

**COMUNE DI BENEVENTO
REGIONE CAMPANIA**

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

P.U.A. "THE CRESCENT HOUSE"

COMMITTENTE:

SO.CO.GEN. SRL

APRILE

2018



Studio Tecnico di Geologia Applicata

**Dott. geologo Tommaso FUSCO
C/da Cuffiano N°1 – MORCONE (BN) -
Tel. 3384564305**



INDICE

I - PREMESSA

II - INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

III - CARATTERISTICHE LITOLOGICHE

IV - GEOMORFOLOGIA E STABILITA'

V - CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

VI - CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

VII - CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO

VIII - CONCLUSIONI

I - PREMESSA

Il progetto in discussione prevede l'esecuzione di un P.U.A. (Piano Urbanistico Attuativo) denominato "THE CRESCENT HOUSE".

L'area oggetto della proposta progettuale ed economica è ubicata in zona urbana a ridosso del Centro Storico della Città in località Santa Maria degli Angeli attestata su via F. De Sanctis e via E. Montale e ricadente su area B2 del vigente PRG e ricadente nella perimetrazione aree di intervento articolo 7 comma 2 della L.R. 19/2009 e L.R. 01/2011 approvata dall'Amministrazione con Delibera di Consiglio Comunale n°12 del 25/02/2010.

Lo scrivente, per ottemperare all'incarico ricevuto, ha innanzitutto eseguito un rilevamento di superficie onde individuare i caratteri geolitologici, idrogeologici, geomorfologici e di stabilità dell'area oggetto di studio.

Dopo di che, per la determinazione delle caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche, oltre a far riferimento alle indagini già condotte nell'area in studio ed in quelle contermini, sono state realizzate le seguenti prove in sito ed in laboratorio:

INDAGINI PREGRESSE EFFETTUATE A CORREDO DELLA PRIMA PRESENTAZIONE DEL PUA NELL'ANNO 2011

- N°3 sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità massima di 20.00 m. dal p.c.;
- N°3 prove eseguite in foro S.P.T.;

Le indagini in sito sono state eseguite dalla impresa MARYGEO s.a.s. di Iadanza Elvira con sede in Campoli M.T. alla via S. Nicola Vecchio 10.

INDAGINI ESEGUITE NELL'ANNO 2018

- N°1 sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 30.00 m. dal p.c.;
- N°2 prove geotecniche di laboratorio su campioni indisturbati;
- N°1 prova sismica del tipo MASW.

Il sondaggio a carotaggio continuo e le prove in laboratorio sono state eseguite dalla impresa GEO-TECNICA srl con sede in Benevento alla località Ponte Valentino. (Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti - Concessione n°99 del 19/03/2018 D.P.R. n°380/2001 - art.59 - Laboratorio Prove su Terre e Rocce); la prova sismica del tipo MASW è stata eseguita dallo scrivente.

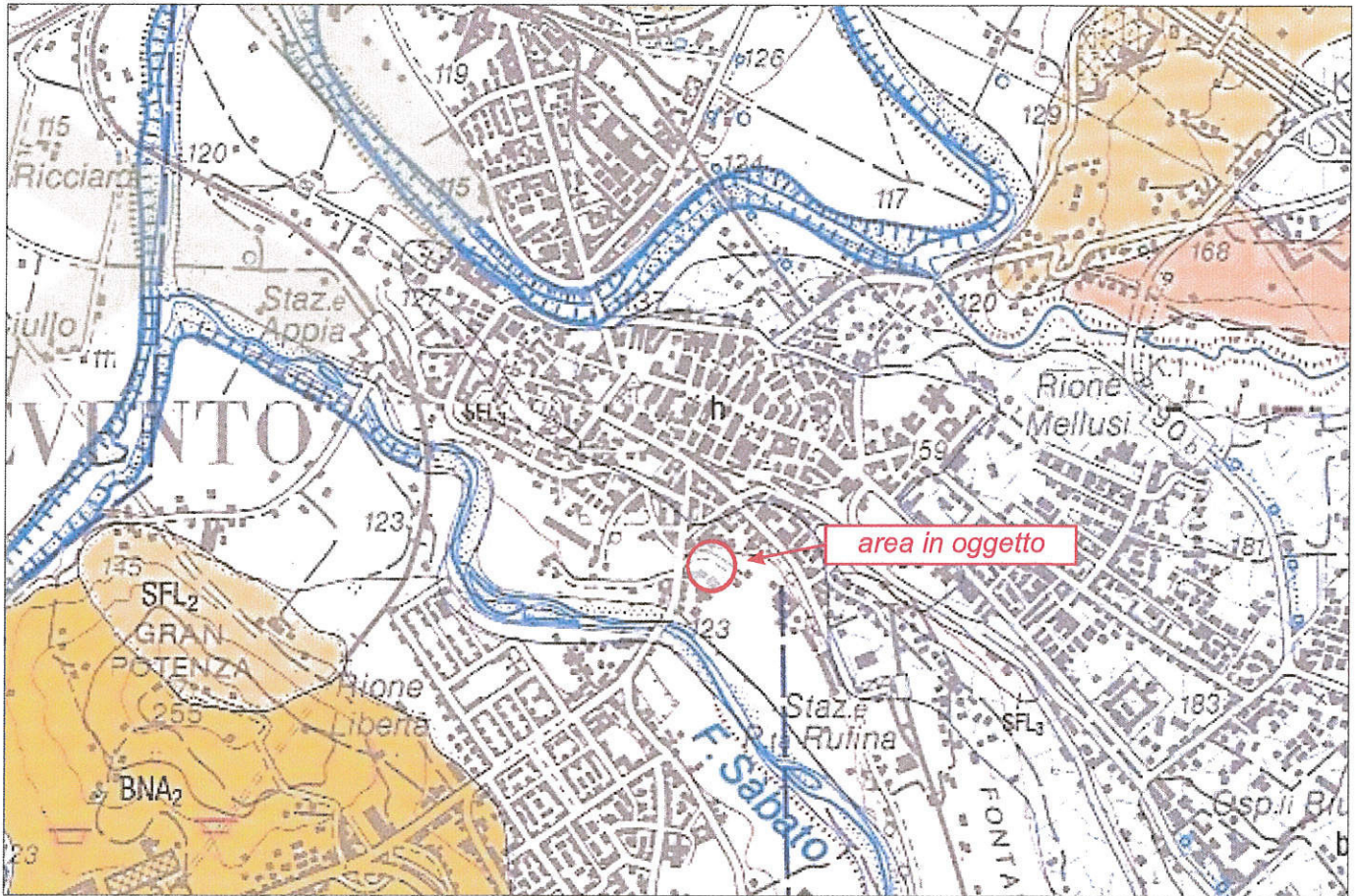
Infine, sono state realizzate le seguenti carte tematiche:

- Carta geolitologica (scala 1: 5.000);
- N°2 sezioni geotecniche;
- Carta della stabilità (scala 1: 5.000);
- Carta idrogeologica (scala 1: 5.000);
- Carta della microzone omogenee in prospettiva sismica (scala 1: 5.000);
- Planimetria con ubicazione punti di indagine (scala 1: 5.000).

Le carte tematiche sono state redatte utilizzando anche alcuni sondaggi presenti nel PUC.

Lo studio è stato condotto nel rispetto degli art. 11, 12 e 14 della L. R. n°9 del 7 gennaio 1983 e del D.M. del 17 gennaio 2018.

Stralcio Carta Geologica d'Italia: F. 432 Benevento



- Depositi alluvionali recenti e attuali.** Ghiaie, sabbie e peliti in lenti di dimensioni variabili, di accumulo recente e attuale, ancora soggetti a rielaborazione fluviale (b). *OLOCENE*
- Depositi eluvio-colluviali.** Sedimenti detritici costituiti da clasti eterometrici con matrice prevalentemente pelitica; depositi sabbioso-limosi bruni pedogenizzati, derivanti dall'alterazione dei Prodotti piroclastici sciolti, talora con lenti detritiche (b₂). *OLOCENE*
- Terreni di riporto e di risulta di Benevento.** Depositi eterogenei ed eterometrici (h).
- SUBSISTEMA DEL F. UFITA**
SFL₄ Ghiaia e ghiaie sabbiose eterometriche, poligeniche, con intercalazioni lenticolari di sabbie e limi con ciottoli e di peliti (SFL₄). Spessore: da alcuni metri a qualche decina di metri. *PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE*
- SUBSISTEMA DI BENEVENTO**
SFL₃ Ghiaie e ghiaie sabbiose eterometriche, poligeniche. Depositi fluviali e lacustri antichi (SFL₃). spessore: da alcuni metri a qualche decina di metri. *PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE*
- SUBSISTEMA DI CAPODIMONTE**
SFL₂ Ghiaie, conglomerati, ghiaie sabbiose eterometriche, poligeniche, molto addensate, con intercalazioni lenticolari di sabbie e peliti. Alluvioni antiche terrazzate, in più ordini, fino a 70-80m sull'alveo attuale. Spessore: da alcuni metri a qualche decina di metri (SFL₂). *PLEISTOCENE MEDIO*

II - INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

L'Appennino Meridionale è il risultato delle numerose fasi tettoniche che si sono succedute dal Mesozoico al Pliocene e che hanno deformato i vari domini paleogeografici.

A riguardo del numero dei suddetti paleodomini e della loro evoluzione sono stati proposti più modelli geologici, che in alcuni casi si discostano molto tra loro.

A partire dagli anni '60 si sono succedute diverse ipotesi fino ad arrivare ai modelli più accettati, che di seguito vengono esposti.

Selli (1962) propone uno schema che comprende quattro grandi unità strutturali: Retroterra Tirrenico, Catena Paleoautoctona, Avanfossa e Avampaese.

Egli considera la successione carbonatica della Catena paleoautoctona, mentre la porzione orientale dell'Avanfossa e dell'Avampaese autoctoni.

Poiché le serie carbonatiche della catena sono uguali alle serie dell'Avampaese, viene ipotizzata l'esistenza di un substrato che deformato da fenomeni tettonici ha dato luogo ad un'Avanfossa, nell'ambito della quale sono state registrate fasi di subsidenza, stasi e sollevamento.

Nella parte occidentale dell'Avanfossa vengono riconosciute cinque gruppi di falde gravitative di provenienza tirrenica che si accavallano verso l'area pugliese contemporaneamente alla sedimentazione terrigena.

Manfredini (1963) individua cinque unità tettoniche rappresentate da: il Cilento, che corrisponderebbe alla "Eugeosinclinale"; l'Appennino Calcareo Meridionale; la Depressione sud-appenninica, settore molisano a nord e lucano a sud; la fossa Bradanica e l'Avampaese Apulo.

Questo schema non prevede la presenza di eventuali sovrascorrimenti.

Scandone (1967) propone uno schema Paleogeografico che comprende una "Geosinclinale", in cui si sarebbe deposta la serie calcareo - silico - marnosa; ad oriente di questa, si rinverrebbe una Piattaforma carbonatica e poi il Bacino Lucano e l'Avampaese.

I depositi della serie Calcareo-silico-marnosa avrebbero, secondo l'autore, scavalcato la piattaforma collocandosi tra questa e l'Avampaese nella "Fossa Lucana".

Ogniben (1969) elabora uno schema che prevede i seguenti elementi: un Avampaese (dominio esterno), una "Miogesinclinale" (Bacino di Lagonegro), una "Eugeosinclinale" divisa in una porzione esterna (Complesso Sicilide) e una interna (Complesso Liguride), e il Massiccio interno (Complesso Calabride).

D'Argenio e altri (1973) in uno schema simile a quello di Ogniben inserisce due nuovi Paleodomini, per cui da ovest verso est si ha la seguente successione: Bacino Silentino, Piattaforma Campano-Lucana, Bacino Molisano e Piattaforma Apula.

Sgrosso (1983, 1986, e Sgrosso et al. 1988) propone uno schema basato su una successione di bacini e piattaforme.

La posizione originaria dei vari domini paleogeografici viene definita dall'inizio della sedimentazione silico-clastica.

Infatti, la sedimentazione terrigena Miocenica, risulta essere diacrona e di età più recente verso l'Avampaese, in connessione a fasi tettoniche che colpiscono i domini più esterni.

Molto più semplificato è lo schema di Mostardini e Merlini (1986), che prevede: una piattaforma sud-Appenninica; un bacino Lagonegrese-Molisano in cui si depongono le Unità Lagonegresi, le Unità Molisane e quelle Sicilidi; una Piattaforma Apula, divisa in una interna e una esterna dal Bacino Apulo in cui si sedimenta il Flysch di Faeto.

Quest'ultimo modello viene ripreso da Pescatore (1988) che lo reinterpreta escludendo il parallelismo tra i limiti dei domini paleogeografici e quelli dei fronti dei sovrascorrimenti, il quale implica la deformazione tettonica totale delle unità paleogeografiche.

In questo modo, invece, la tettonica interessa in maniera graduale e parziale le varie unità; ciò consente di definire meglio i depositi dell'Avanfossa Miocenica ed evidenzia l'influenza dei domini Paleogeografici preesistenti sulla sedimentazione.

Patacca et al. (1990) sostengono che nel Mar Tirreno e negli Appennini si osservano a partire dal Tortoniano superiore, successioni

sedimentarie controllate dalla tettonica deposte in semigraben, in bacini al dorso di unità di catena sottoposte a trasporto orogenico (bacini piggy back) e in bacini migranti di avanfossa.

I limiti di tali sequenze appaiono come superfici deposizionali isocrone, indipendentemente dalla loro collocazione strutturale.

Ciò permette di suddividere il periodo temporale, considerato in diversi intervalli, e di ricostruire tentativamente, intervallo per intervallo, i rapporti cinematici tra aree in estensione (bacino tirrenico e i suoi margini in terraferma) ed aree in compressione (Appennino).

L'analisi cinematica mostra che la catena appenninica è formata da due grandi strutture arcuate, settentrionale e meridionale, che si sono sviluppate con diversi stili di deformazione e, soprattutto, con diverse entità di raccorciamento e di rotazione (molto più forti nell'arco meridionale).

Lo schema proposto e confermato dalle ultime conoscenze (Pescatore 1992) è il seguente:

- Piattaforma Apula, zona a sedimentazione carbonatica prevalentemente neritica;
- Bacino Lagonegrese Molisano, nel quale vi sono sedimentate almeno in parte le argille varicolori;
- Piattaforma sud-Appenninica, area a sedimentazione neritica, ma che presenta anche zone minori e trasversali a sedimentazione calcarea e marnosa di tipo torbiditico o pelagico;
- Bacino Silentino nel quale si ha sedimentazione terrigena già a partire dal Cenozoico Inf.

Questi appena citati sono solo alcuni dei modelli proposti a volte anche fortemente contraddittori, frutto probabilmente della diversa interpretazione dei dati rilevati.

Tuttavia, è bene ricordare che con la fase tettonica Pliocenica, l'area della catena, rimane praticamente emersa, mentre avviene il contrario sul bordo tirrenico nelle aree depresse della Piana Campana, Piana del Sele e del Garigliano.

In questi luoghi, si accumulano grossi volumi di sedimenti marini di facies di transizione, nonché depositi continentali e vulcanici.

Il tutto comporta, nel Pliocene e nel Quaternario, l'evoluzione in senso verticale della Catena, che ha determinato appunto l'attuale assetto, in una tipica successione di horst e graben, influenzando, in questo modo, le strutture carbonatiche di più stretto interesse.

Su questa originaria struttura, per la successiva evoluzione morfologica, dovuta soprattutto al disfacimento ad opera degli agenti meteorici dei versanti collinari che bordano il fondovalle nonché per l'azione erosiva/deposizionale dei torrenti, si sono andati ad impostare i complessi di facies continentale delle alluvioni.

L'area oggetto di intervento è interessata da terreni riferibili prevalentemente all'intervallo cronostratigrafico del Pliocene/Quaternario.

I fiumi Calore e Sabato sono gli agenti che hanno maggiormente modellato il paesaggio.

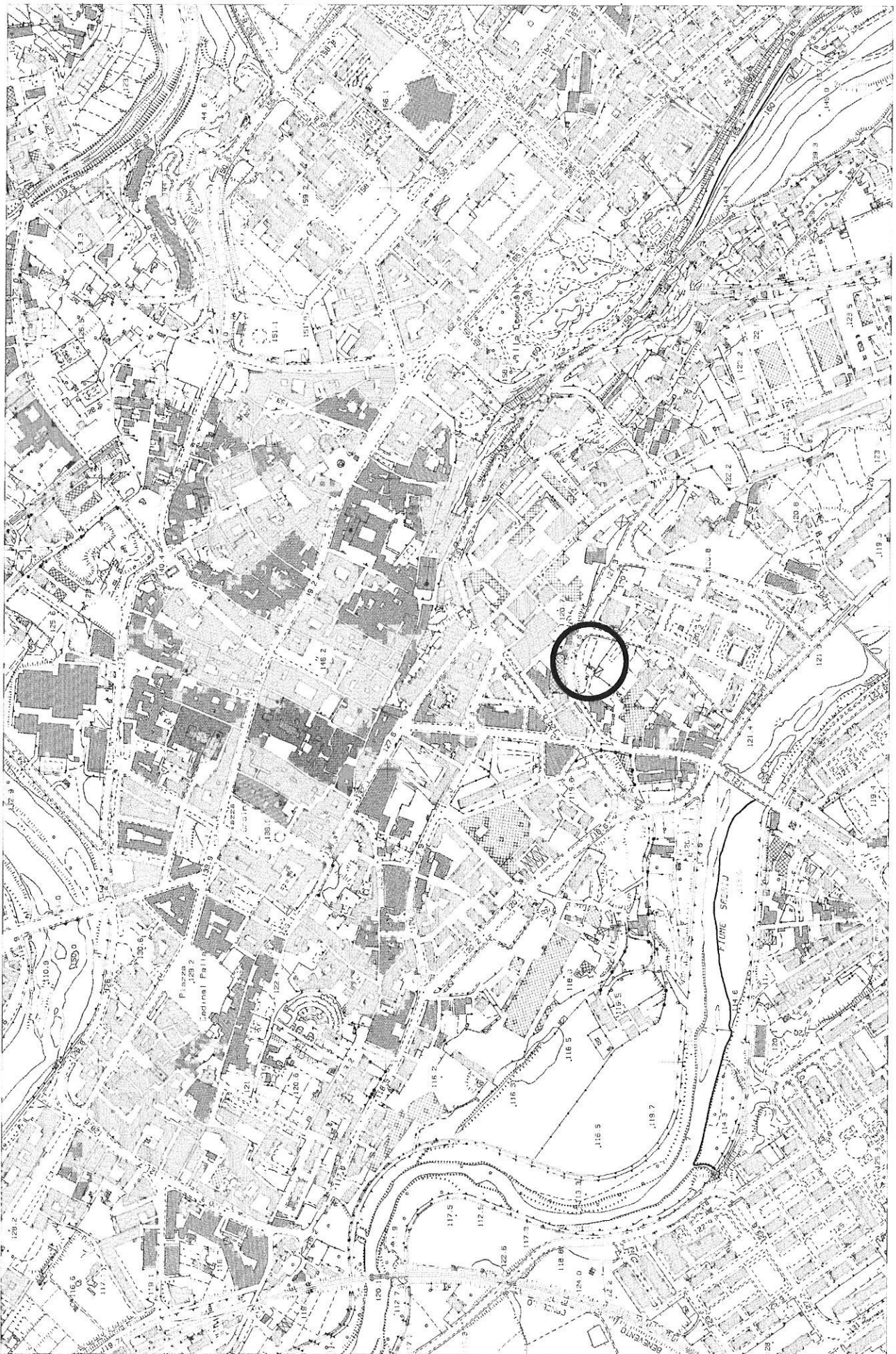
Quest'ultimo presenta superfici terrazzate che si raccordano dolcemente a due ampie pianure alluvionali attraversate dai due corsi d'acqua che, nell'alternarsi di fasi deposizionali ed erosive, hanno determinato l'accumulo di notevoli volumi di alluvioni e la formazione di terrazzi fluviali di diversi ordini.

È stato possibile evidenziare l'esistenza di strutture monocliniche, formate da depositi pliocenici poggianti su terreni più antichi intensamente deformati dalle fasi tettoniche neogeniche.

Tali strutture, individuate durante le prime fasi neotettoniche del Pliocene superiore, immergono generalmente verso Nord Nord-Est ed hanno favorito la sedimentazione di depositi continentali quaternari in zone tettonicamente depresse (valle del fiume Calore).

Queste ultime sono delimitate da lineamenti tettonici ad andamento Est-Ovest e ad andamento meridiano, con funzione di svicolo al movimento differenziato tra le singole strutture.

PLANIMETRIA DI POSIZIONE



Scala 1:5000

III - CARATTERISTICHE LITOLOGICHE

Il progetto in discussione prevede l'esecuzione di un P.U.A. (Piano Urbanistico Attuativo) denominato "THE CRESCENT HOUSE".

L'area oggetto della proposta progettuale ed economica è ubicata in zona urbana a ridosso del Centro Storico della Città in località Santa Maria degli Angeli attestata su via F.De Sanctis e via E. Montale e ricadente su area B2 del vigente PRG e ricadente nella perimetrazione aree di intervento articolo 7 comma 2 della L.R. 19/2009 e L.R. 01/2011 approvata dall'Amministrazione con Delibera di Consiglio Comunale n° 12 del 25/02/2010.

Geologicamente l'area è caratterizzata da una depressione tettonica plio-pleistocenica in cui si sono accumulati notevoli volumi di sedimenti di ambiente marino e successivamente continentale (si allega carta geolitologica e sezioni).

Le indagini geognostiche, effettuate nell'area oggetto di studio, hanno permesso di individuare cinque orizzonti, così distinguibili:

1. TERRENO VEGETALE FRAMMISTO A MATERIALE DI RIPORTO

Si rinviene nella parte superficiale dell'area, fino ad una profondità massima di 2.80 m. dal p.c..

La coltre, alterata e degradata, è caratterizzata da una granulometria limosa-sabbiosa di colore brunastro-avana, con frustoli vegetali al top.

2. DEPOSITI ALLUVIONALI COSTITUITI DA CIOTTOLI POLIGENICI IN MATRICE SABBIOSA LIMOSA

Si rinvencono, al di sotto della coltre alterata e degradata, per uno spessore che varia tra 3.00 m. ed i 4.00 m..

Si tratta di ghiaie eterometriche, poligeniche, con patine nerastre e/o feruginose, immerse in una matrice limosa sabbiosa.

Dai risultati ottenuti dalle prove S.P.T., detti materiali possono essere classificati molto addensati.

3. DEPOSITI ALLUVIONALI COSTITUITI DA LIMO ARGILLOSO DI COLORE GRIGIASTRO-AZZURROGNOLO, CON RARI LIVELLI A COMPONENTE SABBIOSA

Si tratta di materiali coesivi, caratterizzati da una granulometria sottile.

Lo spessore di questo orizzonte è di circa 4.00 m..

Detti materiali possono essere classificati da mediamente consistenti.

4. DEPOSITI ALLUVIONALI COSTITUITI DA CIOTTOLI POLIGENICI IN MATRICE SABBIOSA LIMOSA

Si rinvencono, al di sotto dell'orizzonte limoso argilloso, per uno spessore che varia tra i 4.00 m. ed i 5.00 m..

Si tratta di ghiaie eterometriche, poligeniche, con patine nerastre e/o feruginose, immerse in una matrice limosa sabbiosa.

Dai risultati ottenuti dalle prove S.P.T., detti materiali possono essere classificati molto addensati.

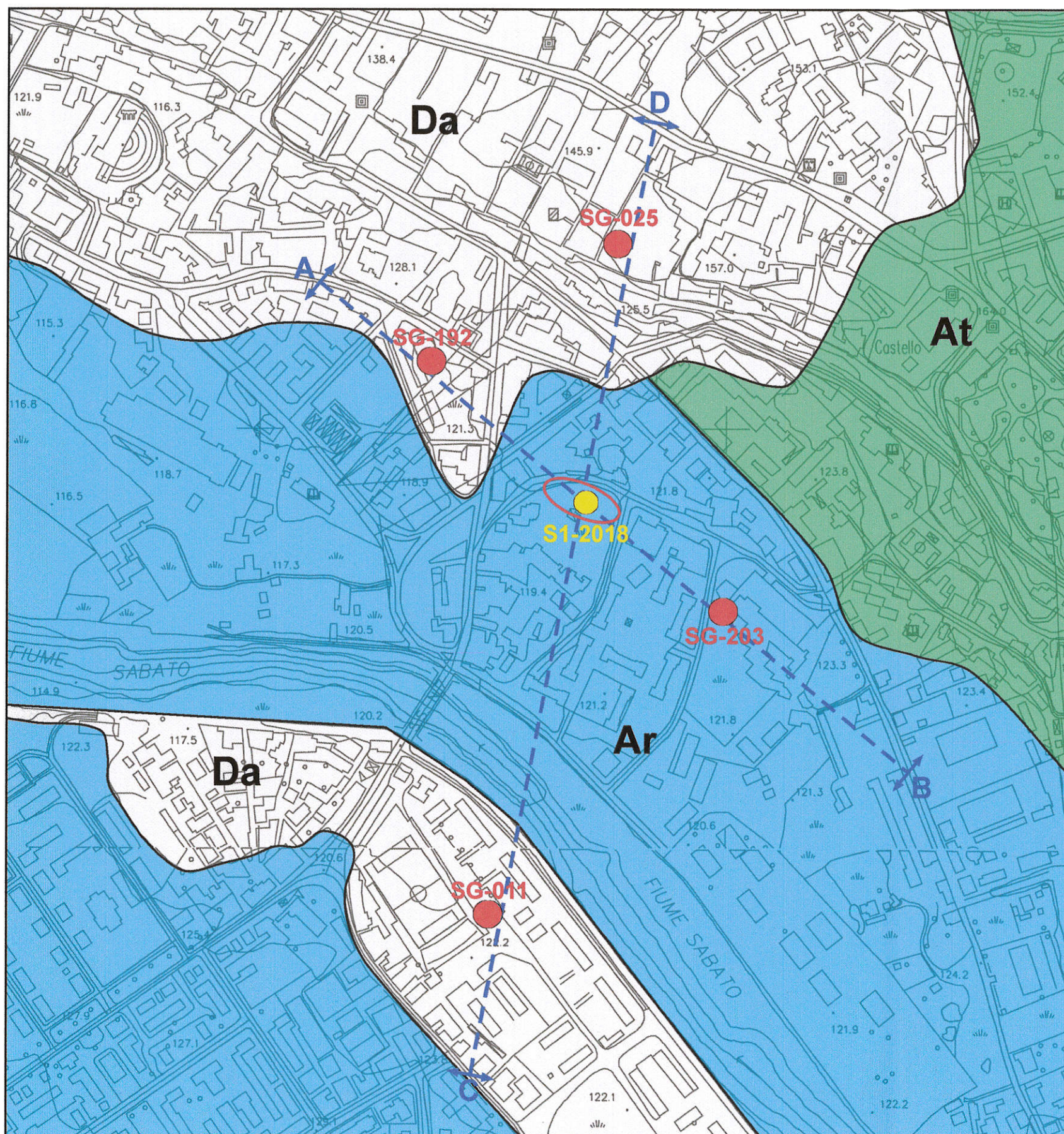
5. LIMO ARGILLOSO DI COLORE GRIGIO SCURO.

Si rinviene al di sotto dei depositi alluvionali, e si estendono fino ad una profondità di 30.00 m. (fondo foro).

La componente argillosa (prevalente), si presenta scagliettata e ripiegata.

Si tratta di materiali, di colore grigio scuro, consistenti, dalla granulometria sottile.

