

MASSIMO dr. MANNINI
GEOLOGIA

Indagini Geofisiche - Geotecniche

Via Caduti di Cefalonia, 9 29017 Fiorenzuola d'Arda (Pc)
Tel. 3452353055
e-mail: info@manninimassimo.it

**Relazione Geologica-Sismica
caratterizzazione sito per realizzazione capannone
per ampliamento compendio immobiliare**

in Località "Strada per Muradello, 17 di Pontenure (Pc)"

Commitente: "I.G. LOGISTIC S.r.l."

INDICE

1.0 - PREMESSA	2
2.0 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO	2
3.0 - GEOLOGIA E MORFOLOGIA	2
4.0 - IDRO (GEO) LOGIA	4
5.0 - INDAGINI SVOLTE	5
6.0 - CARATTERISTICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI	6
7.0 - PORTANZA DEI TERRENI DI FONDAZIONE	9
7.1 - STATO LIMITE ULTIMO - SLV	11
8.0 - COMPATIBILITA' SISMICA	12
8.1 - SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	14
8.2 - PRIMA FASE - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI	17
8.3 - SECONDA FASE - ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO	19
8.4 - ACCELERAZIONE MASSIMA ORIZZONTALE DI PICCO AL SUOLO	21
9.0 - INQUADRAMENTO IDRAULICO	23
10.0 - CONCLUSIONI	27

ALLEGATI:

Relazione sismica interpretativa

Report penetrometrici

1.0 - PREMESSA

Il presente Studio Geologico – Geotecnico, nasce dalla necessità di caratterizzare dal punto di vista sismico e geologico un lotto entro cui è presente una struttura civile oggetto di un miglioramento sismico con ristrutturazione, in accordo con la legislazione attualmente vigente.

PRINCIPALE NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- *D.M. 11-03-1988*
- *D.M. 16-01-1996*
- *O.P.C.M. 3274/2003*
- *D.M. 14-09-2005*
- *Euro Codice 7*
- *Euro Codice 8*
- *N.T.C. 14.01.2008 e successivi*
- *N.T.C. 2018*

2.0 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il terreno interessato dalla presente Indagine è posto nel settore nord del territorio comunale di Pontenure, in località Caseificio Pacella; vedasi cartografia allegata.

