CAMPING PUNTA NAVACCIA s.r.l.
Via Navaccia, 4 - TUORO s/T. (PG)
Tel. 075.82... - Fax 075.82...
Partita IVA ...

Comune di TUORO SUL TRASIMENO

Provincia: Perugia

Località: Punta Navaccia

Proprietà: Camping "PUNTA NAVACCIA" s.r.l.

Opera:

Progetto di ampliamento e riqualificazione ambientale del "Camping Punta Navaccia" tramite variante al PRG Vigente ai sensi del D.P.R. 447/98 e ss. mm. e ii. ed in base alle procedure sancite dall'art. 32, comma 6, della L.R. n°1/2015

Relazione Geologica

ManelBio
Studio Naturalistico

Agr. Dott. Fabio Maneli
Tel. +393384144167
E-mail manelbio@gmail.com
P.IVA 03077010548

Tavola: H

Data: Marzo 2017

Scala: -

Alchèma
ARCHITETTURA - INGEGNERIA

Ing. Antonio Abbozzo e Ing. Federico Tosti
Via Pietro Brozzo n° 4, 06127 PERUGIA (PG)
Tel e Fax 075 / 5007099 - 7826756 Fax 1784415121
e-mail ava@eutelia.com - avaut@tiscali.net.it

Progettisti:
Dott. Ing. Antonio Abbozzo
Dott. Ing. Federico Tosti
Arch. Massimiliano Scapicchi
Geom. Tommaso Celeschi

Progettisti/Consulenti:
Agr. Dott. Fabio Maneli
Geol. Dott. Simone Sforna

A norma di legge è vietato copiare, riprodurre o cedere a terzi il presente disegno senza nostra preventiva autorizzazione

Studio di geologia

Dr. Geol. Simone SFORNA

Albo O.R.G.U. n. 112

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)

Cell. 347/3362235

E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

C.F. SFR SMN 64M05 L216A - P. IVA 01859390542

COMUNE DI TUORO SUL TRASIMENO

Progetto di ampliamento e riqualificazione ambientale del "Camping Punta Navaccia" tramite variante al PRG Vigente ai sensi del D.P.R. 447/98 e ss. mm. e ii. ed in base alle procedure sancite dall'art. 18, comma 5, L.R. n° 11/05

CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO
DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

RELAZIONE GEOLOGICA E SULLA MODELLAZIONE SISMICA

PROPRIETA': Camping «PUNTA NAVACCIA» S.r.l.

novembre 2014 | Archivio

P.P.V.
Il Progettista strutturale

P.P.V.
Il Direttore dei lavori

Dr. Geol. Simone SFORNA

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE UMBRIA
DOTT. GEOLOGO
SFORNA SIMONE
ALBO 112

Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA
Albo O.R.G.U. n. 112

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

INDICE

1.0 PREMESSA ***4***

1.1 Intervento in progetto **4**

2.0 STUDIO GEOLOGICO ***5***

2.1 Finalità e metodologia di studio **5**

2.2 Contesto geologico di riferimento con preciso riferimento al progetto (§C 6.2.1) **5**

2.2.1 Geologia di area vasta 5

2.2.2 Geomorfologia di area vasta 5

2.2.3 Dati sulla franosità storica dell'area 5

2.2.4 Idrogeologia dell'area vasta 5

2.2.5 Geomorfologia, idrologia ed idrogeologia di area ristretta (§ 6.2.1; § 7.11) 6

2.2.6 Dati sull'alluvionabilità dell'area (§ 5.1.2.4) 6

2.3 Analisi cartografia Piano di Bacino **6**

2.3.1 Vincoli di normativa derivanti dalla pericolosità idrogeologica ed idraulica e di PRG 6

3.0 MODELLAZIONE GEOLOGICA** (§ 6.2; § 6.2.1; § 6.12; § C 6.12)* ***6

3.1 Indagini geologiche **6**

3.1.1 Piano delle indagini sulle terre o sulle rocce, in funzione degli obiettivi di progetto - (Criteri di indagine in relazione al tipo e alla complessità dell'opera) (§ 6.7.2; § 6.12.1; § 7.12.2) 6

3.1.2 Descrizioni degli standard di riferimento delle varie prove 7

3.2 Sintesi delle analisi condotte con valutazione sulla attendibilità dei risultati e delle eventuali difficoltà incontrate (§ 6.2.1; § 6.7.2; § 6.12; § 7.11.2) **9**

3.2.1 Considerazioni generali sulla stabilità dei versanti (§ 6.3.2) 9

3.2.2 Modello geologico di sintesi per le verifiche di stabilità (§ 6.3.2; § C 6.3.2; § 6.3.3; § 6.3.4) 9

3.2.3 Verifiche di stabilità 10

3.3 Definizione degli elementi geologici, geomorfologici e stratigrafici di pericolosità sismica locale (§6.7.2; § 6.12.1) **10**

3.4 Modello geologico di sintesi utile per la modellazione geotecnica (§ 6.2.1) **10**

4.0 MODELLAZIONE SISMICA ***10***

4.1 Finalità e metodologia di studio **10**

4.2 Sismicità storica **10**

4.3 Pericolosità sismica di base (§ 3.2) **11**

4.4 Azione sismica (§ 3.2.2; § 7.11.3) **12**

4.4.1 Determinazione dell'approccio più idoneo ai fini della definizione dell'azione sismica derivante dalla valutazione dell'effetto di risposta sismica locale (RSL) (§ C 7.11.3.1.2.3) 12

4.4.2 Stratigrafia sismica finalizzata alla modellazione specifica 12

4.5 Modellazione numerica **16**

4.5.1 Parametri di base 16

4.5.2 Pericolosita' sismica di base – ag di riferimento 17

4.5.3 Scelta degli accellerogrammi 18

4.5.4 Accellerogrammi di imput 19

4.5.5 Software e codice di calcolo utilizzato 19

4.5.6 SLV – Spettro elastico di sito (Componente orizzontale) 19

4.6 Modellazione specifica - Conclusioni **23**

4.7 Liquefazione **24**

5.0 MODELLAZIONE GEOTECNICA ***24***

5.1 Indagini geotecniche **24**

5.1.1 Piano delle indagini in relazione agli obiettivi di progetto 24

5.2 Sintesi delle analisi condotte e valutazione sull'attendibilità dei risultati **24**

5.2.1 Considerazioni generali sull'affidabilità delle indagini 24

5.2.2 Modello geotecnico di dettaglio 24

5.2.3 Fondazioni – Prescrizioni 24

5.2.4 Fondazioni – Cedimenti fondali 25

6.0 CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI ***25***

6.2.1 Prescrizioni generali (§ 6.1.2; § 6.12; § 6.12.1) 25

6.2.2 Prescrizioni relative alla regimazione idrica superficiale 25

ALLEGATI ***26***

Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA
Albo O.R.G.U. n. 112

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

1.0 PREMESSA

Su commissione del Camping “PUNTA NAVACCIA”, è stata svolto uno studio geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico finalizzato alla caratterizzazione geologica del sito e definizione della pericolosita’ sismica di base per il progetto di "*Progetto di ampliamento e riqualificazione ambientale del "Camping Punta Navaccia" tramite variante al PRG Vigente ai sensi del D.P.R. 447/98 e ss. mm. e ii. ed in base alle procedure sancite dall'art. 18, comma 5, L.R. n° 11/05*”.

L’area in esame risulta ubicata nel Comune di Tuoro sul Trasimeno.

Si allegano alla presente relazione:

- Inquadramento cartografico e quadro di riferimento geomorfologico:

- Allegato 1: Estratto I.G.M.;
- Allegato 2: Estratto C.T.R. Scala 1:10.000;
- Allegato 3: Estratto C.T.R. Scala 1:5.000;
- Allegato 4: Planimetria catastale;
- Allegato 5: Planimetria generale con ubicazione delle indagini;

- Inquadramento stratigrafico e quadro di riferimento geologico e idrogeologico:

- Allegato 6: - Stratigrafia n. 1 sondaggio penetrometrico;

- Modello sismico

- Allegato 7: Indagine sismica MASW;
- Allegato 8: Indagine sismica HVSR;

- Modello geotecnico:

- Allegato 9: Elaborazione dati penetrometrici;

1.1 INTERVENTO IN PROGETTO

In progetto è previsto l’ampliamento de la riqualificazione ambientale dell’area Camping, situata a poca distanza dalla riva Nord del Lago Trasimeno.

Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA
Albo O.R.G.U. n. 112

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

2.0 STUDIO GEOLOGICO

2.1 FINALITÀ E METODOLOGIA DI STUDIO

Il presente studio è finalizzato alla definizione delle caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e sismiche dell'area in esame a corredo della progettazione strutturale delle opere in progetto.

Tali dati sono stati ricavati sulla base di un piano di indagini geognostiche (prove penetrometriche statiche), idrogeologiche (rilievi piezometrici), geotecniche (elaborazione dati penetrometrici) e sismiche (indagine sismica MASW e HVSR).

Gli interventi in progetto hanno una incidenza "minima" sul terreno.

2.2 CONTESTO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO CON PRECISO RIFERIMENTO AL PROGETTO (§C 6.2.1)

2.2.1 Geologia di area vasta

L'area in studio si inserisce nei pressi della sponda Nord del Lago Trasimeno.

Su tutta l'area collinare sono presenti sedimenti di origine Alluvionale, riferibili ai Depositi alluvionali recenti di pertinenza del Lago Trasimeno.

Tali Depositi risultano a prevalente componente argillosa e argillo-limosa, corrispondenti ad un ambiente de posizionale a medio-bassa energia.

Nell'area in studio, il basamento litoide (costituito dalla formazione miocenica del "Macigno"), si colloca a profondità superiori ai 100 m dal piano campagna.

2.2.2 Geomorfologia di area vasta

Come sopra descritto, l'area si colloca nei pressi della sponda del Lago Trasimeno, in area totalmente pianeggiante.

2.2.3 Dati sulla franosità storica dell'area

In relazione all'assenza totale di pendenze, il rischio frana risulta totalmente assente.

Si omette la relativa cartografia P.A.I. – Rischio idrogeologico.

2.2.4 Idrogeologia dell'area vasta

L'area in studio risulta sede di una falda freatica a carattere permanente, di medio-elevata potenzialità; la quota piezometrica è strettamente legata alla quota del bacino lacustre; il rilievo piezometria locale, mostra che il livello piezometrico della falda freatica a carattere permanente si colloca alla profondità media di circa m 2.60 dal piano campagna.

La falda in esame costituisce un corpo idrico che occupa tutta l'area in esame.

2.2.5 Geomorfologia, idrologia ed idrogeologia di area ristretta (§ 6.2.1; § 7.11)

Come sopra descritto, entro tutta l'area in studio non sono presenti dissesti gravitativi in atto o latenti.

Dal punto di vista idrogeologico, si è potuto rilevare che la falda freatica più superficiale si colloca in loco alla profondità di circa m 2.60 dal piano campagna.

Dal punto di vista idrologico, la conformazione geomorfologica del sito, favorisce il corretto deflusso delle acque meteoriche verso il sottostante Lago Trasimeno.

2.2.6 Dati sull'alluvionabilità dell'area (§ 5.1.2.4)

L'area in esame, ubicata nei pressi del bacino lacustre, risulta collocata al di fuori delle aree di esondazione del reticolo idrografico principale e secondario.

2.3 ANALISI CARTOGRAFIA PIANO DI BACINO

Oltre a quanto riportato nel precedente capitolo a riguardo del rischio di frana, viene omessa la cartografia del Piano di Bacino relativo al rischio idraulico.

2.3.1 Vincoli di normativa derivanti dalla pericolosità idrogeologica ed idraulica e di PRG

L'area in esame risulta collocata esternamente alle aree vincolate per rischio idraulico o idrogeologico dal PRG.

3.0 MODELLAZIONE GEOLOGICA *(§ 6.2; § 6.2.1; § 6.12; § C 6.12)*

3.1 INDAGINI GEOLOGICHE

3.1.1 Piano delle indagini sulle terre o sulle rocce, in funzione degli obiettivi di progetto - (Criteri di indagine in relazione al tipo e alla complessità dell'opera) (§ 6.7.2; § 6.12.1; § 7.12.2)

Le indagini eseguite hanno come obiettivo la ricostruzione di massima dell'assetto litostratigrafico e geotecnico dell'area, nonché quello della valutazione delle caratteristiche di risposta sismica dell'area; il tutto finalizzato alla progettazione strutturale del progetto in esame.

Dal punto di vista litostratigrafico si è optato di indagare l'area mediante l'esecuzione di una prova penetrometrica statica (vista la bassa incidenza sul terreno delle opere in esame).

Dal punto di vista sismico si è optato per l'esecuzione di indagine sismica tipo MASW, per la definizione della Vs_{30} e una indagine HVSR per la definizione delle Vs_H e della frequenza di sito (*fo*).

3.1.2 Descrizioni degli standard di riferimento delle varie prove

Le indagini geognostiche sono state eseguite mediante penetrometro statico-dinamico PAGANI TG 63/200, con le seguenti caratteristiche:

PENETROMETRO STATICO

PENETROMETRO STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico).
Caratteristiche:
- punta conica meccanica 35.7 mm, angolo di apertura = 60 -(area punta Ap = 10 cm,)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm,)
- velocit*f* di avanzamento costante V = 2 cm / sec (0,5 cm / sec)
- spinta max nominale dello strumento Smax variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett.,Spinta) Ct = SPINTA (Kg) / LETTURA DI CAMPAGNA

fase 1 - resistenza alla punta qc (Kg / cm,) = (L. punta) Ct /10
fase 2 - resistenza laterale locale fs (Kg / cm,) = [(L. laterale) - (L. punta)] Ct / 150
fase 3 - resistenza totale Rt (Kg) = (L. totale) Ct
qc / fs = 'rapporto Begemann'
- L. punta = lettura di campagna durante l„ infissione della sola punta (fase 1)
- L. laterale = lettura di campagna relativa all„infissione di punta e manicotto (fase 2)
- L. totale = lettura di campagna relativa all„infissione delle aste esterne (fase 3)

L'indagine sismica MASW è stata condotta mediante sismografo Do.re.mi., prodotto dalla Ditta SARA Electronic Instruments S.r.l. con le seguenti specifiche tecniche:

Architettura
Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica
Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipoint
Lunghezza massima della rete: 1200 metri senza ripetitori (virtualmente illimitata con ripetitori)
Numero massimo di canali per tratta: 255
Dimensioni dell'elemento (esculso il cavo): 80x55x18 mm
Peso: 250 g (un elemento con lunghezza cavo 5 metri)
Cavo: 4 conduttori, 2 coppie ritorte, robotico resistente a torsioni,
flesso-torsioni, abrasioni ed agenti chimici

Campionamento
Memoria: 64 kByte (>30000 campioni)
Frequenze in Hz: 200,300,400,500,800,1000,2000,3000,4000, 8000,10000,20000
pari ad intervalli in ms di: 5, 3.33, 2.5, 2, 1,25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05
Esempi di utilizzo della memoria: ReMi: 500Hz, t-max 60 secondi
MASW: 4000Hz, t-max 7.5 secondi
Riflessione: 20000Hz, t-max 1.5 secondi

Dinamica del sistema
Risoluzione con guadagno 10x: 7.600 µV
Risoluzione con guadagno 1000x: 0.076 µV
Dinamica di base: 96dB (16 bit)
Dinamica massima del preamplificatore: 80dB
Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz: >90dB
Full range a 10x: 0.5V p-p
Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS: 0.0000002V p-p
Dinamica totale teorica: 155dB
Dinamica totale senza postprocessing: > 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento)
Dinamica totale in postprocessing: >140dB

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

Alimentazione
Tensione di alimentazione: 10-15VdC
Consumo:
Unità di testa: 20mA
Per Canale: 40mA
Consumo totale 12 canali: 510mA

Convertitore A/D
Tipologia: SAR
Risoluzione: 16 bit
Dinamica: 96 dB

Pramplificatore
Tipologia: ultra-low noise con ingresso differenziale
Filtri: 3Hz passa alto 1 polo, 200Hz passa basso 4 poli
Guadagni: da 10x a 8000x
Reiezione di modo comune: >80dB
Diafonia (crosstalk): non applicabile (elementi singoli a trasmissione digitale)
Impedenza d'ingresso: >100kΩ

L'indagine sismica HVSR è stata condotta mediante digitalizzatore triassiale SR04 S3 prodotto dalla Ditta SARA Electronic Instruments S.r.l. con le seguenti specifiche tecniche:

Alimentazione: 10-16Vdc
Consumo di energia: <2.5W
Real Time Clock: +/- 10ppm (-20/+50°C)
Sincron. Real Time Clock: da GPS via PPS modulato
Precisione rispetto a UTC: +/- 40ms
Antenna GPS: amplificata con 10mt di cavo e connettore BNC
Contenitore: Alluminio pressofuso IP55
Temperatura operativa: -20/+50°C
Interfacce dati: RS232 / Ethernet 10-100
Dimensioni: 205x170x107 mm
Peso: senza sensori: 3300g
con sensori da 4.5Hz: 3700g
con sensori da 4.5Hz: 4000g
CPU: ARM TS-7260 Technologic-Systems
Memoria di massa: USB pen-drives
File System: Ext2
Formato dati: Dipendente dal software (Seislog, SeiscomP, etc)
Certificazioni: CE (EN55022, EN55011)
Ingressi
Numero canali: 3
Convertitore A/D: 24 bit (SD)
Range dinamico: 124dB @ 100SPS
Campionamento: simultaneo sui tre canali
Impedenza d'ingresso: 300 kOhm
Sensibilità: 2V p-p (119nV/count) (4V p-p con jumpers interni)
Compatibilità ingressi: sensori elettrodinamici e/o sensori attivi
Frequenza di
campoinamento: Standard 10,20,50,100,200 Hz
(su richiesta anche 300,400,480,600 Hz)
Connett. sens. esterni: MIL-C 10 poli con alimentazione di servizio#
MIL-C 18 poli con alimentazione di servizio, per
connessioni a sensori broadband

Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA
Albo O.R.G.U. n. 112

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

3.2 SINTESI DELLE ANALISI CONDOTTE CON VALUTAZIONE SULLA ATTENDIBILITÀ DEI RISULTATI E DELLE EVENTUALI DIFFICOLTÀ INCONTRATE (§ 6.2.1; § 6.7.2; § 6.12; § 7.11.2)

Le indagini eseguite hanno permesso di ricostruire con sufficiente precisione, il modello geologico dell'area entro il volume significativo.