CARTA GEOLITOLOGICA - SCALA 1:5.000



Legenda

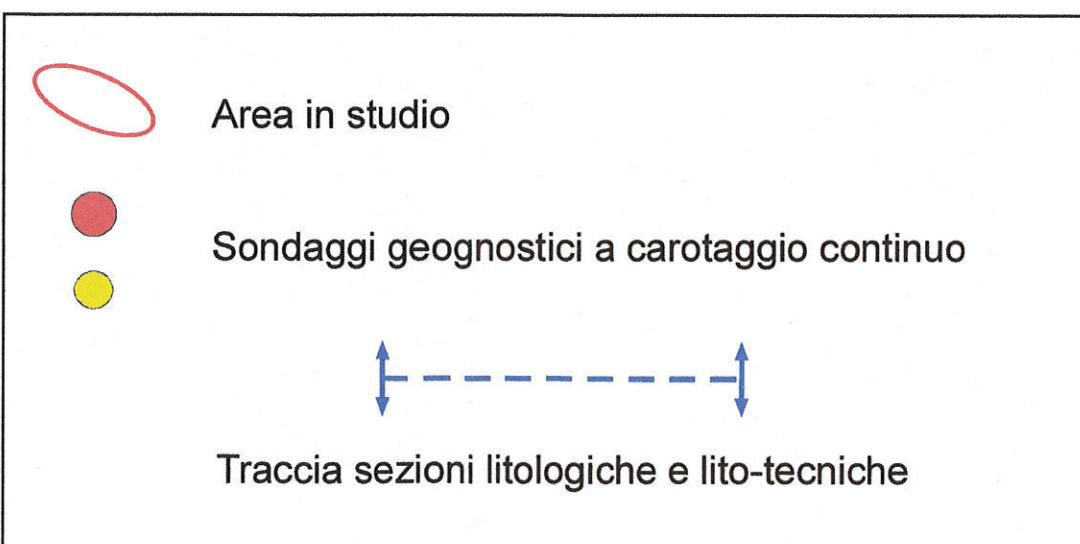
Depositi continentali attuali e recenti

Da Depositi di rimaneggiamento antropico costituiti da limo sabbioso e ghiaie, inglobanti frammenti di muratura, laterizi e vasellame.
ATTUALE e RECENTE

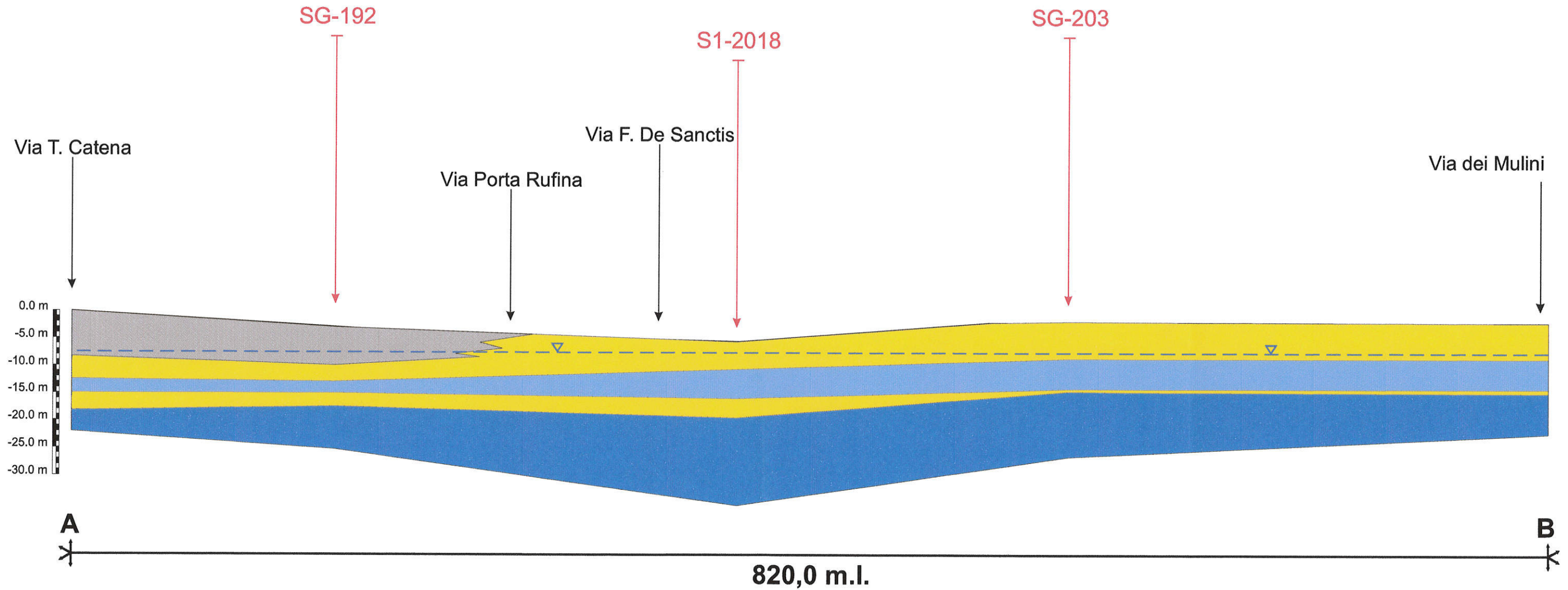
Ar Depositi alluvionali costituiti da sabbie limose e ciottoli, con intercalazioni lenticolari limoso-argillose
OLOCENE





Depositi continentali antichi

At Depositi alluvionali terrazzati su più ordini, costituiti da ciottoli eterometrici e blocchi prevalentemente carbonatici, in matrice sabbioso-limosa giallastra e avana, estremamente addensati, gradualmente passanti a conglomerati a cemento carbonatico
PLEIST. MEDIO - PLEIST. SUPERIORE

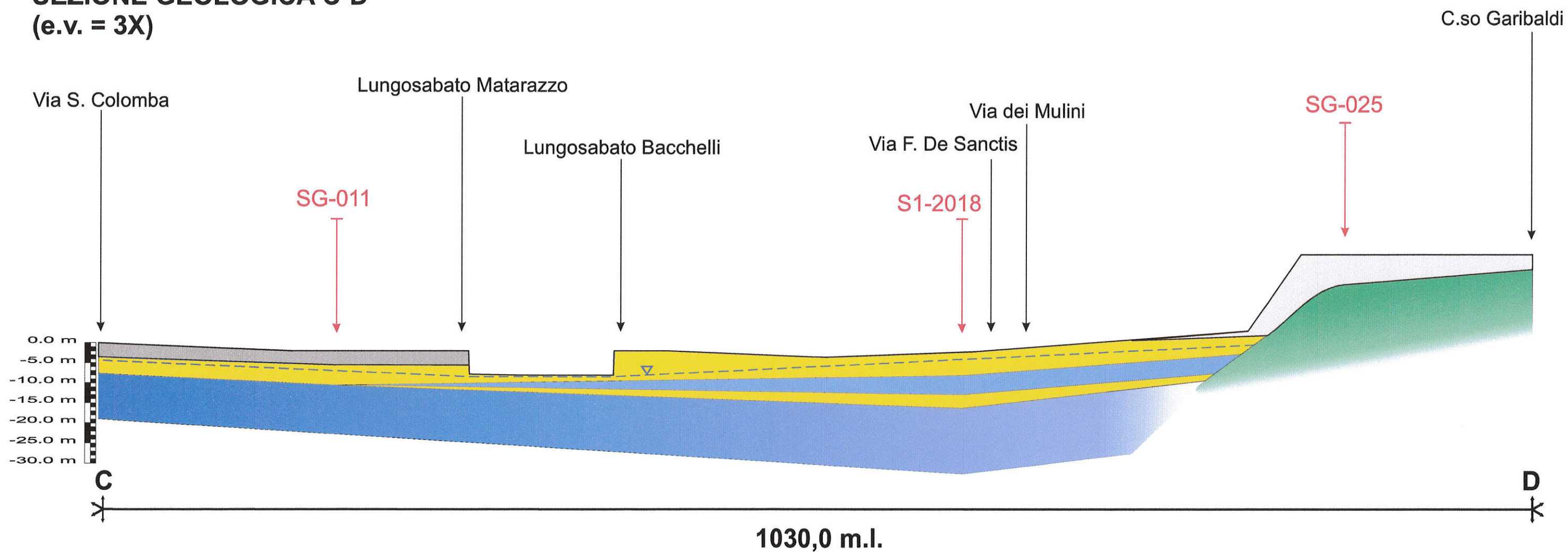







SEZIONE GEOLOGICA A-B (e.v. = 3X)



-  Depositi antropici eterogenei ed eterometrici
-  Depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi in matrice sabbioso-limosa
-  Depositi alluvionali limoso-argillosi grigio-azzurrognoli, con sottili intercalazioni sabbiose
-  Limi argillosi estremamente compatti, di colore grigio, con sottili intercalazioni sabbiose

SEZIONE GEOLOGICA C-D (e.v. = 3X)



	Depositi antropici eterogenei ed eterometrici
	Depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi in matrice sabbioso-limosa
	Depositi alluvionali limoso-argillosi grigio-azzurrognoli, con sottili intercalazioni sabbiose
	Limi argillosi estremamente compatti, di colore grigio, con sottili intercalazioni sabbiose
	Ciottoli e blocchi carbonatici in matrice sabbioso-limosa estremamente addensati, passanti verso il basso a conglomerati a cemento carbonatico

IV - GEOMORFOLOGIA E STABILITA'

Il paesaggio morfologico del Comune di Benevento è notevolmente condizionato sia dai fattori geologici che da quelli idrologici in conseguenza dei quali ha assunto fisionomie varie e spesso prive di significativa continuità o correlazione.

Contribuiscono in maniera marcata alla mutevolezza degli aspetti, sia l'erosione differenziata che i meccanismi che portano al disfacimento delle rocce più esposte agli agenti esogeni i quali esplicano, con rigida continuità, la loro azione demolitrice.

Tenendo conto delle caratteristiche giacaturali e litologiche dei terreni affioranti, dell'acclività dei pendii, e dei processi in atto, il territorio di stretto interesse è stato identificato in un'unica classe definibile:

AREA A PERICOLOSITA' BASSA O NULLA

Area esente da specifica pericolosità geomorfologica ed idraulica per le quali i processi morfo-evolutivi, le condizioni morfografiche che morfometriche nonché le caratteristiche fisiche dei terreni non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di condizioni di pericolosità (si allega carta geomorfologica e della stabilità).

Il territorio comunale di Benevento rientra sotto la competenza dell'Autorità di Bacino dei fiumi Liri, Garigliano e Volturno.

Dalla Carta del Rischio frana, redatta per il Progetto di Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico, l'area di stretto interesse ricade in un'area classificata a rischio nullo (si allega stralcio carta rischio frane).

Inoltre, dalla Carta del Rischio idraulico, redatta per il progetto di Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico, l'area di stretto interesse non ricade in un'area perimetrata (si allega stralcio carta rischio idraulico).

STRALCIO DEL PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO AUTORITY' DI BACINO LIRI GARIGLIANO VOLTURNO

RISCHIO FRANE

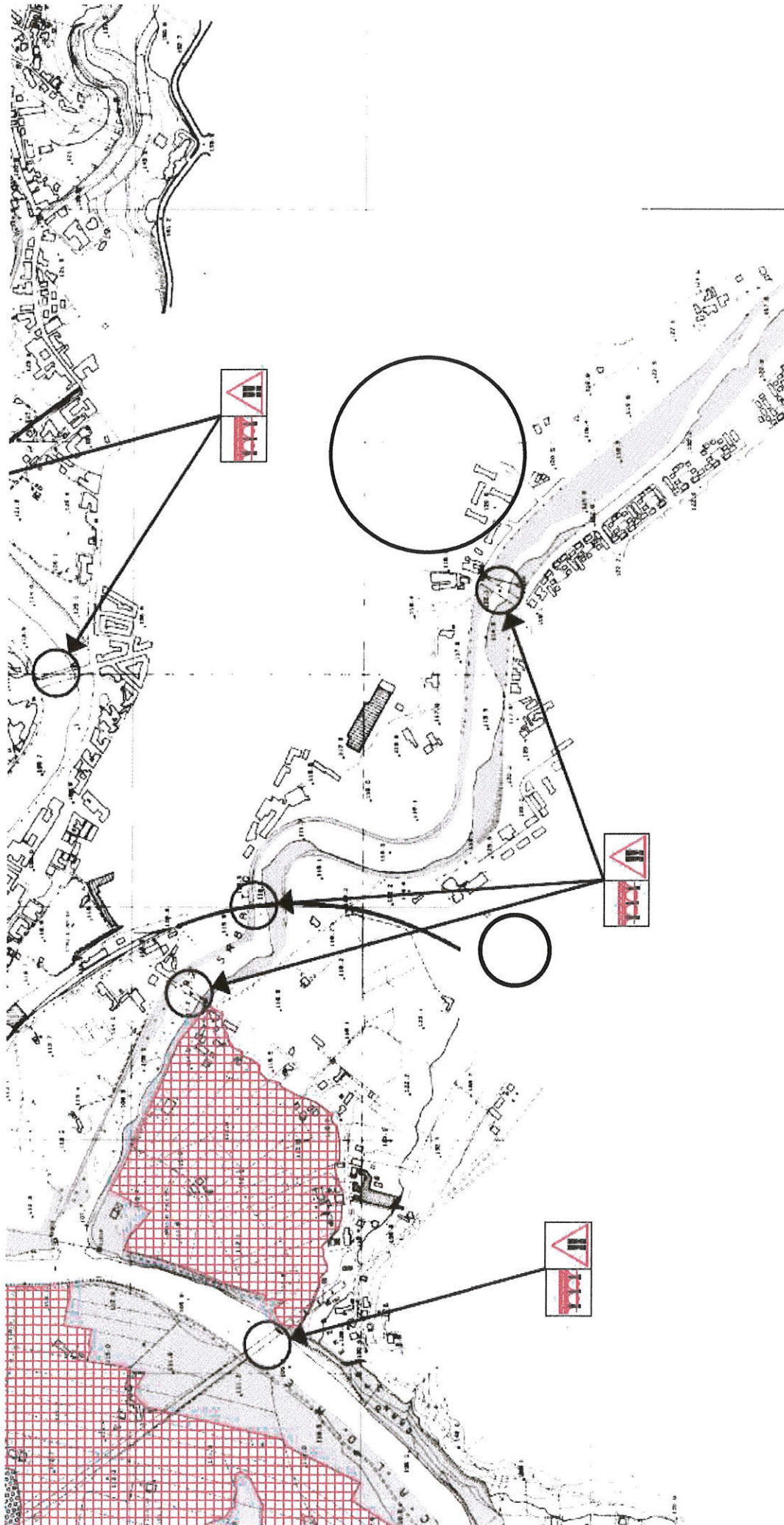
COMUNE BENEVENTO



STRALCIO DEL PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO AUTORITA' DI BACINO LIRI GARIGLIANO VOLTURNO

RISCHIO IDRAULICO (ALLUVIONI)

COMUNE BENEVENTO




CARTA GEOMORFOLOGICA E DELLA STABILITA' - SCALA 1:5.000



Legenda

Stabilità

 Aree urbanizzate stabili per favorevole assetto litologico e geomorfologico

 Alveo fluviale delimitato da argini artificiali

 Area in studio

Forme strutturali

 Orlo di scarpata

Forme antropiche

 Argini artificiali

V - CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Le caratteristiche idrogeologiche dei terreni affioranti nel territorio comunale oggetto di studio, interessano sia il tipo ed il grado di permeabilità, che il novero dei fattori relativi alle diverse situazioni idrogeologiche, ossia, giacitura, posizione strutturale, stratigrafia, estensione areale, tipo di alimentazione.

I terreni ricadenti nell'area di stretto interesse presentano una permeabilità alta per porosità.

Infatti, in tal modo può essere classificato il terreno vegetale frammisto a materiale di riporto, caratterizzato da una granulometria limosa sabbiosa (si allega carta idrogeologica con direzione preferenziale dei deflussi idrici sotterranei).

Dall'analisi delle stratigrafie disponibili e dalla misurazione diretta dei livelli freatici all'interno del foro di sondaggio **S1** eseguito ex-novo, risulta la presenza di un livello idrico superficiale, il cui pelo libero si attesta alla profondità di circa 1.7 metri dal p.c.

È da dire che la superficie piezometrica è soggetta a continue variazioni di livello sia per cause naturali che artificiali.

Le principali cause naturali sono quelle legate alle precipitazioni atmosferiche, alla pressione atmosferica, alle variazioni del livello dei fiumi e all'evapotraspirazione.

Le cause artificiali sono legate all'utilizzazione delle falde, all'irrigazione, all'alimentazione artificiale ed alla costruzione di trincee drenanti.

Al riguardo si è resa necessaria una serie di verifiche del potenziale di liquefazione dei terreni, in ottemperanza a quanto disciplinato al Cap. 7.11.3.4. delle NTC 2018

Il modello idrogeologico presenta delle dinamiche piuttosto complesse, legate in buona misura alle fitte interdigitazioni lenticolari dei sedimenti alluvionali in posto; da tale considerazione e per via del livello freatico sottostante a profondità < 15.0 metri dal p.c. si è reso necessario effettuare una serie di verifiche del potenziale di liquefazione, in applicazione del punto 7.11.3.4 delle NTC 2018 di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

L'analisi è stata effettuata con metodologie di tipo storico-empirico, in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto.

La Normativa vigente prevede che la resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio.

E' stata condotta una serie di analisi mediante le procedure descritte da **Iwasaki et alii** (1978, 1984), impiegando i risultati delle indagini geotecniche in sito (SPT) e mediante la formula proposta da **Andrus e Stokoe (1998)**, basata su dati provenienti dalle indagini sismiche MASW.

I pesi di volume sono riferiti ai valori caratteristici di ciascun orizzonte litologico.

Seguono descrizioni delle metodologie utilizzate e risultati delle analisi.

Verifica a liquefazione con metodo Iwasaki et alii

Il **metodo di Iwasaki et alii** (1978, 1984) è stato proposto basandosi sulla osservazione che la severità dei danni prodotti dalla liquefazione ai manufatti è legata al volume di terreno liquefatto all'interno del deposito.

Il metodo si basa su due quantità: il fattore di resistenza (F_s) e l'indice di liquefazione (I_L).

Quando $F_s > 1$ lo strato di terreno è liquefacibile; mentre I_L , indicativo dell'estensione che il fenomeno della liquefazione può avere nel deposito, è ottenuto dalla espressione:

$$I_L = \int_0^{20} F \cdot W(z) dz$$

dove:

$F = 1 - F_s$ per $F_s > 1$

$F = 0$ per $F_s < 1$

$W(z) = 10 - 0.5 \cdot z$

Per poter valutare la severità degli effetti viene proposta la scala della Tabella 1.

Tabella 1

Valori di I_L	Rischio di liquefazione
$I_L = 0$	Molto basso
$0 < I_L \leq 5$	Basso
$5 < I_L \leq 15$	Alto
$15 < I_L$	Molto alto

Il **fattore correttivo r_d** viene calcolato mediante la seguente formula proposta dagli stessi Autori:

$$r_d = 1 - 0.015 \cdot z$$

e MSF mediante la Tabella 2:

Tabella 2 - Magnitudo Scaling Factor

Magnitudo	Seed H. B. & Idriss I. M. (1982)
5.5	1.43
6.0	1.32
6.5	1.19
7.0	1.08
7.5	1.00
8.0	0.94
8.5	0.89

Invece per la valutazione di CRR vengono suggerite le seguenti espressioni ricavate da numerose prove di resistenza ciclica non drenata:

- per terreni con 0,04 mm D50 0,6:

$$CRR = 0.0882 \sqrt{\frac{N_m}{\sigma'_{v0} + 0.7}} + 0.225 \log_{10} \left(\frac{0.35}{D_{50}} \right)$$

- per terreni con 0,6 mm D50 1,5:

$$CRR = 0.0882 \sqrt{\frac{N_m}{\sigma'_{v0} - 0.7}} - 0.05$$

Dove D_{50} è il diametro dei granuli al 50% (in mm)

Verifica a liquefazione con metodo Andrus e Stokoe

La formula proposta da **Andrus e Stokoe (1998)** è basata su dati provenienti da prove sismiche:

$$CRR = 0.03 \left(\frac{V_{S1}}{100} \right)^2 + 0.9 \left[\frac{1}{(V_{S1})_{cs} - V_{S1}} - \frac{1}{(V_{S1})_{cs}} \right]$$

dove la presenza di fini FC (%) è tenuta in conto mediante la seguente procedura:

$(V_{S1})_{cs} = 220$	per $FC \leq 5\%$
$220 < (V_{S1})_{cs} \leq 200$	per $5\% < FC \leq 35\%$
$(V_{S1})_{cs} = 200$	per $FC \leq 35\%$

- verifica n°1 – alluvioni sabbioso-ghiaiose - profondità 2.5 metri dal p.c.

Tale verifica è stata condotta alla profondità di 2.5 metri, sulla base delle risultanze delle prove SPT eseguite nei fori di sondaggio realizzati nel 2011 e interessa il deposito sabbioso-ghiaioso in falda.

Il FS calcolato risulta pari a 2,29, pertanto il deposito non risulta suscettibile di liquefazione sotto le azioni sismiche.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (da prove dinamiche SPT)				
Metodo semplificato				
Metodo di Iwasaki et al. (1978 1984) modificato come da D.M. 14/01/2008 e Circolare 617 del 02/02/2009				
PARAMETRI:				
Diametro Perforazione	=	101	mm	
γ	=	2,2	g/cm ³	
σ'_{vd}	=	0,55	kg/cm ²	
σ_{vs}	=	0,47	kg/cm ²	
profondità della prova	=	250	cm	
profondità falda	=	170	cm	
γ_{spt}	=	1	g/cm ³	
Pressione neutra	=	0,08	kg/cm ²	
z	=	2,5	m	
N_{60}	=	90		
C_u [Liao e Whitmann, 1968a]	=	1,47234754	Verificato	
Percentuale di Fines (FC)	=	14,02	%	
d_{50}	=	0,2		
M_w	=	7,50		
MSF	=	1,00	se $M \leq 7,5$	
			se $M > 7,5$	
FORMULE:				
CRR	=	$0,0082 \cdot RA / Q \cdot (E / E_0)^{0,5} \cdot (1 + 0,7) + 0,22 \cdot \log(0,35 \cdot E / 17)$	se $0,04 \leq d_{50} \leq 0,6$	0,623675167
CRR	=	$0,0082 \cdot RA / Q \cdot (E / E_0)^{0,5} \cdot (1 + 0,7)$	se $0,6 < d_{50} \leq 1,5$	0,718891608
CRR	=			CRR
CSR	=	$0,65 \cdot ((\sigma_{max} / g) \cdot (\sigma_{vs} / \sigma'_{vd})) \cdot r_d \cdot 1 / MSF$	se $M \leq 7,5$	0,313358258
			se $M > 7,5$	0,31347144
				CSR _{M<7,5}
				CSR _{M>7,5}
a_{max} / g	=	0,42		
r_d	=	0,990875		
$F_s = CRR / CSR$	>	1,26		
			se $M \leq 7,5$	2,628222317
			se $0,6 < d_{50} \leq 1,5$	2,29415242
			se $0,04 \leq d_{50} \leq 0,6$	2,627273374
			se $0,6 < d_{50} \leq 1,5$	2,293324096
				Verificato F _s
				Verificato F _s
				Verificato F _s
				Verificato F _s

- verifica n°2 – limo argilloso: profondità 6.00 metri dal p.c.

Tale verifica è stata condotta alla profondità di 6.0 metri, sulla base delle risultanze della indagine MASW e interessa il deposito alluvionale limoso-argilloso.

Il FS calcolato risulta pari a 1,60, pertanto il deposito non risulta suscettibile di liquefazione sotto le azioni sismiche.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE									
(da prove sismiche a rifrazione)									
Metodo semplificato									
Metodo di Andrus e Stokoe (1997) modificato									
PARAMETRI:									
γ	=	1,75	g/cm ³						
ρ_{vs}	=	1,05	kg/cm ³						
ρ_{sp}	=	0,62	kg/cm ³						
profondità della prova	=	600	cm						
profondità falda	=	170	cm						
γ_{sato}	=	1	g/cm ³						
Pressione neutra	=	0,43	kg/cm ²						
z	=	6	m						
V_s	=	329							
V_{s10}	=	200	m/s	FC<5%	FC=26%	FC>35%			
				226	210	200			
γ_{s1}	=	370,76							
M	=	7,5							
MSF	=	1,00	se $M \geq 7,5$						
			se $M < 7,5$						
			1,00						
FORMULE:									
V_{s1}	=	$V_s(1/\sigma_{vs})^{0,25}$					370,76	V_{s1}	
R	=	$0,03 \cdot (V_{s1}/100)^2 + (0,9 \cdot (V_{s1} - V_{s10}) - 0,9 \cdot V_{s10})$					0,402628202	R	
T	=	$0,65 \cdot ((\sigma_{max}/g) \cdot (\sigma_{vs}/\sigma_{vs})) \cdot r_d \cdot 1/MSF$		se $M \geq 7,5$			0,250125242	$T_{M \geq 7,5}$	
				se $M < 7,5$			0,250215565	$T_{M < 7,5}$	
θ_{max}/g	=	0,42							
r_d	=	0,541							
$F_s=R/T$	>	1		se $M \geq 7,5$			1,609706396	Verificato F_s	
				se $M < 7,5$			1,609125197	Verificato F_s	

R	=	Resistenza al taglio mobilizzata
T	=	Sforzo di taglio indotto dal sisma
FC	=	Frazione di fine (%) controllata nella sabbia
V_{s1}	=	Velocità dell'onda di taglio S

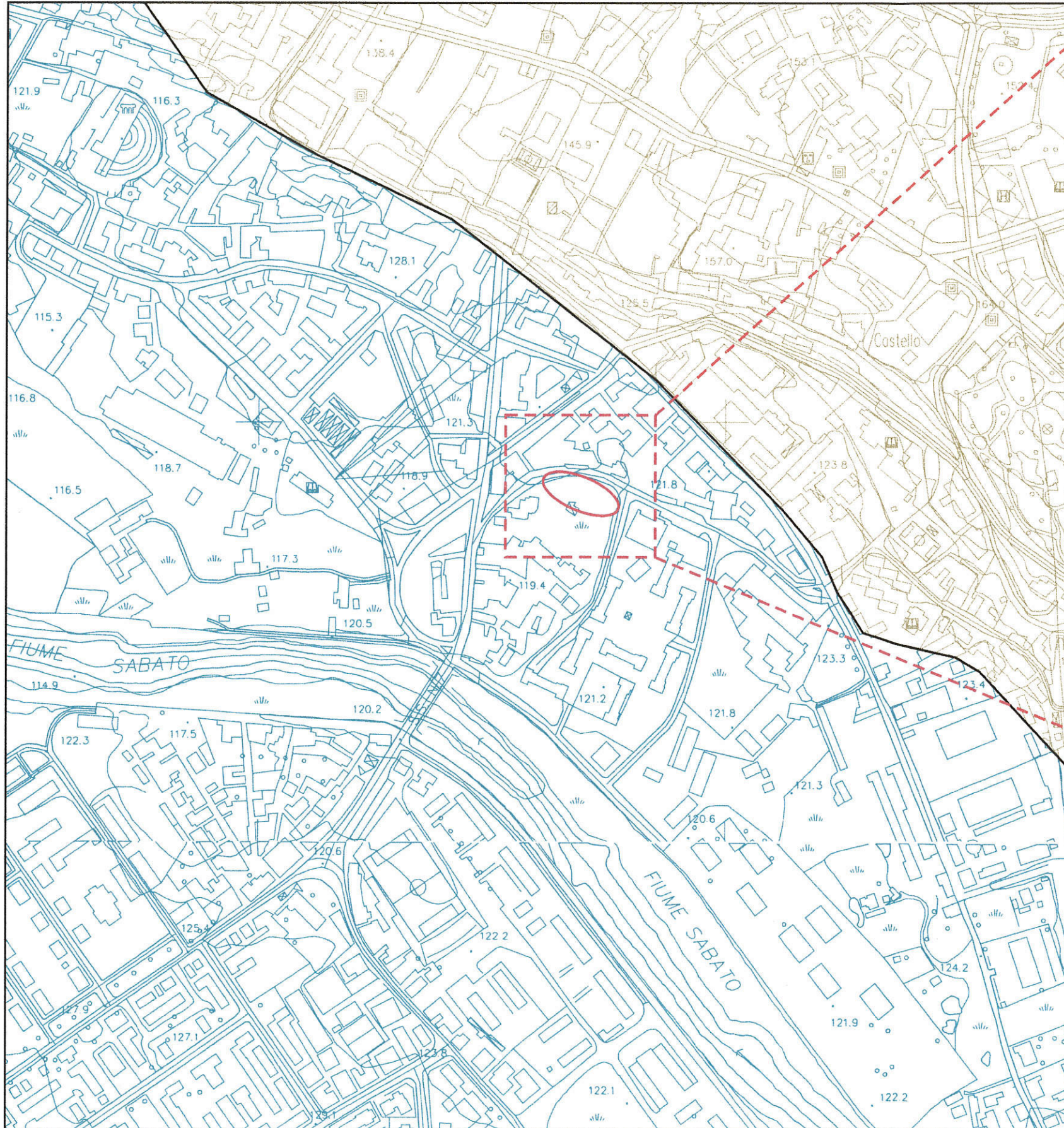
- verifica n°3 – alluvioni sabbioso-ghiaiose - profondità 11.0 metri dal p.c.

Tale verifica è stata condotta alla profondità di 11.0 metri, sulla base delle risultanze della indagine MASW e interessa il deposito alluvionale sabbioso-ghiaioso.

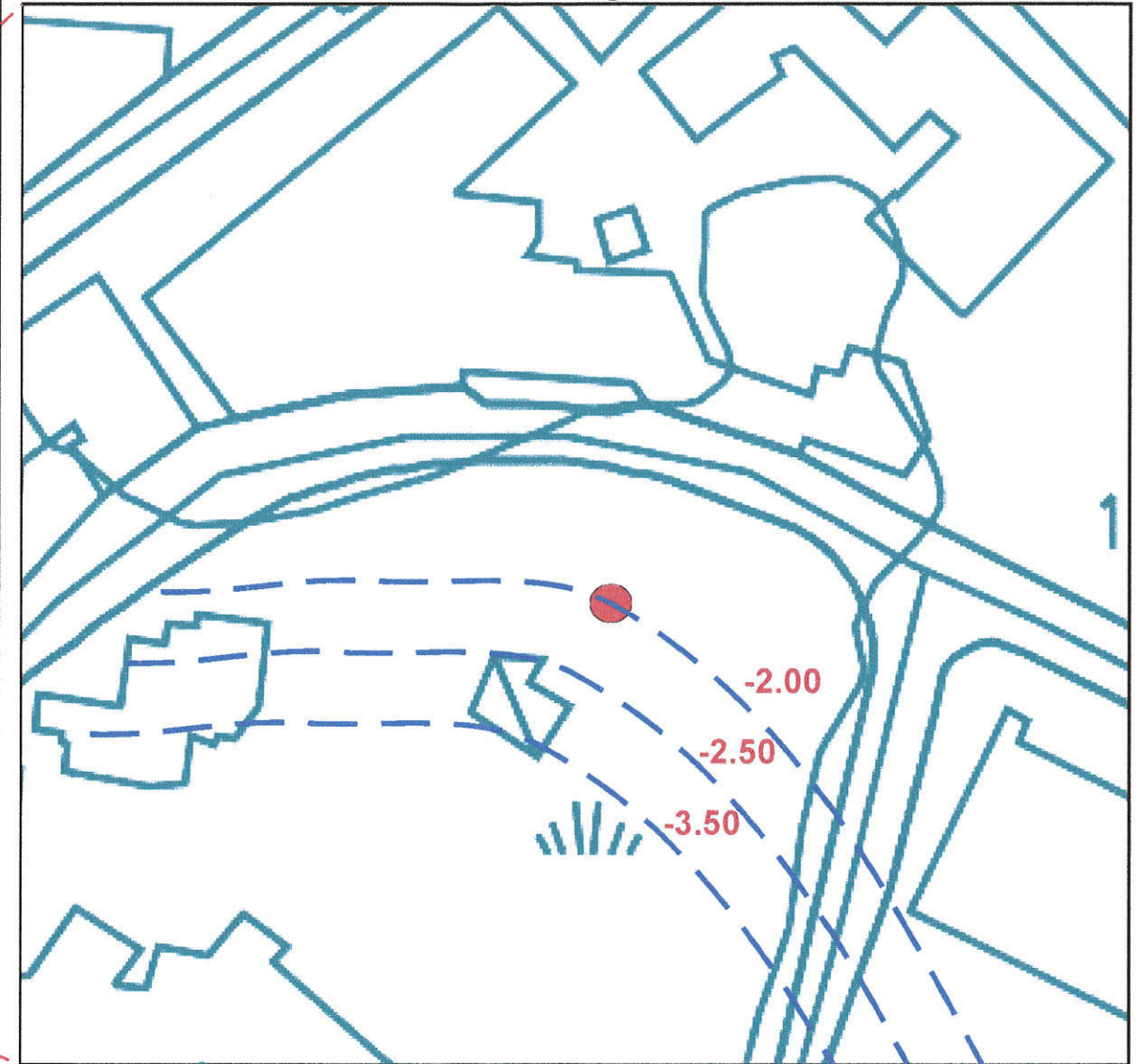
Il FS calcolato risulta pari a 3,56, pertanto il deposito non risulta suscettibile di liquefazione sotto le azioni sismiche.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE					
(da prove sismiche a rifrazione)					
Metodo semplificato					
Metodo di Andrus e Stokoe (1997) modificato					
PARAMETRI:					
γ	=	2,2	g/cm ³		
σ_{ve}	=	2,42	kg/cm ²		
σ_{vov}	=	1,49	kg/cm ²		
profondità della prova	=	1100	cm		
profondità falda	=	170	cm		
γ_{top}	=	1	g/cm ³		
Pressione neutra	=	0,93	kg/cm ²		
z	=	11	m		
V_s	=	329			
V_{s1c}	=	220	m/s	FC<5% 220	FC>20% 210
V_{s1}	=	297,78			FC>35% 200
M	=	7,5			
MSF	=	1,00	se $M \leq 7,5$		
		1,00	se $M > 7,5$		
FORMULE:			RISULTATI:		
V_{s1}	=	$V_s(1/\sigma_{vov})^{0,22}$		297,78	V_{s1}
R	=	$0,03 \cdot (V_{s1} \cdot 100)^2 + (0,8 \cdot (V_{s1c} \cdot V_{s1}) - 0,9 \cdot V_{s1c})$		0,260361828	R
T	=	$0,65 \cdot ((\sigma_{max}/g) \cdot (\sigma_{vov}/\sigma_{vov})) \cdot t_d \cdot 1/MSF$		0,070278262	$T_{M \leq 7,5}$
				0,070303646	$T_{M > 7,5}$
a_{max}/g	=	0,42			
t_d	=	0,1585			
$F_s = R/T$	>	1		3,562436261	Verificato F_s
				3,561150011	Verificato F_s


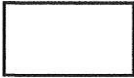


CARTA IDROGEOLOGICA - SCALA 1:5.000



Ingrandimento in scala 1:1.000



Legenda

-  Area in studio
-  Complesso delle alluvioni antiche terrazzate
Permeabilità alta per porosità e fessurazione
-  Complesso delle alluvioni recenti ed attuali
Permeabilità alta per porosità
-  -2.00
Isopiezometriche presunte della falda superficiale
(data rilievo: Aprile 2018 - cfr. sondaggio S1 2018)

VI - CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

Per la determinazione delle caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche, in considerazione dell'opera da realizzare nonché delle specifiche conoscenze che lo scrivente ha dei luoghi, è stato elaborato il seguente piano di indagine:

INDAGINI PREGRESSE EFFETTUATE A CORREDO DELLA PRIMA PRESENTAZIONE DEL PUA NELL'ANNO 2011

- N°3 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità massima di 20.00 m. dal p.c.;
- N°3 prove eseguite in foro S.P.T.;

Le indagini in sito sono state eseguite dalla impresa MARYGEO s.a.s. di Iadanza Elvira con sede in Campoli M.T. alla via S. Nicola Vecchio 10.