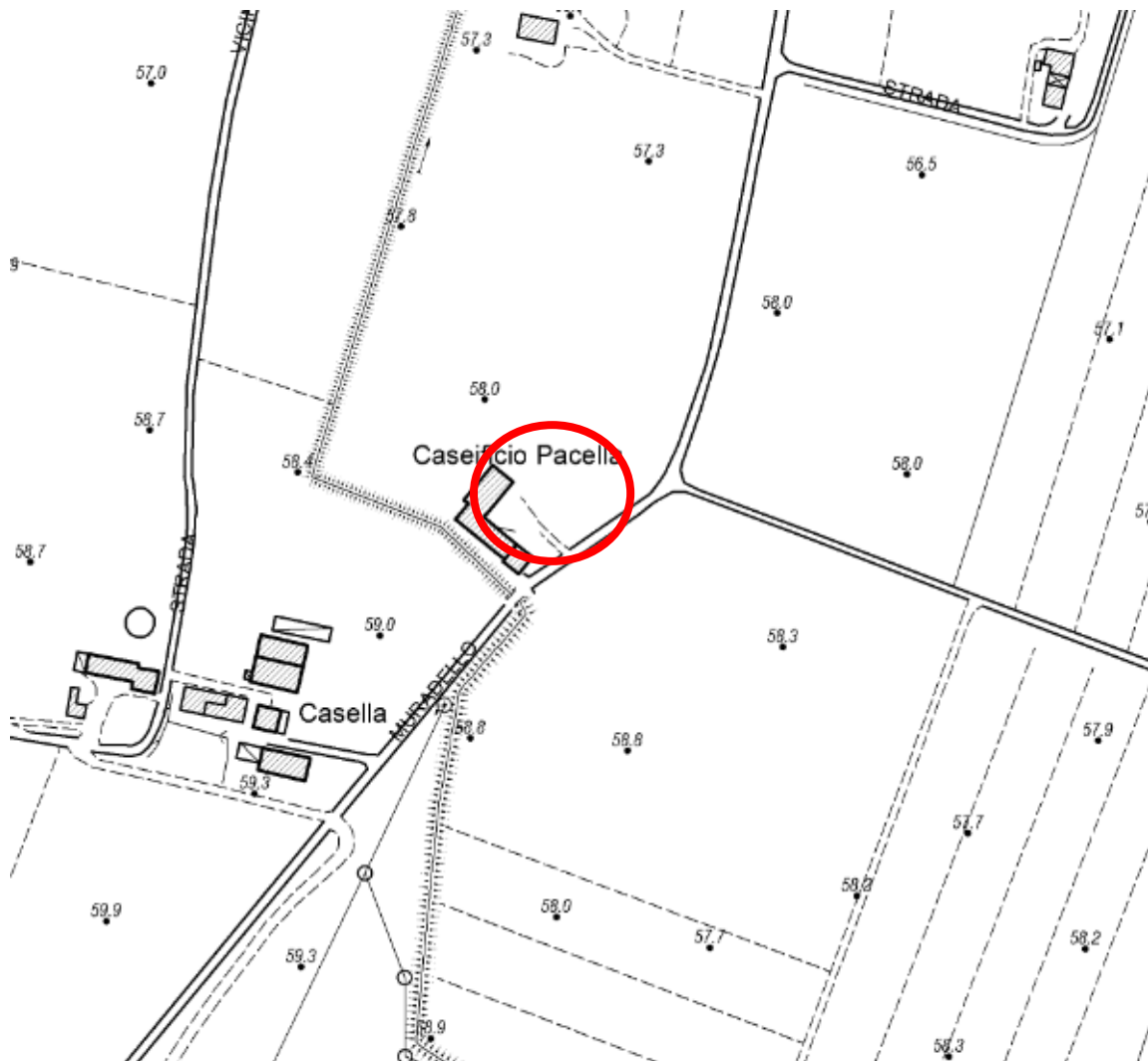
Catastalmente il lotto risulta inquadrato al Foglio n.7, mappale n.3 del Comune di Pontenure.

3.0 – GEOLOGIA E MORFOLOGIA

Segue la caratterizzazione geolitologica emersa dalla Carta Geologica a scala 1:10.000 redatta dalla Regione Emilia Romagna: la Banca Dati della Carta Geologica in scala 1:10.000.

La formazione geologica che caratterizza l'area in oggetto, appartiene al Sistema Emiliano-Romagnolo superiore (AES): unità costituita da depositi alluvionali intravallivi, terrazzati, di conoide alluvionale ghiaiosa e di interconoide. Dove non è suddivisa in subsintemi l'unità è rappresentata da ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti, localmente cementate: depositi alluvionali terrazzati. Lo spessore dei depositi terrazzati non supera i 25 metri; il profilo di alterazione è molto evoluto e raggiunge i 7-8 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composita, dello spessore massimo di 4 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri. Il suo profilo di alterazione è molto

evoluto. Il tetto è rappresentato dalla superficie topografica, mentre il contatto di base è erosivo e discordante su unità più antiche. Lo spessore complessivo varia da 0 a 120 m circa. *Pleistocene medio-Olocene*.