I risultati ottenuti risultano attendibili in relazione alle dimensioni dell'opera in progetto.

3.2.1 Considerazioni generali sulla stabilità dei versanti (§ 6.3.2)

La stabilità globale del versante nello stato di progetto risulta garantita dall'assenza di pendenze.

Circa le considerazioni sulla stabilità dei fronti di scavo nello stato transitorio, in progetto non sono previste opere di scavo significative.

3.2.2 Modello geologico di sintesi per le verifiche di stabilità (§ 6.3.2; § C 6.3.2; § 6.3.3; § 6.3.4)

Con riferimento alle stratigrafie (Allegato 6), i terreni impegnati presentano la seguente successione stratigrafica di dettaglio:

Strato 1: Terreno vegetale e di riporto

Si tratta di terreno di riporto eterogeneo, collocato in loco a seguito di pregressi lavori di bonfica dei terreni superficiali e terreno vegetale decompresso ricco in materia organica.

Il litotipo è presente con spessori variabili tra 1.00 e 1.20 m dal piano campagna, e non risulta idoneo quale terreno fondale.

Strato 2: Depositi alluvionali recenti – argille limose disseccate

La porzione superficiale del terreni in sito, risulta costituita da prevalenti argille limose, in stato leggermente disseccato. Appena al di sotto, il medesimo litotipo si presenta in stato plastico.

Strato 3: Depositi alluvionali recenti – argille limose plastiche

I Depositi alluvionali, si presentano in stato normalmente consolidato; si tratta di prevalenti argille e argille limose in stato di bassa consistenza, plastiche e interessate da falda idrica.

In profondità sono presenti deboli livelli a granulometria leggermente superiore.

3.2.3 Verifiche di stabilità

Stabilità dei fronti di scavo

In progetto non sono previste opere di sbancamento.

3.3 DEFINIZIONE DEGLI ELEMENTI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI E STRATIGRAFICI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (§6.7.2; § 6.12.1)

L'indagine condotta esclude per l'area in esame la presenza di elementi di rischio geologico-geomorfologici nei confronti della pericolosità sismica locale.

Le pendenze risultano contenute; la stratigrafia rilevata non presenta contrasti di impedenza degni di nota entro i primi 30 m (profondità indagata dalle indagini sismiche).

Le indagini eseguite hanno inoltre permesso di ricostruire il modello geologico sopra riportato, costituito da livelli litologici omogeni.

E' stata comunque eseguita una ***Microzonazione sismica di Livello III*** sul sito in esame.

3.4 MODELLO GEOLOGICO DI SINTESI UTILE PER LA MODELLAZIONE GEOTECNICA (§ 6.2.1)

Il modello geologico di sintesi utilizzabile per la modellazione geotecnica è lo stesso riportato al punto 3.2.2.

4.0 MODELLAZIONE SISMICA

4.1 FINALITÀ E METODOLOGIA DI STUDIO

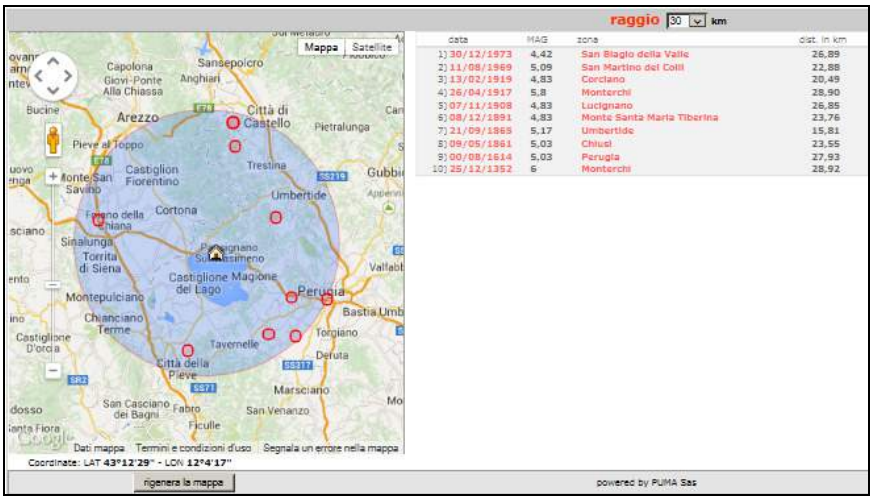
La modellazione sismica dell'area è stata eseguita partendo dal dato della sismicità storica dell'area, la definizione della massima Magnitudo attesa, l'indagine in sito per la definizione della stratigrafia sismica locale in termini di Vs.

La stratigrafia sismica è stata ricavata mediante un'indagine sismica MASW e HVSR.

L'indagine sismica è riportata negli Allegati 7 e 8.

4.2 SISMICITÀ STORICA

La consultazione del catalogo dei terremoti storici (dal 212 a.c. al 2002) con epicentri entro Km 30,0 dall'area in esame (reperiti dal sito internet http://www.portaleabruzzo.com), evidenzia, per il sito indagato, la presenza di possibili sorgenti capaci di generare sismi con valori di Magnitudo > 5.8.



	data	MAG	zona	dist. in km
1)	30/12/1973	4,42	San Biagio della Valle	26,89
2)	11/08/1969	5,09	San Martino dei Colli	22,88
3)	13/02/1919	4,83	Corciano	20,49
4)	26/04/1917	5,8	Monterchi	28,90
5)	07/11/1908	4,83	Lucignano	26,85
6)	08/12/1891	4,83	Monte Santa Maria Tiberina	23,76
7)	21/09/1865	5,17	Umbertide	15,81
8)	09/05/1861	5,03	Chiusi	23,55
9)	00/08/1614	5,03	Perugia	27,93
10)	25/12/1352	6	Monterchi	28,92

Fig. 1 – Terremoti storici

4.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE (§ 3.2)

Dai dati strutturali e sismici a disposizione reperiti dal progetto DISS (Database of Individual Seismogenic Sources dell'Istituto Nazione di Sismica e Vulcanologia I.N.G.V, (catalogo delle sorgenti sismiche singolo o composite capaci di generare sismi con Magnitudo > 5.5) emerge che l'area in studio ricade esternamente a Composit Sources (ITCS, in arancio) ed esternamente a Individual Source (ITIS, rettangoli con perimetro in giallo); come sotto visibile.

Fig. 2 – Progetto Diss e ZS9

Per quanto concerne pertanto la stima e valutazione dei massimi valori di Magnitudo associabili al sito, a seguito di attività di sorgenti sismogenetiche limitrofe al sito progettuale, vengono utilizzati anche i dati relativi alla Zonazione sismogenetica ZS9. L'area in esame ricade all'interno della Zona n. 920 cui compete una Magnitudo M_{wmax} = 6.14.

Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA
Albo O.R.G.U. n. 112

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

4.4 AZIONE SISMICA (§ 3.2.2; § 7.11.3)

4.4.1 Determinazione dell'approccio più idoneo ai fini della definizione dell'azione sismica derivante dalla valutazione dell'effetto di risposta sismica locale (RSL) (§ C 7.11.3.1.2.3)

I risultati delle indagini sismiche eseguite hanno permesso di ricostruire una stratigrafia sismica caratterizzata dall'assenza di contrasti di impedenze sismiche significative e la contemporanea presenza di terreni caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.

L'indagine sismica eseguita (Allegati 7 e 8) ha restituito un valore delle Vs30 pari a circa 160 m/s.

In relazione al D.M. 14.01.2008 e Succ. Mod., i terreni presenti possono essere inseriti entro la seguente categoria di suolo di fondazione:

Suolo di tipo D: *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).*

Viene di seguito eseguito uno studio di Microzonazione Sismica di Livello III.

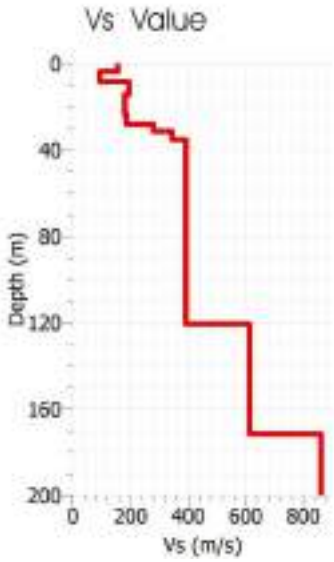
Si riporta di seguito la definizione dell'azione sismica elaborata sulla base di una **Modellazione specifica di sito**.

4.4.2 Stratigrafia sismica finalizzata alla modellazione specifica

4.4.2.1 Indagine MASW, inversione vincolata della curva HV

I dati a disposizione hanno permesso di ricostruire la sismostratigrafia dell'area dal piano campagna fino al Bed-rock Sismico, mediante la stratigrafia sismica superficiale ricavata dall'indagine MASW e l'inversione della curva HVSR fino al Bed-rock sismico, che è risultato collocato alla profondità di circa 172 m dal piano campagna. Vista la profondità del Bed-rock dal piano campagna, viene omessa la microzonazione sismica di Livello II, passando direttamente al Livello III.

L'inversione della curva H/V, ha evidenziato la seguente sismostratigrafia profonda in termini di Vs:



Sismostratigrafia profonda Vs

4.4.2.2 Modello sismo stratigrafico specifico di sito

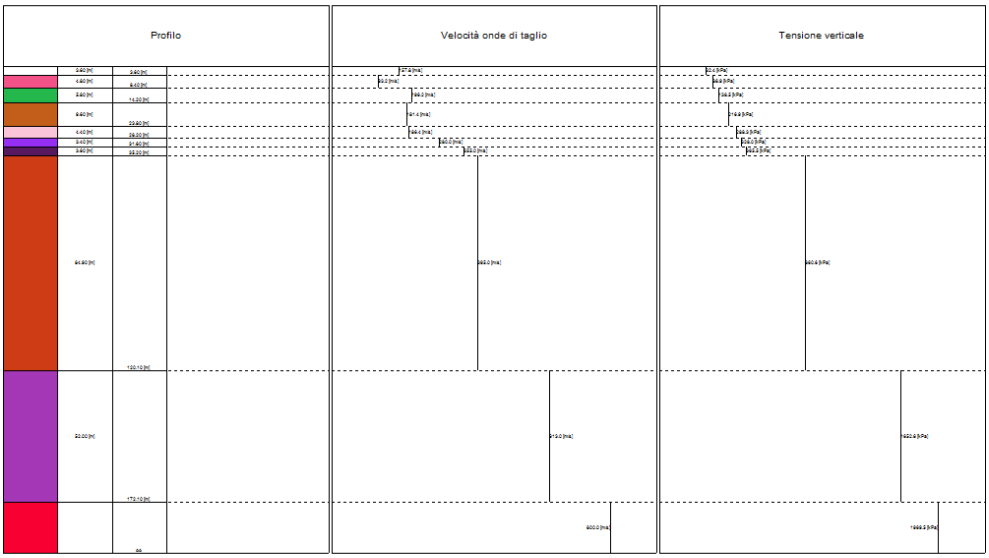
Le elaborazioni sopra descritte, hanno portato alla definizione di un modello sismo-stratigrafico specifico di sito, così definito:

Stratigrafia

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Numero sottostrati	Gmax [MPa]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	--	3.6	Vucetic & Dorby (1991) PI=30	0	45.69	18.0	157.8	32.4
2	3.6	4.8	Vucetic & Dorby (1991) PI=30	0	16.82	19.0	93.2	86.9
3	8.4	5.8	Vucetic & Dorby (1991) PI=30	0	78.48	20.0	196.2	138.5
4	14.2	9.6	Vucetic & Dorby (1991) PI=15	0	67.09	20.0	181.4	216.9
5	23.8	4.4	Vucetic & Dorby (1991) PI=15	0	70.84	20.0	186.4	288.3
6	28.2	3.4	Vucetic & Dorby (1991) PI=15	0	159.84	20.0	280.0	328.0
7	31.6	3.6	Vucetic & Dorby (1991) PI=15	0	269.78	21.0	355.0	365.5
8	35.2	84.9	Vucetic & Dorby (1991) PI=15	0	334.00	21.0	395.0	860.6
9	120.1	52.0	Vucetic & Dorby (1991) PI=15	0	842.70	22.0	613.0	1652.6
10	oo	--	Smorzamento costante	0	1435.27	22.0	800.0	1969.5

Strato con falda: 1
Strato rilevamento accelerogramma: 10 Affiorante

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it



Sismostratigrafia

4.4.2.3 Curve di decadimento

Per quanto riguarda le curve di decadimento dei vari livelli, si è fatto riferimento alle curve proposte da Vucetic & Dorby (1991) PI=30 e PI=15.

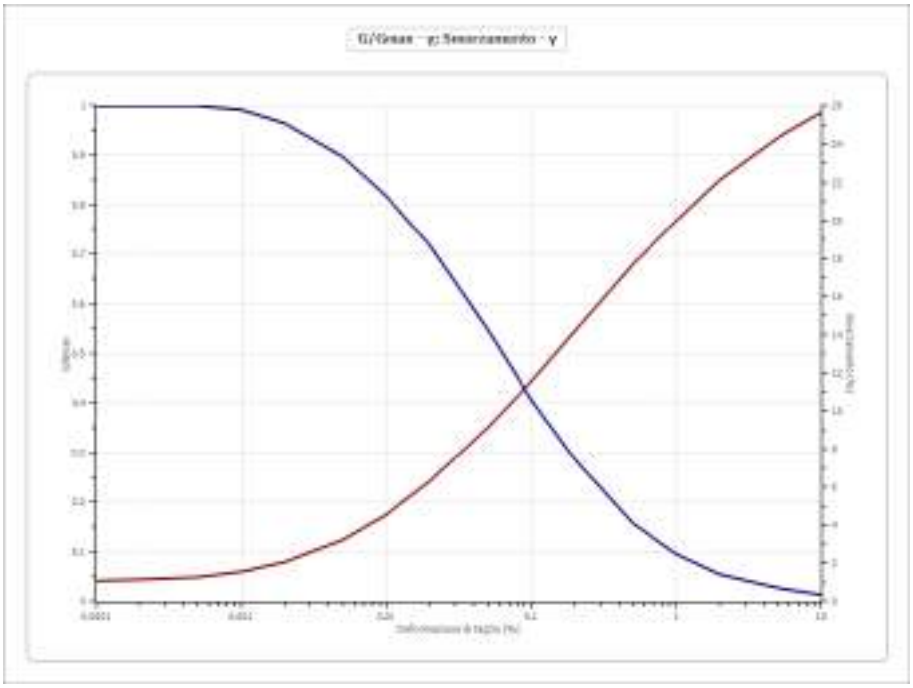
Si riportano di seguito le curve di decadimento utilizzate:

Vucetic & Dorby (1991) PI=15

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	1.097
0.0002	1.000	0.0002	1.163
0.0005	1.000	0.0005	1.287
0.001	0.992	0.001	1.578
0.002	0.965	0.002	2.076
0.005	0.898	0.005	3.239
0.010	0.818	0.010	4.568
0.020	0.719	0.020	6.312
0.050	0.549	0.050	9.136
0.100	0.408	0.100	11.550
0.200	0.287	0.200	14.200
0.500	0.158	0.500	17.690
1.000	0.096	1.000	19.980
2.000	0.055	2.000	22.140
5.000	0.028	5.000	24.340
10.000	0.014	10.000	25.660

Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA
Albo O.R.G.U. n. 112

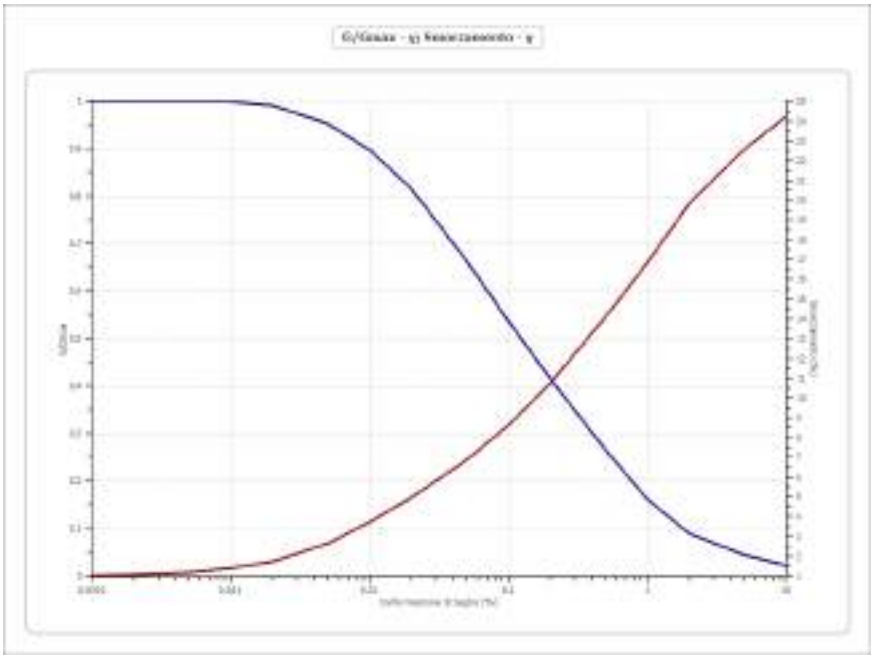
Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it



Vucetic & Dorby (1991) PI=30

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	1.030
0.0002	1.000	0.0002	1.080
0.0005	1.000	0.0005	1.194
0.001	1.000	0.001	1.412
0.002	0.992	0.002	1.744
0.005	0.953	0.005	2.658
0.010	0.898	0.010	3.738
0.020	0.816	0.020	4.983
0.050	0.664	0.050	6.894
0.100	0.537	0.100	8.640
0.200	0.416	0.200	10.760
0.500	0.266	0.500	14.120
1.000	0.162	1.000	16.860
2.000	0.090	2.000	19.850
5.000	0.045	5.000	22.590
10.000	0.023	10.000	24.250

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it



4.5 MODELLAZIONE NUMERICA

4.5.1 Parametri di base

La valutazione della Risposta Sismica Locale di Sito viene eseguita con studio specifico ad hoc tramite analisi lineare dinamica monodimensionale 1D con spettri di riposta, mediante utilizzo di accelerogrammi così come prescritto dal DM 29/2008, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC '08).