INDAGINI ESEGUITE NELL'ANNO 2018

- N°1 sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 30.00 m. dal p.c.;
- N°2 prove geotecniche di laboratorio su campioni indisturbati;
- N°1 prova sismica del tipo MASW.

Il sondaggio a carotaggio continuo e le prove in laboratorio sono state eseguite dalla impresa GEO-TECNICA srl con sede in Benevento alla località Ponte Valentino. (Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti - Concessione n°99 del 19/03/2018 D.P.R. n°380/2001 - art.59 - Laboratorio Prove su Terre e Rocce); la prova sismica del tipo MASW è stata eseguita dallo scrivente.

Come si evince dal piano di indagine, durante le prove in sito, sono stati prelevati n°2 campioni indisturbati di terreno e sottoposti alle seguenti prove geotecniche di laboratorio:

- **Descrizione campione indisturbato;**
- **Determinazione delle caratteristiche fisiche generali;**
- **Analisi granulometrica con vagli ASTM e Densitometria;**
- **Prova di compressione edometrica con 7 gradini di carico e 3 di scarico;**
- **Prova di taglio diretto drenato consolidato;**
- **Prova di compressione ad Espansione Laterale Libera.**

In sintesi le prove geotecniche di laboratorio hanno fornito i seguenti risultati (si allega fascicolo prove geotecniche in laboratorio):

S.1-C.1 (- 7.00-7.50 M.) Definizione granulometrica - LIMO SABBIOSO DEBOLMENTE ARGILLOSO

Peso dell'unità di volume naturale: 18.94 KN/m³

Coesione drenata: 19.40 KPa

Coesione non drenata: 53.90 KPa

Angolo d'attrito efficace: 21.5°

Modulo edometrico: 9268 KN/m²

S.1- C.2 (- 15.00-15.50 M.) Definizione granulometrica - LIMO CON SABBIA

Peso dell'unità di volume naturale: 19.98 KN/m³

Coesione drenata: 28.00 KPa

Coesione non drenata: 78.40 KPa

Angolo d'attrito efficace: 23.1°

Inoltre, sono state realizzate n°3 prove S.P.T. (Standard Penetration Test) nell'anno 2011.

SONDAGGIO S.1			
NUMERO COLPI			PROFONDITA' (METRI)
1°	2°	3°	2.70
15 CM	15 CM	15 CM	
29	42	RIF.	

SONDAGGIO S.2			
NUMERO COLPI			PROFONDITA' (METRI)
1°	2°	3°	2.50
15 CM	15 CM	15 CM	
27	44	RIF.	

SONDAGGIO S.3			
NUMERO COLPI			PROFONDITA' (METRI)
1°	2°	3°	3.00
15 CM	15 CM	15 CM	
31	45	RIF.	

Le prove S.P.T., hanno permesso di effettuare delle correlazioni (programma GEOSTRU - DINAMIC PROBING 2015.22.4.500) da cui sono state desunte le caratteristiche geotecniche dei depositi alluvionali costituiti da ciottoli poligenici in matrice sabbiosa limosa presenti tra circa -1.00 m. e - 7.00 m. di profondità e - 10.00 m. e - 15.00 m. di profondità.

AUTORI CORRELAZIONI MATERIALI GRANULARI	
PESO DI VOLUME	MEYERHOF
ANGOLO DI ATTRITO	MALCEV (1964)
MODULO EDOMETRICO	BEGEMANN 1974 (GHIAIA CON SABBIA)

Si allegano i risultati.

PARAMETRI CARATTERISTICI DEGLI ORIZZONTI LITOTECNICI INDIVIDUATI

parametri geotecnici ottenuti da correlazione con risultati prove S.P.T.

DEPOSITI ALLUVIONALI COSTITUITI DA CIOTTOLI POLIGENICI IN MATRICE SABBIOSA LIMOSA					
	DISAGGREGATI	MEDIA	VALORE CARATTERISTICO	UNITA' DI MISURA	COV %
PESO DI VOLUME	24.52 - 24.52 - 24.52	24.52	23.36	KN/M ³	5
ANGOLO DI ATTRITO	34.52 - 34.69 - 34.37	34.52	31.25	GRADO	10
MODULO EDOMETRICO	23240 - 23640 - 23840	23573.33	16856.76	KN/M ²	30

**parametri geotecnici ottenuti da correlazione con risultati prove di
laboratorio**

LIMO ARGILLOSO DI COLORE GRIGIASTRO AZZURROGNOLO, CON RARI LIVELLI A COMPONENTE SABBIOSA					
	DISAGGREGATI	MEDIA	VALORE CARATTERISTICO	UNITA' DI MISURA	COV %
ANGOLO DI ATTRITO	21.5	17.60	17.60	GRADI	10
PESO DI VOLUME	18.94	18.94	17.38	KN/M ³	5
COESIONE DRENATA	19.4	19.4	9.83	KPA	30
COESIONE NON DRENATA	53.9	53.9	27.30	KPA	30
MODULO EDOMETRICO	9268	9268	4694.24	KN/M ²	30

LIMO ARGILLOSO DI COLORE GRIGIASTRO CON PRESENZA DI LIVELLETTI SABBIOSI					
	DISAGGREGATI	MEDIA	VALORE CARATTERISTICO	UNITA' DI MISURA	COV %
ANGOLO DI ATTRITO	23.1	23.1	19.3	GRADI	10
PESO DI VOLUME	19.98	19.98	18.34	KN/M ³	5
COESIONE DRENATA	28.00	28.00	14.18	KPA	30
COESIONE NON DRENATA	78.40	78.40	39,71	KPA	30



Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



Accettazione Prove Terre n. 018
del 05 Aprile 2018

Certificati di Prova da n° 104 a n° 112.

Spett.le
DOTT. GEOL. TOMMASO FUSCO

Committente: **SO. CO. GEN SRL**

-PIANO URBANISTICO ATTUATIVO-
“ THE CRESCENT HOUSE”

Località: Via De Sanctis – Via Montale
Comune di Benevento (BN)

LABORATORIO PROVE SU TERRE E ROCCE



Questo LABORATORIO PROVE SU TERRE e ROCCE, attrezzato con apparecchiature normalizzate ASTM+AASHTO, ha esaminato i campioni indisturbati di terreno prelevati in data 4/04/2018 dai nostri tecnici settore geognostica nel sito di cui i lavori ne sono oggetto.

Su di essi sono state eseguite, come richiesto, complessivamente:

- n° 2 Apertura del Campione Indisturbato e relativa Identificazione Visiva;
- n° 2 Determinazione delle Costanti Fisiche Generali;
- n° 2 Analisi Granulometrica con vagli ASTM e Densitometria;
- n° 2 Prova di Taglio Diretto drenato consolidato;
- n° 1 Prova di compressione Edometrica con 7 gradini di carico e 3 di scarico;
- n° 2 Prova di compressione ad Espansione Laterale Libera.

Gli esiti sono riportati nei Certificati di prova allegati, da n° 104 a n° 112.

Tanto dovevasi.

Benevento, 16 Aprile 2018.



Il Direttore del Laboratorio:



Dott. Geol. Umberto Lonardo

QUADRO RIEPILOGATIVO PROVE di LABORATORIO

DATI GENERALI	
Committente:	So. Co. Gen srl
Richiedente:	Dott. Geol. Tommaso Fusco
Progetto:	PUA " The Crescent House"
Località:	Via De Sanctis - Via Montale - Benevento (BN)

Identificativo Campione: **S1C1****7,00-7,50**

• PESO di VOLUME NATURALE (γ_n) kN/m ³	18,94
• CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W_n), %	20,09
• PESO SPECIFICO dei GRANI kN/m ³	26,61
• INDICE dei VUOTI (e°)	0,687
• POROSITA' (n), %	40,73
• GRADO di SATURAZIONE (S_r), %	77,77
• PESO di VOLUME SATURO, (γ_{sat}), kN/m ³	19,85

- LIMITE LIQUIDO, %
- LIMITE PLASTICO, %
- LIMITE di RITIRO, %

• GHIAIA, %	0,2
• SABBIA, %	23,5
• LIMO, %	66,1
• ARGILLA, %	10,1

Denominazione:

LIMO SABBIOSO DEBOLMENTE ARGILLOSO

• ANGOLO di ATTRITO, °DEG	21,5
• COESIONE, kN/m ²	19,4
• MODULO EDOMETRICO, kN/m ² (Tra 100 e 1000 kPa)	9268
• COESIONE non DRENATA (ELL), kPa	53,9
• COESIONE non DRENATA (Triax UU), kPa	
• ANGOLO di ATTRITO (Triax CU), °DEG	
• COESIONE (Triax CU), kPa	
• ANGOLO di ATTRITO (Triax CD), °DEG	
• COESIONE DRENATA (Triax CD), kPa	
• COESIONE non DRENATA (Triax UU), kPa	

QUADRO RIEPILOGATIVO PROVE di LABORATORIO

DATI GENERALI	
Committente:	So. Co. Gen srl
Richiedente:	Dott. Geol. Tommaso Fusco
Progetto:	PUA " The Crescent House"
Località:	Via De Sanctis - Via Montale - Benevento (BN)

Identificativo Campione: **S1C2****15,00-15,50**

• PESO di VOLUME NATURALE (γ_n) kN/m ³	19,98
• CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W_n), %	16,87
• PESO SPECIFICO dei GRANI kN/m ³	26,62
• INDICE dei VUOTI (e^o)	0,557
• POROSITA' (n), %	35,78
• GRADO di SATURAZIONE (S_r), %	80,62
• PESO di VOLUME SATURO, (γ_{sat}), kN/m ³	20,67

- LIMITE LIQUIDO, %
- LIMITE PLASTICO, %
- LIMITE di RITIRO, %

• GHIAIA, %	0,4	Denominazione: LIMO CON SABBIA
• SABBIA, %	45,0	
• LIMO, %	52,1	
• ARGILLA, %	2,5	

• ANGOLO di ATTRITO, °DEG	23,1
• COESIONE, kN/m ²	28,0
• MODULO EDOMETRICO, kN/m ² (Tra 100 e 1000 kPa)	
• COESIONE non DRENATA (ELL), kPa	78,4
• COESIONE non DRENATA (Triax UU), kPa	
• ANGOLO di ATTRITO (Triax CU), °DEG	
• COESIONE (Triax CU), kPa	
• ANGOLO di ATTRITO (Triax CD), °DEG	
• COESIONE DRENATA (Triax CD), kPa	
• COESIONE non DRENATA (Triax UU), kPa	



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



**APERTURA CAMPIONE - IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D 2488)
E RIEPILOGO PROVE ESEGUITE**

ACCETTAZIONE n° 018

del 05-apr-18

pag. 1/1
rev. 1 del 11/01/2018

DATI GENERALI			
Committente: So. Co. Gen srl	Progetto: PUA " The Crescent House"		
Richiedente: Dott. Geol. Tommaso Fusco	Località: Via De Sanctis - Via Montale - Benevento (BN)		
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S1C1	Indisturbato	Prelievo del: 04-apr-18	Profondità, m: 7,00-7,50
Data ricevimento campione: 04-apr-18		Data apertura campione: 06-apr-18	Prelevato da: Geo-Tecnica

APERTURA CAMPIONE - IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D 2488)

Grani:	FINI
(Ø max e min - Forma - Distribuzione %)	Ø < 4,75 mm
Umidità:	MEDIO - ALTA
Consistenza:	4,3 kg/cm ² (pocket penetrometer)*
Colore da tavola di Munsell:	HUE 2,5 Y - 2,5/1 black
Colore:	GRIGIO
Denominazione:	LIMO SABBIOSO DEBOLMENTE ARGILLOSO
OSSERVAZIONI:	
	*valore medio su 10 determinazioni
	con: 50÷25 % Pass. ... :oso: 25÷15 % Pass. ... debolmente ...oso: 15÷5 % Pass.

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE

		CERTIFICATI N°
	- COSTANTI FISICHE GENERALI	104
	- LIMITI di ATTERBERG	
	- ANALISI GRANULOMETRICA con SOLI VAGLI ASTM	
	- ANALISI GRANULOMETRICA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA	105
	- TAGLIO DIRETTO, CONSOLIDATO LENTO	106
	- TAGLIO DIRETTO + TAGLIO RESIDUO	
	- PROVA EDOMETRICA	107
	- PROVA EDOMETRICA + PROVA DI PERMEABILITA'	
	- PROVA ad ESPANSIONE LATERALE LIBERA	108
	- PROVA di PERMEABILITA' a CARICO COSTANTE	
	- PROVA di PERMEABILITA' a CARICO VARIABILE	
	- PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA DRENATA (CD)	
	- PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA (CU)	
	- PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA (UU)	
	- DETERMINAZIONE della DENSITA' RELATIVA	
	- DETERMINAZIONE del CONTENUTO di SOSTANZA ORGANICA	
	- DETERMINAZIONE del CONTENUTO di SOLFATI	
	- DETERMINAZIONE del CONTENUTO di CARBONATI	
	- PROVA di COMPATTAZIONE PROCTOR	
	- PROVA CBR	



Il Direttore del Laboratorio

Dott. Geol. Umberto Lonardo



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



DETERMINAZIONE delle COSTANTI FISICHE GENERALI

(ASTM D 2216 - BS 1377 T15 - ASTM D 854)

ACCETTAZIONE n° 018 del 05-apr-18

CERTIFICATI N° 104

del 16-apr-18

pag. 1/1

Mod. G.T - 7.5.1.1.c/d/e C

DATI GENERALI			
Committente: So. Co. Gen srl	Progetto: PUA " The Crescent House"		
Richiedente: Dott. Geol. Tommaso Fusco	Località: Via De Sanctis - Via Montale - Benevento (BN)		
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S1C1 Indisturbato	Prelievo del: 04-apr-18	Profondità, m: 7,00-7,50	
Data ricevimento campione: 04-apr-18	Data apertura campione: 06-apr-18	Data di prova: 06-apr-18	

CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W _n) (ASTM D 2216)				
DETERMINAZIONE, N	1	2	3	
Contenitore, n	E1	F3	A2	
Massa Contenitore, g	20,89	21,51	20,72	
Massa Cont + Terra Umida, g	55,86	56,11	62,60	
Massa Cont + Terra Secca, g	50,03	50,30	55,60	
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W_n), %	20,01%	20,18%	20,07%	20,09%

PESO di VOLUME NATURALE (γ _n) (BS 1377 T15)			
DETERMINAZIONE, N	1	2	
Volumometro, n	3	M	
Massa Volumometro, g	59,10	65,16	
Capacità Volumometro, cm ³	40,22	40,22	
Massa Volumometro + Terra Umida, g	134,98	141,64	
PESO di VOLUME NATURALE (γ_n), kN/m³	18,87	19,02	18,94
PESO di VOLUME SECCO (γ_d), kN/m³			15,77

PESO SPECIFICO DEI GRANI (ASTM D 854)			
DETERMINAZIONE, N	1	2	
Vaglio ASTM #10, % Passante	100	100	
Picnometro, n	IV	408	
Massa Campione Secco, g	15,06	15,04	Temperatura, °C
Massa Picnometro + Campione + Acqua, g	86,90	89,98	20
Massa Picnometro + Acqua, g	77,49	80,58	
Fattore di Correzione, k	0,9982	0,9982	
PESO SPECIFICO dei GRANI a 20°C, kN/m³	26,61	26,62	26,61

GRANDEZZE INDICI	
• INDICE dei VUOTI (e°)	0,687
• POROSITA' (n), %	40,73
• GRADO di SATURAZIONE (S _r)	77,77%
• PESO di VOLUME SATURO (γ _{sat}), kN/m ³	19,85

OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo



Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



ANALISI GRANULOMETRICA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA
(ASTM D 422)

ACCETTAZIONE n° 018

del 05-apr-18

CERTIFICATI N° 105

del 16-apr-18

pag. 1/1

Mod. G.T. 7.5.1.1.b C

DATI GENERALI	
Committente: So. Co. Gen srl	Progetto: PUA " The Crescent House"
Richiedente: Dott. Geol. Tommaso Fusco	Località: Via De Sanctis - Via Montale - Benevento (BN)

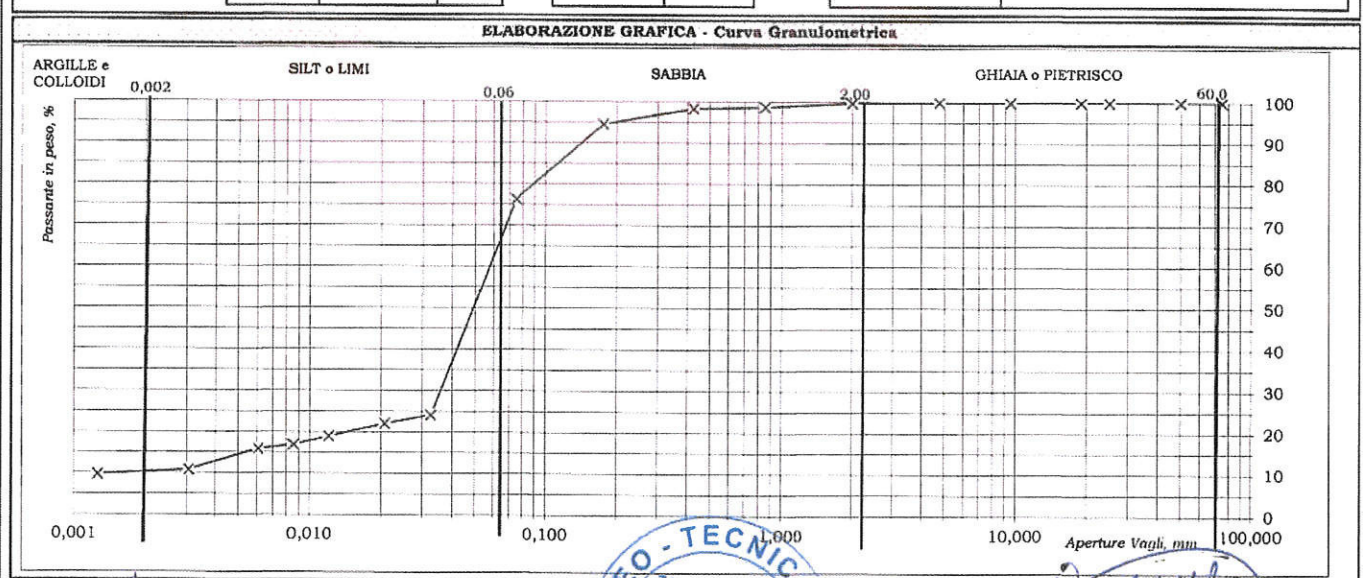
DATI DEL CAMPIONE	
Identificativo campione: S1C1 Indisturbato	Prelievo del: 04-apr-18
Data ricevimento campione: 04-apr-18	Data apertura campione: 06-apr-18
	Profondità, m: 7,00-7,50
	Data di prova: 10-apr-18

DETERMINAZIONI DI PROVA		ANALISI MECCANICA del TRATTENUTO al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)							
Massa Contenitore, g	105,62	VAGLI ASTM	3"	2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10
Massa Cont. + Campione secco, g	577,50	Apertura in mm	75,0	50,0	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00
Massa Campione secco, g	471,88	Ritenuto, g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
		% Ritenuto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
		% Passante	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8

ANALISI DENSITOMETRICA e MECCANICA del PASSANTE al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)									
ANALISI DENSITOMETRICA									
Massa Contenitore, g	104,85	Tempi, mn	2	5	15	30	60	240	1440
Massa Cont. + Campione secco, g	155,20	Letture Densimetro, R	1,0140	1,0130	1,0115	1,0105	1,0100	1,0075	1,0070
Massa Campione secco, g	50,35	Correzione per T°, ΔR	-0,0041						
Peso Specifico del Passante al #10, kN/m³	26,61	Letture Corretta, R'	1,0099	1,0089	1,0074	1,0064	1,0059	1,0034	1,0029
Temperatura di prova T°, C°	20	Profondità Lettura, L in mm	175,85	177,85	180,85	182,85	183,85	188,85	189,85
Massa Volumica Acqua a T°, g/ml	0,9982	Ø equivalente dei grani, mm	0,0325	0,0207	0,0120	0,0086	0,0061	0,0031	0,0013
Coeff. Viscosità dinamica nel liquido a T°, Poise	0,0101	% Passante	24,2	22,1	19,0	17,0	15,9	10,8	9,7

ANALISI MECCANICA		Fattore riduzione					
VAGLI ASTM	# 20	# 40	# 80	# 200	PAN	massa campione, FR	0,998
Apertura in mm	0,850	0,425	0,175	0,075	-	Riscontro, g	0,00
Ritenuto, g	0,52	0,19	1,94	9,23	38,47		
Passante, g	49,83	49,64	47,70	38,47	-		
% Passante	98,8	98,4	94,5	76,2	-		

ESITI	GHIAIE/PIETRISCO %	0,2	SABBIA %	23,5	SILT o LIMI %	66,1	ARGILLE E COLLOIDI %	10,1
	Grossa	Media	Fine	Grossa	Fine	DENOMINAZIONE: LIMO SABBIOSO DEBOLMENTE ARGILLOSO		
	0,0	0,0	0,2	1,4	22,1			



OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Spedimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



PROVA di TAGLIO DIRETTO
(ASTM D 3080)

ACCETTAZIONE n° 018

del 05-apr-18

CERTIFICATI N° 106

del 16-apr-18

pag. 1/2

Mod. G.T. 7.5.1.2.b C

DATI GENERALI			
Committente: So. Co. Gen srl		Progetto: PUA " The Crescent House"	
Richiedente: Dott. Geol. Tommaso Fusco		Località: Via De Sanctis - Via Montale - Benevento (BN)	
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S1C1 Indisturbato		Prelievo del: 04-apr-18	
Data ricevimento campione: 04-apr-18		Data apertura campione: 06-apr-18	
		Profondità, m: 7,00-7,50	
		Data inizio prova: 09-apr-18	
TIPO DI PROVA: Lenta: SI Consolidata: SI		ATTREZZATURA: Tecnotest T665 N - Anello Dinamometrico 1451 da 3000 N	
		Fattore di conversione: 1,3592	

DATI DEL CAMPIONE IN PROVA		SCATOLA DI TAGLIO	
Peso Specifico dei Grani (Gt*)	kN/m ³ 26,61	Lato Fustella, cm	6,02
Contenuto Naturale in Acqua (media)	% 20,09%	Altezza Fustella, cm	1,85
		Velocità di taglio, mm/mn	0,008
		Sezione Fustella, cm ²	36,24

DETERMINAZIONI											
PROVINO	n	1			2			3			
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	
Fustella Portacampione	n										
Massa Fustella	g	94,99			95,17				93,60		
Massa Fustella + Campione	g	222,01			222,71				220,77		
Massa Campione	g	127,02			127,54				127,17		
		PRIMA	DOPO	Δ	PRIMA	DOPO	Δ		PRIMA	DOPO	Δ
Peso di Volume Naturale	kN/m ³	18,95	19,15	0,21	19,02	19,53	0,51		18,97	19,76	0,79
Peso di Volume Secco	kN/m ³	15,78	15,95	0,17	15,84	16,26	0,42		15,80	16,45	0,66
Indice dei Vuoti		0,687	0,669	-0,02	0,680	0,636	-0,04		0,685	0,618	-0,07
Altezza Solidi	cm	1,314			1,320				1,316		

PROVINO n. 1		SFORZO NORMALE, kN/m ² : 50,0											
Cedimenti, cm	0,020	Altezza Finale, cm 1,830											
		Consolidazione, % 1,09											
Tempi, mn		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
Spostamenti Cella, mm		0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9				
Lettura anello dinamometrico		28	52	74	87	101	106	103	100				
Comparatore Vert., mm		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19				
SFORZI di TAGLIO, kN/m ²		10,4	19,3	27,4	32,2	37,4	39,2	38,1	37,0				

PROVINO n. 2		SFORZO NORMALE, kN/m ² : 100,0											
Cedimenti, cm	0,048	Altezza Finale, cm 1,802											
		Consolidazione, % 2,66											
Tempi, mn		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
Spostamenti Cella, mm		0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2			
Lettura anello dinamometrico		55	82	115	137	150	154	158	156	152			
Comparatore Vert., mm		0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,47	0,47			
SFORZI di TAGLIO, kN/m ²		20,4	30,4	42,6	50,7	55,5	57,0	58,5	57,8	56,3			

PROVINO n. 3		SFORZO NORMALE, kN/m ² : 200,0											
Cedimenti, cm	0,074	Altezza Finale, cm 1,776											
		Consolidazione, % 4,17											
Tempi, mn		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
Spostamenti Cella, mm		0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2	2,4		
Lettura anello dinamometrico		90	136	175	211	234	254	261	265	263	261		
Comparatore Vert., mm		0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,73	0,72		
SFORZI di TAGLIO, kN/m ²		33,3	50,4	64,8	78,1	86,6	94,0	96,6	98,1	97,4	96,6		

RIEPILOGO

Provini	SFORZI, kN/m ²	
	Normali	di Taglio
3	200,0	98,1
2	100,0	58,5
1	50,0	39,2

OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo



Lo Spedimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



PROVA di TAGLIO DIRETTO
(ASTM D 3080)

ACCETTAZIONE n° 018

del 05-apr-18

RAPPORTI DI PROVA n° 106

del 16-apr-18

pag. 2/2

Mod. G.T-7.5.1.2.b C

DATI GENERALI

Committente: So. Co. Gen srl
Progetto: PUA " The Crescent House"
Richiedente: Dott. Geol. Tommaso Fusco
Località: Via De Sanctis - Via Montale - Benevento (BN)

DATI DEL CAMPIONE

Identificativo campione: **S1C1** Indisturbato
Prelievo del: **04-apr-18** Profondità, m: **7,00-7,50**
Data ricevimento campione: 04-apr-18
Data apertura campione: 06-apr-18
Data inizio prova: 09-apr-18

ELABORAZIONE GRAFICA

Diagramma Sforzi di Taglio - Deformazioni

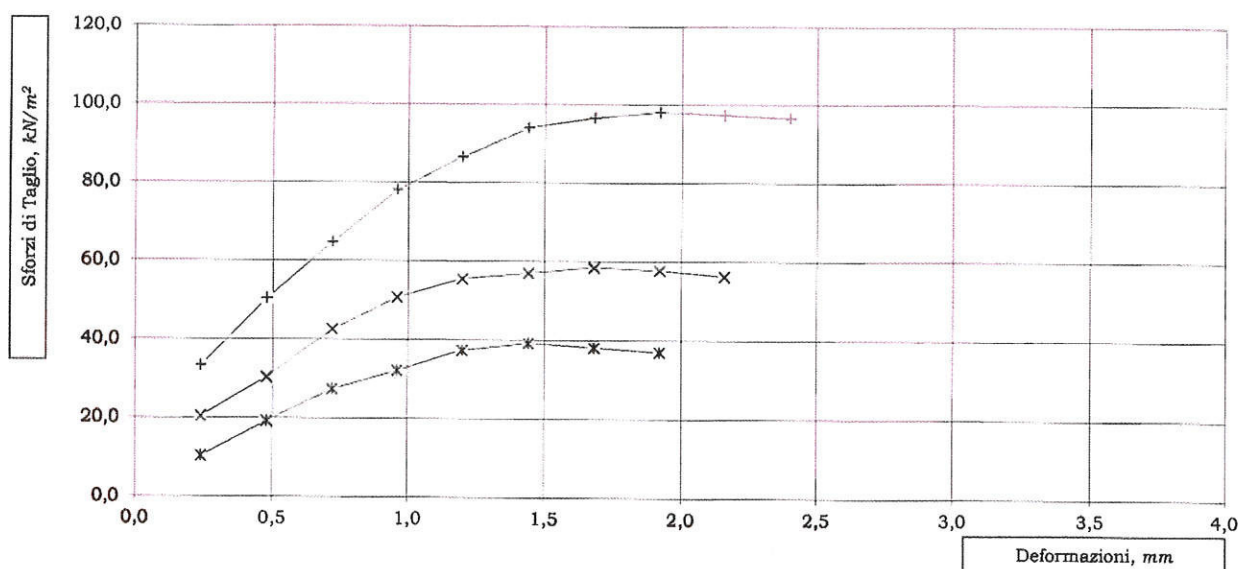
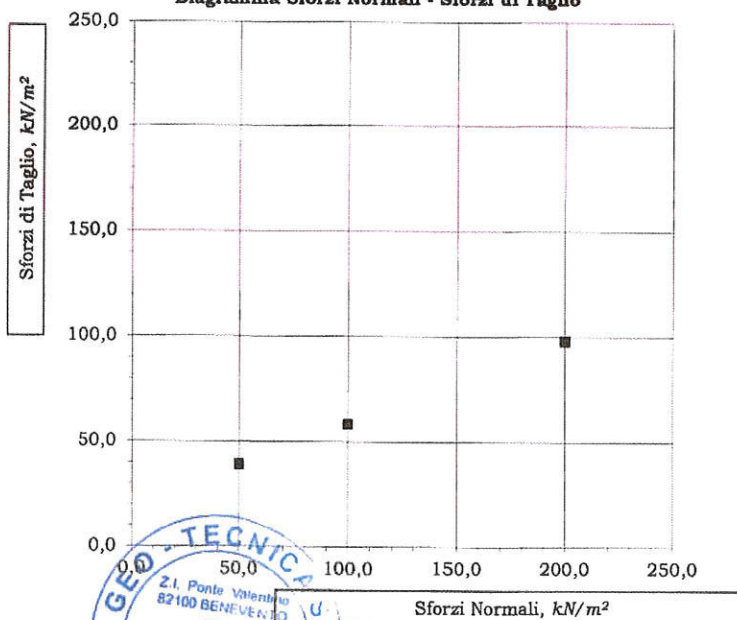


Diagramma Sforzi Normali - Sforzi di Taglio



(Signature)
Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Alessandro D'Urso



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



PROVA di COMPRESIONE EDOMETRICA e PROVA di PERMEABILITA'

(ASTM D 2435 - Bowles, Exp.12-1978)

ACCETTAZIONE n° 018 del 5-apr-18

CERTIFICATI N° 107 del 16-apr-18

pag. 1/3

Mod. G.T- 7.5.1.2.a.p.C

DATI GENERALI			
Committente:	So. Co. Gen srl	Progetto:	PUA " The Crescent House"
Richiedente:	Dott. Geol. Tommaso Fusco	Località:	Via De Sanctis - Via Montale - Benevento (BN)

DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	S1C1 Indisturbato	Prelievo del:	04-apr-18
Data ricevimento campione:	04-apr-18	Data apertura campione:	06-apr-18
		Profondità, m:	7,00-7,50
		Data inizio prova:	06-apr-18

DATI DEL CAMPIONE IN PROVA		ATTREZZATURA	
Peso Specifico dei Grani (Gt*)	kN/m ³ 26,61	Marca:	CONTROLS Mod. T302
Contenuto Naturale in Acqua	% 20,09	Trasduttore di spostamento	CH 02