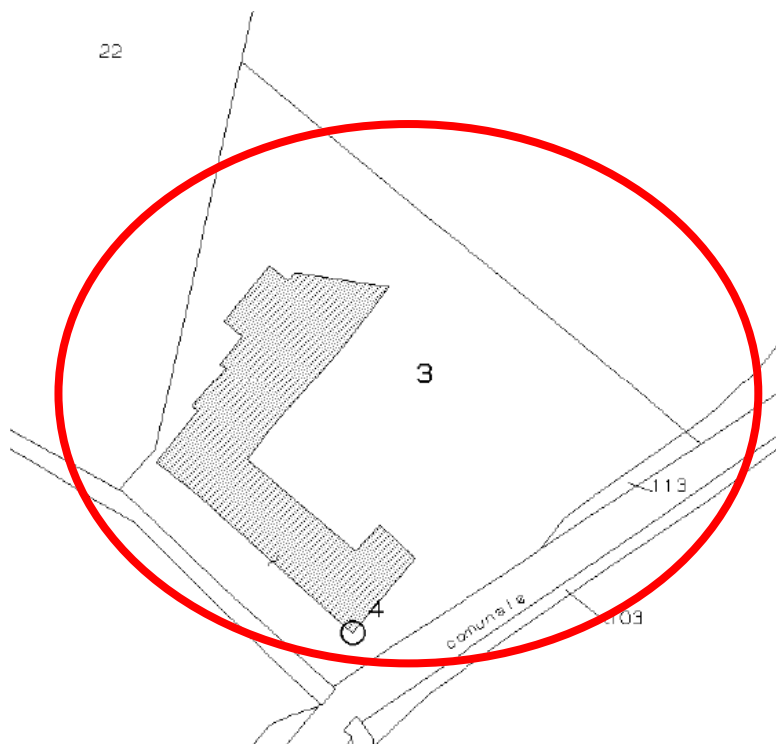


Inquadramento territoriale - Sezione C.T.R. 162142.

In particolare si ha il Subsistema di Ravenna, Unità di Modena – AES8a, costituito da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi: depositi intravallivi terrazzati e di conoide ghiaiosa. Limi e limi sabbiosi: depositi di interconoide. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m. Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discordante sulle unità più antiche. Lo spessore

massimo dell'unità è inferiore a 20 metri. *Pleistocene superiore - Olocene*; post circa 18.000 anni B.P.

Morfologicamente l'area in studio si trova ad un'altezza s.l.m. di circa 58.0 metri, con una pendenza del terreno molto modesta che converge verso N-N-E, regimando il deflusso delle acque superficiali. L'area in esame è posta in una zona morfologicamente definita "Pianura", pertanto non sussistono problemi di alcun genere sotto il profilo della stabilità; inoltre, presenta un grado d'antropizzazione molto marcato.



Inquadramento catastale.

4.0 - IDRO (GEO) LOGIA

L'idrografia superficiale (regime idrologico), è regimata dalla pur modesta pendenza del terreno e le principali acque provenienti dalle colline sono raccolte principalmente dal Torrente Nure ad ovest dell'area indagata, ed in minor misura da rii minori presenti (Rio Braccioforte a sud). Anche le canalizzazioni artificiali, che talora ripercorrono vecchi alvei di corsi d'acqua naturali, benché abbiano subito poi nel tempo diversi interventi d'arginatura, correzioni del tracciato e riconfigurazioni degli alvei per opera dell'uomo, assumono un ruolo importante nel deflusso superficiale dell'acqua.

Il livello freatico sotterraneo (regime idrogeologico), è impostato entro la formazione ghiaiosa con arricchimenti locali sabbiosi ed in minore misura nelle "lenti litologiche" permeabili presenti entro la formazione superficiale limosa argillosa.

Variazioni del livello delle falde superficiali, possono essere indotte anche dal regime pluviometrico incidente direttamente sul terreno, che porta ad un'escursione media annua che può oscillare di qualche metro.

Dalla Tavola QC02 "Carta Idrogeologica" estratta dallo studio geologico del PSC del Comune di Pontenure, l'area in oggetto è inquadrata con la linea isopiezometrica dei 51.0 metri, considerando una quota assoluta del terreno di circa 58.0 metri s.l.m., si ha una profondità della prima falda di circa 7.0 metri. La classe di soggiacenza corrisponde al valore tra 6 e 8 metri.