La definizione dell'input sismico di partenza al tetto del bedrock sismico presente sotto al sito progettuale avviene mediante scalatura del valore di Ag_{0rif} degli accelerogrammi ricavati per ciascuno dei diversi Stati Limite da porre a verifica (***nel nostro caso solo SLV***), allo specifico valore di ag di riferimento del sito, ossia della pericolosità sismica di base del sito.

La pericolosità sismica di base (come da § 3.2 del DM 29/2008) è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 del DM 29/08), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente Se (T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza (PVR, corrispondenti ai diversi Stati Limite cui la struttura deve essere verificata).

La pericolosità di base è anche funzione del periodo di riferimento dell'azione VR sismica della struttura, ovvero della sua:

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

- Vita nominale,
- Classe D'uso.

In campo monodimensionale, come l'input sismico si trasmette dal bedrock ai sovrastanti terreni di copertura (con smorzamento o amplificazione) fino alla superficie (oppure allo strato in cui viene collocato il piano di posa delle fondazioni di progetto) e dipende dalla successione delle caratteristiche sismo-stratigrafiche e meccaniche locale dei terreni sopra bedrock, e la sua analisi avviene tramite definizione della Funzione di Trasferimento dell'input sismico con l'ausilio di software specifici (EERA, Shake etc.).

4.5.2 Pericolosita' sismica di base – ag di riferimento

Viene di seguito definita la pericolosità sismica di base del sito di costruzione per individuare i valori di ag di riferimento per la scalatura degli accelerogrammi di partenza, così come prescritto e definito nelle NTC '08.

Le coordinate "ED50" sono:

Lat: 43,190858 Lon: 12,076124

Tale punto, come tutto il sedime progettuale, ricade entro i nodi del reticolo di riferimento delle Mappe di Pericolosità Sismica dell'INGV (identificati così come in Allegato B alle NTC '08 in coordinate ED50).

Il periodo di riferimento dell'azione sismica viene definito in base ai sottostanti parametri:

VN (vita nominale)	= 50 anni	(§ 2.4.1 NTC '08)
Classe d'uso	= CLASSE II	(§ 2.4.2 NTC '08)
Cu (coeff. d'uso)	= 1.0	(§ 2.4.3 NTC '08)

$V_R = V_N \times C_U = 50 \text{ anni} \times 1.5 = 50 \text{ anni}$

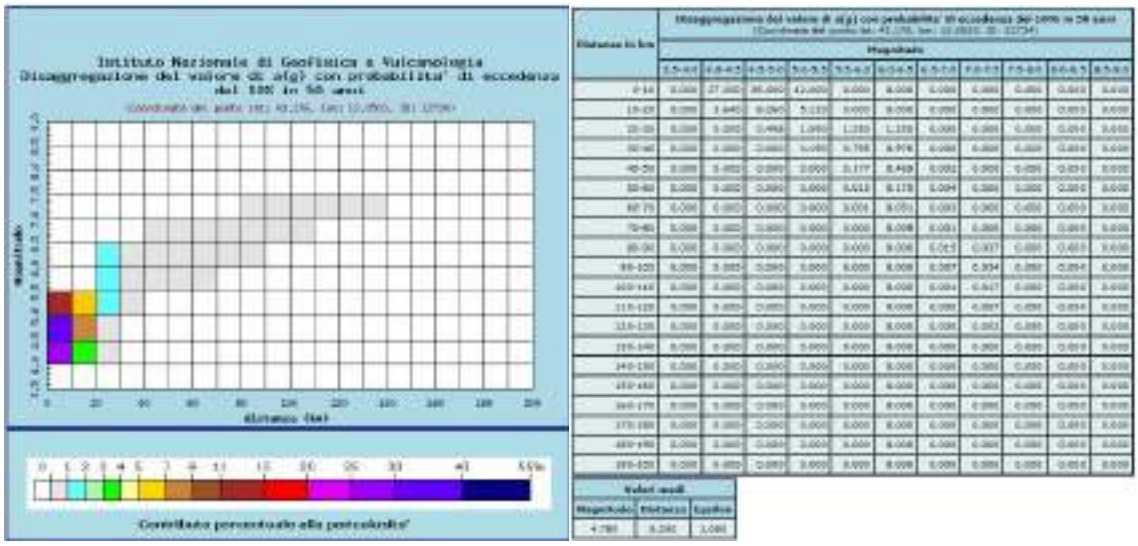
I valori dei parametri ag, F0 T*C del sito di costruzione con VR pari a 50 anni, per le prefissate probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento dell'azione sismica, calcolati con il software della ditta GEOSTRU "Parametri Sismici versione 1.4 (media ponderata)", secondo quanto definito nell'Allegato A alle NTC '08, risultano come da tabella sotto riportata.

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc^* [s]
Operatività (SLO)	30	0,055	2,526	0,262
Danno (SLD)	50	0,067	2,534	0,273
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,157	2,458	0,294
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,197	2,460	0,303
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

4.5.3 Scelta degli accellerogrammi

Il gruppo di n. 7 accellerogrammi (stato limite di riferimento SLV) sono stati ricavati mediante il programma REXEL (Iervolino, I., Galasso, C., Cosenza, E. - REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis. *Bulletin of Earthquake Engineering, 8:339-362, 2010* -DOI 10.1007/s10518-009-9146-1), utilizzando il database ITACA (Working Group ITACA (2008) - Data Base of the Italian strong motion data - *http://itaca.mi.ingv.it*).

La ricerca è stata effettuata sulla base dei dati ricavati dalla disaggregazione (Magnitudo-Distanza). Le combinazioni così ricavate sono state successivamente analizzate in maniera "critica" sulla base della spettro compatibilità, fattore di scalatura, meccanismo focale.



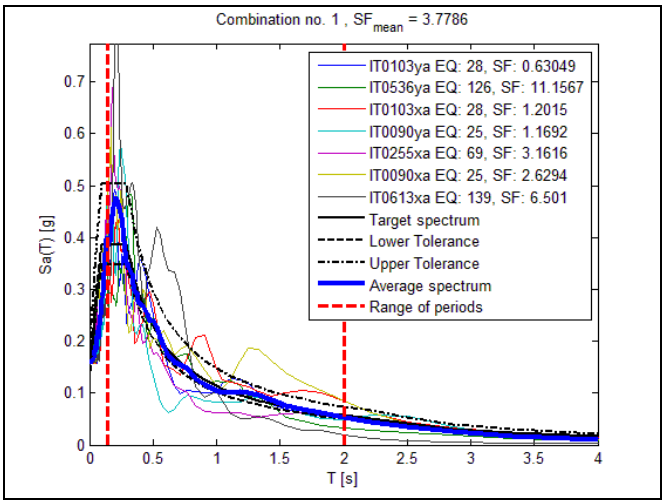
Disaggregazione

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

4.5.4 Accellerogrammi di imput

Vengono di seguito riportati i dati principali relativi agli accellerogrammi di imput utilizzati nella modellazione numerica.

SLV



Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]	PGA_X [m/s^2]	PGA_Y [m/s^2]	PGV_X [m/s]	PGV_Y [m/s]	ID_X	ID_Y	Np_X
103	28	SRC0	FRIULI EARTHQUAKE 4TH SHOCK	15/09/1976	5.9	Thrust	164.207	12.852	2.449	0.10752	0.20528	42.894	31.488	0.65334
536	126	FORC	APP. UMBRO-MARCHIGIANO	09/11/1997	4.5	Normal	130.914	0.14344	0.1384	0.0079079	0.0087898	78.703	7.325	0.60947
103	28	SRC0	FRIULI EARTHQUAKE 4TH SHOCK	15/09/1976	5.9	Thrust	164.207	12.852	2.449	0.10752	0.20528	42.894	31.488	0.65334
90	25	SRC0	FRIULI EARTHQUAKE 3RD SHOCK	15/09/1976	5.9	Thrust	168.908	0.58724	13.207	0.047931	0.077	7.281	5.398	0.87284
255	69	GBB	GUBBIO EARTHQUAKE	29/04/1984	5.6	Normal	167.602	0.48837	0.65775	0.029524	0.036684	108.546	104.893	0.65344
90	25	SRC0	FRIULI EARTHQUAKE 3RD SHOCK	15/09/1976	5.9	Thrust	168.908	0.58724	13.207	0.047931	0.077	7.281	5.398	0.87284
613	139	ZCC	LUNIGIANA	07/07/1999	4.7	Normal	10.087	0.23751	0.21144	0.016923	0.015284	116.952	145.962	0.6353
mean:					5,48571429		15,2230857	0,65915671	1,220981	0,05217984	0,08932997	7,65155714	7,07201429	0,70722231

4.5.5 Software e codice di calcolo utilizzato

La determinazione dello Spettro di Risposta di Sito è stato eseguita con il software “RSL III della ditta Geostru Software” che si avvale, in campo monodimensionale, del codice “Shake” per il calcolo della funzione di trasferimento dell’input dal bedrock sismico ai terreni del piano fondale.

4.5.6 SLV – Spettro elastico di sito (Componente orizzontale)

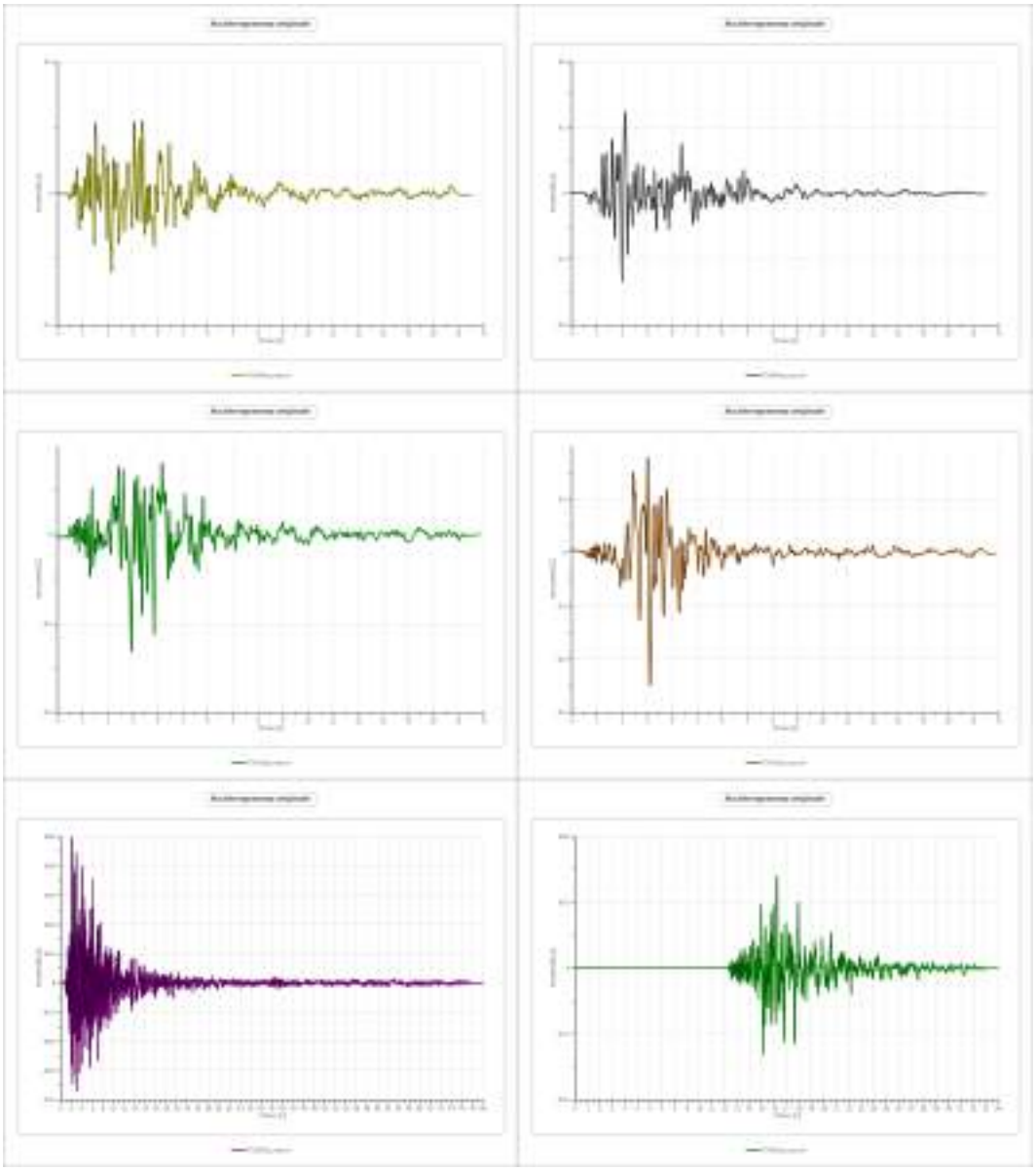
Elaborazione della Funzione di Trasferimento

Numero di iterazioni	8
Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima	0.5
Tipo di modulo elastico	Shake 91
Massimo errore percentuale di convergenza	6.69 E-02

Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA
Albo O.R.G.U. n. 112

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

Grafico accellerogrammi di imput



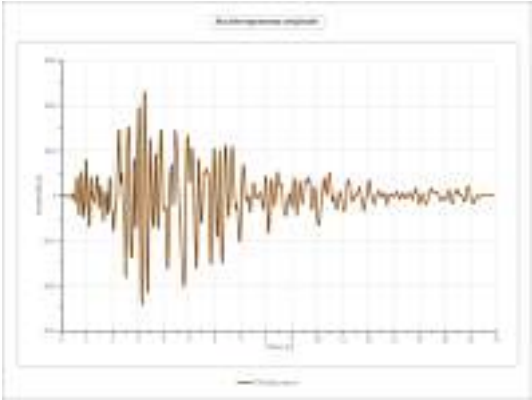
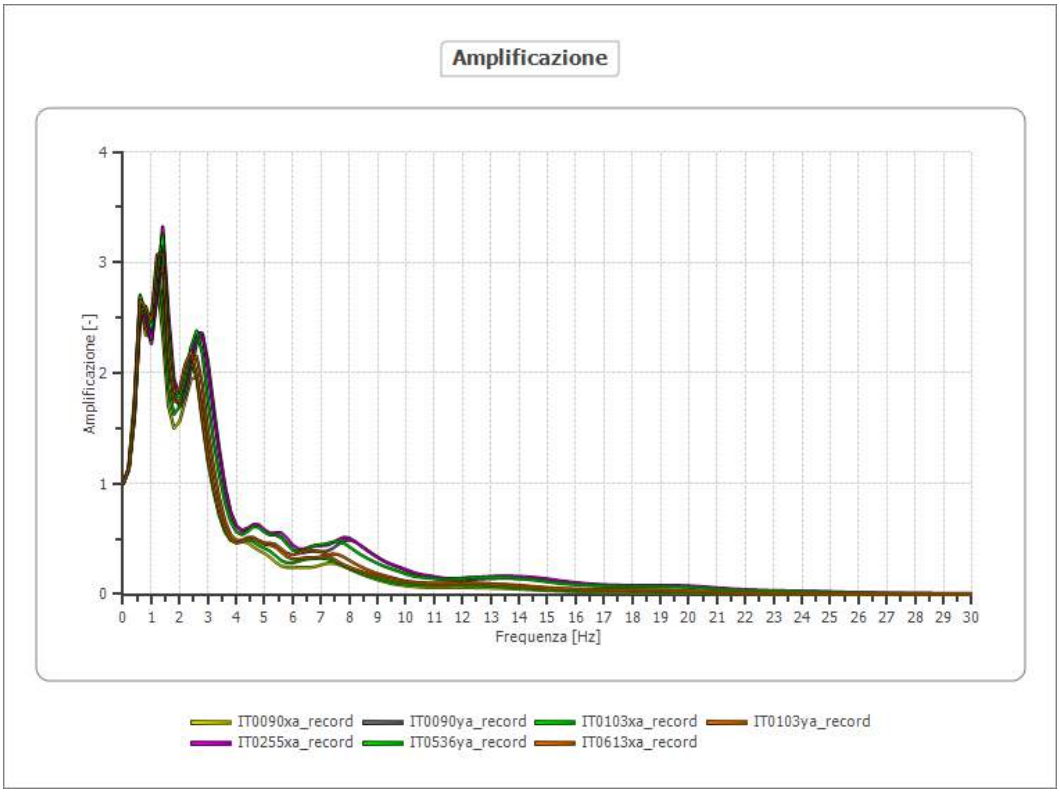


Grafico amplificazione

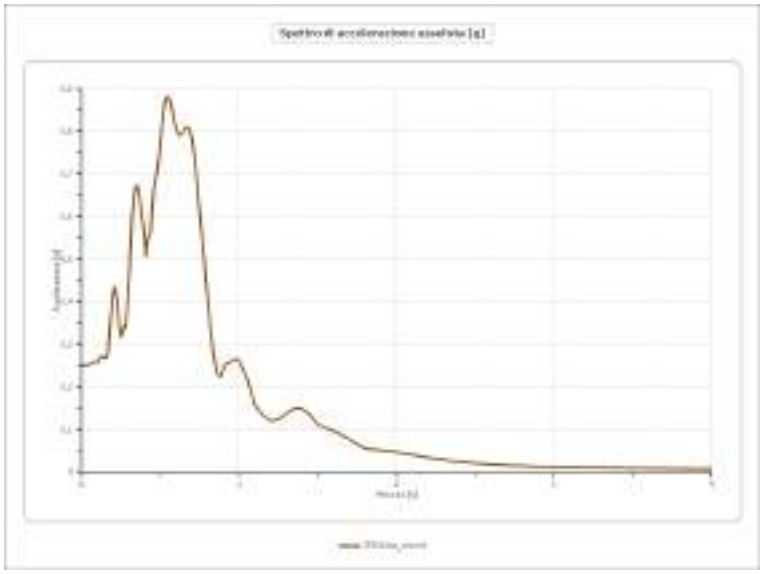


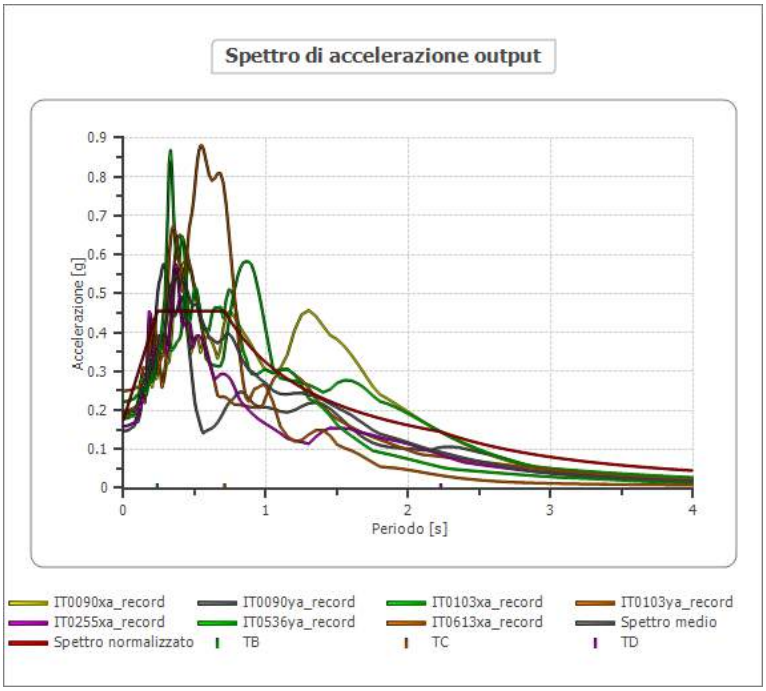
Fattori di amplificazione

Tai	0.210 [s]
Tvi	1.600 [s]
Tao	0.370 [s]
Tvo	1.350 [s]
Sami	3.974 [m/s²]
Svmi	0.217 [m/s]
Samo	4.463 [m/s²]

Svmo	0.504 [m/s]
Fa	**1.123 [-]**
Fv	**2.324 [-]**
TB	0.237 [s]
TC	0.710 [s]

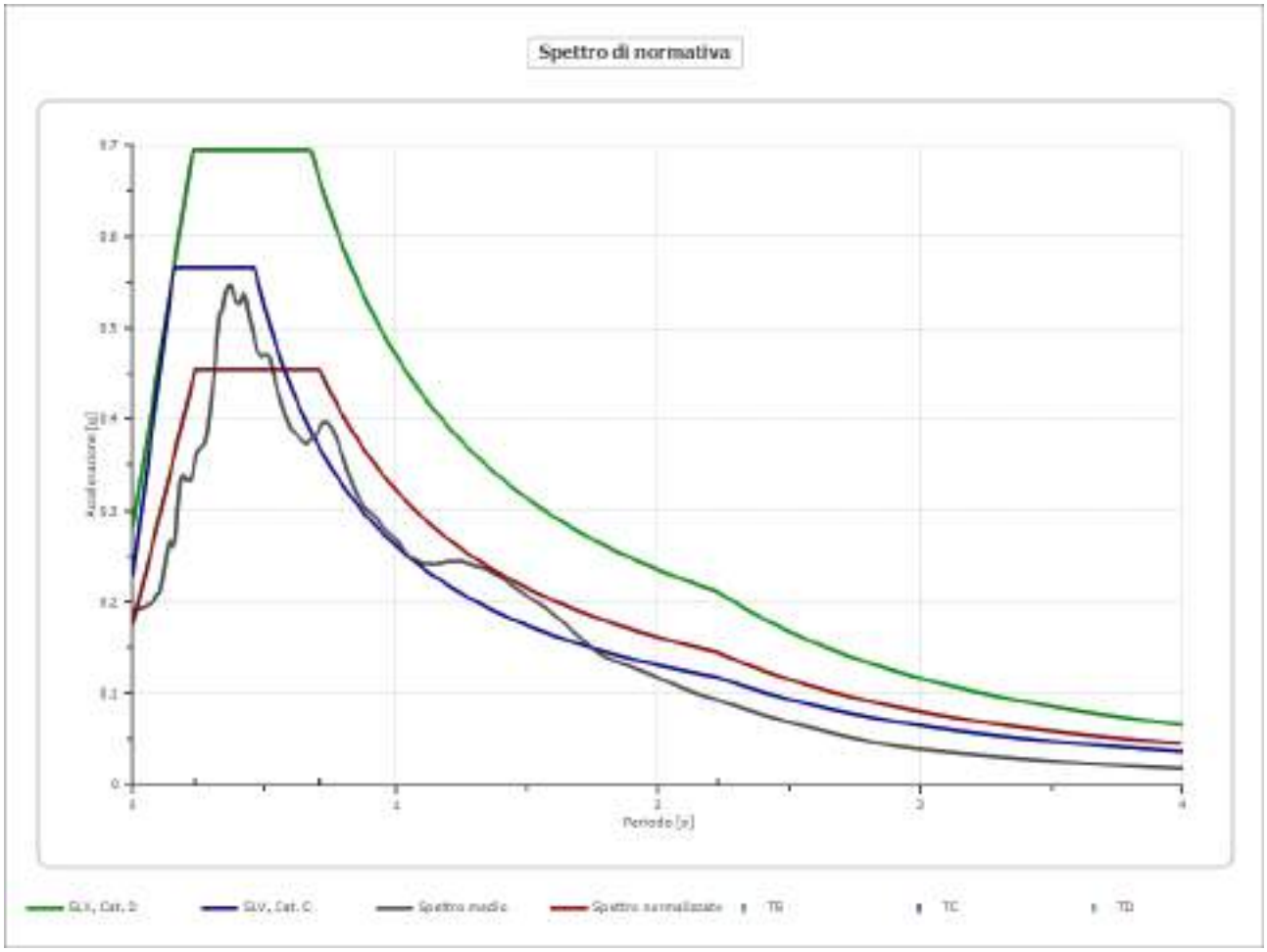
Spettro di risposta medio e normalizzato





Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

Confronto con spettri di Normativa Categoria C e D



4.6 MODELLAZIONE SPECIFICA - CONCLUSIONI

La modellazione specifica eseguita ha mostrato per l'area in esame un fattore di amplificazione pari a **Fa = 1.123**.

Lo spettro specifico ricavato mostra che ai fini dei calcoli strutturali, può essere utilizzato lo spettro di normativa relativo alla categoria stratigrafica "D", categoria topografica "T1".

4.7 LIQUEFAZIONE

La verifica a liquefazione viene omessa ai sensi delle NTC - ***§ 7.11.3.4.2*** – Punto 1: ***eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5***; dal grafico della Disaggregazione per il sito in esame si rileva infatti che $M_{med} = 4.78$.

5.0 MODELLAZIONE GEOTECNICA

5.1 INDAGINI GEOTECNICHE

5.1.1 Piano delle indagini in relazione agli obiettivi di progetto

Le indagini geotecniche eseguite hanno come obiettivo la ricostruzione dei parametri geotecnici dei singoli livelli litologici presenti.

A tale scopo sono stati elaborati i dati relativi alla prova penetrometrica statica.

5.2 SINTESI DELLE ANALISI CONDOTTE E VALUTAZIONE SULL'ATTENDIBILITÀ DEI RISULTATI

5.2.1 Considerazioni generali sull'affidabilità delle indagini

Le indagini eseguite hanno permesso di ricostruire con sufficiente precisione, le caratteristiche geotecniche dei livelli litologici principali presenti entro il volume significativo, con particolare riferimento ai terreni fondali.

5.2.2 Modello geotecnico di dettaglio

Tutti i parametri geotecnici ricavati dalla prova penetrometrica, sono stati elaborati statisticamente al fine di rilevare per ciascun livello il valore medio (Allegato 9)

5.2.3 Fondazioni – Prescrizioni

I dati ricavati mostrano che le opere fondali potranno essere realizzate mediante fondazioni dirette, appoggiate ad una profondità minima di incastro tale da superare gli spessori di terreno vegetale e di riporto evidenziati.

In conformità con il D.M. 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni" e Succ. Mod. ed Int., il calcolo della capacità portante e dei relativi cedimenti ***andrà definito nell'ambito della relazione geotecnica esecutiva a corredo del progetto strutturale***, secondo i vari approcci e combinazioni utilizzate e tenendo conto dei reali carichi agenti sulle fondazioni (al momento non conosciuti).

Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA
Albo O.R.G.U. n. 112

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

5.2.4 Fondazioni – Cedimenti fondali

Così come per la capacità portante, il calcolo dei cedimenti andrà centrato sulla base dei reali carichi agenti sulla fondazione ed in funzione delle varie combinazioni di carico.

6.0 CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI

6.2.1 Prescrizioni generali (§ 6.1.2; § 6.12; § 6.12.1)

I dati ricavati mostrano che le opere fondali potranno essere realizzate mediante fondazioni dirette, appoggiate ad una profondità minima di incastro tale da superare gli spessori di terreno vegetale e di riporto evidenziati.

6.2.2 Prescrizioni relative alla regimazione idrica superficiale

La regimazione idrica superficiale di progetto dovrà tenere conto di quello che l'attuale assetto morfologico del sito, con le acque superficiali che drenano in direzione Sud.

La presente relazione è stata redatta in base allo "*Standard minimo per la redazione della Relazione Geologica ai sensi delle NTC08*" adottato dall'Ordine Regionale dei Geologi dell'Umbria con **Delibera di Consiglio n. 37/11 del 11/07/2011**.

Torgiano, novembre 2014

Dr. Geol. Simone SFORNA

Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA
Albo O.R.G.U. n. 112

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

ALLEGATI

- Inquadramento cartografico e quadro di riferimento geomorfologico:

- Allegato 1: Estratto I.G.M.;
- Allegato 2: Estratto C.T.R. Scala 1:10.000;
- Allegato 3: Estratto C.T.R. Scala 1:5.000;
- Allegato 4: Planimetria catastale;
- Allegato 5: Planimetria generale con ubicazione delle indagini;

- Inquadramento stratigrafico e quadro di riferimento geologico e idrogeologico:

- Allegato 6: - Stratigrafia n. 1 sondaggio penetrometrico;

- Modello sismico

- Allegato 7: Indagine sismica MASW;
- Allegato 8: Indagine sismica HVSR;

- Modello geotecnico:

- Allegato 9: Elaborazione dati penetrometrici;

Allegato 1

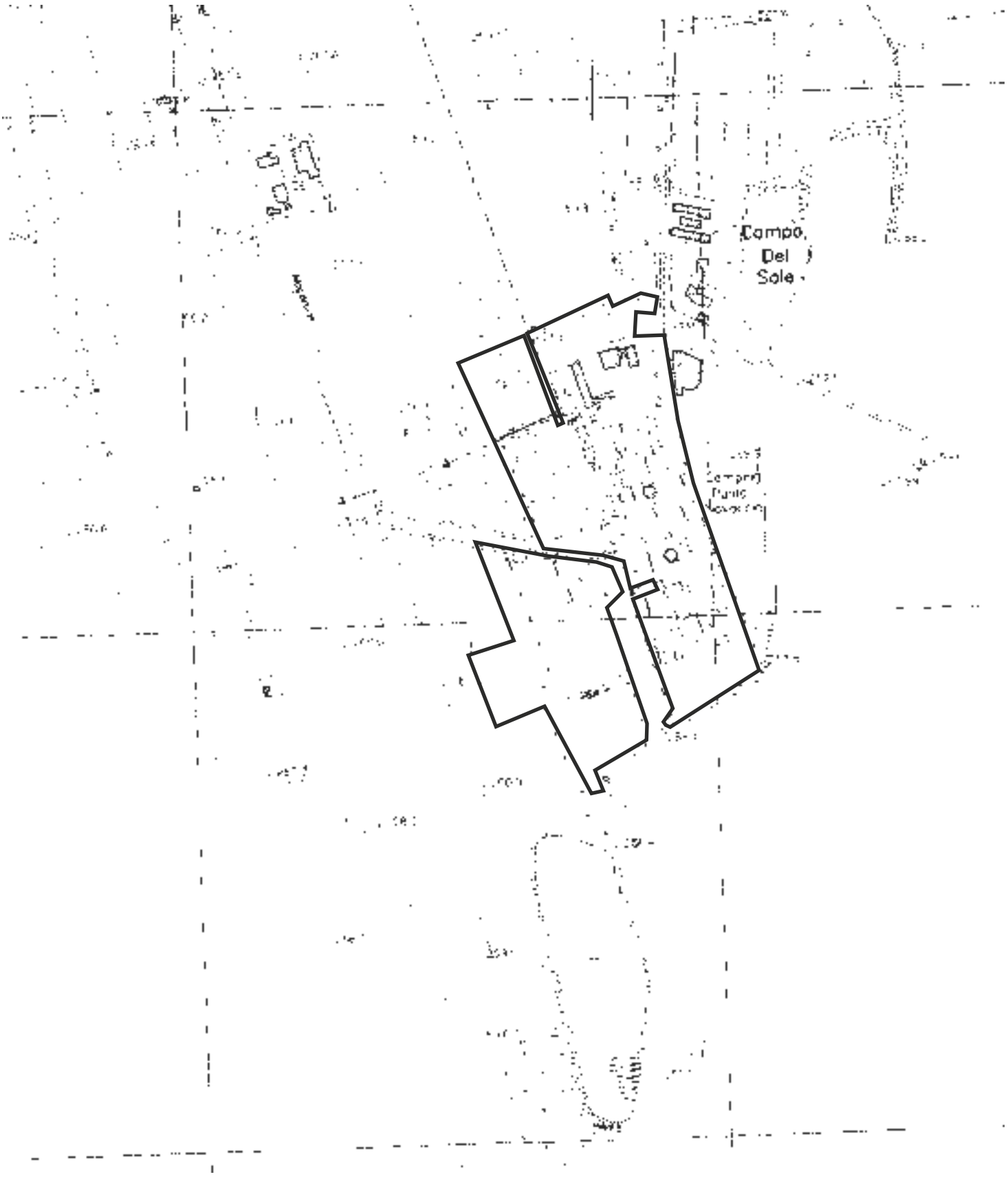
ESTRATTO I.G.M.
Scala 1:25.000

Allegato 2

ESTRATTO C.T.R.
Scala 1:10.000
(Da Regione Umbria - CTR OnWeb)

Allegato 3

ESTRATTO C.T.R.
Scala 1:5.000
(Da Regione Umbria - CTR OnWeb)



Allegato 4

PLANIMETRIA CATASTALE

Allegato 5

PLANIMETRIA DI PROGETTO
CON UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

LEGENDA

Stendimento MASW.