DETERMINAZIONI			
Anello Portaprovino n.		3	
Ø interno Anello, cm	5,06	Altezza Anello, cm	2,00
Massa Anello, g	59,10	Area Base Anello, cm ²	20,11
		Massa Anello+Campione, g	134,98
		Massa Campione, g	75,88
		CELLA ALLAGATA	
		CONTENUTO in ACQUA DOPO PROVA	
		Contenitore, n	J1
		Massa Contenitore, g	20,76
		Massa Cont+Terra Umida, g	96,14
		Massa Cont+Terra Secca, g	86,62
			w %
			14,45

DATI della PROVA																
Tempi	15"	30"	1'	2'	4'	8'	15'	30'	1 h	2 h	4 h	8 h	12 h	24 h	2H [^]	
kPa	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00	15,00	30,00	60,00	120,00	240,00	480,00	720,00	1440,00		
Misure al Comparatore Centesimale																
25	5	5	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	1,9920	
50	9	10	11	11	11	12	13	14	15	16	17	18	19	19	1,9810	
100	21	22	23	24	25	26	28	29	30	31	32	33	34	35	1,9650	
200	39	40	42	44	46	48	50	51	53	55	56	57	58	59	1,9410	
400	72	74	77	80	84	87	90	93	96	99	101	102	103	104	1,8960	
800	132	134	138	142	148	153	159	166	172	179	184	187	188	189	1,8110	
1600	225	227	230	234	241	252	264	274	282	289	297	301	302	303	1,6970	
400	301	300	299	299	298	297	295	293	291	290	289	287	286	285	1,7150	
100	279	277	275	271	268	264	260	257	255	250	246	244	242	241	1,7590	
25	234	230	225	221	217	209	201	193	189	172	166	162	157	154	1,8460	

FASE DI CARICO	Pressioni Applicate	kPa	0	25	50	100	200	400	800	1600		
	Altezza Campione	2H [^]	cm	2,000	1,992	1,981	1,965	1,941	1,896	1,811		
	Altezza Vuoti		cm	0,819	0,811	0,800	0,784	0,760	0,715	0,630		
	Indice Vuoti	e		0,694	0,687	0,678	0,664	0,644	0,606	0,534		
	Indice di Compressibilità	Cc				0,031	0,045	0,068	0,127	0,239		
	Modulo Edometrico	Ed	kN/m ²				4527	6191	8187	8627	8922	12709
Consolidazione		%				0,402	0,959	1,781	3,040	5,485	10,436	17,855

FASE DI SCARICO	Pressioni Applicate	kPa	400	100	25	
	Altezza Campione	2H [^]	cm	1,715	1,759	1,846
	Altezza Vuoti		cm	0,534	0,578	0,665
	Indice Vuoti	e		0,453	0,490	0,563
	Indice di Rigonfiamento	Cs		0,025	0,062	0,122

PROVA di PERMEABILITA'																
Sezione Buretta	cm ²	0,44														
Altezza Acqua Inizio Prova	cm															
Altezza Acqua Fine Prova	cm															
Intervallo di Tempo (ΔT)	s															
Coefficiente di Permeabilità	cm/s															
Carichi kPa		50	100	200	400	800	1600									

OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:
[Signature]
Dott. Geol. Umberto Lonardo



Lo Sperimentatore:
[Signature]
Dott. Geol. Alessandro D'Urso



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



PROVA di COMPRESSIONE EDOMETRICA e PROVA di PERMEABILITA'

(ASTM D 2435 - Bowles, Exp.12-1978)

ACCETTAZIONE n° 018 del 5-apr-18

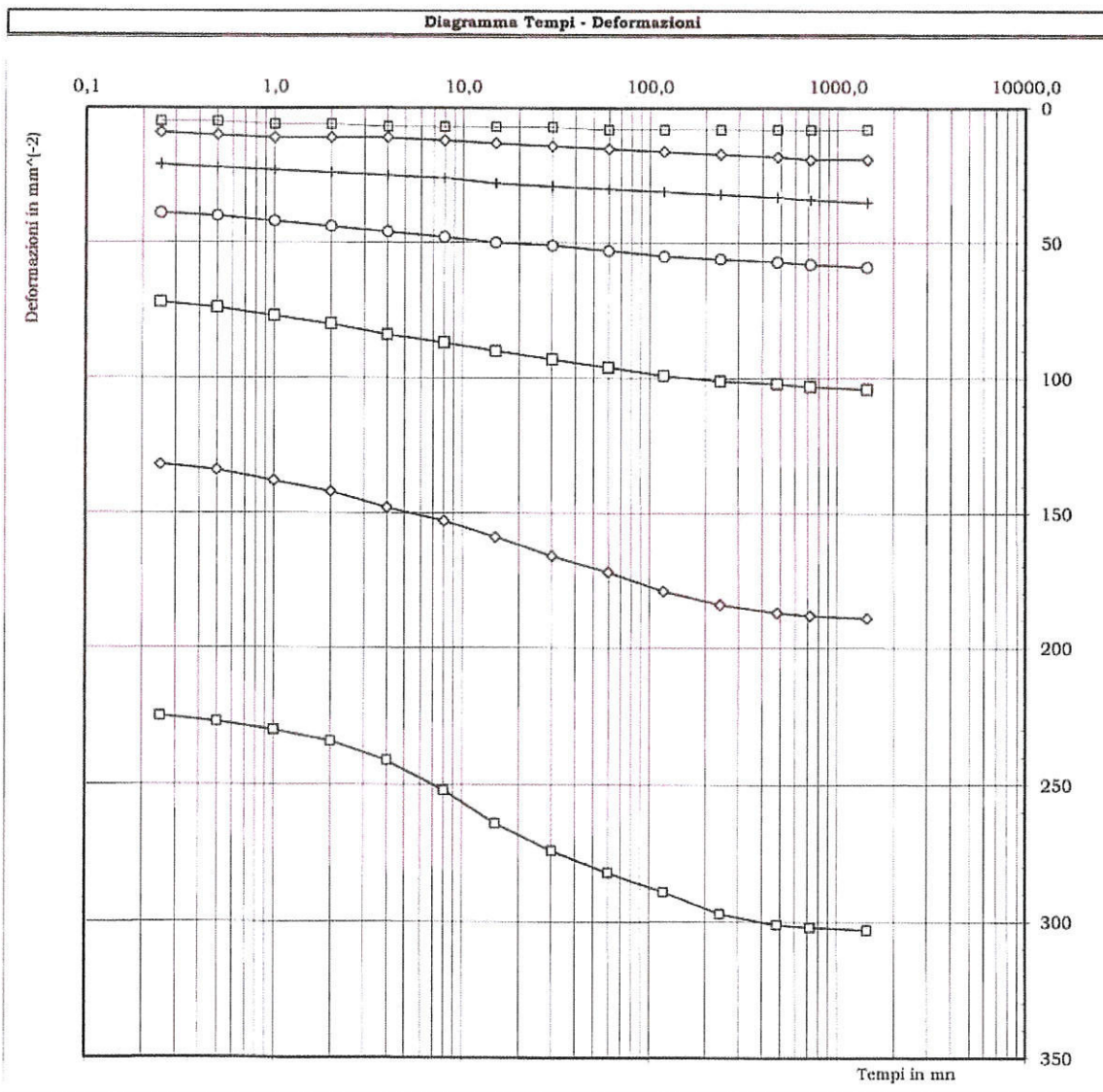
CERTIFICATI N° 107 del 16-apr-18

pag. 2/3

Mod. G.T. 7.5.1.2.a.p.C

DATI GENERALI			
Committente:	So. Co. Gen srl	Progetto:	PUA " The Crescent House"
Richiedente:	Dott. Geol. Tommaso Fusco	Località:	Via De Sanctis - Via Montale - Benevento (BN)
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	S1C1	Indisturbato	Prelievo del: 04-apr-18
Data ricevimento campione:	04-apr-18	Data apertura campione:	06-apr-18
		Profondità, m:	7,00-7,50
		Data inizio prova:	06-apr-18

ELABORAZIONE GRAFICA



Lo Sperimentatore:
[Signature]
Dott. Geol. Alessandro D'Urso

PROVA di COMPRESSIONE EDOMETRICA e PROVA di PERMEABILITA'

(ASTM D 2435 - Bowles, Exp.12-1978)

ACCETTAZIONE n° 018 del 5-apr-18

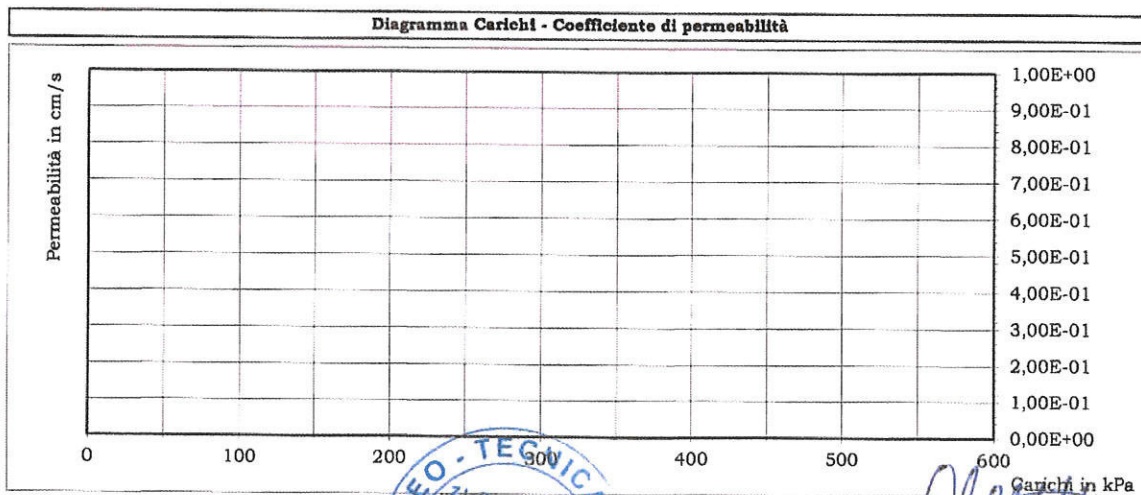
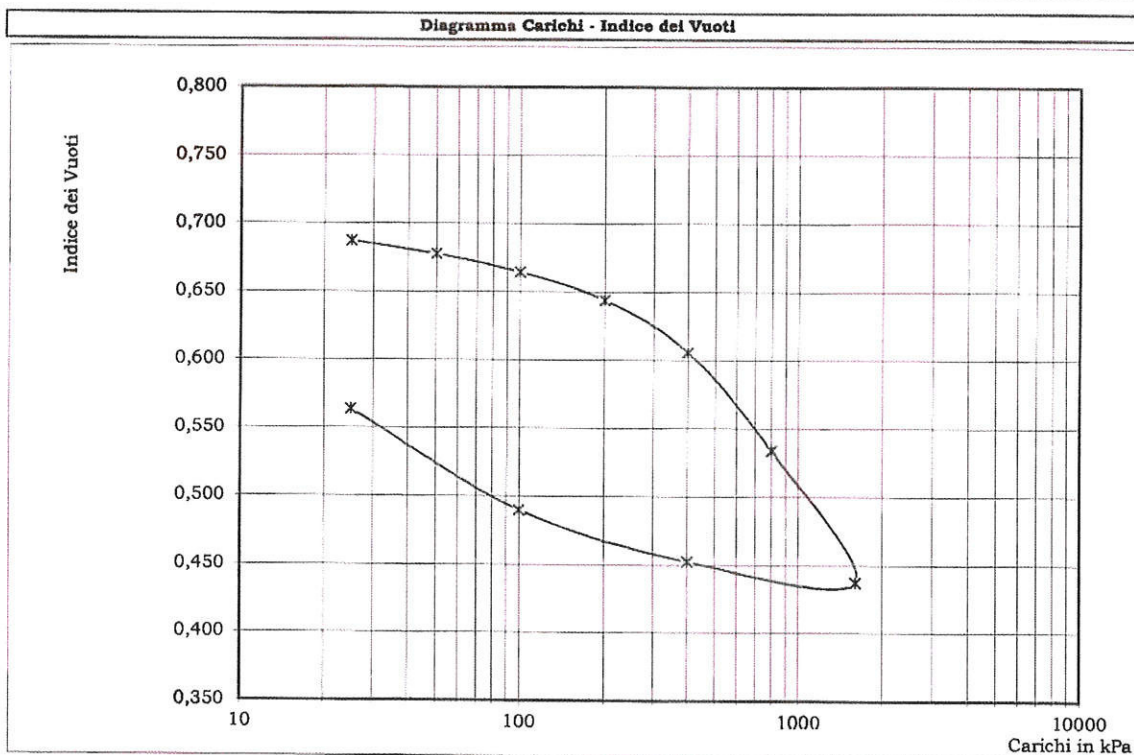
CERTIFICATI N° 107 del 16-apr-18

pag. 3/3

Mod. G.T-7.5.1.2.a.p.C

DATI GENERALI			
Committente:	So. Co. Gen srl	Progetto:	PUA " The Crescent House"
Richiedente:	Dott. Geol. Tommaso Fusco	Località:	Via De Sanctis - Via Montale - Benevento (BN)
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	S1C1	Indisturbato	Prelievo del: 04-apr-18
Data ricevimento campione:	04-apr-18	Data apertura campione:	06-apr-18
		Profondità, m:	7,00-7,50
		Data inizio prova:	06-apr-18

ELABORAZIONE GRAFICA



Lo Spennatore
[Signature]
Dott. Geol. Alessandro D'Urso



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59

Laboratorio Prove su Terre e Rocce



PROVA di COMPRESIONE ad ESPANSIONE LATERALE LIBERA
(ASTM D 2166)

ACCETTAZIONE n° 018

del 05-apr-18

CERTIFICATI N° 108

del

16-apr-18

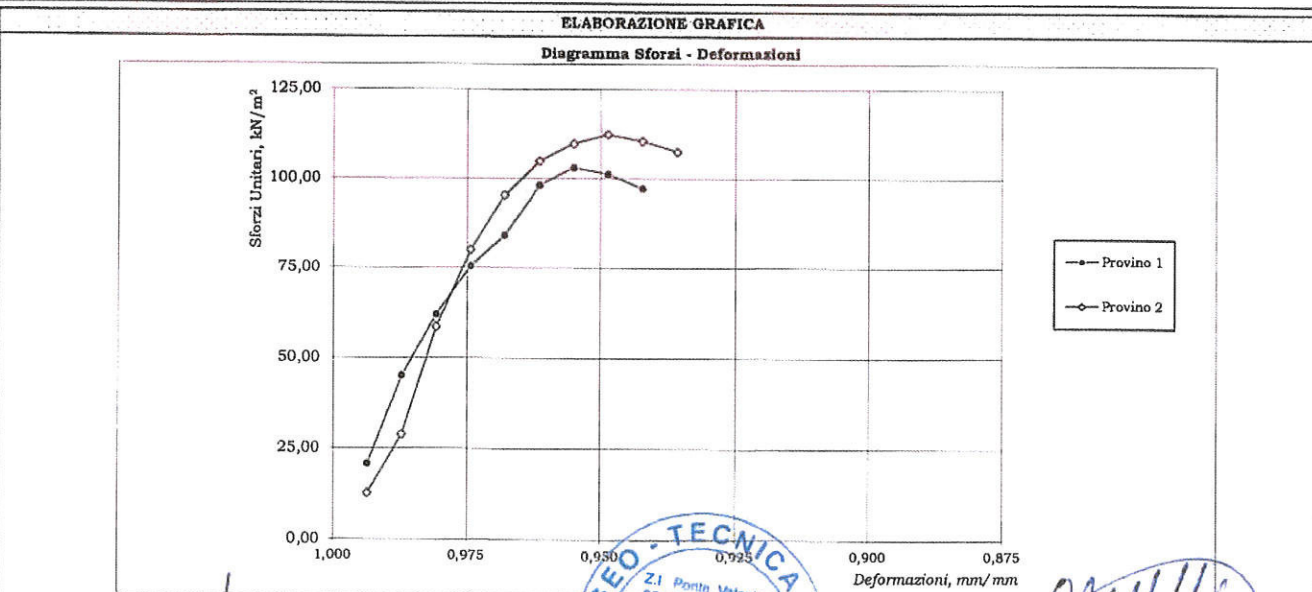
pag. 1/1

Mod. G.T. 7.5.1.2.d.C

DATI GENERALI			
Committente: So. Co. Gen srl	Progetto: PUA " The Crescent House"		
Richiedente: Dott. Geol. Tommaso Fusco	Località: Via De Sanctis - Via Montale - Benevento (BN)		
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S1C1 Indisturbato	Prelievo del: 04-apr-18		Profondità, m: 7,00-7,50
Data ricevimento campione: 04-apr-18	Data apertura campione: 06-apr-18		Data di prova: 06-apr-18
Velocità di prova, mm/mn 0,95	ATTREZZATURA: TECNTEST Mod. TR115 - Anello dinamometrico da 3 kN n. 1452		

DETERMINAZIONI			
PROVINO, n.	1	2	
Massa Campione naturale, g	167,80	168,40	
Altezza Campione, cm	7,80	7,80	
Diametro Superiore, cm	3,81	3,81	
Diametro Medio, cm	3,80	3,81	
Diametro Inferiore, cm	3,81	3,80	
Sezione Media, cm ²	11,38	11,38	
Volume Campione, cm ³	88,77	88,77	
Peso di Volume Naturale, kN/m ³	18,90	18,97	VALORI MEDI
Massa Campione Secco, g	139,82	140,26	18,94
Umidità naturale, %	20,01	20,06	20,04
Peso di Volume Secco, kN/m ³	15,75	15,80	15,78

DATI DELLA PROVA										
Letture Anello Dinamometrico	18	39	54	66	74	87	92	91	88	PROVINO n. 1
Letture Comparatore Deformazioni	50	100	150	200	250	300	350	400	450	
Sforzi, N	24,07	52,14	72,20	88,24	98,94	116,32	123,00	121,67	117,66	Sforzo massimo kN/m ² 103,23
Deformazioni, mm/mm	0,994	0,987	0,981	0,974	0,968	0,962	0,955	0,949	0,942	
Area Corretta, cm ²	11,45	11,53	11,60	11,68	11,76	11,84	11,92	12,00	12,08	PROVINO n. 2
Sforzi Unitari, kN/m ²	21,01	45,23	62,22	75,55	84,15	98,27	103,23	101,42	97,42	
Letture Anello Dinamometrico	11	25	51	70	84	93	98	101	100	98
Letture Comparatore Deformazioni	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Sforzi, N	14,71	33,43	68,19	93,59	112,31	124,34	131,03	135,04	133,70	131,03
Deformazioni, mm/mm	0,994	0,987	0,981	0,974	0,968	0,962	0,955	0,949	0,942	0,936
Area Corretta, cm ²	11,45	11,53	11,60	11,68	11,76	11,84	11,92	12,00	12,08	12,16
Sforzi Unitari, kN/m ²	12,84	28,99	58,76	80,13	95,52	105,05	109,96	112,57	110,70	107,75



OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo



Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



**APERTURA CAMPIONE - IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D 2488)
E RIEPILOGO PROVE ESEGUITE**

ACCETTAZIONE n° 018

del 05-apr-18

pag. 1/1

rev. 1 del 11/01/2018

DATI GENERALI			
Committente: So. Co. Gen srl	Progetto: PUA " The Crescent House"		
Richiedente: Dott. Geol. Tommaso Fusco	Località: Via De Sanctis - Via Montale - Benevento (BN)		
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: SIC2	Indisturbato	Prelievo del: 04-apr-18	Profondità, m: 15,00-15,50
Data ricevimento campione: 04-apr-18		Data apertura campione: 06-apr-18	Prelevato da: Geo-Tecnica

APERTURA CAMPIONE - IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D 2488)

Grani:	FINI
(Ø max e min - Forma - Distribuzione %)	Ø < 4,75 mm
Umidità:	MEDIA
Consistenza:	6,0 kg/cm ² (pocket penetrometer)*
Colore da tavola di Munsell:	HUE 2,5 Y - 2,5/1 black
Colore:	GRIGIO
Denominazione:	LIMO CON SABBIA
OSSERVAZIONI:	
	*valore medio su 10 determinazioni
	con: 50÷25 %Pass. ...oso: 25÷15 %Pass. debolmente ...oso: 15÷5 % Pass.

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE

		CERTIFICATI N°
	- COSTANTI FISICHE GENERALI	109
	- LIMITI di ATTERBERG	
	- ANALISI GRANULOMETRICA con SOLI VAGLI ASTM	
	- ANALISI GRANULOMETRICA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA	110
	- TAGLIO DIRETTO, CONSOLIDATO LENTO	111
	- TAGLIO DIRETTO + TAGLIO RESIDUO	
	- PROVA EDOMETRICA	
	- PROVA EDOMETRICA + PROVA DI PERMEABILITA'	
	- PROVA ad ESPANSIONE LATERALE LIBERA	112
	- PROVA di PERMEABILITA' a CARICO COSTANTE	
	- PROVA di PERMEABILITA' a CARICO VARIABILE	
	- PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA DRENATA (CD)	
	- PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA (CU)	
	- PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA (UU)	
	- DETERMINAZIONE della DENSITA' RELATIVA	
	- DETERMINAZIONE del CONTENUTO di SOSTANZA ORGANICA	
	- DETERMINAZIONE del CONTENUTO di SOLFATI	
	- DETERMINAZIONE del CONTENUTO di CARBONATI	
	- PROVA di COMPATTAZIONE PROCTOR	
	- PROVA CBR	

Il Direttore del Laboratorio: Il TT



Dott. Geol. Umberto Lonardo



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



DETERMINAZIONE delle COSTANTI FISICHE GENERALI

(ASTM D 2216 - BS 1377 T15 - ASTM D 854)

ACCETTAZIONE n° 018 del 05-apr-18

CERTIFICATI N° 109

del 16-apr-18

pag. 1/1

Mod. G.T - 7.5.1.1.c/d/e C

DATI GENERALI			
Committente: So. Co. Gen srl	Progetto: PUA " The Crescent House"		
Richiedente: Dott. Geol. Tommaso Fusco	Località: Via De Sanctis - Via Montale - Benevento (BN)		
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S1C2	Indisturbato	Prelievo del: 04-apr-18	Profondità, m: 15,00-15,50
Data ricevimento campione: 04-apr-18		Data apertura campione: 06-apr-18	Data di prova: 06-apr-18

CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W _n) (ASTM D 2216)			
DETERMINAZIONE, N	1	2	3
Contenitore, n	D2	S	J1
Massa Contenitore, g	20,88	17,86	20,76
Massa Cont + Terra Umida, g	58,29	53,38	67,28
Massa Cont + Terra Secca, g	52,87	48,25	60,59
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W_n), %	16,94%	16,88%	16,80%
			16,97%

PESO di VOLUME NATURALE (γ _n) (BS 1377 T15)			
DETERMINAZIONE, N	1	2	
Volumometro, n	1	D	
Massa Volumometro, g	58,96	55,02	
Capacità Volumometro, cm ³	40,22	40,22	
Massa Volumometro + Terra Umida, g	139,00	135,71	
PESO di VOLUME NATURALE (γ_n), kN/m³	19,90	20,06	19,98
			17,10

PESO SPECIFICO DEI GRANI (ASTM D 854)			
DETERMINAZIONE, N	1	2	
Vaglio ASTM #10, % Passante	100	100	
Picnometro, n	VII	357	
Massa Campione Secco, g	15,05	15,06	Temperatura, °C
Massa Picnometro + Campione + Acqua, g	87,19	90,39	20
Massa Picnometro + Acqua, g	77,78	80,98	
Fattore di Correzione, k	0,9982	0,9982	
PESO SPECIFICO dei GRANI a 20°C, kN/m³	26,64	26,61	26,62

GRANDEZZE INDICI	
• INDICE dei VUOTI (e ^v)	0,557
• POROSITA' (n), %	35,78
• GRADO di SATURAZIONE (S _v)	80,62%
• PESO di VOLUME SATURO, (γ _{sat}), kN/m ³	20,67

OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo



Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



ANALISI GRANULOMETRICA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA
(ASTM D 422)

ACCETTAZIONE n° 018

del 05-apr-18

CERTIFICATI N° 110

del 16-apr-18

pag. 1/1

Mod. G.T. 7.5.1.1.b C

DATI GENERALI	
Committente: So. Co. Gen srl	Progetto: PUA " The Crescent House"
Richiedente: Dott. Geol. Tommaso Fusco	Località: Via De Sanctis - Via Montale - Benevento (BN)

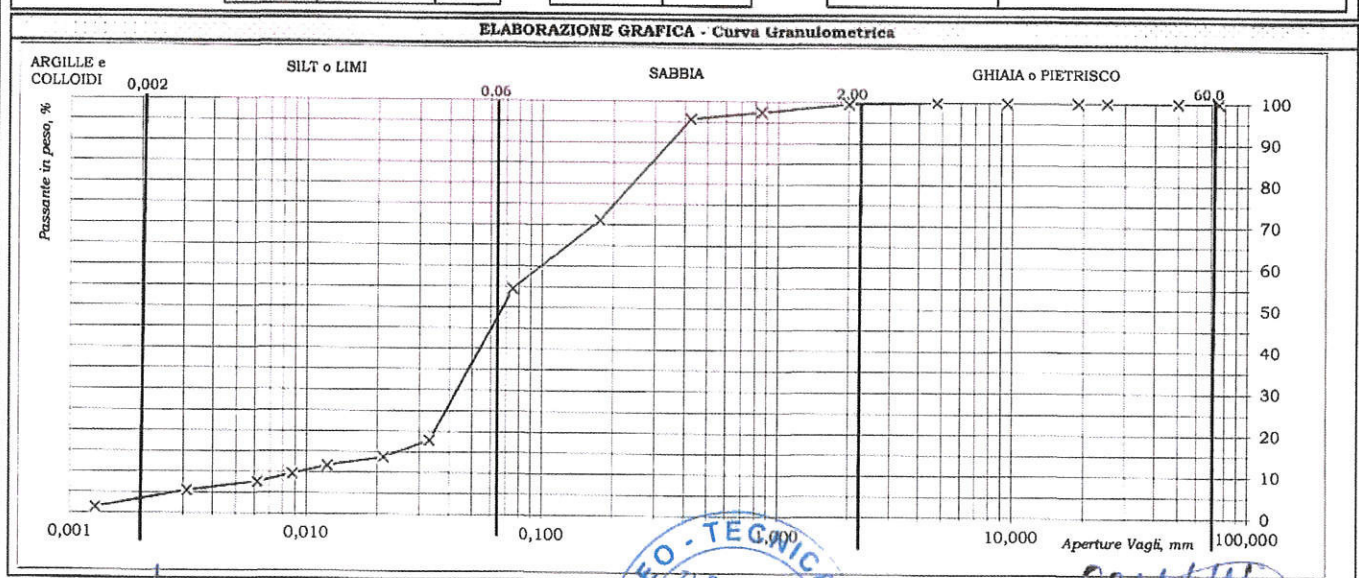
DATI DEL CAMPIONE	
Identificativo campione: S1C2 Indisturbato	Prelievo del: 04-apr-18
Data ricevimento campione: 04-apr-18	Data apertura campione: 06-apr-18
	Profondità, m: 15,00-15,50
	Data di prova: 10-apr-18

DETERMINAZIONI DI PROVA		ANALISI MECCANICA del TRATTENUTO al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)							
Massa Contenitore, g	106,04	VAGLI ASTM	3"	2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10
Massa Cont. + Campione secco, g	581,70	Apertura in mm	75,0	50,0	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00
Massa Campione secco, g	475,66	Ritenuto, g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,03
		% Ritenuto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
		% Passante	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,6

ANALISI DENSITOMETRICA e MECCANICA del PASSANTE al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)									
ANALISI DENSITOMETRICA									
Massa Contenitore, g	107,37	Tempi, mn	2	5	15	30	60	240	1440
Massa Cont. + Campione secco, g	157,84	Letture Densimetro, R	1,0110	1,0090	1,0080	1,0070	1,0060	1,0050	1,0030
Massa Campione secco, g	50,47	Correzione per T°, ΔR	-0,0041						
Peso Specifico del Passante al #10, kN/m³	26,62	Letture Corretta, R°	1,0069	1,0049	1,0039	1,0029	1,0019	1,0009	0,9989
Temperatura di prova T°, C°	20	Profondità Lettura, L in mm	181,85	185,85	187,85	189,85	191,85	193,85	197,85
Massa Volumica Acqua a T°, g/ml	0,9982	Ø equivalente dei grani, mm	0,0331	0,0211	0,0123	0,0087	0,0062	0,0031	0,0013
Coeff. Viscosità dinamica nel liquido a T°, Poise	0,0101	% Passante	18,0	13,8	11,8	9,7	7,6	5,6	1,4

ANALISI MECCANICA						
VAGLI ASTM	# 20	# 40	# 80	# 200	PAN	Fattore riduzione massa campione, FR 0,996
Apertura in mm	0,850	0,425	0,175	0,075	=	
Ritenuto, g	1,08	0,86	12,49	8,40	27,64	Risconto, g 0,00
Passante, g	49,39	48,53	36,04	27,64	=	
% Passante	97,4	95,7	71,1	54,5	=	

ESITI	GHIAIE/PIETRISCO % 0,4	SABBIA % 45,0	SILT e LIMI % 52,1	ARGILLE E COLLOIDI % 2,5
	Grossa Media Fine	Grossa Fine		
	0,0 0,0 0,4	3,8 41,2		
	DENOMINAZIONE: LIMO CON SABBIA			



OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio: *[Signature]*
Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore: *[Signature]*
Dott. Geol. Alessandro D'Urso





GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



PROVA di TAGLIO DIRETTO (ASTM D 3080)

ACCETTAZIONE n° 018

del 05-apr-18

CERTIFICATI N° 111

del 16-apr-18

pag. 1/2

Mod. G.T. 7.5.1.2.b C

DATI GENERALI			
Committente: So. Co. Gen srl		Progetto: PUA " The Crescent House"	
Richiedente: Dott. Geol. Tommaso Fusco		Località: Via De Sanctis - Via Montale - Benevento (BN)	
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S1C2 Indisturbato	Prelievo del: 04-apr-18	Profondità, m: 15,00-15,50	
Data ricevimento campione: 04-apr-18	Data apertura campione: 06-apr-18	Data inizio prova: 09-apr-18	
TIPO DI PROVA: Lenta: SI	Consolidata: SI	ATTREZZATURA: Controls - Anello Dinamometrico Mod. T1002 da 2000 N	Fattore di conversione: 0,83921

DATI DEL CAMPIONE IN PROVA		SCATOLA DI TAGLIO	
Peso Specifico dei Grani (Gt*)	kN/m^3 26,62	Lato Fustella, cm	6,02
Contenuto Naturale in Acqua (media)	% 16,87%	Altezza Fustella, cm	3,05
		Velocità di taglio, mm/mn	0,008
		Sezione Fustella, cm ²	36,24

DETERMINAZIONI												
PROVINO	n	1			2			3			n	
		G	H	I	H	I	I					
Fustella Portacampione	n											
Massa Fustella	g	165,92			101,35				102,78			
Massa Fustella + Campione	g	386,00			321,75				324,20			
Massa Campione	g	220,08			220,40				221,42			
		PRIMA	DOPO	Δ	PRIMA	DOPO	Δ	PRIMA	DOPO	Δ		
Peso di Volume Naturale	kN/m^3	19,91	20,43	0,52	19,94	20,76	0,82	20,03	21,00	0,96		
Peso di Volume Secco	kN/m^3	17,04	17,48	0,45	17,06	17,76	0,70	17,14	17,96	0,82		
Indice dei Vuoti		0,563	0,523	-0,04	0,560	0,499	-0,06	0,553	0,482	-0,07		
Altezza Solidi	cm	2,277			2,281			2,291				

