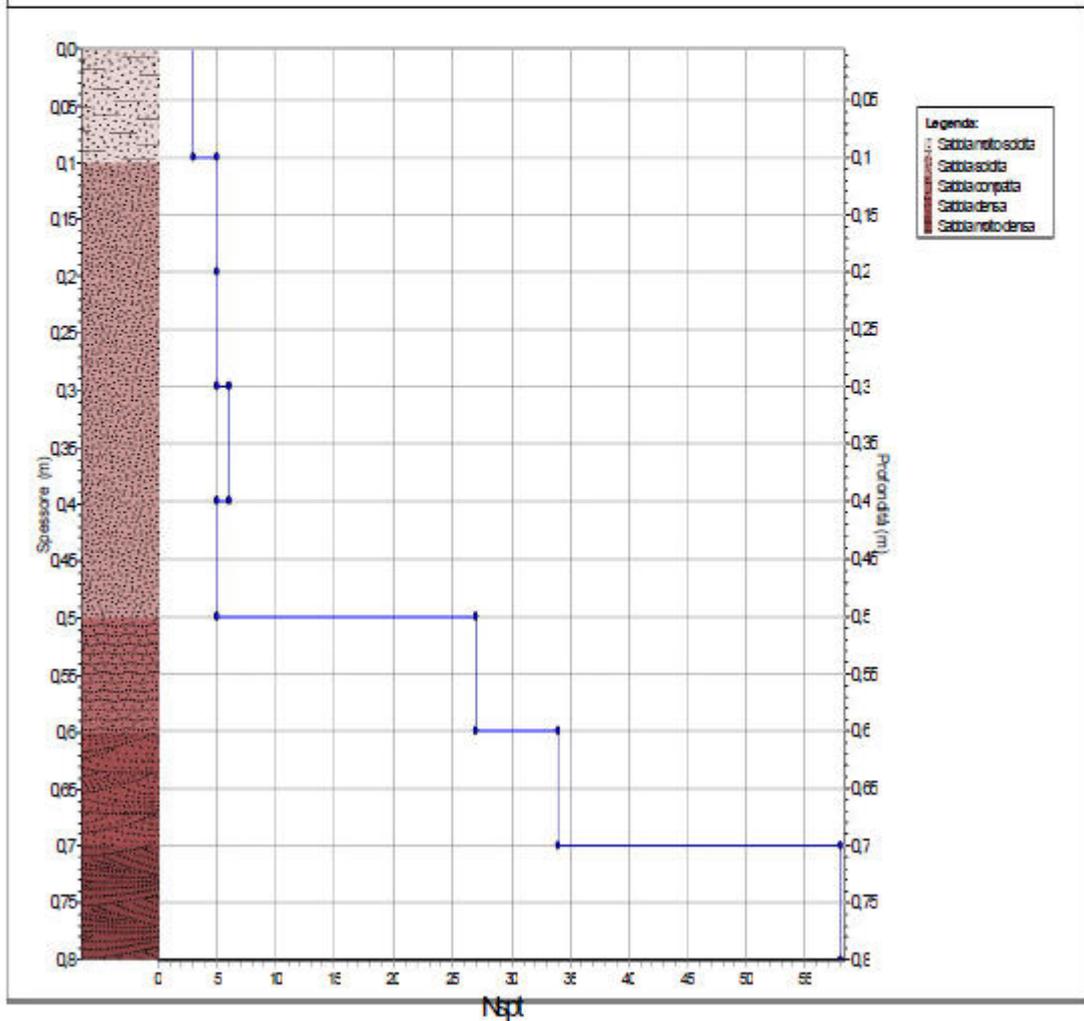
IGEA sas

pag.5

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:			
Località:			Quota s.l.m.(m):
Data inizio cantiere:	Data fine cantiere:	Sigla:	Prova 1
Attrezzatura:			
Coordinate geografiche:			

COLONNA STRATIGRAFICA RIASSUNTIVA





IGEA sas

pag.6

Via Sagginalese, 128
50032 - Borgo San Lorenzo (FI)
Tel. 055/8402324 - Fax 055/5609272
Info@igeasas.it - www.igeasas.it

Committente:					
Località:				Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:		Data fine cantiere:		Sigla:	Prova 1
Attrezzatura:					
Coordinate geografiche:					

TABELLA RIASSUNTIVA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

N.	Prof.(m)	Nsp/eq.	Phi piccolo(*)	Phi c.v.(*)	Gamma(kg/mc)	Dr %	Cu(kg/cmq)	E Young(kg/cmq)	E edom.(kg/cmq)
1	0,1	3	28,0	28,0	1700,0	15,0	0,0	55,94	21,3
2	0,2	5	28,3	28,3	1733,33	18,0	0,0	105,73	35,5
3	0,3	5	28,3	28,3	1733,33	18,0	0,0	105,73	35,5
4	0,4	6	28,7	28,4	1766,67	22,0	0,0	134,19	42,6
5	0,5	5	28,3	28,3	1733,33	18,0	0,0	105,73	35,5
6	0,6	27	35,1	28,9	1865,0	61,0	0,0	1163,74	191,7
7	0,7	34	37,0	29,6	1900,0	69,0	0,0	1630,54	241,4
8	0,8	58	41,0	31,3	1900,0	85,0	0,0	3294,25	411,8