Stazione HVSR — Stazione sismica HVSR

CPT. 1 — Prova penetrometrica statica.

AREA NON OGGETTO D'INTERVENTO

Stendimento MASW

CPT. 1

Stazione HVSR

CA

A

B1

B2

B

100

100 metri da Isometrica 257,60 m slmm

Isometrica 257,60 m slmm

100 metri da Isometrica 257,60 m slmm

Isometrica 257,60 m slmm

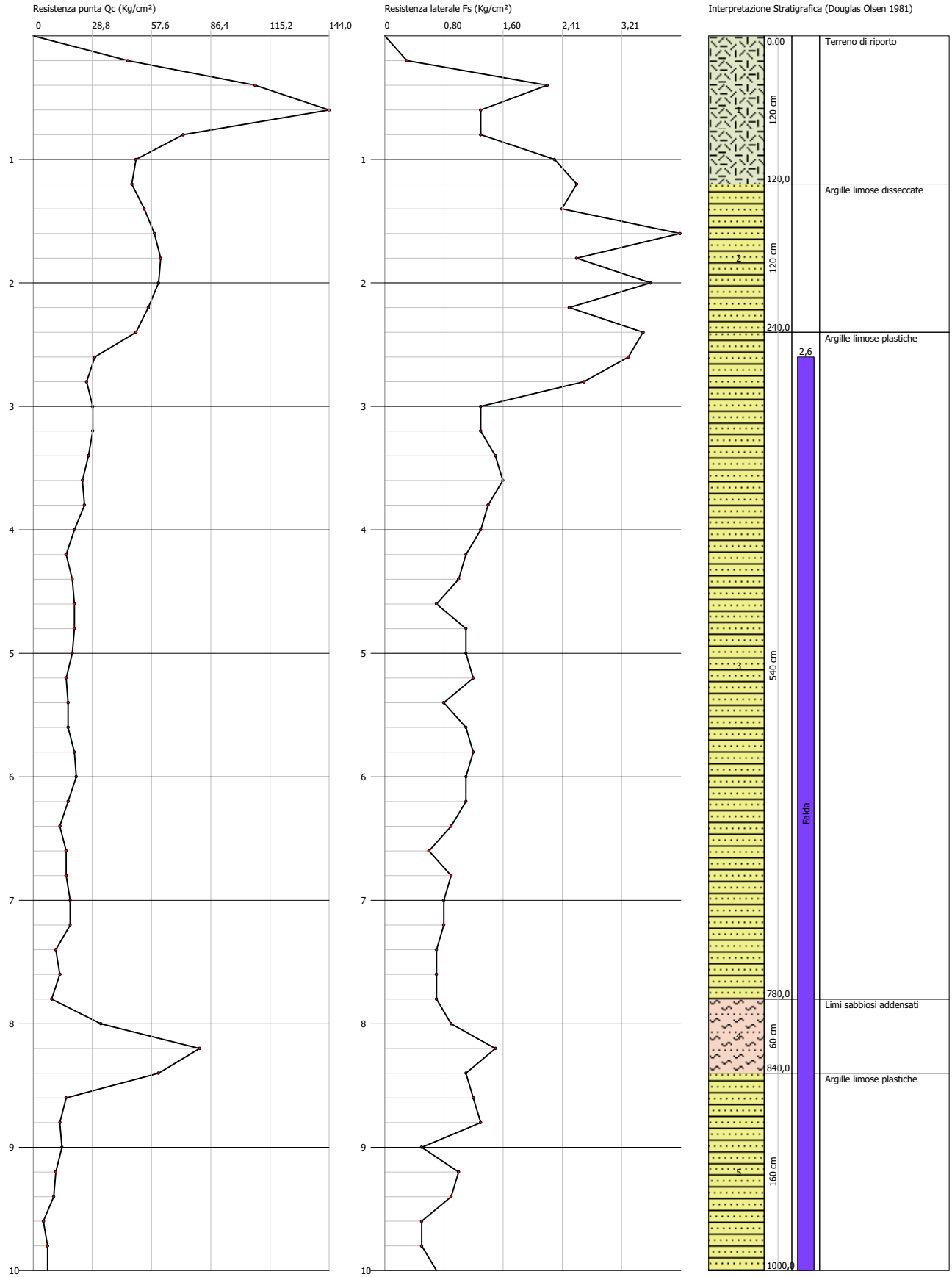
AREA NON OGGETTO D'INTERVENTO

Dr. Geol. Simone Sforna
Via Bastia. 2
06089 Torgiano (PG)

Probe CPT - Cone Penetration Nr.2
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Camping PUNTA NAVACCIA
Cantiere: Ampliamento
Località: Tuoro sul Trasimeno

Data: 02/10/2014



Studio di geologia

Dr. Geol. Simone SFORNA

Albo O.R.G.U. n. 112

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)

Cell. 347/3362235

E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

C.F. SFR SMN 64M05 L216A - P. IVA 01859390542

COMUNE DI TUORO SUL TRASIMENO

Progetto di ampliamento e riqualificazione ambientale del "Camping Punta Navaccia" tramite variante al PRG Vigente ai sensi del D.P.R. 447/98 e ss. mm. e ii. ed in base alle procedure sancite dall'art. 18, comma 5, L.R. n°11/05

CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO
DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

INDAGINE SISMICA MASW

PROPRIETA': Camping «PUNTA NAVACCIA» S.r.l.

novembre 2014 | Archivio

Dr. Geol. Simone SFORNA

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE UMBRIA
DOTT. GEOLOGO SFORNA SIMONE
ALBO 112

Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – "R"

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidezza.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidezza.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a

contatto con l’aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d’onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

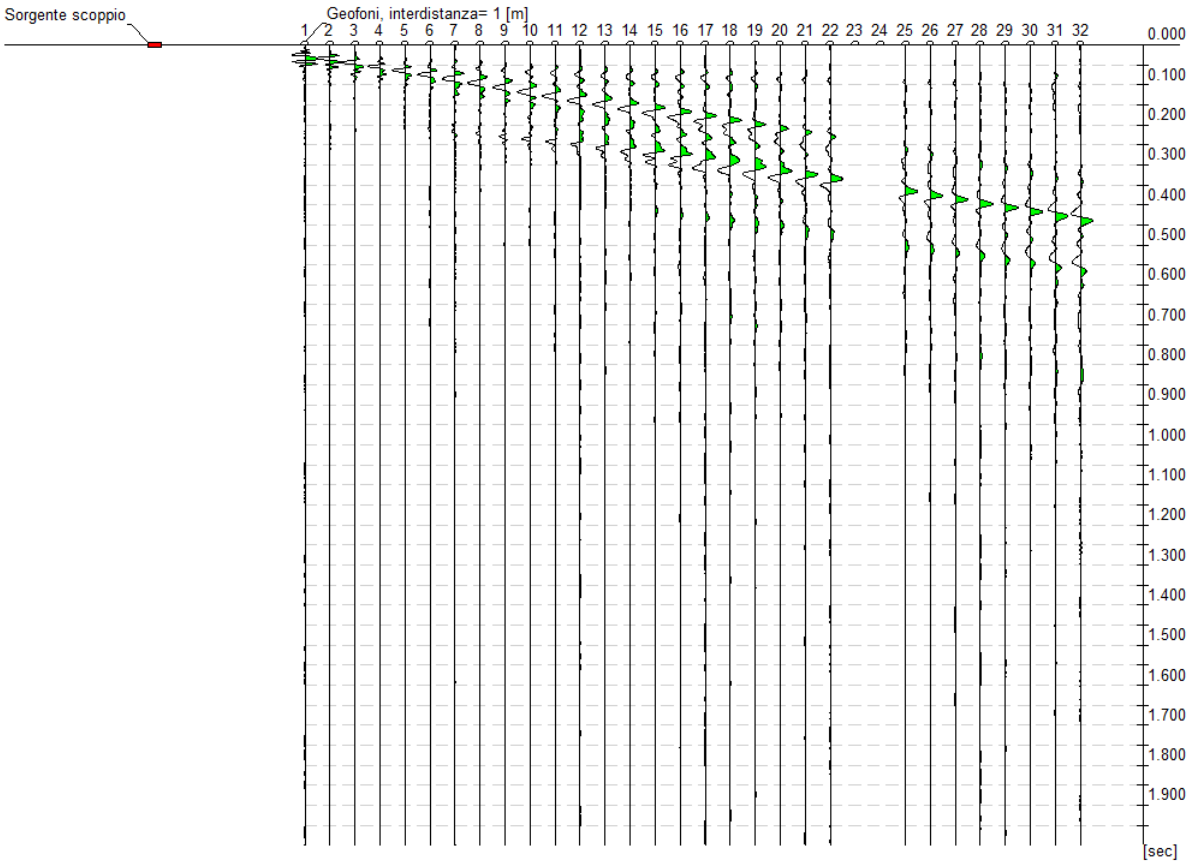
Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d’onda. Piccole lunghezze d’onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d’onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

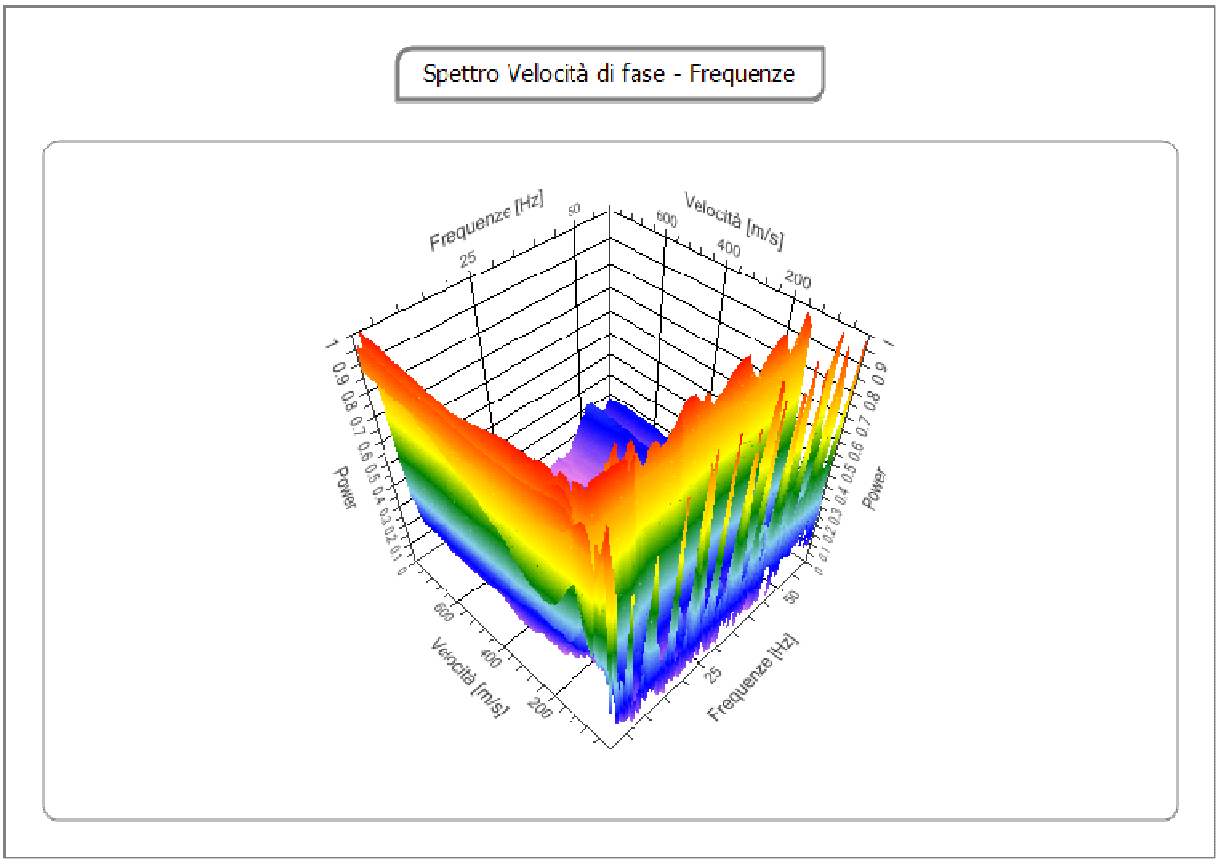
Tracce

N. tracce	32
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	1,50
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

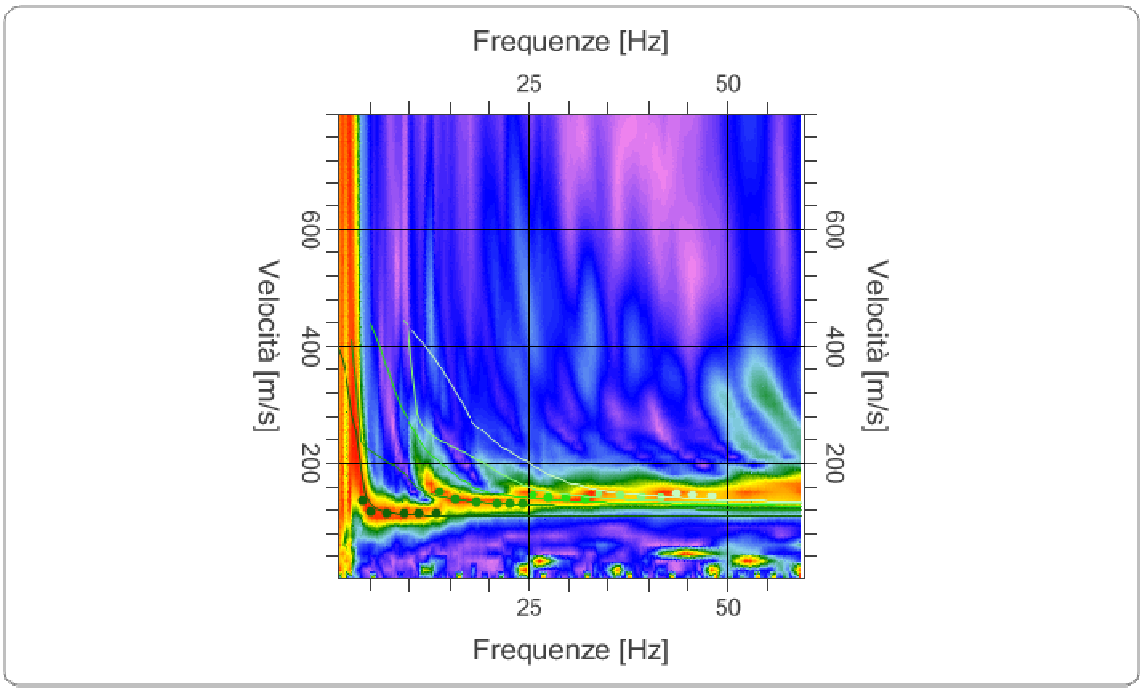
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	13.5	113.3	0
2	11.3	113.3	0
3	9.3	113.3	0
4	7.2	113.3	0
5	5.3	114.8	0
6	4.1	135.5	0
7	24.2	129.4	1
8	22.6	130.1	1
9	21.1	130.1	1
10	18.6	130.9	1
11	15.8	137.8	1
12	13.9	149.3	1
13	32.0	137.0	2
14	29.8	138.5	2
15	27.5	140.8	2
16	25.6	145.4	2
17	41.6	140.8	3
18	39.1	143.1	3
19	36.5	145.4	3
20	33.8	147.7	3
21	48.0	143.1	4
22	45.7	145.4	4
23	43.6	147.7	4