PROVINO n. 1	SFORZO NORMALE, kN/m^2 : 100,0											
Cedimenti, cm 0,078	Altezza Finale, cm 2,972											
	Consolidazione, % 2,62											
Tempi, mn	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
Spostamenti Cella, mm	0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9				
Lettura anello dinamometrico	92	177	236	274	299	310	301	288				
Comparatore Vert., mm	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,77	0,77	0,77				
SFORZI di TAGLIO, kN/m^2	21,0	40,5	54,0	62,6	68,4	70,9	68,8	65,8				

PROVINO n. 2	SFORZO NORMALE, kN/m^2 : 200,0											
Cedimenti, cm 0,120	Altezza Finale, cm 2,930											
	Consolidazione, % 4,10											
Tempi, mn	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
Spostamenti Cella, mm	0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2			
Lettura anello dinamometrico	120	248	334	402	442	471	494	491	480			
Comparatore Vert., mm	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,19	1,19			
SFORZI di TAGLIO, kN/m^2	27,4	56,7	76,4	91,9	101,0	107,7	112,9	112,2	109,7			

PROVINO n. 3	SFORZO NORMALE, kN/m^2 : 300,0											
Cedimenti, cm 0,140	Altezza Finale, cm 2,910											
	Consolidazione, % 4,81											
Tempi, mn	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
Spostamenti Cella, mm	0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9
Lettura anello dinamometrico	170	320	432	512	578	618	641	671	683	683	681	677
Comparatore Vert., mm	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,39	1,39
SFORZI di TAGLIO, kN/m^2	38,9	73,2	98,8	117,0	132,1	141,3	146,5	153,4	156,1	156,1	155,7	154,8

RIEPILOGO

Provini	SFORZI, kN/m^2	
	Normali	di Taglio
3	300,0	156,1
2	200,0	112,9
1	100,0	70,9

OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo



Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti

Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018

D.P.R. n°380/2001-art.59

Laboratorio Prove su Terre e Rocce



PROVA di TAGLIO DIRETTO
(ASTM D 3080)

ACCETTAZIONE n° 018

del 05-apr-18

RAPPORTI DI PROVA n° 111

del 16-apr-18

pag. 2/2

Mod. G.T. 7.5.1.2.b C

DATI GENERALI

Committente: So. Co. Gen srl

Progetto: PUA "The Crescent House"

Richiedente: Dott. Geol. Tommaso Fusco

Località: Via De Sanctis - Via Montale - Benevento (BN)

DATI DEL CAMPIONE

Identificativo campione: **S1C2** Indisturbato

Prelievo del: **04-apr-18**

Profondità, m: **15,00-15,50**

Data ricevimento campione: 04-apr-18

Data apertura campione: 06-apr-18

Data inizio prova: 09-apr-18

ELABORAZIONE GRAFICA

Diagramma Sforzi di Taglio - Deformazioni

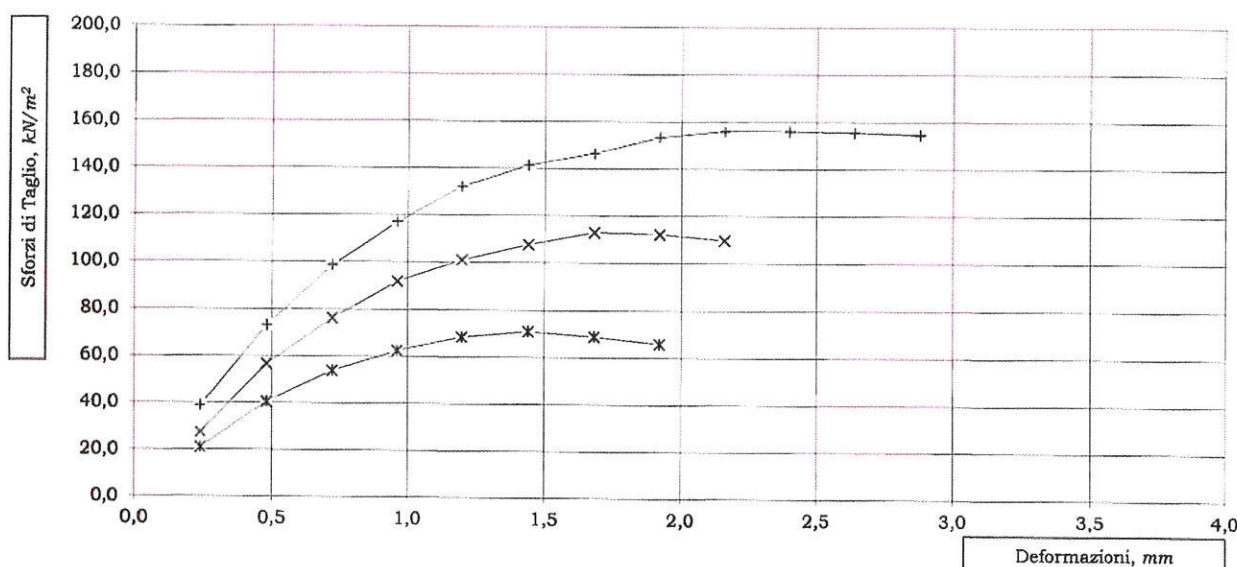
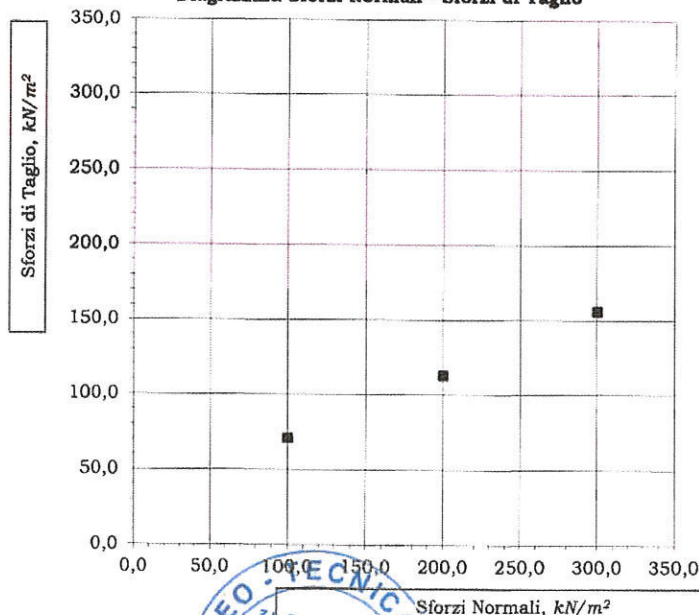


Diagramma Sforzi Normali - Sforzi di Taglio



Lo Sperimentatore
[Signature]
Dott. Geol. Alessandro D'Urso



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59

Laboratorio Prove su Terre e Rocce



PROVA di COMPRESSIONE ad ESPANSIONE LATERALE LIBERA
(ASTM D 2166)

ACCETTAZIONE n° 018

del 05-apr-18

CERTIFICATI N° 112

del

16-apr-18

pag. 1/1

Mod. G.T.-7.5.1.2.d.C

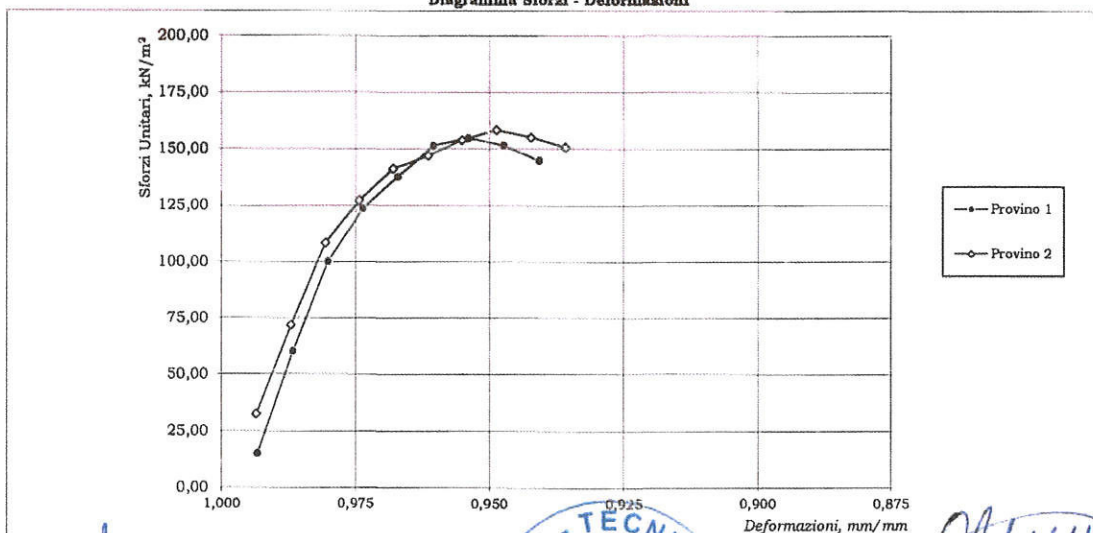
DATI GENERALI			
Committente: So. Co. Gen srl	Progetto: PUA " The Crescent House"		
Richiedente: Dott. Geol. Tommaso Fusco	Località: Via De Sanctis - Via Montale - Benevento (BN)		
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S1C2 Indisturbato	Prelievo del: 04-apr-18	Profondità, m: 15,00-15,50	
Data ricevimento campione: 04-apr-18	Data apertura campione: 06-apr-18	Data di prova: 06-apr-18	
Velocità di prova, mm/mn 0,80	ATTREZZATURA: TECNOTEST Mod. TR115 - Anello dinamometrico da 3 kN n. 1452		

DETERMINAZIONI			
PROVINO, n.	1	2	
Massa Campione naturale, g	172,01	176,98	
Altezza Campione, cm	7,60	7,80	
Diametro Superiore, cm	3,81	3,80	
Diametro Medio, cm	3,80	3,80	
Diametro Inferiore, cm	3,80	3,81	
Sezione Media, cm ²	11,36	11,36	
Volume Campione, cm ³	86,34	88,62	
Peso di Volume Naturale, kN/m ³	19,92	19,97	
Massa Campione Secco, g	147,11	151,42	
Umidità naturale, %	16,93	16,88	
Peso di Volume Secco, kN/m ³	17,04	17,09	
			VALORI MEDI:
			19,95
			16,90
			17,06

DATI DELLA PROVA										
Letture Anello Dinamometrico	13	52	87	108	121	134	138	136	131	PROVINO n. 1
Letture Comparatore Deformazioni	50	100	150	200	250	300	350	400	450	
Sforzi, N	17,38	69,52	116,32	144,40	161,78	179,16	184,51	181,83	175,15	Sforzo massimo kN/m ² 154,92
Deformazioni, mm/mm	0,993	0,987	0,980	0,974	0,967	0,961	0,954	0,947	0,941	
Area Corretta, cm ²	11,44	11,51	11,59	11,67	11,75	11,83	11,91	11,99	12,08	PROVINO n. 2
Sforzi Unitari, kN/m ²	15,20	60,39	100,36	123,75	137,71	151,47	154,92	151,62	145,04	
Letture Anello Dinamometrico	28	62	94	111	124	130	137	142	140	137
Letture Comparatore Deformazioni	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Sforzi, N	37,44	82,89	125,68	148,41	165,79	173,81	183,17	189,85	187,18	183,17
Deformazioni, mm/mm	0,994	0,987	0,981	0,974	0,968	0,962	0,955	0,949	0,942	0,936
Area Corretta, cm ²	11,43	11,51	11,58	11,66	11,74	11,82	11,89	11,98	12,06	12,14
Sforzi Unitari, kN/m ²	32,74	72,03	108,49	127,28	141,25	147,10	153,99	158,54	155,25	150,89

ELABORAZIONE GRAFICA

Diagramma Sforzi - Deformazioni



OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lenardo



Lo Sperimentatore:

Dott. Geol. Alessandro D'Urso

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: SO.CO.GEN SRL Cantiere: THE CRESCENT HOUSE Località: VIA DE SANCTIS - BENEVENTO	
--	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,76 m
Peso sistema di battuta	4,2 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1
Rivestimento/fanghi	No

Signature 1

Signature 2

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
------	----------------------	----------------------------	---------------------------------------

Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
 massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt}. Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_1 \cdot N$$

Dove:

$$\beta_1 = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ/N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa^0 \sigma_{v0})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C_s	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C_d	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
C_r	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (- s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).

- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione

per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_0)

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensibilità > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.

- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt} = 6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con $I.P. > 15$.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO
 Prova eseguita in data 27/06/2011
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
2,85	29
3,00	42
3,15	60

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	102	3,15	95,88	100	100	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Tornborner-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato	102	3,15	102	56,14	49,14	56,56	34,52	34,77	42	>38	54,12	57,6	57,88	60,17

Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	102	3,15	102	70,70	80,02	118,10	92,67	57,37

Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	102	3,15	102	60,02	23,24	71,02	48,34

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	102	3,15	102	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m ³)
[1] - Strato	102	3,15	102	Meyerhof ed altri	24,52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m ³)
[1] - Strato	102	3,15	102	Terzaghi-Peck 1948-1967	22,16

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	102	3,15	102	(A.G.I.)	0,15

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	102	3,15	102	492,63	206,86

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	102	3,15	102	Ohta & Goto (1978) Limi	166,22

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Strato	102	3,15	102	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{vh} / P_0$

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K_0
[1] - Strato	102	3,15	102	Navfac 1971-1982	11,93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - Strato	102	3,15	102	Robertson 1983	20,01

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO
 Prova eseguita in data 27/06/2011
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
2,65	27
2,80	44
2,95	60

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	104	2,95	97,29	100	100	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza a falda	Peck-Hanson-T hornbur n-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato	104	2,95	104	56,71	49,71	57,12	34,69	34,05	42	>38	54,5	58,2	58,14	60,61

Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	104	2,95	104	71,39	81,59	120,42	94,14	58,35

Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	104	2,95	104	61,19	23,64	72,41	49,21

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	104	2,95	104	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m ³)
[1] - Strato	104	2,95	104	Meyerhof ed altri	24,52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m ³)
[1] - Strato	104	2,95	104	Terzaghi-Peck 1948-1967	22,16

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	104	2,95	104	(A.G.I.)	0,14

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	104	2,95	104	501,70	209,33

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	104	2,95	104	Ohta & Goto (1978) Limi	164,68

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Strato	104	2,95	104	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{vh}/\sigma_{v0}$

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K_0
[1] - Strato	104	2,95	104	Navfac 1971-1982	11,93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - Strato	104	2,95	104	Robertson 1983	20,01

PROVA Nr.3

Strumento utilizzato...

PROVE SPT IN FORO

Prova eseguita in data

27/06/2011

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,15	31
3,30	45
3,45	60

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	105	3,45	95,81	100	100	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Turner-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann & Katti (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato	105	3,45	105	57	50	57,4	34,37	33,67	42	>38	54,69	58,5	57,99	60,83

Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	105	3,45	105	71,73	82,38	121,57	94,88	58,84

Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	105	3,45	105	61,78	23,84	73,11	49,65

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	105	3,45	105	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m ³)
[1] - Strato	105	3,45	105	Meyerhof ed altri	24,52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] - Strato	105	3,45	105	Terzaghi-Peck 1948-1967	22,26

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	105	3,45	105	(A.G.I.)	0,14

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	105	3,45	105	506,24	210,56

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	105	3,45	105	Ohta & Goto (1978) Limi	170,02

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Strato	105	3,45	105	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{vh}/\sigma_v$

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K_0
[1] - Strato	105	3,45	105	Navfac 1971-1982	11,93

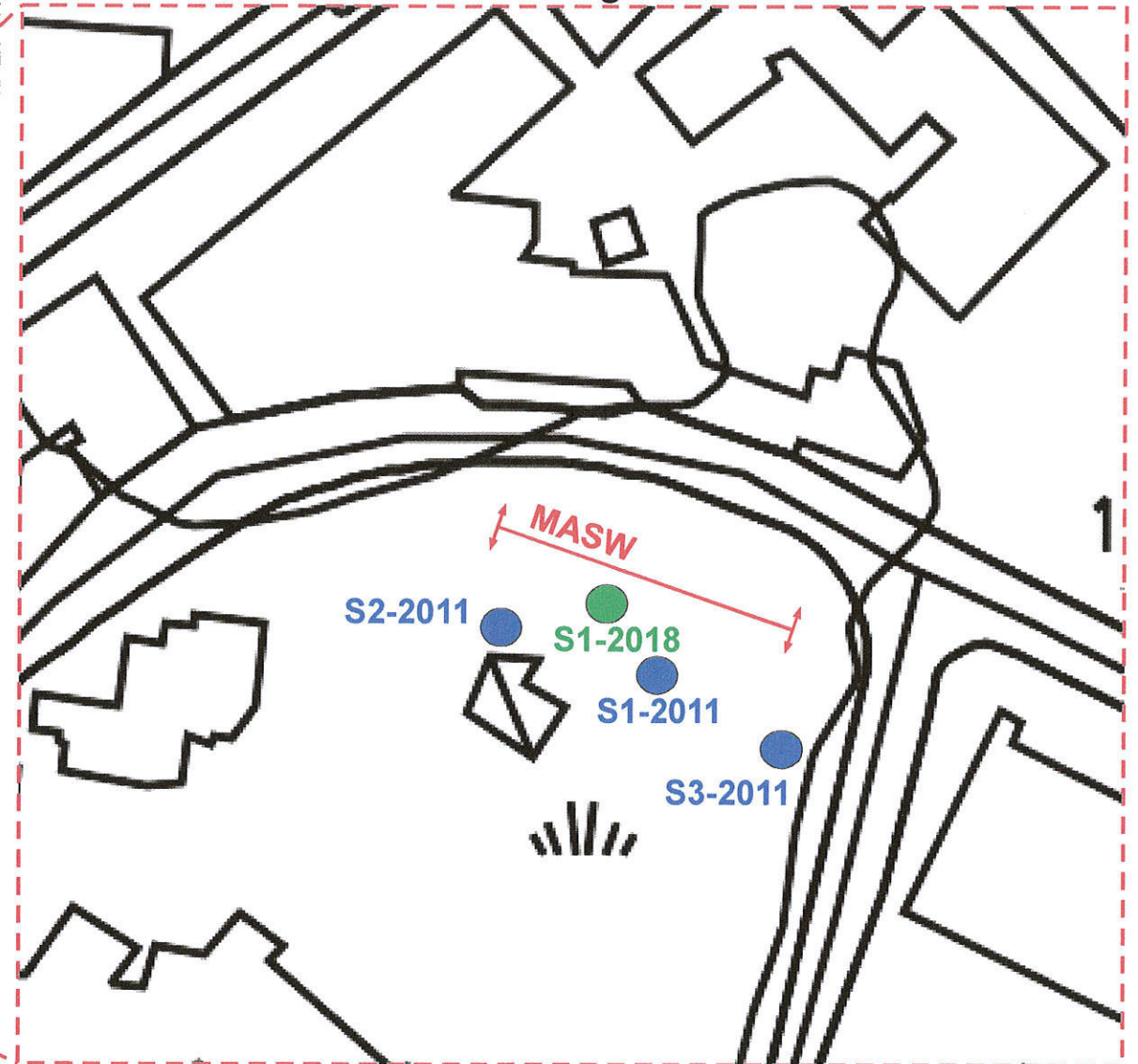
Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - Strato	105	3,45	105	Robertson 1983	20,01

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI - SCALA 1:5.000





Ingrandimento in scala 1:1.000



LEGENDA

indagini pregresse

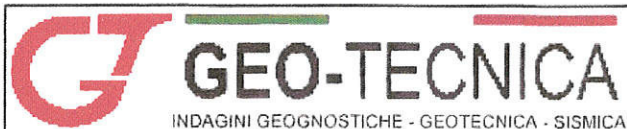
 Sondaggi geognostici a corredo del PUC di Benevento

 Sondaggi geognostici a corredo del PUA in oggetto eseguite nel 2011

indagini ex-novo (2018)

 Sondaggio geognostico spinto a 30,00 metri dal p.c.

 traccia array sismico MASW



Sondaggio geognostico S1

Accettazione n°958 del 4/04/2018
 Rapporto di prova n° 154 del 11/04/2018
 Committente: So.Co.Gen srl
 Richiedente: dott. geol. Tommaso Fusco
 Progetto: PUA "The Crescent house"
 Località: Via De Sanctis Via Montale Comune di Benevento

GEO-TECNICA srl società con socio unico Z. Industriale Ponte Valentino -
 82100 Benevento tel. 0824 313705 www.geo-tecnica.it informazioni@geo-tecnica.it
 Lab. Autorizzato Min. II e TT prove su Terre e Rocce n°99 del 19/3/18

Profondità: 30,00 mt Cassetta n°6 quota p.c.: --- mt data: dal 4/4/2018 al 4/4/2018 Attrezzatura: Trivel Mec TM10FG
 Tipo carotaggio: continuo Ø mm101 Tipo Carotiere: semplice Rivestimento 127 Ø mm 1,5 Operatore: sig. Giglio Giuseppe
 Condizionamento foro e note:

Prof. metri	Spes. metri	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% Carot	Camp.	Pocket	H ₂ O	SPT
1	0.7	0.7	Limo sabbioso brunastro alterato, terreno agrario	25 50 75				
2	2.1	1.4	Limo sabbioso di colore avana, plastico e poco consistente con frustoli vegetali al top					1.7
3								
4			Sabbia e ciottoli eterometrici e poligenici da leggeremnete ad arrotondati con diametro minore di 10 cm					
5	5.3	3.2						
6	5.8	0.5	Limo argilloso bruno molto plastico fortemente argilificato (paleosuolo)					
7					7.0			
8					C1	S		
9			Limo argilloso di colore grigiastro-azzurrognolo, plastico con rari livelli a componente sabbiosa					
10								
11	10.5	4.7						
12								
13			Sabbia e ciottoli eterometrici e poligenici da leggeremnete ad arrotondati con diametro minore di 5 cm, abbondante matrice limo-sabbiosa giallastra					
14	14.1	3.6						
15								
16								
17					15.0			
18					C2	S		
19					15.5			
20								
21								
22								
23			Limo argilloso di colore grigiastro di consistenza solida, presenza di livelletti sabbiosi					
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30	30,0	Fine Foro						
31								
32								
33								
34								



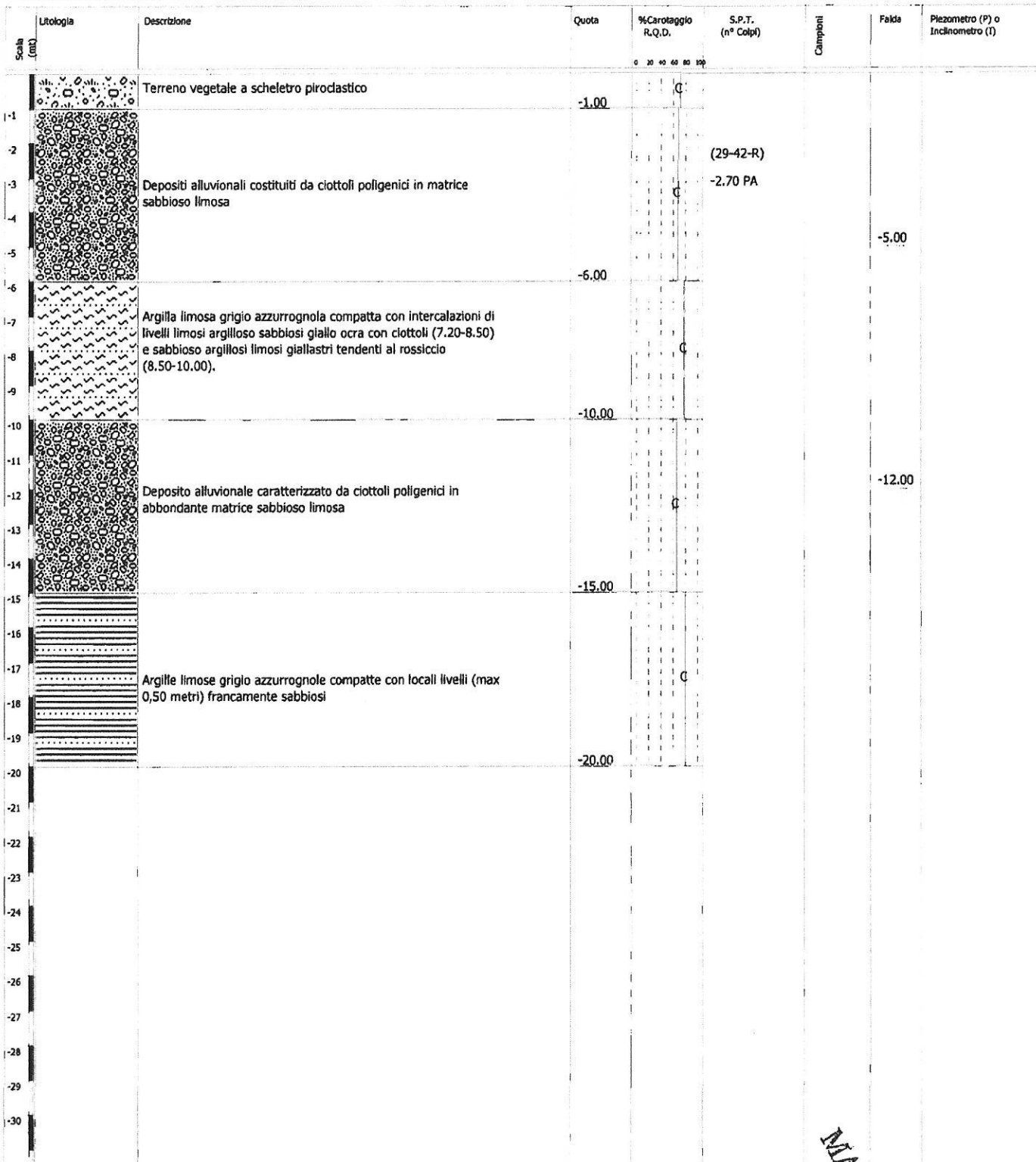
[Handwritten signature]



MARYGEO s.a.s di IADANZA ELVIRA & C

Sede Legale: Via S. Nicola Vecchio, 10
 Tel./Fax 0824 873538 - Cell. 347 1944445 82030 CAMPOLI M.T. (BN)
 C.F./P. IVA 01319180624

Committente Società SO.CO.GEN. srl	Profondità raggiunta 20 metri	Certificato n° 8 del 12/07/2011	Accettazione n° 8 del 21/06/2011	Pagina 1
Operatore Giglio Giuseppe	Indagine INDAGINI GEOGNOSTICHE	Note Via De Sanctis - Benevento	Inizio/Fine Esecuzione 27/06/2011	
Responsabile Dott. Geol. Francesco Barbato	Sondaggio S 1	Tipo Carotaggio CONTINUO	Tipo Sonda CMV600	Coordinate X Y 41°07'38.42"N- 14°46'40.41"E



MARYGEO
 Sperimentatore
 Dott. Geol. Francesco Barbato
 Direttore Tecnico
 Dott. Geol. Francesco Barbato



MARYGEO s.a.s di IADANZA ELVIRA & C

Sede Legale: Via S. Nicola Vecchio, 10
 Tel./Fax 0824 873538 - Cell. 347 1944445 82030 CAMPOLI M.T. (BN)
 C.F./P. IVA 01319180624

Committente Società SO.CO.GEN. srl	Profondità raggiunta 7.50 metri	Certificato n° 9 del 12/07/2011	Accettazione n° 9 del 21/06/2011	Pagina 1
Operatore Giglio Giuseppe	Indagine INDAGINI GEOGNOSTICHE	Note Via De Sanctis - Benevento	Inizio/Fine Esecuzione 27/06/2011	
Responsabile Dott. Geol. Francesco Barbato	Sondaggio S 2	Tipo Carotaggio CONTINUO	Tipo Sonda CMV600	Coordinate X Y 41°07'38.49"N- 14°46'39.39"E

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Falda	Piezometro (P) o Inclino metro (I)
-1		Terreno vegetale a scheletro piroclastico e terreno di riporto						
-2			-2.40		(27-44-R)			
-3					-2.50 PA			
-4								
-5		Depositi alluvionali costituiti da ciottoli poligenici in matrice sabbioso limosa					-5.50	
-6								
-7		Argilla limosa grigio azzurrognola compatta	-7.00					
-7.50			-7.50					
-8								
-9								
-10								
-11								
-12								
-13								
-14								
-15								
-16								
-17								
-18								
-19								
-20								
-21								
-22								
-23								
-24								
-25								
-26								
-27								
-28								
-29								
-30								

MARYGEO S.p.A. Sperimentatore
 Dott. Geol. Francesco Barbato

MARYGEO S.p.A. Direttore Tecnico
 Dott. Geol. Francesco Barbato



MARYGEO s.a.s di IADANZA ELVIRA & C

Sede Legale: Via S. Nicola Vecchio, 10

Tel./Fax 0824 873538 - Cell. 347 1944445 82030 CAMPOLI M.T. (BN)


C.F./P. IVA 01319180624

Committente Società SO.CO.GEN. srl	Profondità raggiunta 7 metri	Certificato n° 10 del 12/07/2011	Accettazione n° 10 del 21/06/2011	Pagina 1
Operatore Giglio Giuseppe	Indagine INDAGINI GEOGNOSTICHE	Note1 Via De Sanctis - Benevento	Inizio/Fine Esecuzione 27/06/2011	
Responsabile Dott. Geol. Francesco Barbato	Sondaggio S 3	Tipo Carotaggio CONTINUO	Tipo Sonda CMV600	Coordinate X Y 41°07'37.74"N-14°46'41.07"E


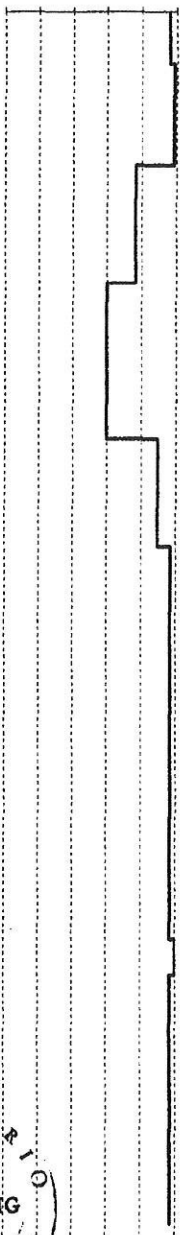



Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Falda	Piezometro (P) o Inclino metro (I)
-1		Terreno vegetale a scheletro piroclastico e terreno di riporto						
-2			-2.80		(31-45-R)			
-3					-3.00 PA			
-4		Depositi alluvionali costituiti da ciottoli poligenici in matrice sabbioso limosa						
-5							-5.50	
-6			-6.00					
-7		Argilla limosa grigio azzurrognola compatta	-7.00					
-8								
-9								
-10								
-11								
-12								
-13								
-14								
-15								
-16								
-17								
-18								
-19								
-20								
-21								
-22								
-23								
-24								
-25								
-26								
-27								
-28								
-29								
-30								

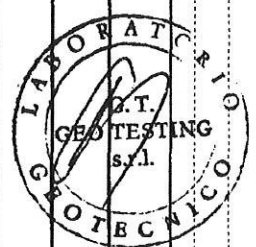
Sperimentatore
Dott. Geol. Francesco Barbato

MARYGEO
Direttore Tecnico
Dott. Geol. Francesco Barbato

Committente:	COMUNE DI BENEVENTO	 Geo Testing S.p.A.
Lavori:	Plano di recupero urbano al Rione Libertà	
Cantiere in località:	Stadio Meo Martini	