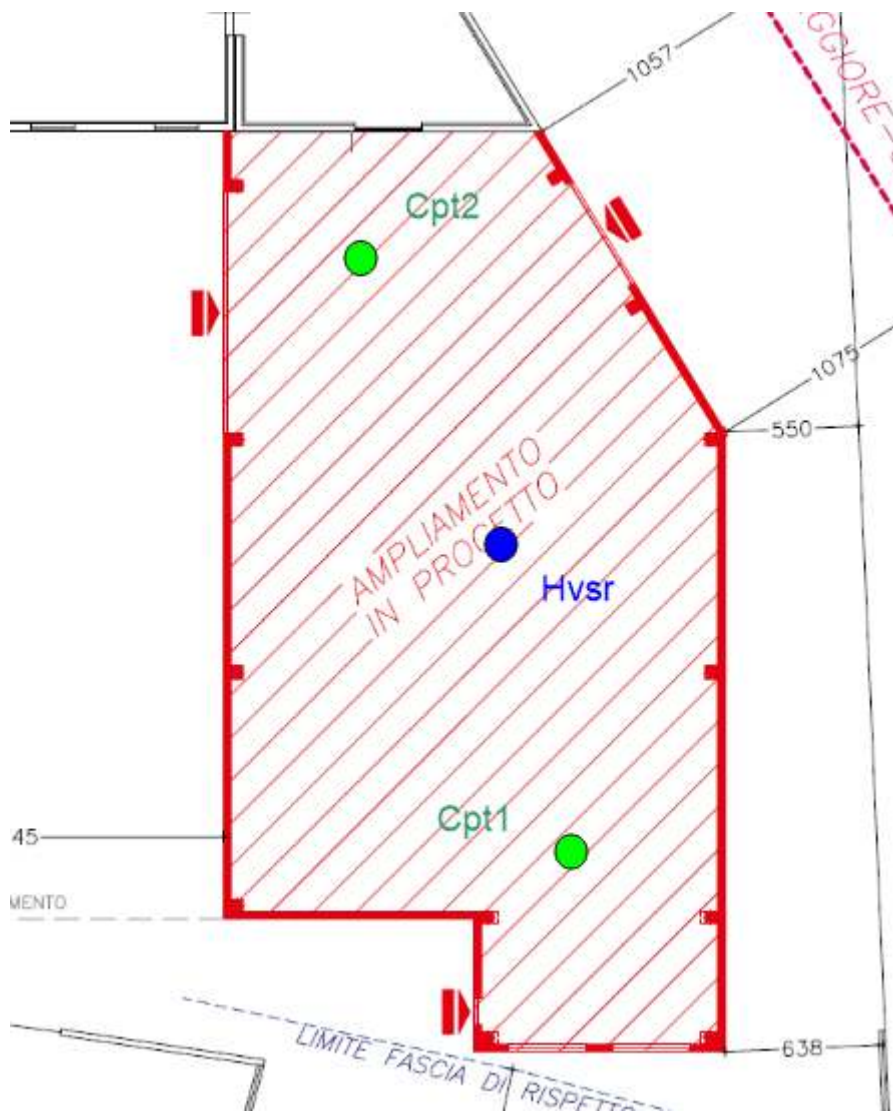
Dalle prove penetrometriche eseguite all'interno del lotto in oggetto si è delineato un livello freatico tra 5.0 e 6.0 metri dal p.c.

5.0 - INDAGINI SVOLTE

Al fine di ottenere utili informazioni tecniche destinate al corretto dimensionamento delle opere di progetto, si è proceduto alla verifica delle reali caratteristiche lito stratigrafiche e geotecniche dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame, attraverso la realizzazione di 2 sondaggi penetrometrici di tipo statico "Cpt".

Ad integrazione di tali indagini sono stati utilizzate le successioni litostratigrafiche emerse da pozzi idrici presenti in aree limitrofe, dallo studio geologico emerso dal P.S.C. comunale.

In sito è stata eseguito un rilievo sismico di tipo passivo per la determinazione delle Vs30 equivalenti caratteristiche.



Ubicazioni indagini geognostiche di sito

Cpt: prova penetrometrica statica; Hvsr: indagine sismica.

6.0 - CARATTERISTICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI

Le prove penetrometriche sviluppate, hanno delineato una successione litostratigrafica costituita da una copertura superficiale argillosa pedogenizzata (**Orizzonte A0**) per circa 1.40 metri dall'attuale piano di campagna, seguita da una litologia argillosa-limosa con differenti gradi di consolidazione (**Orizzonte A**) fino alle massime profondità significative raggiunte.