Spettro Velocità di fase - Frequenze

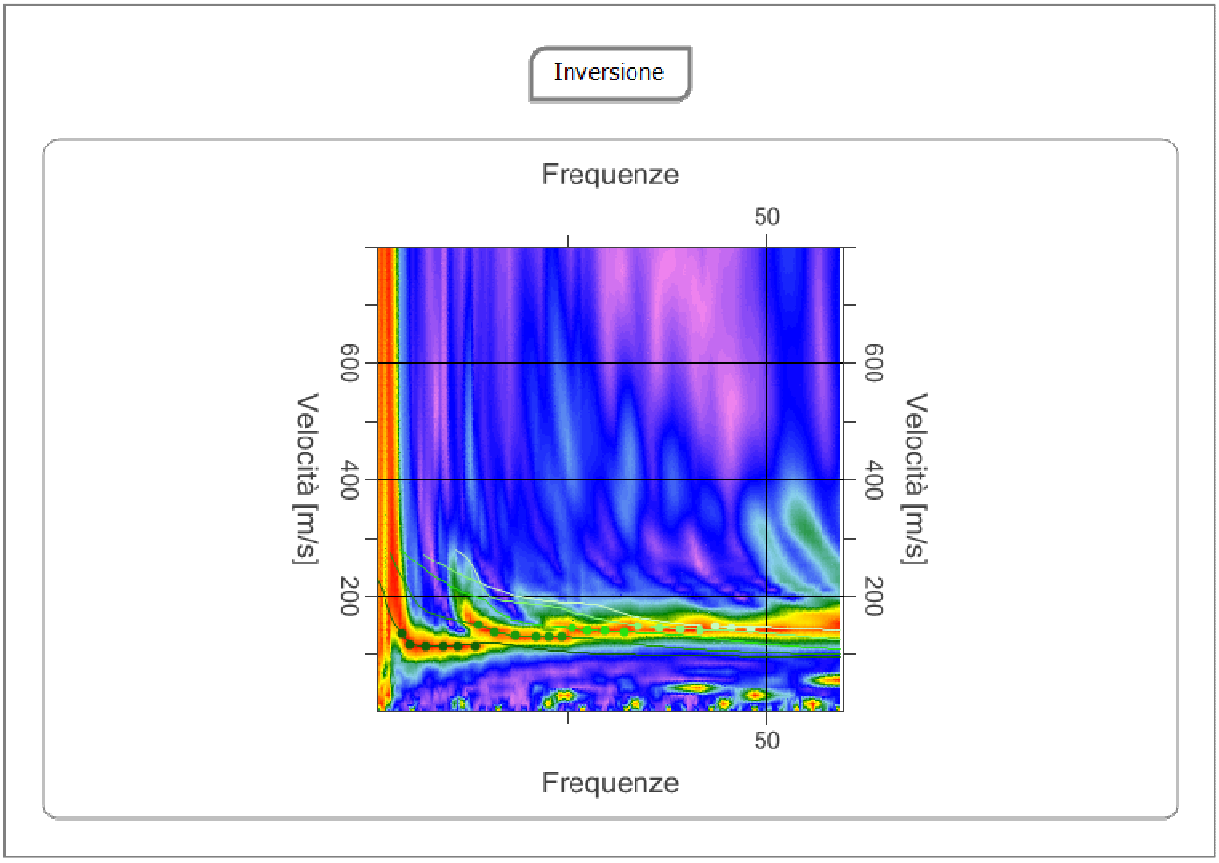


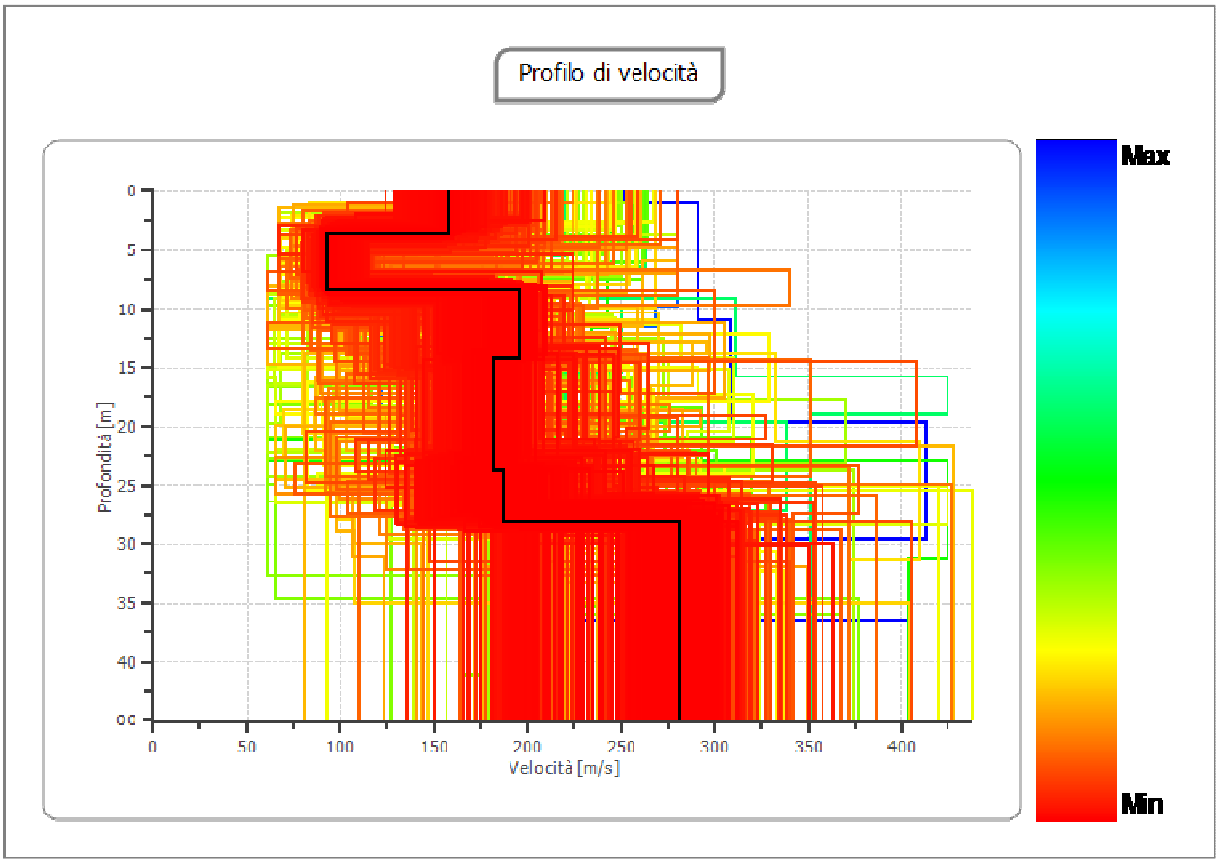
Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	3.57	3.57	1800.0	0.2	Si	257.8	157.8
2	8.39	4.82	1800.0	0.2	Si	152.2	93.2
3	14.18	5.78	1800.0	0.2	Si	320.4	196.2
4	23.75	9.57	1800.0	0.2	Si	296.2	181.4
5	28.14	4.40	1800.0	0.2	Si	305.1	186.8
6	oo	oo	1800.0	0.2	Si	458.6	280.8

Percentuale di errore 0.016 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.014



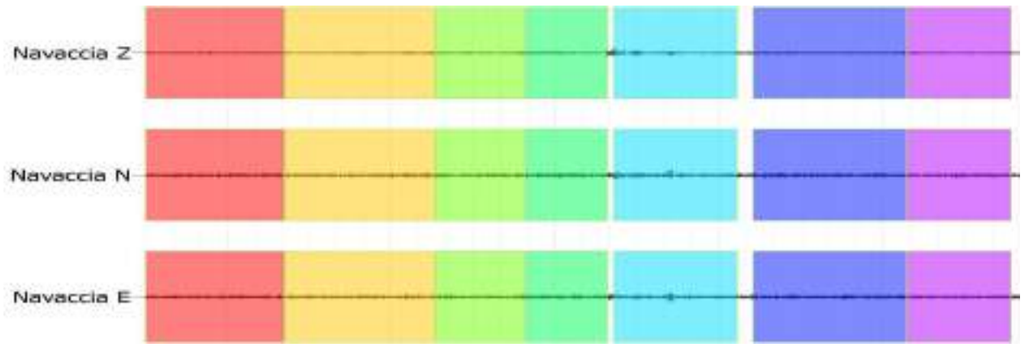


Risultati

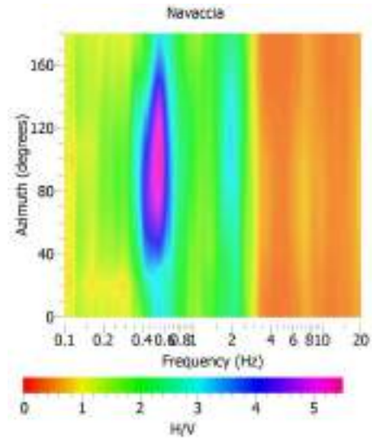
Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	160,64
Categoria del suolo	D

Suolo di tipo D: *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).*

Grafic file MT



H/V Rotate results



Sesame criteria

Windows count: 8
f0: 0.54545

Criterion 1
8 valid windows out of 8
Fulfillment: OK

Criterion 2
214.18 > 200
Fulfillment: OK

Criterion 3
Exceeded 0 times in 23
Fulfillment: OK

Criterion 4
0.36879 Hz
Fulfillment: OK

Criterion 5
0.77743 Hz
Fulfillment: OK

Criterion 6
5.21 > 2
Fulfillment: OK

Criterion 7
6.41% > 5%
Fulfillment: Fail

Criterion 8
0.00235 < 0.08032
Fulfillment: OK

Criterion 9
1.51642 < 2
Fulfillment: OK

Overall fulfillment: OK

Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA
Ibo O.R.G.U. n. 112
Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Cell. 347/3362235
E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

C.F. SFR SMN 64M05 L216A - P. IVA 01859390542

COMUNE DI TUORO SUL TRASIMENO

INDAGINE SISMICA HVSR

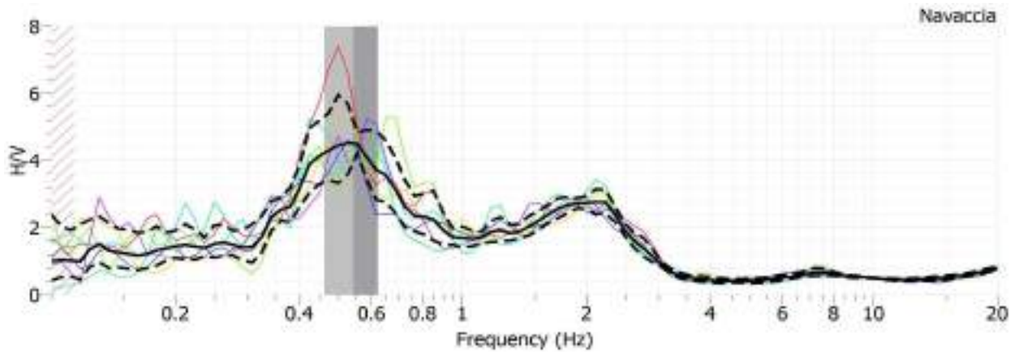
Progetto di ampliamento e riqualificazione ambientale del "Camping Punta Navaccia" tramite variante al PRG Vigente ai sensi del D.P.R. 447/98 e ss. mm. e ii. ed in base alle procedure sancite dall'art. 18, comma 5, L.R. n° 11/05

PROPRIETA': Camping «PUNTA NAVACCIA» S.r.l.

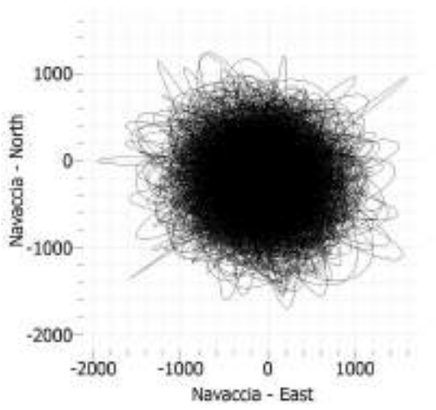
novembre 2014

Dr.Geol. Simone SFORNA

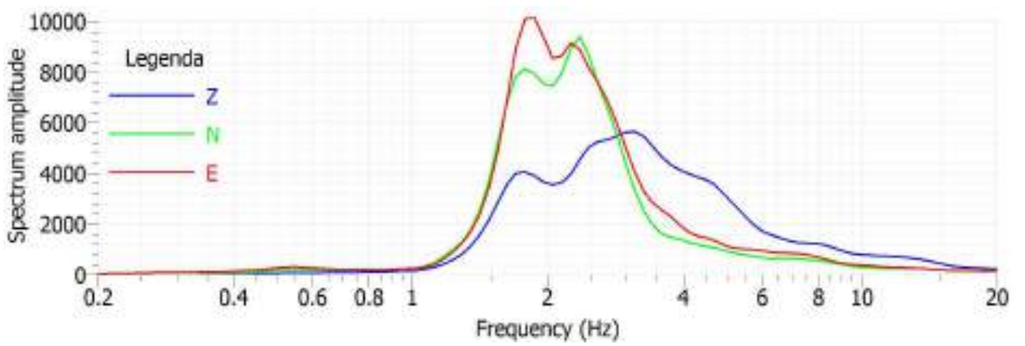
*f*o Grafic



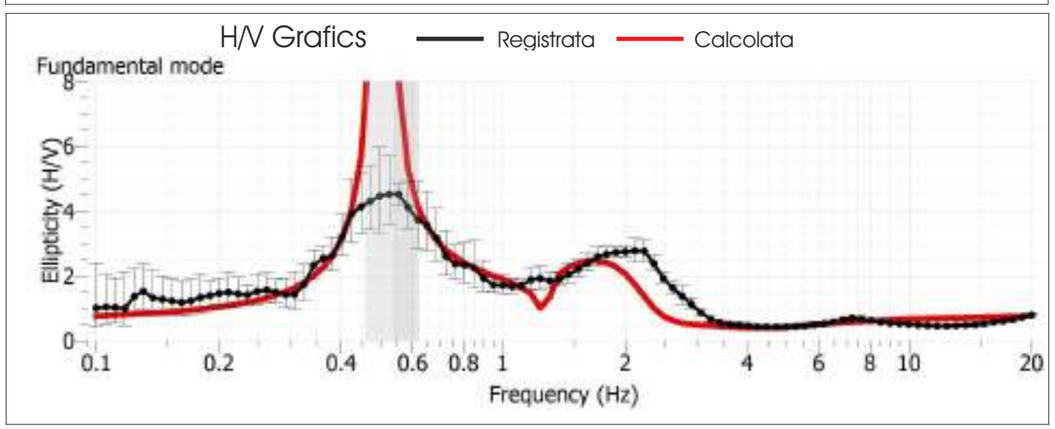
Horizontal particle motion



N - E - Z Spectrum Amplitude



H/V Grafics

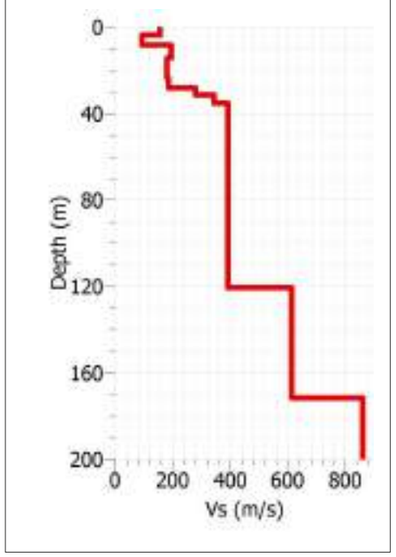


Documentazione fotografica

Vs_H Value

hi metri	Vi
3,570	157,80
4,820	93,20
5,790	196,20
9,570	181,40
4,390	186,40
3,390	280,00
3,610	355,00
84,860	395,00
52,000	613,00
172,00	
Vs	**342,56**

Vs Value



CALCOLO VSH Equ.