Macchina perforatrice:	CMV MK 420 cingolata	Sondaggio n°	M2
Cassette catalogatrici:	n. 7		
Note e osservazioni:	sondaggio condizionato per Down - Hole	pagina	1/1

Profondità dal p.c. (m)	Potenza (m)	STRATIGRAFIA		Campioni indisturbati			S.P.T.	Percentuale di carotaggio (%)	D. del foro (mm)	Metodo di penetr.
		Simbologia	Descrizione Litologica	Profondità di prelievo (m)	Tipo di campionatore	Rinvenimento fatto (m)				
3.20	3.20		Materiale di riporto costituito da limo sabbioso, di colore marrone, contenente ciottoli calcarei eterometrici e frammenti di laterizi; verso la parte bassa aumenta la frazione sabbiosa.				2.15 2/3/3		101 mm	A carotaggio continuo, con carotiere semplice, senza circolazione d'acqua
4.50	1.30		Sabbia debolmente limosa, di colore grigio, contenente ciottoli poligenici ed eterometrici, arrotondati ed a spigoli vivi.				4.90 22/20/20			
7.80	3.30		Sabbia grossolana, di colore grigio scuro, contenente ciottoli arrotondati poligenici ed eterometrici con dimensione massima superiore agli 8 cm			5.40				
8.40	0.80		Sabbia grossolana, di colore giallo, contenente ghiaia poligenica ed eterometrica con dimensione nell'ordine del centimetro.							
13.00			Argilla limosa e limo argilloso di colore grigio - azzurro, molto consistente. Tra 9.50 e 12.00 è presente un livello di colore grigio scuro a luoghi scaglioso.	13.00			Shelby			
17.00	8.80		FINE SONDAGGIO	13.50						



COMUNE DI BENEVENTO

Settore Tecnico - U.O.C. Urbanizzazioni Primarie

SERVIZIO GEOLOGICO

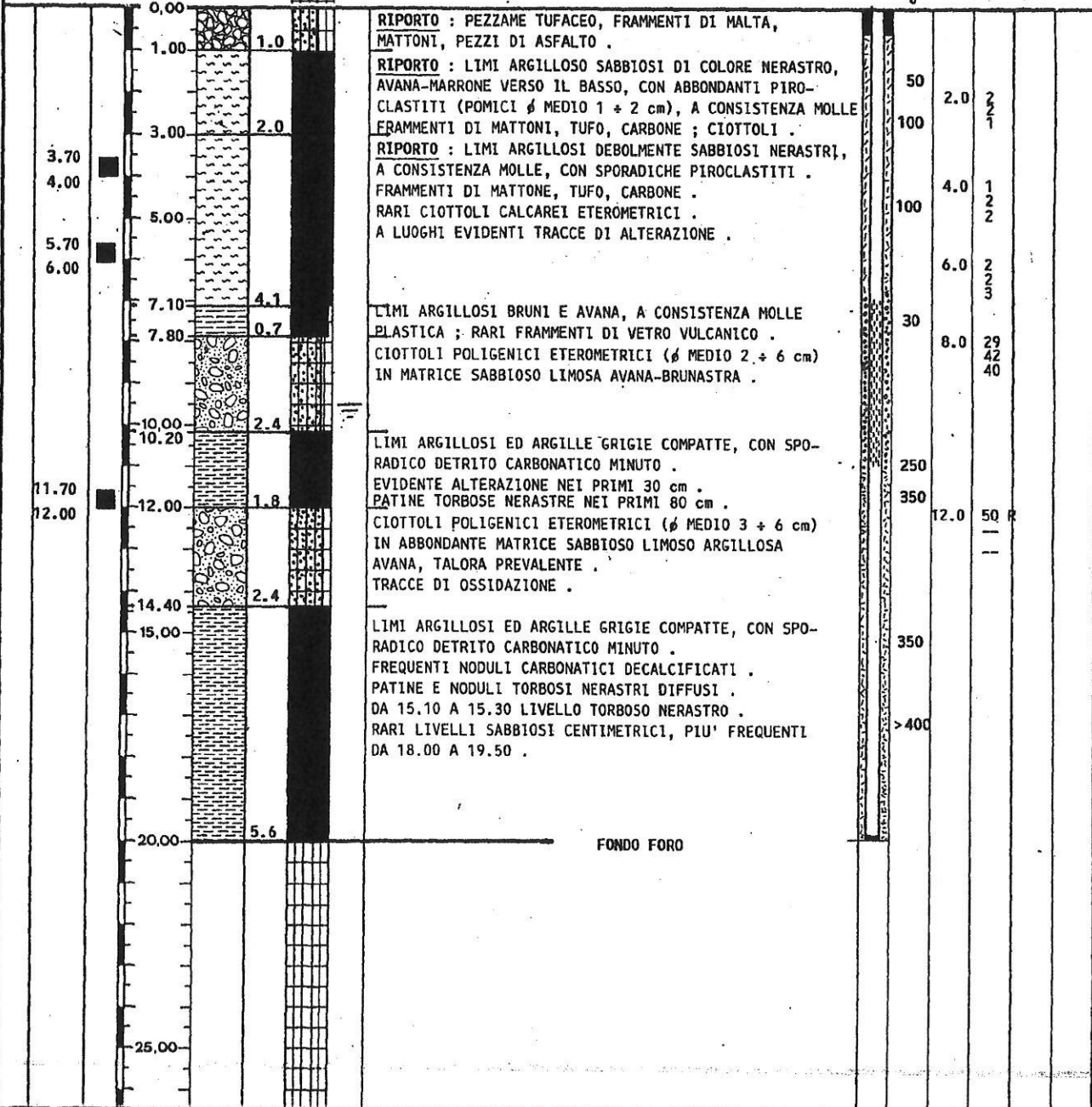
RF. INT.: SVITTOR971	DATA ELABORAZIONE: 12/11/1997	DATA INIZIO PERFORAZIONE: 07/11/1997	DATA FINE PERFORAZIONE: 07/11/1997
COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI BENEVENTO		CANTIERE: COMPLESSO S. VITTORINO	
PERFORAZIONE: S 1	QUOTA BOCCAFORD (m s.l.m.): 148,80	LUNGHEZZA (m): 20.00	INCLINAZIONE (gradi):
MACCHINA PERFORATRICE: C.M.V. MK 420		SCALA GRAFICA: 1:115	
PERFORATORE RESPONSABILE: Sig. Mario Pappa		TECNICO RESPONSABILE: Dott. Massimo Romito	
NOTE: La campionatura ordinaria estratta durante la perforazione è stata alloggiata in n. 5 cassette catalogatrici che restano depositate presso locali di proprietà comunale ubicati in sito. SPT=Standard Penetration Test. PT=Penetrometro Tascabile.			

Profondità dal p.c. (m)	STRATIGRAFIA		PERCENTUALE DI CAROTAGGIO 50 %	● SPT (m) n. colpi ○ PT (m) Kg/cm ²	DIAMETRO DEL FORO (mm)	METODO DI PERFORAZIONE	METODO DI STABILIZZAZIONE
	Potenza (m)	Simbolo grafico					
5.00				● 5.00 01-01-02			
7.30	7.30			● 8.50 05-05-07			
10.00				○ 9.50 3.00			
13.30	6.00			○ 10.50 3.00			
15.00				○ 12.00 3.50			
20.00	6.70				113	Rotazione con carattere semiplice a secco	
					95	Rotazione con carattere semiplice a secco	Non necessaria

SG-192

LOCALITA' BENEVENTO LAVORO CONSTRUZIONE SONDAGGIO n. 52
 POSIZIONE VIA PORTA RUFINA PARCHEGGIO INTERRATO QUOTA 123.25 mt s.l.m.
 COMMITTENTE IMPRESA "ALTIERI COSTRUZIONI" s.r.l. FONDO FORO 20.00 mt

CAMPIONI			PROF. IN METRI	STRATI GRAFIA	STRATI METRIA	% C	LIVELLI IDRICI	- LITOLOGIA -		S. P. T. (kNm ⁻²)	VANE TEST (kNm ⁻²)	
RIM.	PROF.	IND.						H	n. COLPI		σ MAX	σ RES.



<input checked="" type="checkbox"/> CAROTA INTEGRA		<input checked="" type="checkbox"/> CAROTA FRANTUM.		METODO DI PERFORAZ. <u>CAROTTAGGIO CONTINUO</u>		CASSETTE CATALOG. n. <u>5</u>	
CAMPIONATORE <u>PRESSIONE</u>				E CONSERVAZIONE DI NUCLEO			
LIVELLO		STATICO		FALDA		FORO STRUMENTALIZZATO CON :	
DATA	PROF. FORO	PROF. PIEZ.	LIV. H ₂ O	CAROTIERE Ø <u>101</u> mm - RIV. Ø <u>146</u> mm		PIEZOMETRO A TUBO APERTO IN PVC	
6.12.89	20.00	20.00	-9.10	USO DI FANGHI BENTONITICI <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/>		Ø <u>60</u> mm	
11.12.89	20.00	20.00	-8.90	DATA : INIZIO <u>05.12.1989</u> ULTIMAZ. <u>05.12.1989</u>			
15.12.89	20.00	20.00	-8.95				
21.12.89	20.00	20.00	-8.94				
27.12.89	20.00	20.00	-8.92				

h1


sondaggio

n° 14

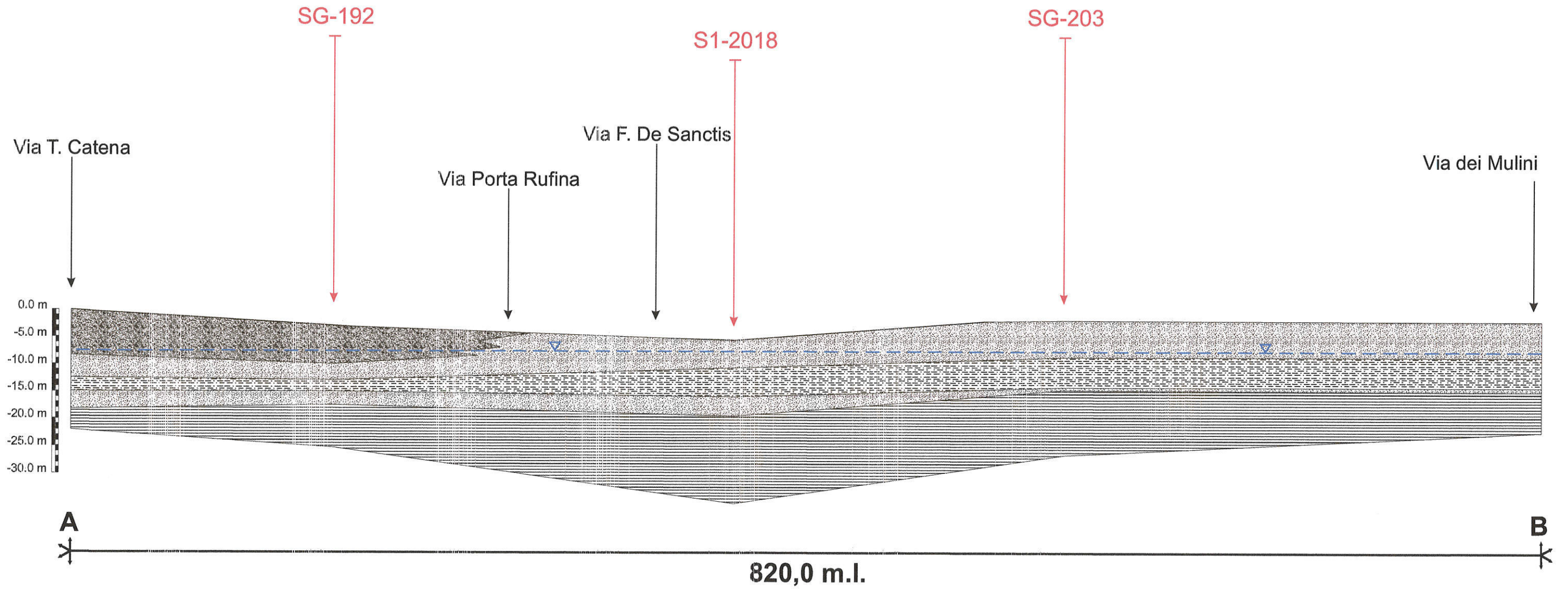
COMMITTENTE
VITTA RUMMO

LOCALITA' **BENEVENTO**
DATA **8-9-81**

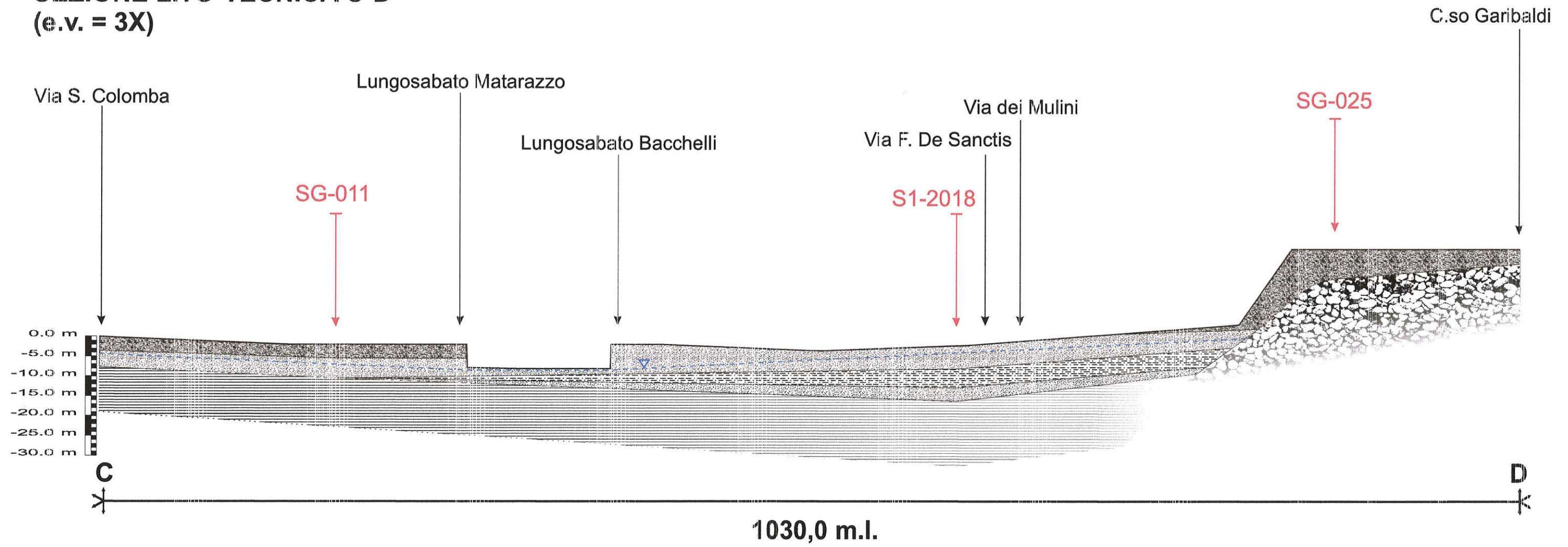
Cote lm.	Spesso m	Profondita' m	H.C.	STRATIGRAFIA	Campioni N°	Indiatur	LITOLOGIA
-------------	-------------	------------------	------	--------------	----------------	----------	-----------

0,60							Terreno vegetale costituito essenzialmente da limo con vari elementi litici.
	1	1		2			Depositi alluvionali rappresentati da ciottoli poligenici sabbie e limo.
				3			
				4			
				5			
	5,50			6			Argille grigio-azzurre siltose molto compattizzate
				7			
				8			
				9			
				10			
				11			
	5,50 0,50			12			Livello sabbioso compattizzato
				13			Argille grigio-azzurre siltose molto compattizzate
				14			
				15			
				16			
				17			
				18			
				19			
				20			
				21			
				22			
				23			

SEZIONE LITO-TECNICA A-B (e.v. = 3X)



SEZIONE LITO-TECNICA C-D (e.v. = 3X)

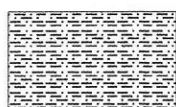


LEGENDA SEZIONI LITO-TECNICHE



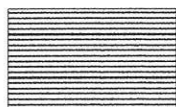
DEPOSITI ALLUVIONALI COSTITUITI DA CIOTTOLI POLIGENICI IN MATRICE SABBIOSA LIMOSA

	DISAGGREGATI	MEDIA	VALORE CARATTERISTICO	UNITA' DI MISURA	COV %
PESO DI VOLUME	24.52 - 24.52 - 24.52	24.52	23.36	KN/M ³	5
ANGOLO DI ATTRITO	34.52 - 34.69 - 34.37	34.52	31.25	GRADO	10
MODULO EDOMETRICO	23240 - 23640 - 23840	23573.33	16856.76	KN/M ²	30



LIMO ARGILLOSO DI COLORE GRIGIASTRO AZZURROGNOLO, CON RARI LIVELLI A COMPONENTE SABBIOSA

	DISAGGREGATI	MEDIA	VALORE CARATTERISTICO	UNITA' DI MISURA	COV %
ANGOLO DI ATTRITO	21.5	17.60	17.60	GRADI	10
PESO DI VOLUME	18.94	18.94	17.38	KN/M ³	5
COESIONE DRENATA	19.4	19.4	9.83	KPA	30
COESIONE NON DRENATA	53.9	53.9	27.30	KPA	30
MODULO EDOMETRICO	9268	9268	4694.24	KN/M ²	30



LIMO ARGILLOSO DI COLORE GRIGIASTRO CON PRESENZA DI LIVELLETTI SABBIOSI

	DISAGGREGATI	MEDIA	VALORE CARATTERISTICO	UNITA' DI MISURA	COV %
ANGOLO DI ATTRITO	23.1	23.1	19.3	GRADI	10
PESO DI VOLUME	19.98	19.98	18.34	KN/M ³	5
COESIONE DRENATA	28.00	28.00	14.18	KPA	30
COESIONE NON DRENATA	78.40	78.40	39.71	KPA	30

VII - CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO

Generalità sulle tecniche di indagine utilizzate

E' stata eseguita una indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) al fine di determinare il parametro $V_{s_{eq}}$, nel rispetto delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, di cui al D.M. 17-01-18.

Nelle prospezioni sismiche per le quali si utilizzano le onde di tipo P, la maggior parte dell'energia sismica totale generata si propaga come onde superficiali di tipo Rayleigh.

Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente in frequenza di queste onde è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) e quindi da una diversa lunghezza d'onda.

Questa proprietà si chiama *dispersione*.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di volume (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

Per ottenere un profilo verticale di velocità V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore.

Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di *dispersione*, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a rifrazione.

La tecnica MASW può essere efficace anche con solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni verticali a bassa frequenza (4.5 Hz).

Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale.

Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità.

La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- acquisizione dei dati sperimentali;
- estrazione della curva di dispersione;
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s (profilo 1-D), che descrive la variazione di V_s con la profondità.

L'elaborazione del MASW con software specifico ha consentito di determinare il profilo verticale delle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio, il valore del parametro $V_{seq}(V_{s30})$ e la relativa classe di terreno, nonché la frequenza di risonanza caratteristica del sito.

Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del D.M. 17 gennaio 2018.

Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (V_s).

L'analisi dei dati ha consentito di definire i valori del profilo verticale V_s (quindi del parametro V_{seq}) e, successivamente, ottenere una stima della *frequenza di risonanza* di sito in relazione all'amplificazione litologica.

La classificazione dei terreni è stata svolta sulla base del valore della V_{seq} (definita dalla relazione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

eq. (3.2.1)

con

h_i = spessore dello strato i -esimo

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato

N = numero di strati

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

Lo strumento adoperato per l'indagine in oggetto è il DOREMI, prodotto dalla "Sara Electronic Instruments" di Perugia; si tratta di un sismografo a trasmissione digitale del segnale, concepito per garantire la massima flessibilità di utilizzo in tutte le indagini geofisiche ed è costituito da unità miniaturizzate e indipendenti che distribuiscono l'elettronica lungo tutto lo stendimento.

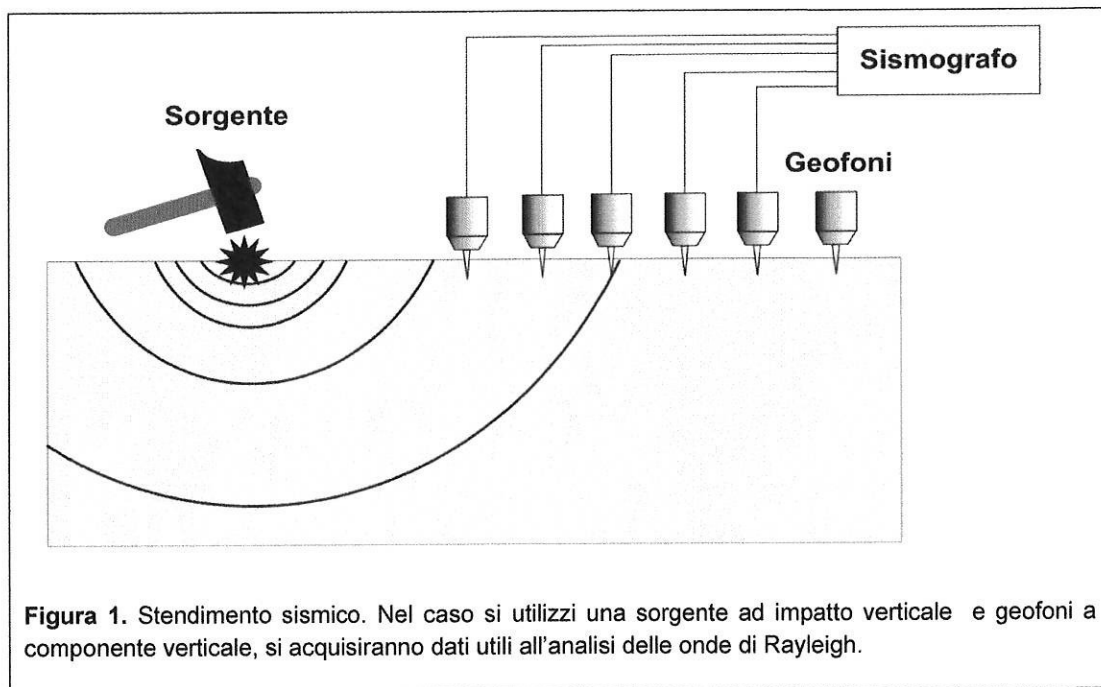
È uno strumento adatto ai seguenti tipi di indagine: rifrazione; rifrazione e Microtremori (ReMi); M.A.S.W.; S.A.S.W.; riflessione; down-hole, crosshole; up-hole.

L'architettura innovativa del sismografo DoReMi offre una eccezionale silenziosità ed immunità ai rumori raggiungendo una dinamica totale di 155dB la quale permette, ad esempio in una indagine per rifrazione, il superamento dei 70 metri energizzando con una mazza da un solo Kg.

I geofoni adoperati sono i geofoni Geospace GS11D 4.5Hz 4k Ω .

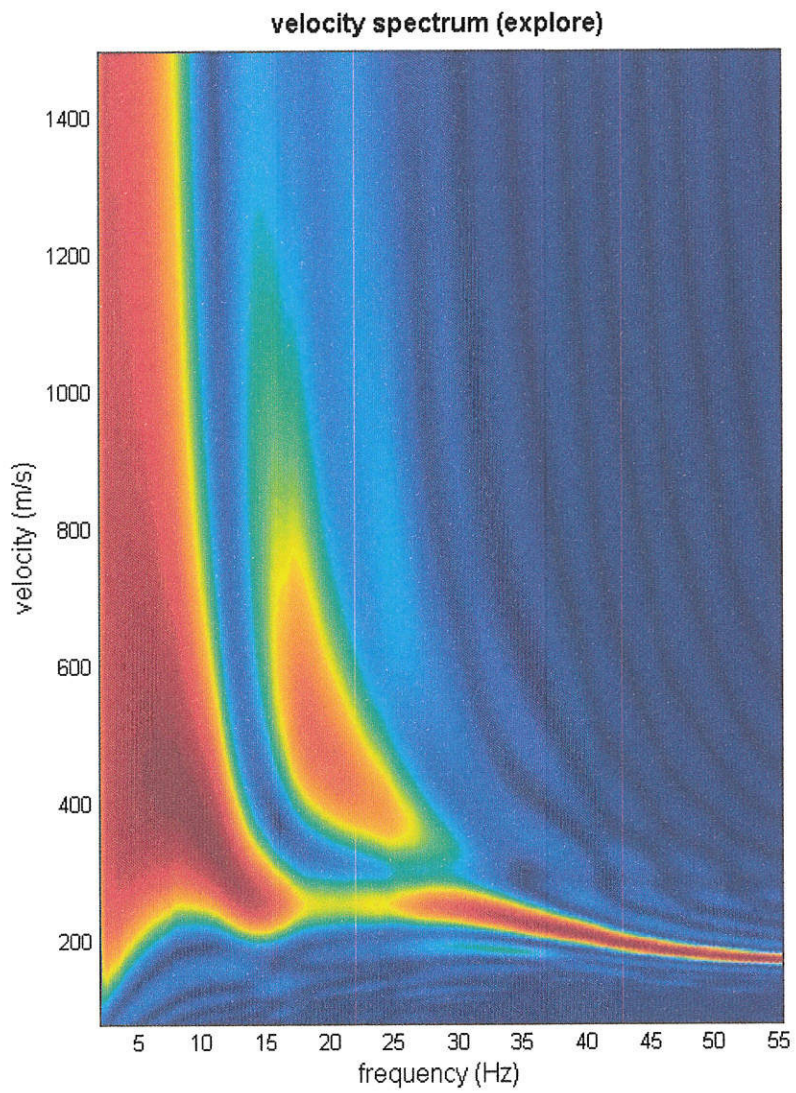
Nel caso specifico in esame, l'acquisizione è stata eseguita posizionando 20 geofoni da 4.5 Hz lungo un profilo di lunghezza complessiva pari a 43.0 metri lineari, con le seguenti caratteristiche:

- distanza intergeofonica: 2.00 m;
- offset minimo: 5.0 m;
- durata acquisizione: 1000 ms;
- intervallo di campionamento: 0.50 ms.



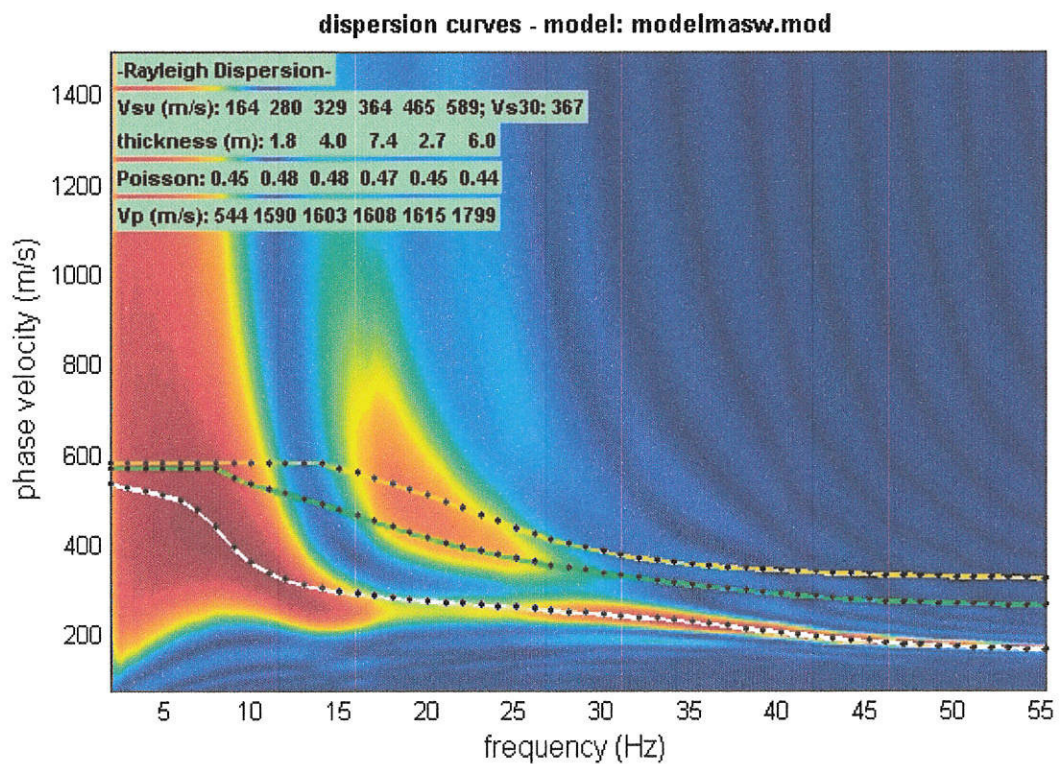
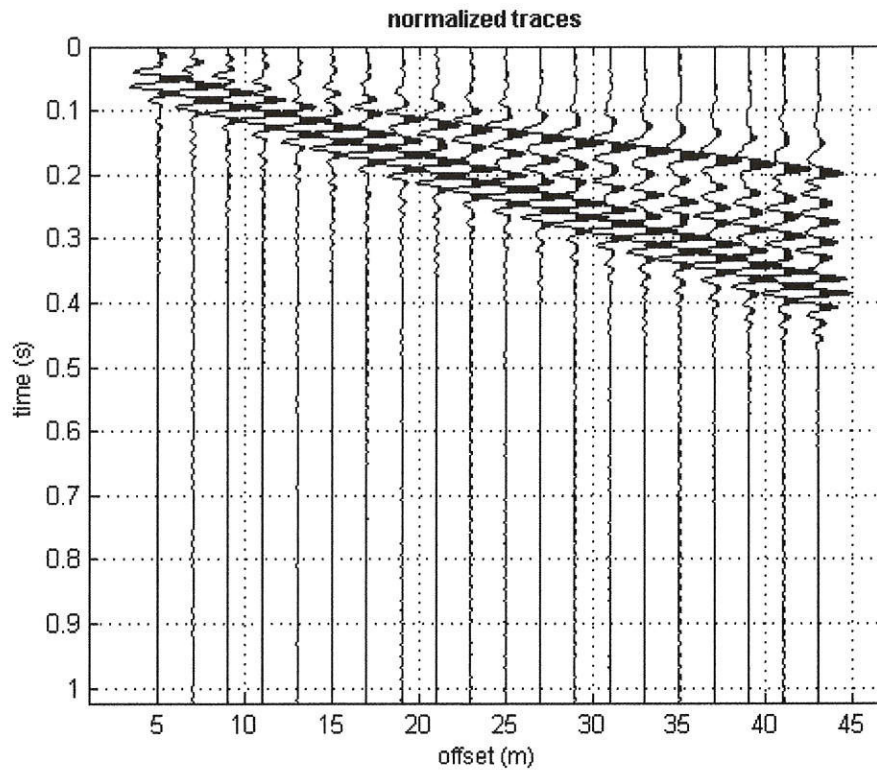
Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software **WinMASW 5.1 Academy della Eliosoft**.