Dalla stratigrafia emersa dai pozzi presenti in aree limitrofe a sud e nord rispetto al terreno in oggetto, si ha la seguente successione litostratigrafica:

Pozzo P632 a sud

0.0-17.0: argilla
17.0-28.0: sabbia e ghiaia
28.0-30.0: ghiaia
30.0-34.0: argilla

Pozzo P624 a nord

0.0-8.0: argilla
8.0-23.0: ghiaia e argilla
23.0-25.0: ghiaia
25.0-26.5: argilla

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno, è allegata alle prove penetrometriche una tabella dei "Parametri Geotecnici" in cui sono riassunti i principali parametri alle varie profondità indagate. Segue una caratterizzazione dei principali parametri geotecnici significativi per ciascuna litologia attraversata.

I metodi utilizzati per il calcolo dei parametri geotecnici sono di seguito illustrati.

COESIONE NON DRENATA - c_u .

E' stato utilizzato il metodo empirico proposto da Lunne e Eide:

MODULO EDOMETRICO - E_d

Mitchell - Gardnerr (1975) M_o (E_{ed}) per limi e argille.

$$E_{ed} \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \alpha_m q_c$$

dove α_m è funzione di argille di bassa plasticità (CL) e limi di bassa plasticità (ML)

Metodo generale del modulo edometrico.

$$E_{ed} \text{ (kg/cm}^2\text{)} = R_p (-2.3 R_p + 6.61)$$

Buisman correlazione valida per limi e argille di media plasticità – Alluvioni attuali argille plastiche
suoli organici (W 90-130)

Buisman e Sanglerat valida per litotipi argille compatte

PESO DI VOLUME NATURALE - γ_n .

Peso di volume terreni coesivi (t/m^3) (Meyerhof)

$$\gamma = 1.6 + 0.168 \log (c_u) + 0.373$$

Peso di volume saturo terreni coesivi (t/m^3) (Meyerhof)

$$\gamma_s = \gamma + 0.08$$

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO - ϕ

Per stimare questo parametro sono stati utilizzati differenti metodi in cui l'angolo di attrito è calcolato in funzione della resistenza alla punta e della tensione verticale efficace, successivamente confrontati fra loro; in particolare:

Metodo di CAQUOT: $\varphi = 9.8 + 4.96 \cdot \ln(qc/\sigma'v)$
Metodo di KOPPEJAN: $\varphi = 5.8 + 5.21 \cdot \ln(qc/\sigma'v)$
Metodo di DE BEER: $\varphi = 5.9 + 4.76 \cdot \ln(qc/\sigma'v)$

DENSITÀ RELATIVA - DR

Definisce il grado di addensamento dei terreni attraversati; sono stati utilizzati i seguenti metodi:

HARMAN: questa correlazione è valida per tutti i tipi di sabbia e prevede di valutare la densità relativa in funzione della resistenza alla punta e della tensione verticale efficace.

$$Dr = 34.36 \cdot \ln(qc/12.3 \cdot \sigma'v^{0.7})$$

In cui:

$\sigma'v$: tensione verticale efficace

qc : resistenza alla punta (correlata)

Lancellotta (1983): $Dr = 1.292 + 0.268 \times \ln(qc/\sigma v^{0.5})$

MODULO DI DEFORMAZIONE - E

Definisce il valore del modulo di Young elastico utilizzando la seguente correlazione empirica di Schmertmann:

$$E \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 2,5 \cdot Rp$$

Una ulteriore formula di calcolo che viene utilizzata per il calcolo del modulo edometrico (assimilando un confinamento laterale impedito anche per terreni granulari, con alta densità relativa e qc):

$$Ed \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0.03 \cdot qc + 11.7 \cdot \sigma + 0.79 \cdot Dr$$

Orizzonte A0: copertura argillosa pedogenizzata

Profondità: dal p.c. a 1.40 metri

(Coesione non drenata) $Cu = 1.05 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$