VsH (Velocità equivalente del Deposito)
m 172 - 342 m/s

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: Camping PUNTA NAVACCIA Cantiere: Ampliamento Località: Tuoro sul Trasimeno	

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

PROVA ... Nr.1

Committente: Camping Punta Navaccia
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 02/10/2014
Profondità prova: 10,00 mt
Località: Ravenna

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	107,0	1,5	71,3	1,4
0,40	0,00	0,0	107,0	1,5	71,3	1,4
0,60	0,00	0,0	111,0	1,1	100,9	1,0
0,80	0,00	0,0	65,0	3,1	21,0	4,8
1,00	0,00	0,0	51,0	1,3	39,2	2,5
1,20	0,00	0,0	33,0	1,9	17,4	5,8
1,40	0,00	0,0	50,0	1,9	26,3	3,8
1,60	0,00	0,0	19,0	2,5	7,6	13,2
1,80	0,00	0,0	16,0	1,7	9,4	10,6
2,00	0,00	0,0	13,0	1,0	13,0	7,7
2,20	0,00	0,0	14,0	1,0	14,0	7,1
2,40	0,00	0,0	17,0	0,9	18,9	5,3
2,60	0,00	0,0	15,0	1,1	13,6	7,3
2,80	0,00	0,0	17,0	1,2	14,2	7,1
3,00	0,00	0,0	19,0	1,1	17,3	5,8
3,20	0,00	0,0	19,0	1,5	12,7	7,9
3,40	0,00	0,0	11,0	1,4	7,9	12,7
3,60	0,00	0,0	12,0	0,9	13,3	7,5
3,80	0,00	0,0	13,0	0,9	14,4	6,9
4,00	0,00	0,0	18,0	1,3	13,8	7,2
4,20	0,00	0,0	19,0	1,5	12,7	7,9
4,40	0,00	0,0	18,0	1,5	12,0	8,3
4,60	0,00	0,0	18,0	1,5	12,0	8,3
4,80	0,00	0,0	23,0	1,5	15,3	6,5
5,00	0,00	0,0	16,0	1,7	9,4	10,6
5,20	0,00	0,0	16,0	1,4	11,4	8,8
5,40	0,00	0,0	21,0	1,2	17,5	5,7
5,60	0,00	0,0	15,0	1,5	10,0	10,0
5,80	0,00	0,0	17,0	1,4	12,1	8,2
6,00	0,00	0,0	17,0	1,7	10,0	10,0
6,20	0,00	0,0	14,0	1,3	10,8	9,3
6,40	0,00	0,0	10,0	1,2	8,3	12,0
6,60	0,00	0,0	14,0	0,8	17,5	5,7
6,80	0,00	0,0	11,0	0,6	18,3	5,5
7,00	0,00	0,0	7,0	0,6	11,7	8,6
7,20	0,00	0,0	7,0	0,5	14,0	7,1
7,40	0,00	0,0	9,0	0,5	18,0	5,6
7,60	0,00	0,0	26,0	0,7	37,1	2,7
7,80	0,00	0,0	15,0	1,0	15,0	6,7
8,00	0,00	0,0	18,0	0,2	90,0	1,1
8,20	0,00	0,0	8,0	0,8	10,0	10,0
8,40	0,00	0,0	11,0	0,7	15,7	6,4
8,60	0,00	0,0	11,0	1,1	10,0	10,0
8,80	0,00	0,0	12,0	0,8	15,0	6,7
9,00	0,00	0,0	7,0	0,7	10,0	10,0
9,20	0,00	0,0	6,0	0,5	12,0	8,3
9,40	0,00	0,0	5,0	0,5	10,0	10,0
9,60	0,00	0,0	9,0	0,6	15,0	6,7
9,80	0,00	0,0	7,0	0,6	11,7	8,6
10,00	0,00	0,0	8,0	0,5	16,0	6,3

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm²)	fs Media (Kg/cm²)	Gamma Medio (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,60	108,3	1,3	2,3	Incoerente-Coesivo	Terreno di riporto
1,40	49,8	2,0	2,1	Incoerente-Coesivo	Argille limose disseccate
7,60	15,5	1,2	2,0	Incoerente-Coesivo	Argille limose plastiche
8,00	16,5	0,6	2,0	Incoerente-Coesivo	Limi sabbiosi
10,00	8,4	0,7	2,0	Incoerente-Coesivo	Argille limose plastiche

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIV I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 1	0,60	108,3	1,3	0,1	0,1	De Beer	5,4
Strato 2	1,40	49,8	2,0	0,2	0,2	De Beer	2,5
Strato 3	7,60	15,5	1,2	0,9	0,7	De Beer	0,8
Strato 4	8,00	16,5	0,6	1,6	1,1	De Beer	0,8
Strato 5	10,00	8,4	0,7	1,8	1,2	De Beer	0,4

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato 1	0,60	108,3	1,3	0,1	0,1	Metodo generale del modulo Edometrico	216,6
Strato 2	1,40	49,8	2,0	0,2	0,2	Metodo generale del modulo Edometrico	99,6
Strato 3	7,60	15,5	1,2	0,9	0,7	Metodo generale del modulo Edometrico	48,3
Strato 4	8,00	16,5	0,6	1,6	1,1	Metodo generale del modulo Edometrico	47,7
Strato 5	10,00	8,4	0,7	1,8	1,2	Metodo generale del modulo Edometrico	39,6

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Eu (Kg/cm²)
Strato 1	0,60	108,3	1,3	0,1	0,1	Ladd ed Altri 1977 n=30	162,6
Strato 2	1,40	49,8	2,0	0,2	0,2	Ladd ed Altri	74,7

						1977 n=30	
Strato 3	7,60	15,5	1,2	0,9	0,7	Ladd ed Altri 1977 n=30	23,4
Strato 4	8,00	16,5	0,6	1,6	1,1	Ladd ed Altri 1977 n=30	24,6
Strato 5	10,00	8,4	0,7	1,8	1,2	Ladd ed Altri 1977 n=30	12,6

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	C	Crm
Strato 1	0,60	108,3	1,3	0,1	0,1	0,09406	0,01223
Strato 2	1,40	49,8	2,0	0,2	0,2	0,10578	0,01375
Strato 3	7,60	15,5	1,2	0,9	0,7	0,15281	0,01986
Strato 4	8,00	16,5	0,6	1,6	1,1	0,14761	0,01919
Strato 5	10,00	8,4	0,7	1,8	1,2	0,22533	0,02929

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	0,60	108,3	1,3	0,1	0,1	Harman	100,0
Strato 2	1,40	49,8	2,0	0,2	0,2	Harman	84,3
Strato 3	7,60	15,5	1,2	0,9	0,7	Harman	15,3
Strato 4	8,00	16,5	0,6	1,6	1,1	Harman	8,6
Strato 5	10,00	8,4	0,7	1,8	1,2	Harman	5,0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0,60	108,3	1,3	0,1	0,1	De Beer	40,9
Strato 2	1,40	49,8	2,0	0,2	0,2	De Beer	31,7
Strato 3	7,60	15,5	1,2	0,9	0,7	De Beer	20,4
Strato 4	8,00	16,5	0,6	1,6	1,1	De Beer	18,9
Strato 5	10,00	8,4	0,7	1,8	1,2	De Beer	15,2

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	0,60	108,3	1,3	0,1	0,1	Schmertmann	270,8
Strato 2	1,40	49,8	2,0	0,2	0,2	Schmertmann	124,5
Strato 3	7,60	15,5	1,2	0,9	0,7	Schmertmann	38,8
Strato 4	8,00	16,5	0,6	1,6	1,1	Schmertmann	41,3
Strato 5	10,00	8,4	0,7	1,8	1,2	Schmertmann	21,0

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	0,60	108,3	1,3	0,1	0,1	Imai & Tomauchi	490,1
Strato 2	1,40	49,8	2,0	0,2	0,2	Imai & Tomauchi	304,9
Strato 3	7,60	15,5	1,2	0,9	0,7	Imai &	149,4

						Tomauchi	
Strato 4	8,00	16,5	0,6	1,6	1,1	Imai & Tomauchi	155,3
Strato 5	10,00	8,4	0,7	1,8	1,2	Imai & Tomauchi	102,8

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ko
Strato 1	0,60	108,3	1,3	0,1	0,1	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 2	1,40	49,8	2,0	0,2	0,2	Kulhawy & Mayne (1990)	1,02
Strato 3	7,60	15,5	1,2	0,9	0,7	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 4	8,00	16,5	0,6	1,6	1,1	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 5	10,00	8,4	0,7	1,8	1,2	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	C	Crm
Strato 1	0,60	108,3	1,3	0,1	0,1	0,09406	0,01223
Strato 2	1,40	49,8	2,0	0,2	0,2	0,10578	0,01375
Strato 3	7,60	15,5	1,2	0,9	0,7	0,15281	0,01986
Strato 4	8,00	16,5	0,6	1,6	1,1	0,14761	0,01919
Strato 5	10,00	8,4	0,7	1,8	1,2	0,22533	0,02929

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	0,60	108,3	1,3	0,1	0,1	Meyerhof	1,9
Strato 2	1,40	49,8	2,0	0,2	0,2	Meyerhof	1,8
Strato 3	7,60	15,5	1,2	0,9	0,7	Meyerhof	1,8
Strato 4	8,00	16,5	0,6	1,6	1,1	Meyerhof	1,8
Strato 5	10,00	8,4	0,7	1,8	1,2	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	0,60	108,3	1,3	0,1	0,1	Meyerhof	2,2
Strato 2	1,40	49,8	2,0	0,2	0,2	Meyerhof	2,1
Strato 3	7,60	15,5	1,2	0,9	0,7	Meyerhof	2,1
Strato 4	8,00	16,5	0,6	1,6	1,1	Meyerhof	2,1
Strato 5	10,00	8,4	0,7	1,8	1,2	Meyerhof	2,1

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0,60	108,3	1,3	0,1	0,1	Piacentini-Righi 1988	9,70E-03
Strato 2	1,40	49,8	2,0	0,2	0,2	Piacentini-Righi 1988	2,18E-08
Strato 3	7,60	15,5	1,2	0,9	0,7	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 4	8,00	16,5	0,6	1,6	1,1	Piacentini-Righi 1988	5,73E-07
Strato 5	10,00	8,4	0,7	1,8	1,2	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11

Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA

Albo O.R.G.U. n. 112
Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)

Cell. 347 - 3362235
Fax: 075 - 9691456
E-mail: simonesforna@tiscali.it
simonesforna@libero.it
PEC: simonesforna@epap.sicurezzapostale.it

C.F. SFR SMN 64M05 L216A - P. IVA 01859390542

COMUNE DI TUORO SUL TRASIMENO

Progetto di ampliamento e riqualificazione ambientale del "Camping Punta Navaccia" tramite variante al PRG Vigente ai sensi del D.P.R. 447/98 e ss. mm. e ii. ed in base alle procedure sancite dall'art. 18, comma 5, L.R. n° 11/05

NOTA INTEGRATIVA RELATIVA ALLA
VERIFICA DI LIQUEFAZIONE IN FASE SISMICA DEL DEPOSITO

VERIFICA A LIQUEFAZIONE - IPL E RISCHIO

PROPRIETA': Camping «PUNTA NAVACCIA» S.r.l.

marzo 2017

Archivio

Dr. Geol. Simone SFORNA

Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA
Albo O.R.G.U. n. 112

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

1.0 PREMESSA

Su commissione del Camping "PUNTA NAVACCIA", e nell'ambito dello studio geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico finalizzato alla caratterizzazione geologica del sito e definizione della pericolosita' sismica di base per il progetto di "*Progetto di ampliamento e riqualificazione ambientale del "Camping Punta Navaccia" tramite variante al PRG Vigente ai sensi del D.P.R. 447/98 e ss. mm. e ii. ed in base alle procedure sancite dall'art. 18, comma 5, L.R. n° 11/05*", è stata redatta la presente **integrazione relativa alla verifica a liquefazione in fase sismica del deposito**.

L'area in esame risulta ubicata nel Comune di Tuoro sul Trasimeno.

2.0 VERIFICA A LIQUEFAZIONE

2.1 DATI DI IMPUT

La verifica a liquefazione del deposito, viene eseguita sulla base dei dati ricavati dalla prova penetrometrica statica, allegata al progetto principale.

Al fine di eseguire la verifica a liquefazione del deposito, di ricavare l'Indice del Potenziale di Liquefazione (IPL) ed il rischio di liquefazione (calcolati con il metodo di **Iwasaki et alii** - *1978; 1984*), i dati penetrometrici sono stati rielaborati su passo strumentale. Tale rielaborazione permette infatti di eseguire le verifiche tenendo conto delle caratteristiche litotecniche di tutto il deposito.

Si riporta di seguito il grafico relativo.

Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA
Albo O.R.G.U. n. 112

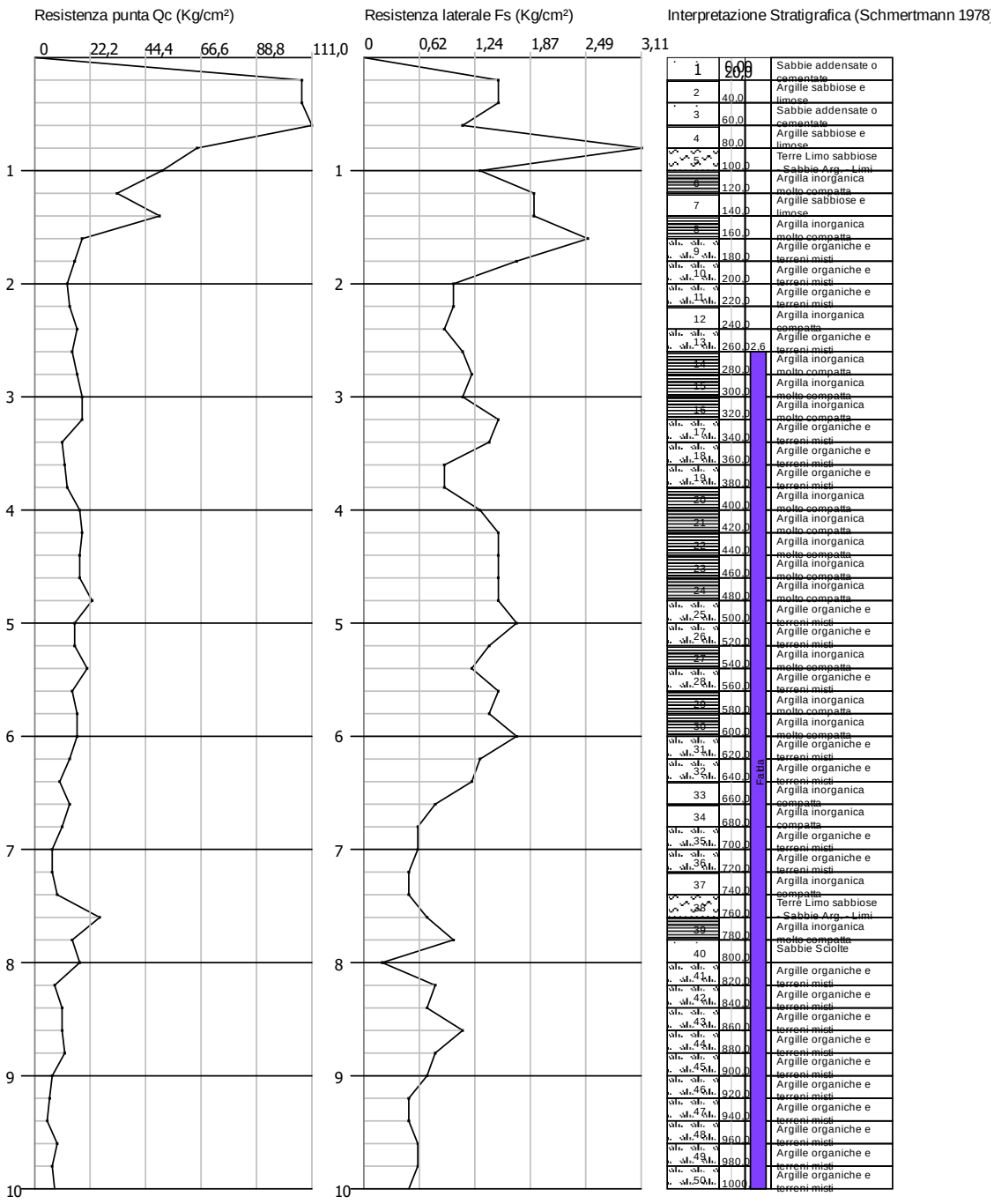
Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

Dr Geol. Simone Sforna
Via Bastia 2
06089 Torgiano (PG)

Probe CPT - Cone Penetration CPT1
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Camping Punta Navaccia
Cantiere: rielaborazione su passo strumentale
Località: Tuoro sul trasimeno

Data: 28/02/2017



Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA
Albo O.R.G.U. n. 112

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

2.2 METODO DI VERIFICA

La verifica è stata eseguita con il *'metodo di Robertson e Wride*', basato sui risultati di prove CPT *(Cone Penetration Test)* ed utilizza l'indice di comportamento per il tipo di suolo $\mathbf{I_C}$ che viene calcolato mediante l'utilizzo della seguente formula:

$$I_c = \left[(3{,}47 - \log_{10} Q)^2 + (\log_{10} R_f + 1{,}22)^2\right]^{0,5} \tag{5.0a}$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{Pa}\left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}}\right)^n \tag{5.0b}$$

$$R_f = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} 100 \tag{5.0c}$$

dove:

q_C è la resistenza alla punta misurata
Pa è la tensione di riferimento (1 atmosfera) nelle stesse unità di σ'_{vo}
f_S è l'attrito del manicotto
n è un'esponente che dipende dal tipo di suolo.

Inizialmente si assume n = 1, come per un suolo argilloso e si procede al calcolo di I_C con la (5.0a).

Se $I_C > 2{,}6$ il suolo è probabilmente di tipo argilloso e l'analisi si ferma. Il terreno non si considera a rischio di liquefazione.

Se $I_C \leq 2{,}6$, vuol dire che l'ipotesi assunta è errata, il suolo è di natura granulare, Q verrà ricalcolato utilizzando la (5.0a) usando come esponente n= 0,5.

Se è ancora $I_C \leq 2{,}6$, significa che l'ipotesi è giusta e il suolo è probabilmente non plastico e granulare.

Se invece $I_C > 2{,}6$, vuol dire che l'ipotesi è di nuovo errata e il suolo è probabilmente limoso. Q deve essere nuovamente ricalcolato dalla (2.8b) ponendo n=0,75.

Calcolato I_C, si procede con la correzione della resistenza alla punta misurata q_C mediante la seguente espressione:

$$q_{c1N} = \frac{q_c}{Pa}\left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}}\right)^n \tag{5.1}$$

Dove l'esponente di sforzo **n** è lo stesso utilizzato nel calcolo di I_C.