I dati *MASW* sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (V_s).



spettro frequenza/velocità di fase del dataset acquisito

dataset: Benevento PUA Crescent House DI2m_Off₅m.sgy
 sampling: 0.5 ms
 minimum offset: 5 m
 geophone spacing: 2 m

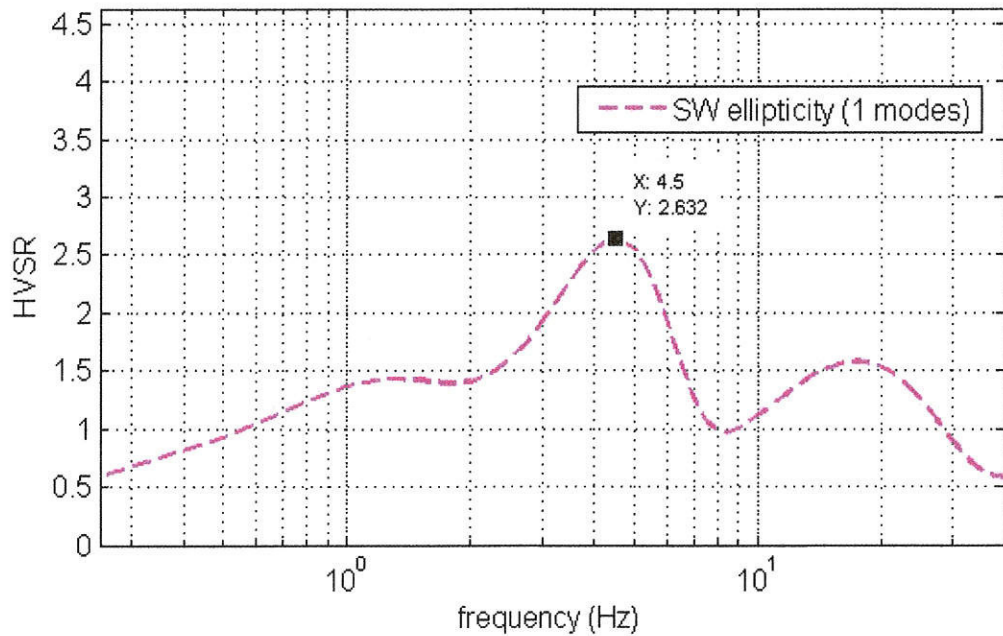
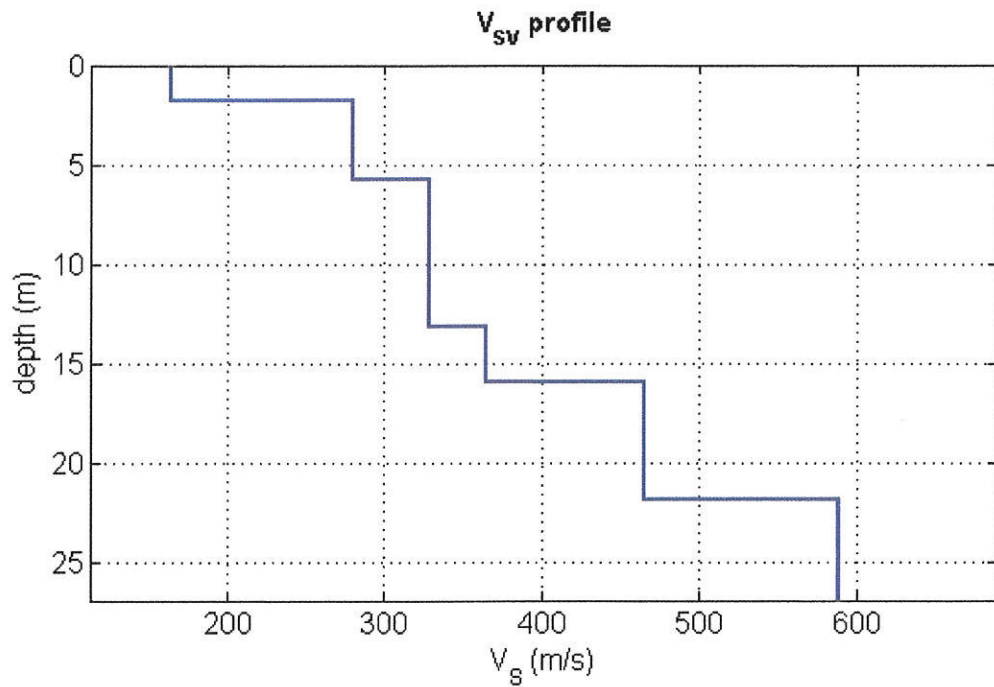


Sismogramma del dataset e curve di dispersione del modello elaborato

Tabella riepilogativa con stima dei principali moduli elastici dinamici				
Strato	Profondità dello strato dal p.c.	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	Poisson
1	0,00 - 1,80 m	544	164	0.45
2	1,80 – 5,80 m	1590	280	0.48
3	5,80 – 12,40 m	1603	329	0.48
4	12,40 – 15,10 m	1608	364	0.47
5	15,10 - 21,10 m	1615	465	0.45
6	21,10 - 30,00 m	1799	589	0.44
$V_{s_{eq}} = 367$ m/sec (al piano campagna)				
$V_{s_{eq}} = 430$ m/sec (a -4.0 metri dal piano campagna)				
Categoria Suolo di Fondazione: B				

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>



profilo verticale di V_s e spettro HV sintetico, relativo al modello elastico calcolato (frequenza di risonanza 4.5 Hz)

Categoria condizioni topografiche: T1

RISPOSTA SISMICA LOCALE

PREMESSA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli stati limite, che possono verificarsi durante un determinato periodo di riferimento della stessa opera.

Quindi per poter stimare l'azione sismica, che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare quel *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, una volta definite le relative *probabilità di superamento*, è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la **pericolosità sismica di base** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

dove:

V_R = periodo di riferimento

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità:

- $V_N \leq 10$ anni per le opere provvisorie, provvisionali e le strutture in fase costruttiva che però abbiano una durata di progetto ≥ 2 anni.
- $V_N \geq 50$ anni per le opere ordinarie, ponti, infrastrutture e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- $V_N \geq 100$ anni per grandi opere, ponti, infrastrutture e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica.

Nel caso specifico $V_N = 50$ anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso.

Le NTC prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $C_U = 1.0$;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi

situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $C_U = 1.5$;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie, ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso $C_U = 1$.

Una volta ottenuti V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:

$$V_R = 50 * 1 = 50 \text{ anni.}$$

STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU).

Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita

di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le NTC, in presenza di azioni sismiche, richiedono le verifiche allo SLO solo per gli elementi non strutturali e per gli impianti di strutture di classi d'uso III e IV.

Lo SLO si utilizza anche come riferimento progettuale per quelle opere che devono restare operative durante e subito dopo il terremoto.

Le verifiche allo SLC sono, invece, richieste solo per le costruzioni o ponti con isolamento e/o dissipazione.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento* P_{VR} (Tabella 3.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $I = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$P_{VR} = 81\%$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$P_{VR} = 63\%$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$P_{VR} = 10\%$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$P_{VR} = 5\%$

Tabella 3.1- Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento V_R

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è $V_R = 50$ anni, il tempo di ritorno T_R sarà:

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$T_R = 30$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$T_R = 50$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$T_R = 475$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$T_R = 975$

Tabella 3.2- Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R

DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC08 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

ID	LON	LAT	T _R = 30			T _R = 50			T _R = 72			T _R = 101		
			a _g	F ₀	T [*] _c	a _g	F ₀	T [*] _c	a _g	F ₀	T [*] _c	a _g	F ₀	T [*] _c
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Tabella 4.1- Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{VR} fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Figura 4.1), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_0 , T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre p_1 , p_2 è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno T_{R1} , T_{R2} .

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_0 , T_C^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.

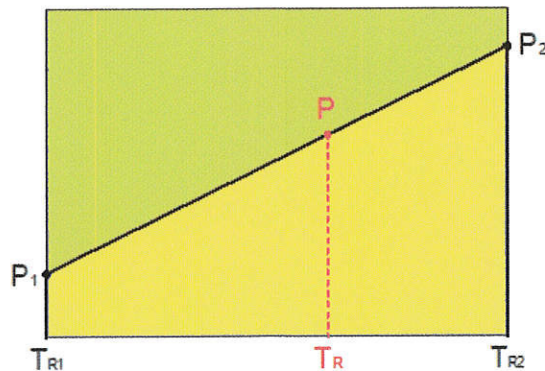


Figura 4.1 - Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Figura 4.2

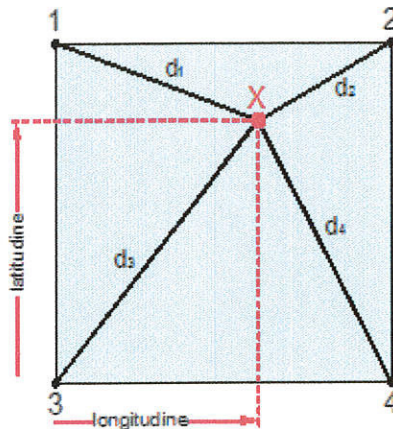


Figura 4.2 - Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC.

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse.

Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche.

Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (4.3)$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $\text{lat}\alpha$, $\text{lon}\alpha$, $\text{lat}\beta$ e $\text{lon}\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue.

La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01g$ ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

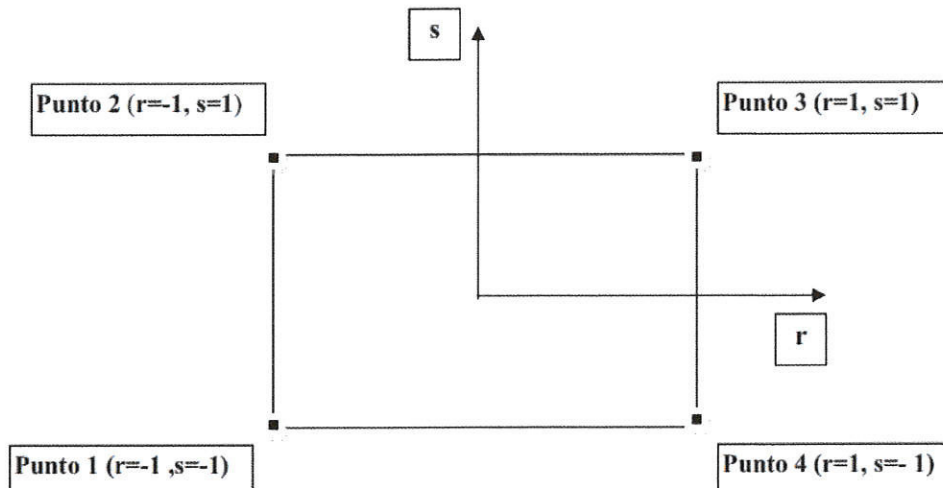


Figura 4.3 - Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1-r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1-r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1+r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1+r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot x_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot x_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot x_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot x_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot y_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot y_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot y_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot y_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s , si determinano i parametri a_g , F_0 , T_C^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot p_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot p_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot p_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot p_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot p_4] \quad (4.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale K_H e verticale K_V dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato.

La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti K_h e K_v sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \quad (5.2)$$

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h \quad (5.3)$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di sono riportati nella tabella 5.1.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
β_s	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tabella 5.1- Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.4)$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_S \leq 1.80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

$$\mathbf{T1: } S_T = 1.0; \mathbf{T2: } S_T = 1.20; \mathbf{T3: } S_T = 1.2; \mathbf{T4: } S_T = 1.40.$$

Muri di sostegno

Per i muri di sostegno pendii i coefficienti K_h e K_v sono così determinati:

$$K_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.5)$$

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h \quad (5.6)$$

Con:

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario altrimenti assume i valori riportati nella Tabella 5.2.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_m	B_m
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.31	0.31
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.29	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.18

Tabella 5.2 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
 g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.7)$$

S è il coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica S_S e di amplificazione topografica S_T .

a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Paratie

In mancanza di studi specifici, a_h (accelerazione orizzontale) può essere legata all'accelerazione di picco a_{max} attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = K_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max} \quad (5.8)$$

dove:

g è l'accelerazione di gravità;

K_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;

$\alpha \leq 1$ è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera. Può essere ricavato a partire dall'altezza

complessiva H della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma in Figura 5.1:

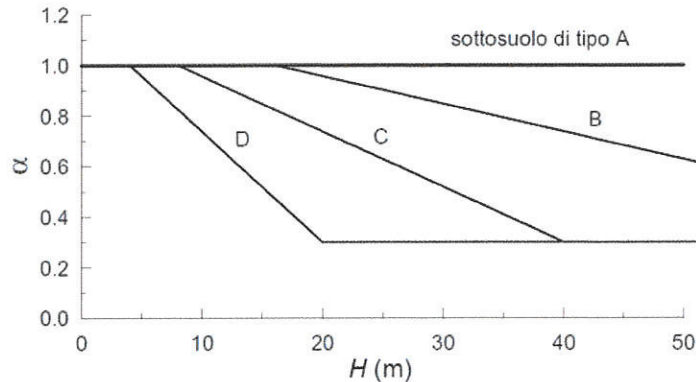


Figura 5.1 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α .

Per la valutazione della spinta nelle condizioni di equilibrio limite passivo deve porsi $\alpha = 1$.

$\beta \leq 1$ è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza cadute di resistenza. Il valore del coefficiente β può essere ricavato dal diagramma riportato in Figura 5.2, in funzione del massimo spostamento u_s che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

Per $u_s = 0$ si ha $\beta = 1$; $u_s \leq 0.005 \cdot H$

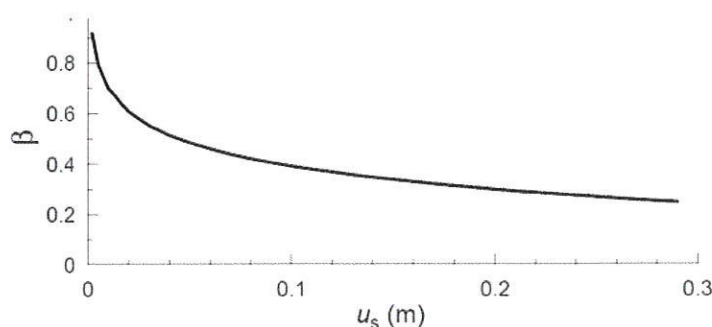


Figura 5.2 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

L'accelerazione di picco a_{\max} è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero come

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.9)$$

dove:

S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Se $\alpha \cdot \beta \leq 0.2$ deve assumersi $K_h = 0.2 \cdot a_{\max}/g$

Sito in esame.

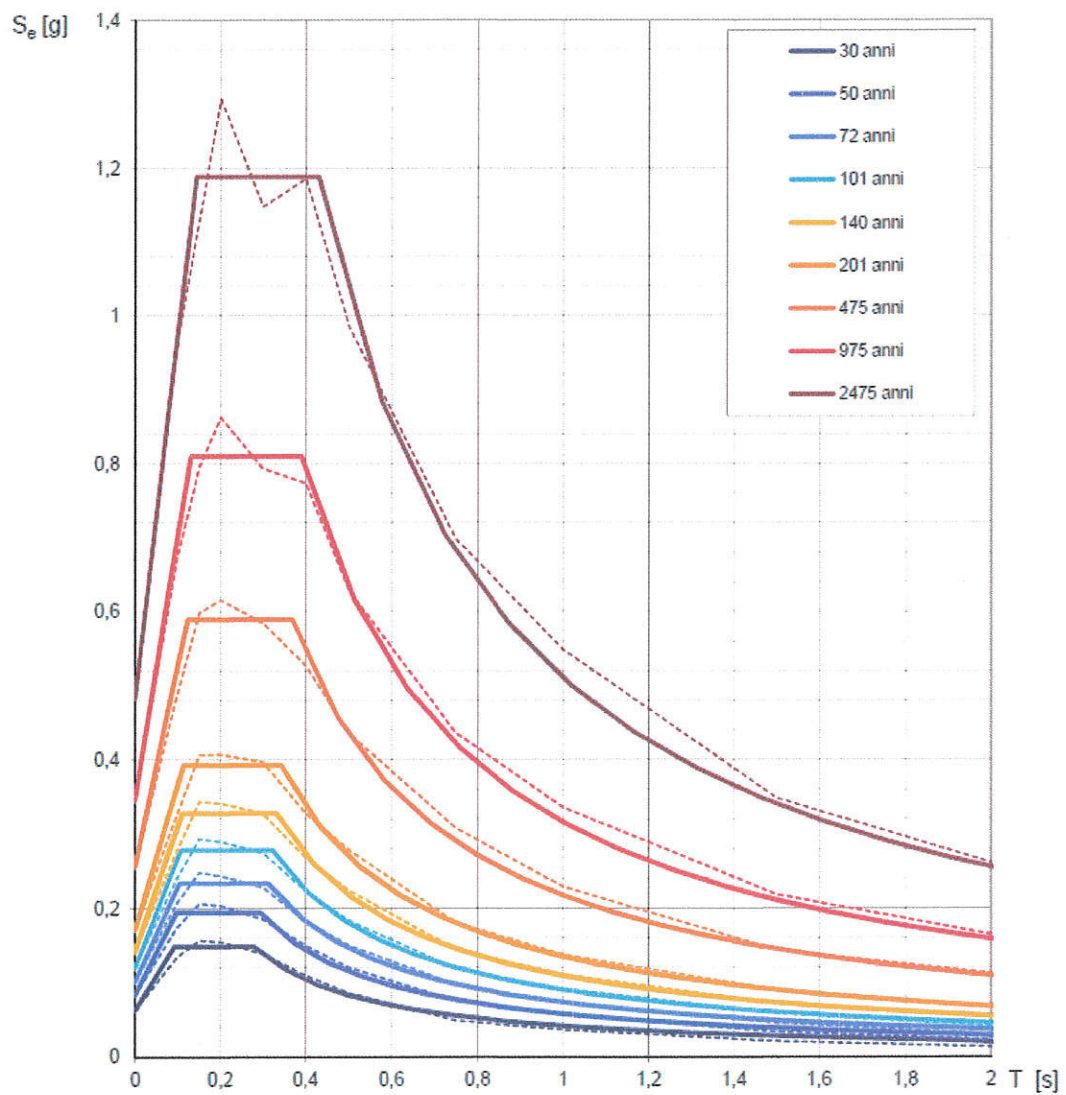
latitudine: 41,128209

longitudine: 14,778683

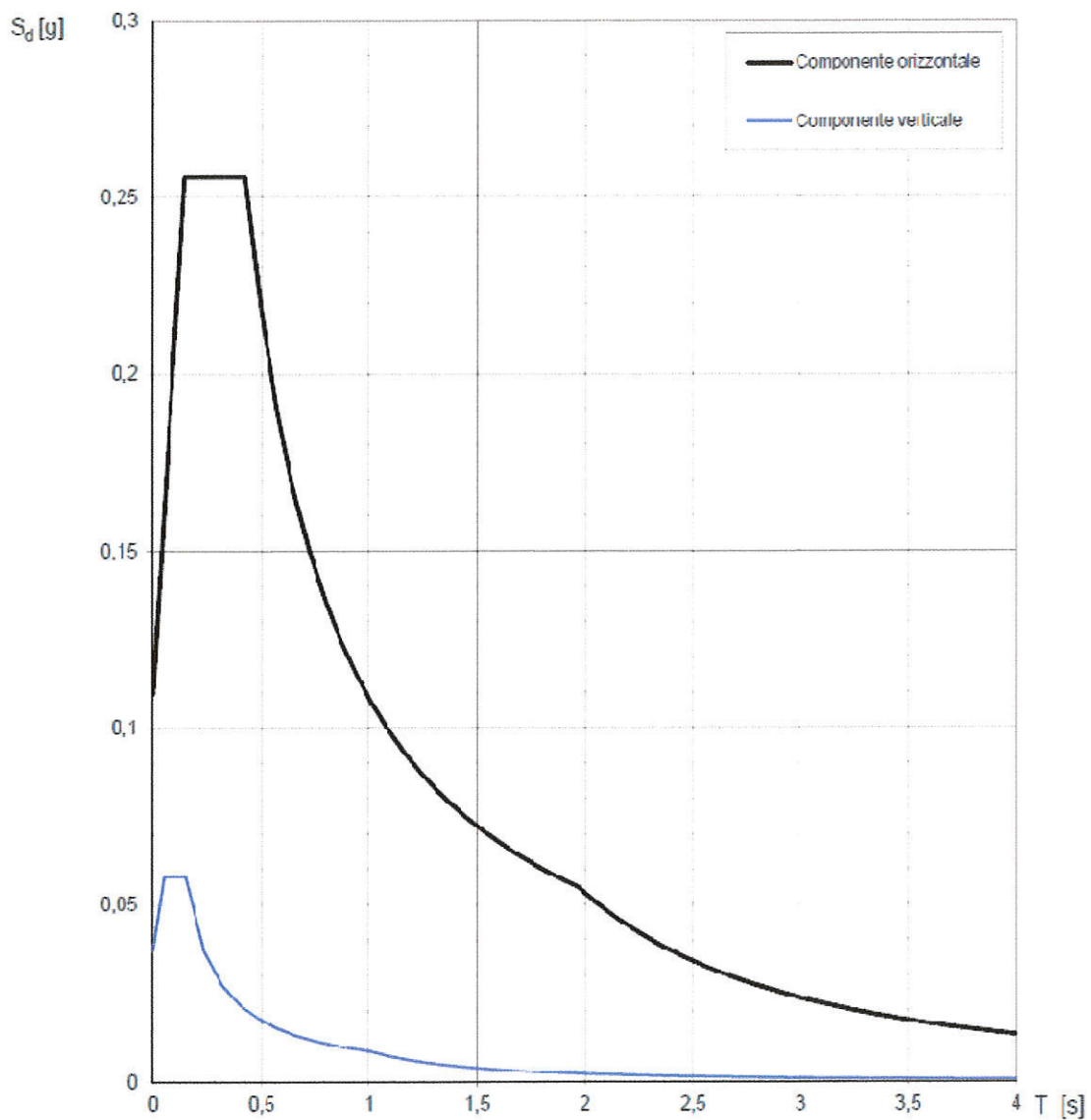
Classe: 2

Vita nominale: 100

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLO



Spettri di risposta elastici relativi allo **stato limite di operatività**:

categoria Suolo B - categoria topografica T1

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLO

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_g	0,091 g
F_o	2,338
T_c'	0,303 s
S_s	1,200
C_c	1,396
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,141 s
T_C	0,424 s
T_D	1,965 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

$$T_C = C_c \cdot T_c' \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,109
$T_B \leftarrow$	0,141	0,256
$T_C \leftarrow$	0,424	0,256
	0,497	0,218
	0,570	0,190
	0,644	0,168
	0,717	0,151
	0,790	0,137
	0,864	0,125
	0,937	0,116
	1,011	0,107
	1,084	0,100
	1,157	0,094
	1,231	0,088
	1,304	0,083
	1,378	0,079
	1,451	0,075
	1,524	0,071
	1,598	0,068
	1,671	0,065
	1,744	0,062
	1,818	0,060
	1,891	0,057
$T_D \leftarrow$	1,965	0,055
	2,061	0,050
	2,158	0,046
	2,255	0,042
	2,352	0,038
	2,449	0,035
	2,546	0,033
	2,643	0,030
	2,740	0,028
	2,837	0,026
	2,934	0,025
	3,031	0,023
	3,128	0,022
	3,225	0,020
	3,322	0,019
	3,418	0,018
	3,515	0,017
	3,612	0,016
	3,709	0,015
	3,806	0,015
	3,903	0,014
	4,000	0,013

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLO

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_{nv}	0,037 g
S_s	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	0,953
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

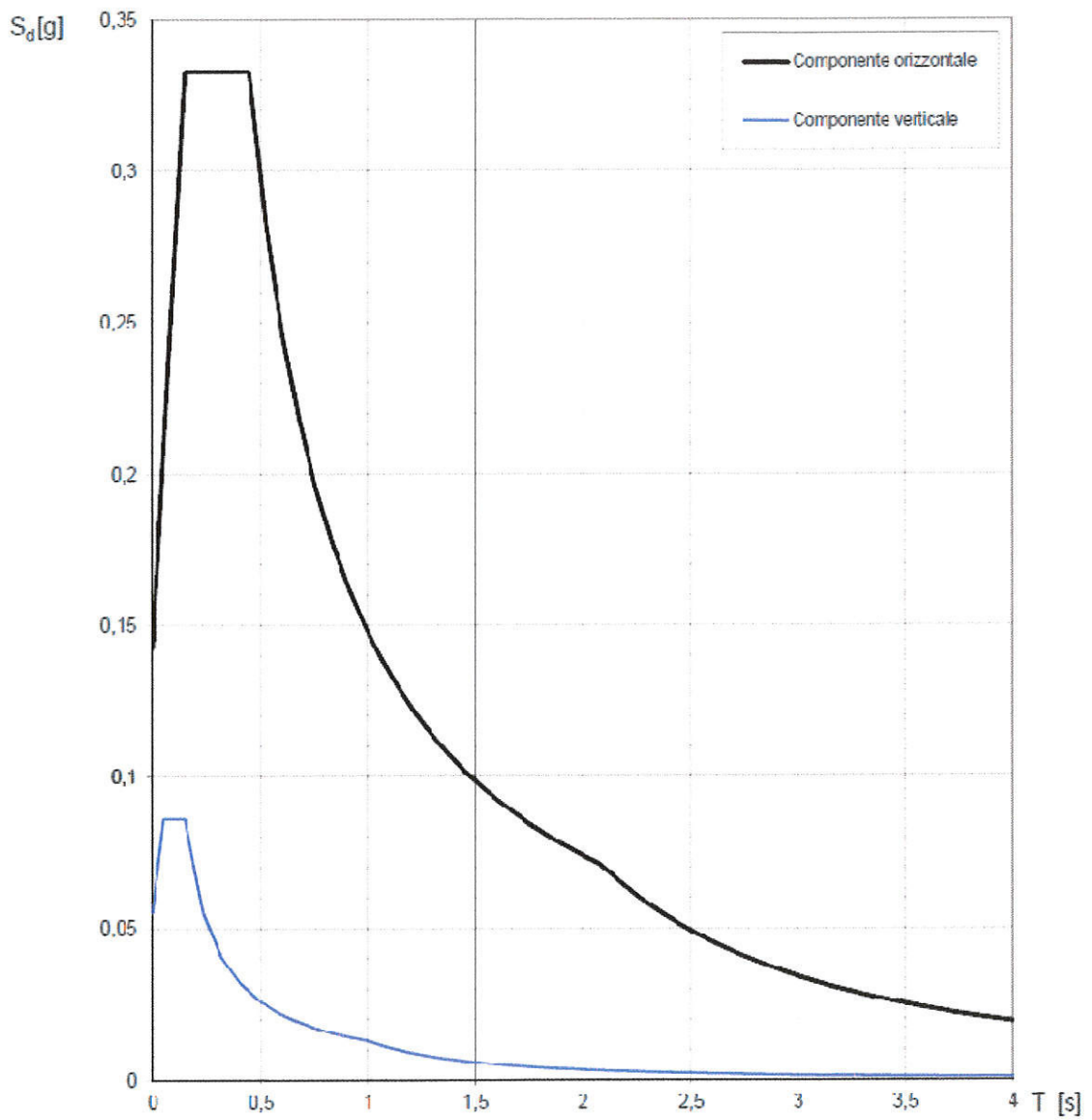
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,037
$T_B \leftarrow$	0,050	0,058
$T_C \leftarrow$	0,150	0,058
	0,235	0,037
	0,320	0,027
	0,405	0,021
	0,490	0,018
	0,575	0,015
	0,660	0,013
	0,745	0,012
	0,830	0,010
	0,915	0,009
$T_D \leftarrow$	1,000	0,009
	1,094	0,007
	1,188	0,006
	1,281	0,005
	1,375	0,005
	1,469	0,004
	1,563	0,004
	1,656	0,003
	1,750	0,003
	1,844	0,003
	1,938	0,002
	2,031	0,002
	2,125	0,002
	2,219	0,002
	2,313	0,002
	2,406	0,002
	2,500	0,001
	2,594	0,001
	2,688	0,001
	2,781	0,001
	2,875	0,001
	2,969	0,001
	3,063	0,001
	3,156	0,001
	3,250	0,001
	3,344	0,001
	3,438	0,001
	3,531	0,001
	3,625	0,001
	3,719	0,001
	3,813	0,001
	3,906	0,001
	4,000	0,001

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD



Spettri di risposta elastici relativi allo **stato limite di danno**:

categoria Suolo B - categoria topografica T1

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0,119 g
F_o	2,333
T_c^*	0,322 s
S_s	1,200
C_c	1,380
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,148 s
T_C	0,445 s
T_D	2,075 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,143
$T_B \leftarrow$	0,148	0,333
$T_C \leftarrow$	0,445	0,333
	0,522	0,283
	0,600	0,247
	0,678	0,218
	0,755	0,196
	0,833	0,178
	0,911	0,162
	0,988	0,150
	1,066	0,139
	1,144	0,129
	1,221	0,121
	1,299	0,114
	1,377	0,107
	1,454	0,102
	1,532	0,097
	1,610	0,092
	1,687	0,088
	1,765	0,084
	1,842	0,080
	1,920	0,077
	1,998	0,074
$T_D \leftarrow$	2,075	0,071
	2,167	0,065
	2,259	0,060
	2,350	0,056
	2,442	0,051
	2,534	0,048
	2,625	0,045
	2,717	0,042
	2,809	0,039
	2,900	0,037
	2,992	0,034
	3,084	0,032
	3,175	0,030
	3,267	0,029
	3,358	0,027
	3,450	0,026
	3,542	0,024
	3,633	0,023
	3,725	0,022
	3,817	0,021
	3,908	0,020
	4,000	0,019

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{ov}	0,055 g
S_s	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,086
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

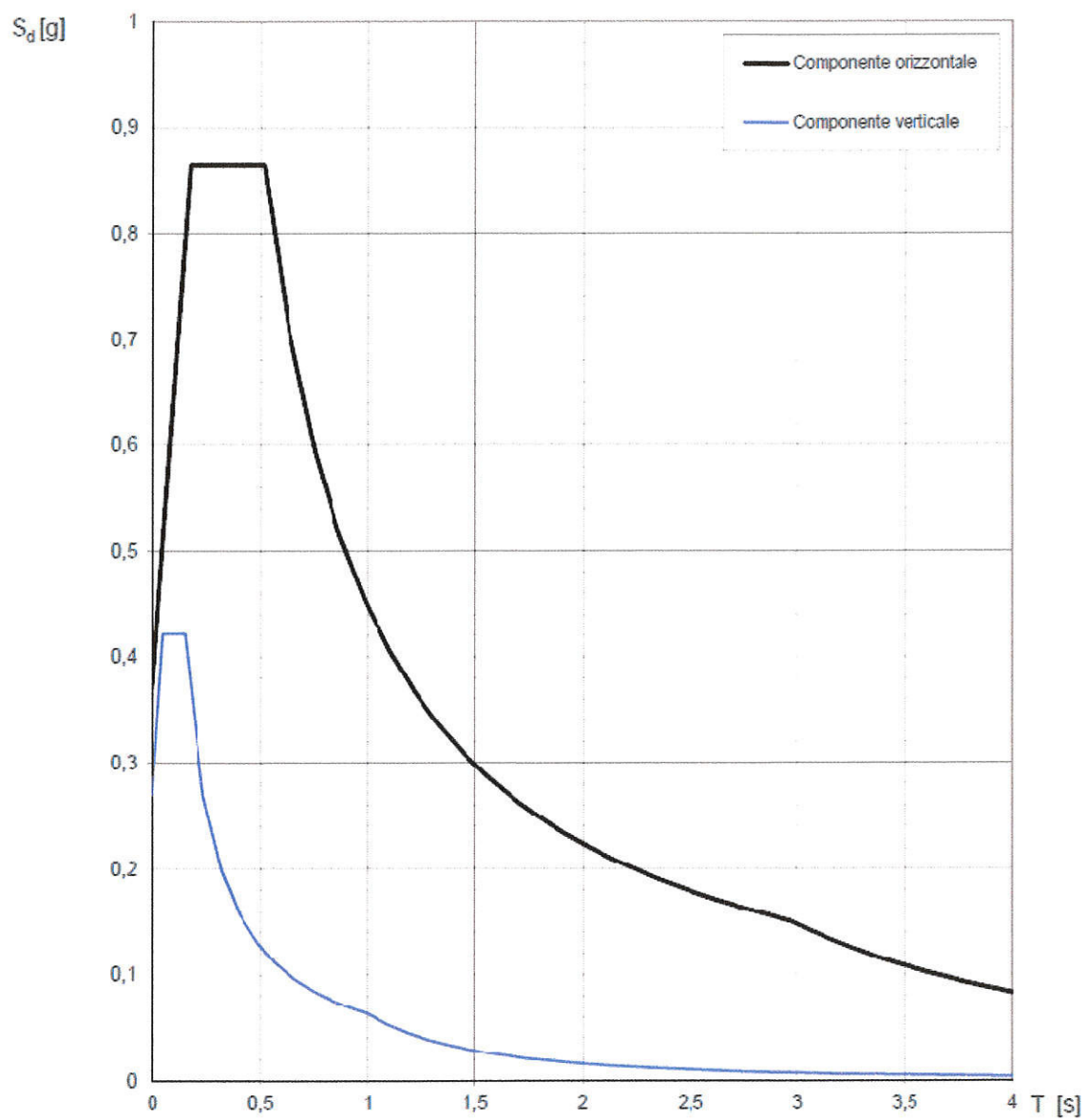
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,055
$T_B \leftarrow$	0,050	0,086
$T_C \leftarrow$	0,150	0,086
	0,235	0,055
	0,320	0,040
	0,405	0,032
	0,490	0,026
	0,575	0,022
	0,660	0,020
	0,745	0,017
	0,830	0,016
	0,915	0,014
$T_D \leftarrow$	1,000	0,013
	1,094	0,011
	1,188	0,009
	1,281	0,008
	1,375	0,007
	1,469	0,006
	1,563	0,005
	1,656	0,005
	1,750	0,004
	1,844	0,004
	1,938	0,003
	2,031	0,003
	2,125	0,003
	2,219	0,003
	2,313	0,002
	2,406	0,002
	2,500	0,002
	2,594	0,002
	2,688	0,002
	2,781	0,002
	2,875	0,002
	2,969	0,001
	3,063	0,001
	3,156	0,001
	3,250	0,001
	3,344	0,001
	3,438	0,001
	3,531	0,001
	3,625	0,001
	3,719	0,001
	3,813	0,001
	3,906	0,001
	4,000	0,001

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



Spettri di risposta elastici relativi allo **stato limite di salvaguardia della vita**:

categoria Suolo B - categoria topografica T1

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
a_n	0,342 g
F_o	2,338
T_c^*	0,389 s
S_s	1,080
C_c	1,329
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,080
η	1,000
T_B	0,172 s
T_C	0,517 s
T_D	2,969 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,370
$T_B \leftarrow$	0,172	0,864
$T_C \leftarrow$	0,517	0,864
	0,634	0,705
	0,751	0,595
	0,867	0,515
	0,984	0,454
	1,101	0,406
	1,218	0,367
	1,334	0,335
	1,451	0,308
	1,568	0,285
	1,685	0,265
	1,802	0,248
	1,918	0,233
	2,035	0,220
	2,152	0,208
	2,269	0,197
	2,385	0,187
	2,502	0,179
	2,619	0,171
	2,736	0,163
	2,853	0,157
$T_D \leftarrow$	2,969	0,150
	3,018	0,146
	3,067	0,141
	3,117	0,137
	3,166	0,132
	3,215	0,128
	3,264	0,125
	3,313	0,121
	3,362	0,117
	3,411	0,114
	3,460	0,111
	3,509	0,108
	3,558	0,105
	3,607	0,102
	3,656	0,099
	3,706	0,097
	3,755	0,094
	3,804	0,092
	3,853	0,089
	3,902	0,087
	3,951	0,085
	4,000	0,083

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
a_{ov}	0,270 g
S_s	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,847
S	1,000
η	0,667

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,270
T_B ←	0,050	0,421
T_C ←	0,150	0,421
	0,235	0,269
	0,320	0,198
	0,405	0,156
	0,490	0,129
	0,575	0,110
	0,660	0,096
	0,745	0,085
	0,830	0,076
	0,915	0,069
T_D ←	1,000	0,063
	1,094	0,053
	1,188	0,045
	1,281	0,039
	1,375	0,033
	1,469	0,029
	1,563	0,026
	1,656	0,023
	1,750	0,021
	1,844	0,019
	1,938	0,017
	2,031	0,015
	2,125	0,014
	2,219	0,013
	2,313	0,012
	2,406	0,011
	2,500	0,010
	2,594	0,009
	2,688	0,009
	2,781	0,008
	2,875	0,008
	2,969	0,007
	3,063	0,007
	3,156	0,006
	3,250	0,006
	3,344	0,006
	3,438	0,005
	3,531	0,005
	3,625	0,005
	3,719	0,005
	3,813	0,004
	3,906	0,004
	4,000	0,004

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

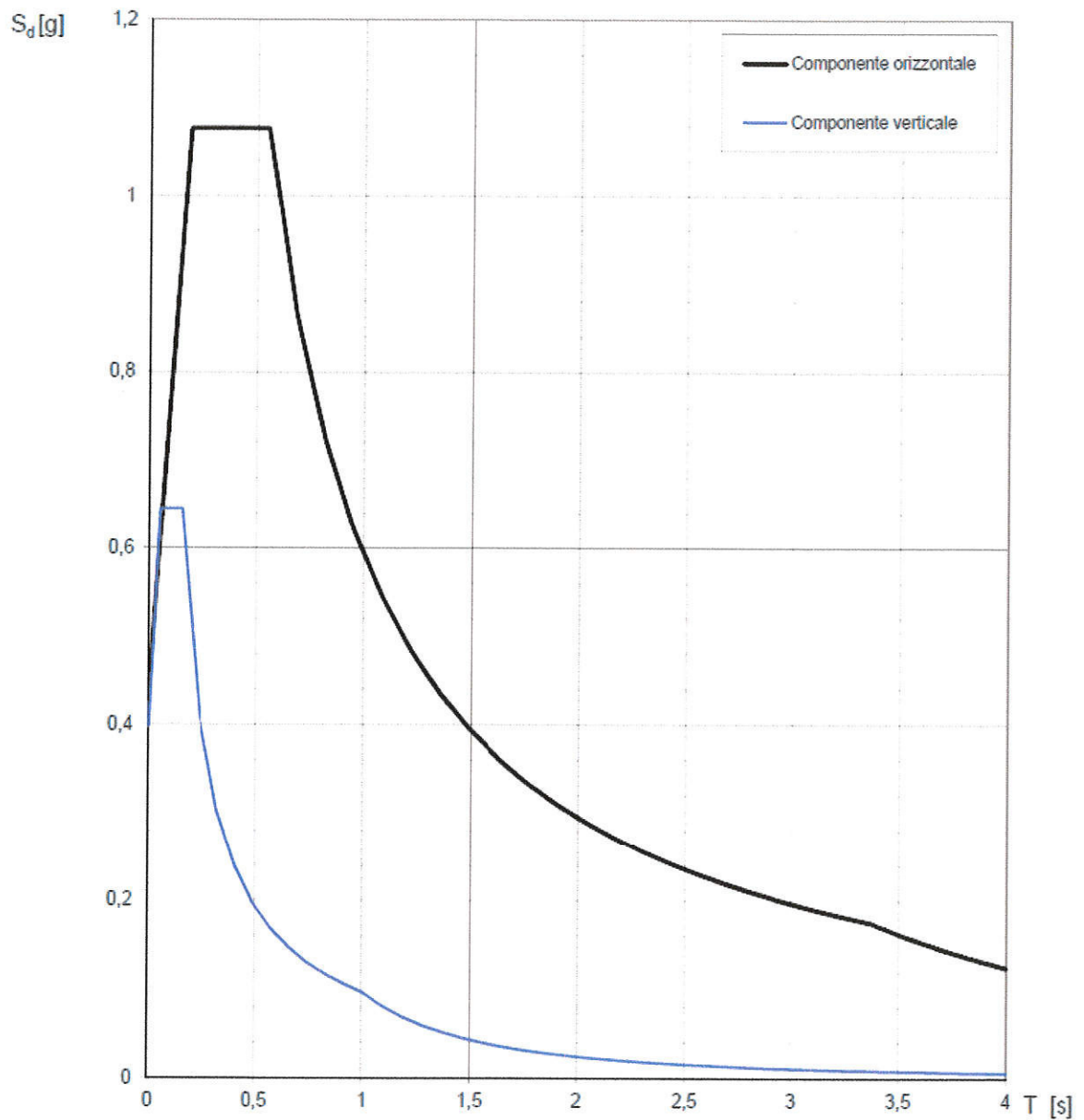
$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLC



Spettri di risposta elastici relativi allo **stato limite da collasso**:

categoria Suolo B - categoria topografica T1

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLC

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
a_g	0,443 g
F_o	2,429
T_c^*	0,419 s
S_s	1,000
C_c	1,309
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,000
η	1,000
T_B	0,183 s
T_C	0,548 s
T_D	3,374 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,443
$T_B \leftarrow$	0,183	1,077
$T_C \leftarrow$	0,548	1,077
	0,683	0,865
	0,817	0,722
	0,952	0,620
	1,086	0,544
	1,221	0,484
	1,356	0,436
	1,490	0,396
	1,625	0,363
	1,759	0,336
	1,894	0,312
	2,028	0,291
	2,163	0,273
	2,297	0,257
	2,432	0,243
	2,566	0,230
	2,701	0,219
	2,835	0,208
	2,970	0,199
	3,105	0,190
	3,239	0,182
$T_D \leftarrow$	3,374	0,175
	3,403	0,172
	3,433	0,169
	3,463	0,166
	3,493	0,163
	3,523	0,161
	3,553	0,158
	3,582	0,155
	3,612	0,153
	3,642	0,150
	3,672	0,148
	3,702	0,145
	3,732	0,143
	3,761	0,141
	3,791	0,139
	3,821	0,136
	3,851	0,134
	3,881	0,132
	3,911	0,130
	3,940	0,128
	3,970	0,126
	4,000	0,125

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLC

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
a_{gv}	0,399 g
S_s	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	2,183
S	1,000
η	0,667

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,399
$T_B \leftarrow$	0,050	0,645
$T_C \leftarrow$	0,150	0,645
	0,235	0,412
	0,320	0,303
	0,405	0,239
	0,490	0,198
	0,575	0,168
	0,660	0,147
	0,745	0,130
	0,830	0,117
	0,915	0,106
$T_D \leftarrow$	1,000	0,097
	1,094	0,081
	1,188	0,069
	1,281	0,059
	1,375	0,051
	1,469	0,045
	1,563	0,040
	1,656	0,035
	1,750	0,032
	1,844	0,028
	1,938	0,026
	2,031	0,023
	2,125	0,021
	2,219	0,020
	2,313	0,018
	2,406	0,017
	2,500	0,015
	2,594	0,014
	2,688	0,013
	2,781	0,013
	2,875	0,012
	2,969	0,011
	3,063	0,010
	3,156	0,010
	3,250	0,009
	3,344	0,009
	3,438	0,008
	3,531	0,008
	3,625	0,007
	3,719	0,007
	3,813	0,007
	3,906	0,006
	4,000	0,006

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

CONSIDERAZIONI SUGLI EFFETTI DI BORDO

Gli effetti di amplificazione ai bordi dei depositi (spesso indicati come effetto catino), sono riconducibili a due tipi di fenomeni: il primo è quello della focalizzazione delle onde sismiche (in aree in prossimità dei bordi delle valli alluvionali si può verificare l'interferenza costruttiva di onde riflesse ed onde rifratte), mentre il secondo fenomeno è quello prodotto dalle onde incidenti in corrispondenza dell'interfaccia non orizzontale tra strato lapideo di base e terreno al bordo della valle, che genera onde di superficie con direzione di propagazione orizzontale.

Le onde di superficie, poiché caratterizzate da velocità di propagazione relativamente modeste (inferiori a quelle delle onde S e comunque inferiori a 1000m/s) e periodi propri compresi tra 0.5 e 5s (generalmente superiori a quelle delle onde S), determinano un aumento della durata del moto sismico in superficie che può risultare soprattutto dannosa alle strutture più alte e, in generale, alle costruzioni con periodo proprio maggiore a 0.5s.

Pertanto, anche in considerazione dello studio proposto da Bard P.Y. e Gariel J.C. (1986) "The seismic response of two-dimensional sedimentary deposits with large vertical velocity gradients. Bull. Seism. Soc. of America, Vol. 76, 343-346", che mette in evidenza la maggiore complessità dei fenomeni di interazione tra onde di volume e onde superficiali nelle valli alluvionali profonde rispetto a quelli che si verificano nelle valli superficiali (caso specifico in esame), si è tenuto conto degli effetti di bordo e del possibile fenomeno della doppia risonanza per la redazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, aumentando le azioni sismiche per le verifiche condotte con un valore della Vita Nominale delle strutture a farsi pari a 100 anni.

Per quanto attiene il confronto con la "Carta della Pericolosità sismica" del PUC di Benevento, i dati risultano coerenti per quanto attiene le categorie di suolo (e i relativi Fattori di amplificazione sismica S definiti dalla Normativa vigente), mentre i valori massimi del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione F0 risultano, per l'area investigata, più conservativi - a vantaggio della sicurezza - per via della

Vita Nominale utilizzata nelle verifiche (pari a 100 anni) per considerare un incremento delle azioni sismiche per gli effetti di bordo della piana alluvionale.

Si allega Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica dell'area in esame.

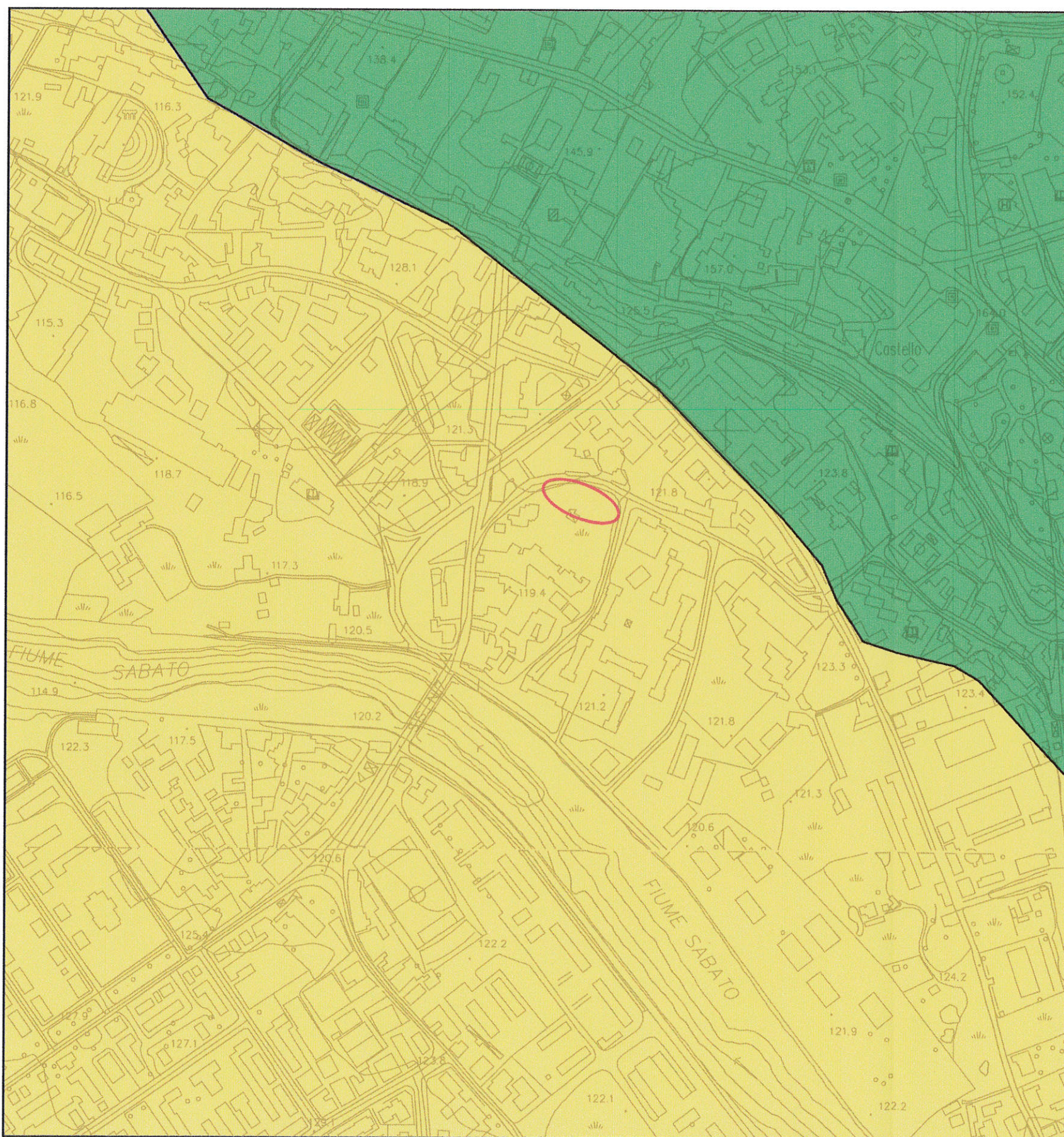
CONSIDERAZIONI CIRCA LA RISONANZA DEL TERRENO

Dalle indagini geofisiche condotte ex novo a corredo del presente Studio si è rilevato un picco di risonanza (rispetto alle registrazioni condotte al PIANO CAMPAGNA) pari a 4.5 Hz.

In riferimento alle strutture a farsì, la condizione ideale sarebbe che la risonanza delle stesse sia a frequenze minori di quelle del terreno: qualora le stesse coincidano, l'edificio risulterebbe vulnerabile e potrebbe verificarsi il fenomeno della doppia risonanza.

Pertanto si raccomanda, in fase di progettazione, di allontanare i modi propri delle strutture rispetto a quelli del sottosuolo, tenendo conto del modello geologico-tecnico e geofisico ivi proposto, anche e soprattutto in considerazione della profondità del piano di posa delle strutture fondali a farsì e, quindi, della presenza di eventuali livelli interrati.

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA - SCALA 1:5.000

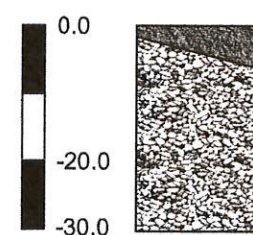


LEGENDA

aree stabili caratterizzate da un fattore di amplificazione stratigrafica MEDIO-BASSO

Zona 1

fattore di amplificazione sismica $S = 1,164$
 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione $F0 = 2.304$;
 Accelerazione sismica spettrale massima = $0,686g$



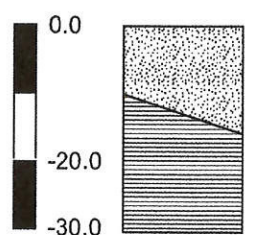
Ciottoli e blocchi carbonatici in matrice sabbioso-limosa, estremamente addensati, gradualmente passanti a conglomerati a cemento carbonatico, localmente sottoposti a coltri antropiche di copertura della potenza massima di circa 7.00 metri

aree stabili caratterizzate da un fattore di amplificazione MEDIO

Zona 2

per condizioni stratigrafiche ed effetti di bordo dovuti alla focalizzazione delle onde sismiche

fattore di amplificazione sismica $S = 1,080$
 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione $F0 = 2.338$;
 Accelerazione sismica spettrale massima = $0,864g$



alluvioni sabbioso-limoso-ghiaiose con intercalazioni lenticolari limoso-argillose

argille grigio-azzurre compatte con $V_s < 800ms$



Area in studio

VIII - CONCLUSIONI

Le conoscenze di geologia regionale, le osservazioni di dettaglio eseguite nell'area in esame e in quelle limitrofe, le indagini condotte, consentono di formulare il seguente schema litostratigrafico, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico e sismico.

Geologicamente l'area è caratterizzata da una depressione tettonica plio-pleistocenica in cui si sono accumulati notevoli volumi di sedimenti di ambiente marino e successivamente continentale (si allega carta geolitologica e sezioni).

Le indagini geognostiche, effettuate nell'area oggetto di studio, hanno permesso di individuare cinque orizzonti, così distinguibili:

1. TERRENO VEGETALE FRAMMISTO A MATERIALE DI RIPORTO

Si rinviene nella parte superficiale dell'area, fino ad una profondità massima di 2.80 m. dal p.c..

La coltre, alterata e degradata, è caratterizzata da una granulometria limosa-sabbiosa di colore brunastro-avana, con frustoli vegetali al top.

2. DEPOSITI ALLUVIONALI COSTITUITI DA CIOTTOLI POLIGENICI IN MATRICE SABBIOSA LIMOSA

Si rinvencono, al di sotto della coltre alterata e degradata, per uno spessore che varia tra 3.00 m. ed i 4.00 m..

Si tratta di ghiaie eterometriche, poligeniche, con patine nerastre e/o feruginose, immerse in una matrice limosa sabbiosa.

Dai risultati ottenuti dalle prove S.P.T., detti materiali possono essere classificati molto addensati.

3. DEPOSITI ALLUVIONALI COSTITUITI DA LIMO ARGILLOSO DI COLORE GRIGIASTRO-AZZURROGNOLO, CON RARI LIVELLI A COMPONENTE SABBIOSA

Si tratta di materiali coesivi, caratterizzati da una granulometria sottile.

Lo spessore di questo orizzonte è di circa 4.00 m..

Detti materiali possono essere classificati da mediamente consistenti.

4. DEPOSITI ALLUVIONALI COSTITUITI DA CIOTTOLI POLIGENICI IN MATRICE SABBIOSA LIMOSA

Si rinvencono, al di sotto dell'orizzonte limoso argilloso, per uno spessore che varia tra i 4.00 m. ed i 5.00 m..

Si tratta di ghiaie eterometriche, poligeniche, con patine nerastre e/o ferugginose, immerse in una matrice limosa sabbiosa.

Dai risultati ottenuti dalle prove S.P.T., detti materiali possono essere classificati molto addensati.

5. LIMO ARGILLOSO DI COLORE GRIGIO SCURO.

Si rinviene al di sotto dei depositi alluvionali, e si estendono fino ad una profondità di 30.00 m. (fondo foro).

La componente argillosa (prevalente), si presenta scagliettata e ripiegata.

Si tratta di materiali, di colore grigio scuro, consistenti, dalla granulometria sottile.

Il paesaggio morfologico del Comune di Benevento è notevolmente condizionato sia dai fattori geologici che da quelli idrologici in conseguenza dei quali ha assunto fisionomie varie e spesso prive di significativa continuità o correlazione.

Contribuiscono in maniera marcata alla mutevolezza degli aspetti, sia l'erosione differenziata che i meccanismi che portano al disfacimento delle rocce più esposte agli agenti esogeni i quali esplicano, con rigida continuità, la loro azione demolitrice.

Tenendo conto delle caratteristiche giaciture e litologiche dei terreni affioranti, dell'acclività dei pendii, e dei processi in atto, il territorio di stretto interesse è stato identificato in un'unica classe definibile:

AREA A PERICOLOSITA' BASSA O NULLA

Area esente da specifica pericolosità geomorfologica ed idraulica per le quali i processi morfo-evolutivi, le condizioni morfografiche che morfometriche nonché le caratteristiche fisiche dei terreni non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di condizioni di pericolosità (si allega carta geomorfologica e della stabilità).

Il territorio comunale di Benevento rientra sotto la competenza dell'Autorità di Bacino dei fiumi Liri, Garigliano e Volturno.

Dalla Carta del Rischio frana, redatta per il Progetto di Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico, l'area di stretto interesse ricade in un'area classificata a rischio nullo (si allega stralcio carta rischio frane).

Inoltre, dalla Carta del Rischio idraulico, redatta per il progetto di Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico, l'area di stretto interesse non ricade in un'area perimetrata (si allega stralcio carta rischio idraulico).

Le caratteristiche idrogeologiche dei terreni affioranti nel territorio comunale oggetto di studio, interessano sia il tipo ed il grado di permeabilità, che il novero dei fattori relativi alle diverse situazioni idrogeologiche, ossia, giacitura, posizione strutturale, stratigrafia, estensione areale, tipo di alimentazione.

I terreni ricadenti nell'area di stretto interesse presentano una permeabilità alta per porosità.

Infatti, in tal modo può essere classificato il terreno vegetale frammisto a materiale di riporto, caratterizzato da una granulometria limosa sabbiosa (si allega carta idrogeologica con direzione preferenziale dei deflussi idrici sotterranei).

Dall'analisi delle stratigrafie disponibili e dalla misurazione diretta dei livelli freatici all'interno del foro di sondaggio **S1** eseguito ex-novo, risulta la presenza di un livello idrico superficiale, il cui pelo libero si attesta alla profondità di circa 1.7 metri dal p.c.

È da dire che la superficie piezometrica è soggetta a continue variazioni di livello sia per cause naturali che artificiali.

Le principali cause naturali sono quelle legate alle precipitazioni atmosferiche, alla pressione atmosferica, alle variazioni del livello dei fiumi e all'evapotraspirazione.

Le cause artificiali sono legate all'utilizzazione delle falde, all'irrigazione, all'alimentazione artificiale ed alla costruzione di trincee drenanti.

Al riguardo si è resa necessaria una serie di verifiche del potenziale di liquefazione dei terreni, in ottemperanza a quanto disciplinato al Cap. 7.11.3.4. delle NTC 2018

Il modello idrogeologico presenta delle dinamiche piuttosto complesse, legate in buona misura alle fitte interdigitazioni lenticolari dei sedimenti alluvionali in posto; da tale considerazione e per via del livello freatico

soggiacente a profondità < 15.0 metri dal p.c. si è reso necessario effettuare una serie di verifiche del potenziale di liquefazione, in applicazione del punto 7.11.3.4 delle NTC 2018 di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

L'analisi è stata effettuata con metodologie di tipo storico-empirico, in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto.

La Normativa vigente prevede che la resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio.

E' stata condotta una serie di analisi mediante le procedure descritte da **Iwasaki et alii** (1978, 1984), impiegando i risultati delle indagini geotecniche in sito (SPT) e mediante la formula proposta da **Andrus e Stokoe (1998)**, basata su dati provenienti dalle indagini sismiche MASW.

I pesi di volume sono riferiti ai valori caratteristici di ciascun orizzonte litologico.

Sulla scorta della modellazione eseguita, nessuno dei depositi presenti in sito risulta suscettibile di liquefazione sotto le azioni sismiche.

Per la determinazione delle caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche, in considerazione dell'opera da realizzare nonché delle specifiche conoscenze che lo scrivente ha dei luoghi, è stato elaborato il seguente piano di indagine:

INDAGINI PREGRESSE EFFETTUATE A CORREDO DELLA PRIMA PRESENTAZIONE DEL PUA NELL'ANNO 2011

- N°3 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità massima di 20.00 m. dal p.c.;
- N°3 prove eseguite in foro S.P.T.;

Le indagini in sito sono state eseguite dalla impresa **MARYGEO s.a.s.** di Iadanza Elvira con sede in Campoli M.T. alla via **S. Nicola Vecchio 10.**

INDAGINI ESEGUITE NELL'ANNO 2018

- N°1 sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 30.00 m. dal p.c.;

- N°2 prove geotecniche di laboratorio su campioni indisturbati;
- N°1 prova sismica del tipo MASW.

Il sondaggio a carotaggio continuo e le prove in laboratorio sono state eseguite dalla impresa GEO-TECNICA srl con sede in Benevento alla località Ponte Valentino. (Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti - Concessione n°99 del 19/03/2018 D.P.R. n°380/2001 - art.59 - Laboratorio Prove su Terre e Rocce); la prova sismica del tipo MASW è stata eseguita dallo scrivente.

Come si evince dal piano di indagine, durante le prove in sito, sono stati prelevati n°2 campioni indisturbati di terreno e sottoposti alle seguenti prove geotecniche di laboratorio:

- **Descrizione campione indisturbato;**
- **Determinazione delle caratteristiche fisiche generali;**
- **Analisi granulometrica con vagli ASTM e Densitometria;**
- **Prova di compressione edometrica con 7 gradini di carico e 3 di scarico;**
- **Prova di taglio diretto drenato consolidato;**
- **Prova di compressione ad Espansione Laterale Libera.**

I risultati hanno portato alla seguente caratterizzazione degli orizzonti litotecnici individuati.

PARAMETRI CARATTERISTICI DEGLI ORIZZONTI LITOTECNICI INDIVIDUATI

DEPOSITI ALLUVIONALI COSTITUITI DA CIOTTOLI POLIGENICI IN MATRICE SABBIOSA LIMOSA					
	DISAGGREGATI	MEDIA	VALORE CARATTERISTICO	UNITA' DI MISURA	COV %
PESO DI VOLUME	24.52 - 24.52 - 24.52	24.52	23.36	KN/M ³	5
ANGOLO DI ATTRITO	34.52 - 34.69 - 34.37	34.52	31.25	GRADO	10
MODULO EDOMETRICO	23240 - 23640 - 23840	23573.33	16856.76	KN/M ²	30

LIMO ARGILLOSO DI COLORE GRIGIASTRO AZZURROGNOLO, CON RARI LIVELLI A COMPONENTE SABBIOSA					
	DISAGGREGATI	MEDIA	VALORE CARATTERISTICO	UNITA' DI MISURA	COV %
ANGOLO DI ATTRITO	21.5	17.60	17.60	GRADI	10
PESO DI VOLUME	18.94	18.94	17.38	KN/M ³	5
COESIONE DRENATA	19.4	19.4	9.83	KPA	30
COESIONE NON DRENATA	53.9	53.9	27.30	KPA	30
MODULO EDOMETRICO	9268	9268	4694.24	KN/M ²	30

LIMO ARGILLOSO DI COLORE GRIGIASTRO CON PRESENZA DI LIVELLETTI SABBIOSI					
	DISAGGREGATI	MEDIA	VALORE CARATTERISTICO	UNITA' DI MISURA	COV %
ANGOLO DI ATTRITO	23.1	23.1	19.3	GRADI	10
PESO DI VOLUME	19.98	19.98	18.34	KN/M ³	5
COESIONE DRENATA	28.00	28.00	14.18	KPA	30
COESIONE NON DRENATA	78.40	78.40	39,71	KPA	30

Per la valutazione delle caratteristiche sismiche del sito, lo scrivente ha effettuato una prova sismica del tipo Multi-channel Analysis of Surface Waves (MASW).

La MASW è una metodologia non invasiva che utilizza le onde di Rayleigh, componente principale delle onde superficiali, e per questo poco soggetta ai rumori ambientali.

La bontà di acquisizione del segnale sismico ottenuto dalle prove MASW, elaborate sulla scorta della curva di dispersione sperimentale, ha consentito una stima accettabile della V_s

$$V_{s_{eq}} = 367 \text{ m/sec (al piano campagna)}$$

$$V_{s_{eq}} = 430 \text{ m/sec (a -4.0 metri dal piano campagna)}$$

Categoria Suolo di Fondazione: B

inoltre è stata calcolata la risposta sismica locale.

Si allega carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica dell'area in esame.

In definitiva, si può affermare, che esiste compatibilità tra le previsioni urbanistiche ed i caratteri geolitologici, idrogeologici, geomorfologici, di stabilità, geotecnici e sismici dell'area.

Benevento 26 aprile 2018

Tanto dovevasi in ottemperanza dell'incarico ricevuto