La correzione alla resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine viene determinata dalla seguente procedura:

Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA
Albo O.R.G.U. n. 112

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

Robertson e Wride classico

$$(q_{c1N})_{cs} = K_c \, q_{c1N} \tag{5.2a}$$

$$K_c = -0{,}403 I_c^4 + 5{,}581 I_c^3 - 21{,}63 I_c^2 + 33{,}75 I_c - 17{,}88 \tag{5.2b}$$

Robertson e Wride modificato

$$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N} \tag{5.3a}$$

$$\Delta q_{c1N} = \frac{K_c}{1 - K_c} q_{c1N} \tag{5.3b}$$

dove K_C dipende dal contenuto di fine, FC (%):

$K_C = 0$ per $FC \leq 5$

$K_C = 0{,}0267(FC - 5)$ per $5 < FC \leq 35$

$K_C = 0{,}8$ per $FC > 35$

FC (%) viene calcolato mediante l'espressione seguente:

$$FC\,(\%) = 1{,}75 (I_C)^{3{,}25} - 3{,}7 \tag{5.4}$$

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 (**$CRR_{7,5}$**) si calcola con le espressioni seguenti:

se $(q_{c1N})_{cs} < 50$

$$CRR = 0{,}833 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0{,}05 \tag{5.5}$$

se $50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$

$$CRR = 93 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0{,}08 \tag{5.6}$$

Il Rapporto di Tensione Ciclica per eventi sismici di magnitudo 7,5 (**$CSR_{7,5}$**) si determina dalla seguente espressione:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = CSR_{7,5} = 0{,}65 \frac{a_g}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} r_d \tag{5.7}$$

Per magnitudo diverse occorre introdurre il fattore correttivo **MSF** *(Magnitudo Scaling Factor)* come raccomandato dal **NCEER** (vedi Tabella 1)

Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA
Albo O.R.G.U. n. 112

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

$$CSR = \frac{CSR_{7,5}}{MSF} \tag{5.8}$$

Tabella 1- *Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori*

Magnitudo	**Seed H.B. & Idriss I.M.** ***(1982)***	**Ambraseys N.N** ***(1988).***	**NCEER (Seed R. B. et alii)** ***(1997; 2003)***
5,5	1,43	2,86	2,21
6,0	1,32	2,20	1,77
6,5	1,19	1,69	1,44
7,0	1,08	1,30	1,19
7,5	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,84
8,5	0,89	0,44	0,73

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo $\mathbf{r_d}$ vengono utilizzate le formule raccomandate da un gruppo di esperti del **NCEER** *(National Center for Earthquake Engineering Research)*:

per $z < 9{,}15$ m

$$r_d = 1{,}0 - 0{,}00765z \tag{5.9}$$

per $9{,}15 \leq z < 23$ m

$$r_d = 1{,}174 - 0{,}00267z \tag{5.10}$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione **FS** viene determinato dalla relazione:

$$FS = \frac{CRR}{CSR} \tag{5.11}$$

mentre **l'indice e il rischio di liquefazione** vengono calcolati con il metodo di **Iwasaki et alii** *(1978; 1984)*.

Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA
Albo O.R.G.U. n. 112

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

2.2 RISULTATI DELLA VERIFICA

2.2.1 Dati Generali di imput

FALDA

Profondità falda idrica	2,6	m
Coefficiente di Poisson	0,25	

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock	0,157	

Tipo Suolo: D-Terreni granulari sciolti e poco addensati, coesivi consistenti Vs30<180
Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i<=15°

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS)	1,123	
Coefficiente amplificazione topografica (ST)	1	
Magnitudo momento sismico (Mw)	6,44	
Distanza epicentro	20	Km
Peak ground acceleration (PGA)	0,176311	

N.B.: i dati sismici di imput sono ricavati (PGA) sono ricavati dalla Modellazione specifica riportata nella relazione principale.

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unià volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Sabbie addensate o cementate	0	0,2	22,11	22,9	10493	147
2	Argille sabbiose e limose	0,2	0,4	22,11	22,9	10493	10297,01
3	Sabbie addensate o cementate	0,4	0,6	22,17	22,95	10885	108
4	Argille sabbiose e limose	0,6	0,8	21,29	22,07	6374	304
5	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	0,8	1	20,88	21,67	5001	127
6	Argilla inorganica molto compatta	1	1,2	20,16	20,95	3236	186
7	Argille sabbiose e limose	1,2	1,4	20,85	21,63	4903	186
8	Argilla inorganica molto compatta	1,4	1,6	19,24	20,02	1863	245
9	Argille organiche e terreni misti	1,6	1,8	18,94	19,73	1569	167
10	Argille organiche e terreni misti	1,8	2	18,59	19,37	1275	98
11	Argille organiche e terreni misti	2	2,2	18,71	19,49	1373	98
12	Argilla inorganica compatta	2,2	2,4	19,03	19,82	1667	88
13	Argille organiche e terreni misti	2,4	2,6	18,82	19,6	1471	108
14	Argilla inorganica molto compatta	2,6	2,8	19,03	19,81	1667	118
15	Argilla inorganica molto compatta	2,8	3	19,21	20	1863	108
16	Argilla inorganica molto compatta	3	3,2	19,21	20	1863	147
17	Argille organiche e terreni	3,2	3,4	18,27	19,06	1079	137

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

	misti						
18	Argille organiche e terreni misti	3,4	3,6	18,42	19,21	1177	88
19	Argille organiche e terreni misti	3,6	3,8	18,56	19,34	1275	88
20	Argilla inorganica molto compatta	3,8	4	19,11	19,9	1765	127
21	Argilla inorganica molto compatta	4	4,2	19,21	19,99	1863	147
22	Argilla inorganica molto compatta	4,2	4,4	19,11	19,9	1765	147
23	Argilla inorganica molto compatta	4,4	4,6	19,11	19,89	1765	147
24	Argilla inorganica molto compatta	4,6	4,8	19,53	20,31	2256	147
25	Argille organiche e terreni misti	4,8	5	18,9	19,69	1569	167
26	Argille organiche e terreni misti	5	5,2	18,9	19,69	1569	137
27	Argilla inorganica molto compatta	5,2	5,4	19,37	20,15	2059	118
28	Argille organiche e terreni misti	5,4	5,6	18,78	19,57	1471	147
29	Argilla inorganica molto compatta	5,6	5,8	19	19,78	1667	137
30	Argilla inorganica molto compatta	5,8	6	19	19,78	1667	167
31	Argille organiche e terreni misti	6	6,2	18,66	19,44	1373	127
32	Argille organiche e terreni misti	6,2	6,4	18,06	18,84	981	118
33	Argilla inorganica compatta	6,4	6,6	18,65	19,44	1373	78
34	Argilla inorganica compatta	6,6	6,8	18,22	19,01	1079	59
35	Argille organiche e terreni misti	6,8	7	17,38	18,17	686	59
36	Argille organiche e terreni misti	7	7,2	17,38	18,17	686	49
37	Argilla inorganica compatta	7,2	7,4	17,85	18,63	883	49
38	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	7,4	7,6	19,72	20,5	2550	69
39	Argilla inorganica molto compatta	7,6	7,8	18,76	19,55	1471	98
40	Sabbie Sciolte	7,8	8	19,08	19,86	1765	20
41	Argille organiche e terreni misti	8	8,2	17,61	18,4	785	78
42	Argille organiche e terreni misti	8,2	8,4	18,2	18,98	1079	69
43	Argille organiche e terreni misti	8,4	8,6	18,2	18,98	1079	108
44	Argille organiche e terreni misti	8,6	8,8	18,35	19,14	1177	78
45	Argille organiche e terreni misti	8,8	9	17,34	18,12	686	69
46	Argille organiche e terreni misti	9	9,2	17,03	17,81	588	49
47	Argille organiche e terreni misti	9,2	9,4	16,64	17,43	490	49
48	Argille organiche e terreni misti	9,4	9,6	17,81	18,6	883	59
49	Argille organiche e terreni misti	9,6	9,8	17,32	18,11	686	59
50	Argille organiche e terreni misti	9,8	10	17,58	18,36	785	49

Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA
Albo O.R.G.U. n. 112

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

2.2.2 Risultati tabulati della verifica

Correzione per la magnitudo (MSF) 1,48

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
2,80	56,542	54,581	29,506	7,327	2,889	1,7	158,501	0,979	0,450	0,079	5,723	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,00	60,542	56,619	31,835	5,992	2,804	1,7	152,473	0,977	0,410	0,081	5,052	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,20	64,542	58,658	30,660	8,174	2,912	1,7	184,299	0,976	0,662	0,083	7,948	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,40	68,354	60,509	16,703	13,556	3,253	1,652655	178,495	0,974	0,609	0,085	7,130	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,60	72,196	62,389	17,708	7,965	3,072	1,602838	142,979	0,972	0,352	0,087	4,028	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3,80	76,064	64,296	18,647	7,340	3,031	1,555306	140,726	0,971	0,339	0,089	3,805	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,00	80,044	66,315	25,408	7,537	2,943	1,507961	163,257	0,969	0,485	0,091	5,337	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,20	84,042	68,351	26,027	8,263	2,965	1,463029	173,300	0,968	0,564	0,092	6,107	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,40	88,022	70,370	23,831	8,766	3,010	1,421059	171,849	0,966	0,552	0,094	5,884	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,60	92,000	72,387	23,112	8,787	3,020	1,381469	169,826	0,965	0,536	0,095	5,627	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4,80	96,062	74,487	28,997	6,806	2,871	1,342509	164,266	0,963	0,492	0,096	5,105	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,00	100,000	76,464	19,212	11,368	3,156	1,307804	177,442	0,962	0,600	0,098	6,142	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,20	103,938	78,441	18,677	9,351	3,104	1,274848	159,522	0,960	0,458	0,099	4,633	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,40	107,968	80,509	24,234	6,048	2,891	1,242091	143,417	0,959	0,354	0,100	3,551	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,60	111,882	82,462	16,482	10,816	3,187	1,212679	161,776	0,957	0,474	0,101	4,700	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5,80	115,838	84,457	18,366	8,832	3,092	1,184038	154,391	0,956	0,422	0,102	4,151	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,00	119,794	86,451	17,897	10,794	3,161	1,156719	168,113	0,954	0,522	0,103	5,086	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,20	123,682	88,378	14,136	10,166	3,216	1,13150	147,132	0,953	0,376	0,103	3,636	Terreno non	0	Molto

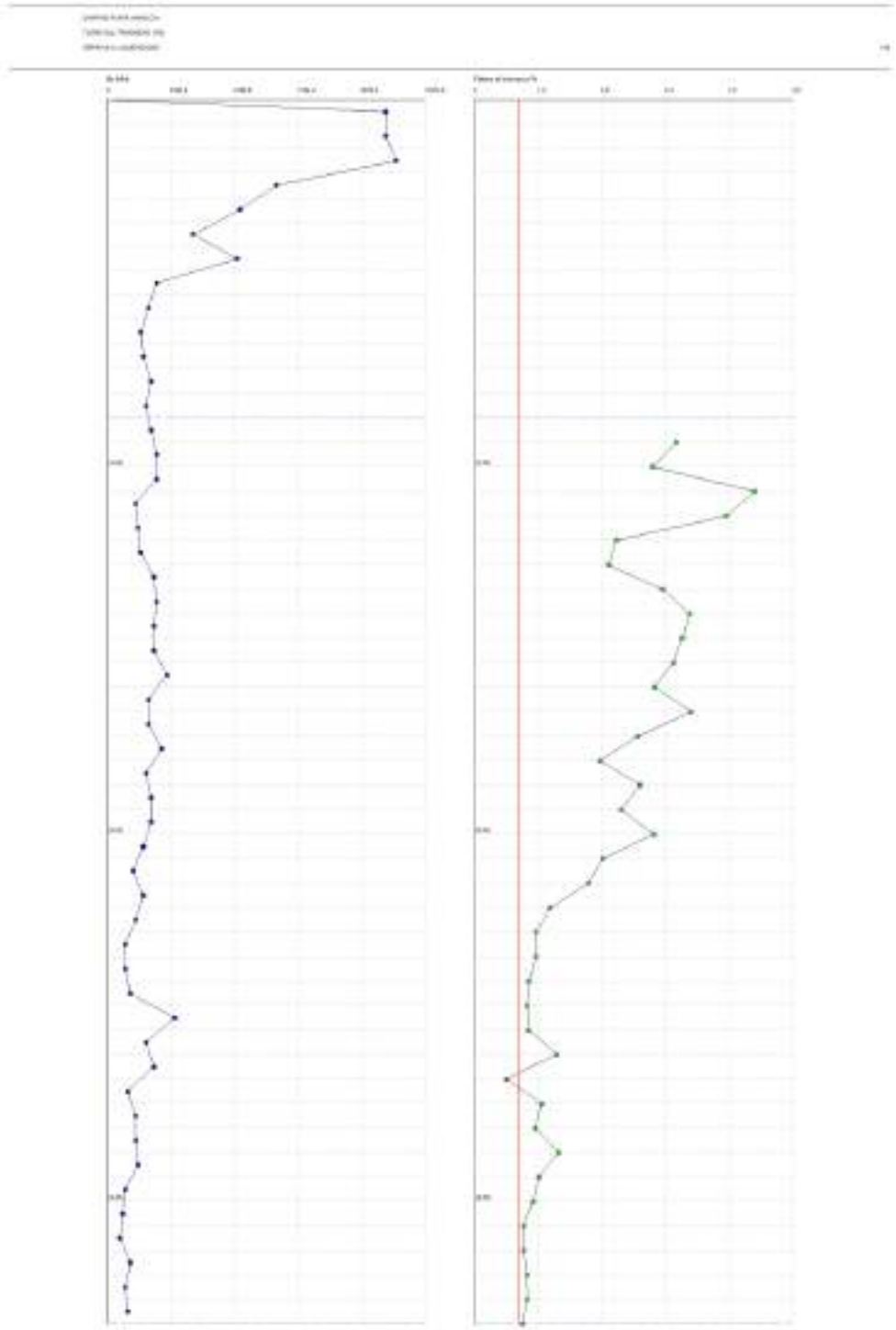
						3						suscettibile di liquefazione		basso
6,40	127,450	90,185	9,464	13,825	3,434	1,108835	140,429	0,951	0,338	0,104	3,236	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,60	131,338	92,111	13,480	6,282	3,090	1,085642	116,343	0,950	0,226	0,105	2,155	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6,80	135,140	93,952	10,046	6,251	3,187	1,064372	104,110	0,948	0,185	0,106	1,748	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,00	138,774	95,625	5,723	10,782	3,526	1,045754	104,499	0,946	0,186	0,107	1,746	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,20	142,408	97,297	5,587	9,014	3,485	1,027776	97,378	0,945	0,166	0,107	1,545	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,40	146,134	99,062	7,438	6,650	3,305	1,009468	96,255	0,943	0,163	0,108	1,509	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,60	150,234	101,201	23,713	2,875	2,685	0,988135	97,902	0,942	0,167	0,109	1,541	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7,80	154,144	103,149	12,766	7,442	3,156	0,969467 5	123,442	0,940	0,255	0,109	2,337	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,00	**158,116**	**105,160**	**15,280**	**1,245**	**2,637**	**0,950931 1**	**59,783**	**0,939**	**0,100**	**0,110**	**0,912**	**Terreno suscettibile di liquefazione**	**5,66**	**Alto**
8,20	161,796	106,879	5,831	12,516	3,561	0,935639 7	111,941	0,937	0,210	0,110	1,911	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,40	165,592	108,713	8,402	7,554	3,299	0,919849 8	106,187	0,936	0,191	0,111	1,730	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,60	169,388	110,548	8,228	11,873	3,434	0,904583 6	125,988	0,934	0,266	0,111	2,394	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8,80	173,216	112,415	8,929	7,771	3,286	0,889562 8	110,018	0,933	0,204	0,112	1,828	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,00	176,840	114,077	4,463	13,552	3,672	0,876597 5	105,021	0,931	0,188	0,112	1,676	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,20	180,402	115,678	3,524	12,022	3,719	0,864467 9	93,837	0,928	0,157	0,112	1,396	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,40	183,888	117,203	2,612	16,007	3,899	0,853222 2	94,255	0,923	0,158	0,112	1,405	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,60	187,608	118,961	5,846	8,484	3,453	0,840608 5	98,304	0,918	0,168	0,112	1,499	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9,80	191,230	120,622	4,102	11,925	3,666	0,829035 3	98,517	0,912	0,169	0,112	1,505	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10,00	194,902	122,333	4,824	8,304	3,513	0,817442 4	91,946	0,907	0,152	0,112	1,358	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

IPL (Sonmez)=0,07 Zcrit=10 m Rischio=Basso

Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA
Albo O.R.G.U. n. 112

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

2.2.2 Risultati grafici della verifica



Studio di geologia
Dr. Geol. Simone SFORNA
Albo O.R.G.U. n. 112

Via Bastia, 2 - 06080 Brufa di Torgiano (PG)
Tel. 075/9889301 - Cell. 347/3362235 - E-mail: simonesforna@tiscalinet.it

3.0 CONCLUSIONI

La verifica a liquefazione del deposito, eseguita sulla base dei dati ricavati dalla prova penetrometrica statica, allegata al progetto principale, esclude per il deposito in esame rischio di liquefazione in fase sismica (IPL (Sonmez)=0,07 - Rischio=Basso).

Tuoro, marzo 2017

Dr. Geol. Simone Sforna