(Peso di Volume) $\gamma = 1.98 \text{ [Ton/m}^3\text{]}$

(Modulo Edometrico) $E = 70 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$

Orizzonte A1: argilla

Profondità: da 1.40 a 3.00 metri

(Coesione non drenata) $Cu = 0.62 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$

(Peso di Volume) $\gamma = 1.90 \text{ [Ton/m}^3\text{]}$

(Modulo Edometrico) $E = 45 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$

Orizzonte A2: argilla limosa

Profondità: da 3.00 a 4.60 metri

(Coesione non drenata) $Cu = 0.90 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$

(Peso di Volume) $\gamma = 1.96 \text{ [Ton/m}^3\text{]}$

(Modulo Edometrico) $E = 65 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$

Orizzonte A3: limo e argilla

Profondità: da 4.60 a 8.20 metri

(Coesione non drenata) $Cu = 1.30 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$

(Peso di Volume) $\gamma = 2.02 \text{ [Ton/m}^3\text{]}$
(Modulo Edometrico) $E = 90 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$

Orizzonte A4: limo e argilla

Profondità: da 8.20 fino alle massime profondità
(Coesione non drenata) $C_u = 1.08 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$
(Peso di Volume) $\gamma = 2.00 \text{ [Ton/m}^3\text{]}$
(Modulo Edometrico) $E = 78 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$

7.0 - PORTANZA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Le NTC '08 e '18 (D.M. 14.01.2008 e successivi) hanno introdotto un sisma di progetto non per ogni comune come da NTC05, ma per ogni punto del territorio, (punti di ancoraggio nodali di un reticolo di 4 Km di lato). Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale a campo aperto sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica Pvr probabilità di superamento nel periodo di riferimento T_r :

ag = accelerazione massima al sito di riferimento;

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

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

La determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, che si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale, sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle grandezze fondamentali, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica Pvr probabilità di superamento nel periodo di riferimento in riferimento ai vari stati limite.

Seguono le caratteristiche del sito in esame in funzione delle coordinate geografiche di riferimento baricentriche, ed i relativi

parametri sismici, ipotizzati sulla struttura e del sito in oggetto: categoria litologica e topografica.

Il terreno è stato associato ad una categoria di tipo B alla luce delle risultanze dell'indagine sismica passiva eseguita in sito con $V_{s30eq} = 305$ m/s, mentre la topografia T1 poiché non si hanno versanti con pendenze superiori a 15° (25-30%).
Si rimane a disposizione di qualunque variazione dettata dal tecnico progettista.

Parametri Sismici

Categoria sottosuolo:		C
Categoria topografica:		T1
Periodo di riferimento:		50anni
Coefficiente cu:		1
Operatività (SLO):		
Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,034	g
Fo:	2,536	
Tc*:	0,210	[s]
Danno (SLD):		
Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,042	g
Fo:	2,557	
Tc*:	0,236	[s]
Salvaguardia della vita (SLV):		
Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,097	g
Fo:	2,541	
Tc*:	0,292	[s]
Prevenzione dal collasso (SLC):		
Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,124	g
Fo:	2,523	
Tc*:	0,299	[s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:	
Ss:	1,500
Cc:	1,760
St:	1,000
Kh:	0,010
Kv:	0,005
Amax:	0,502
Beta:	0,200
SLD:	
Ss:	1,500
Cc:	1,690

	St:	1,000
	Kh:	0,012
	Kv:	0,006
	Amax:	0,611
	Beta:	0,200
SLV:		
	Ss:	1,500
	Cc:	1,580
	St:	1,000
	Kh:	0,029
	Kv:	0,015
	Amax:	1,424
	Beta:	0,200
SLC:		
	Ss:	1,500
	Cc:	1,560
	St:	1,000
	Kh:	0,045
	Kv:	0,022
	Amax:	1,826
	Beta:	0,240

7.1 - STATO LIMITE ULTIMO - SLV

Considerando la profondità significativa, ai fini delle definizioni della superficie di rottura al di sotto della fondazione di progetto, sono stati ricavati i relativi parametri geotecnici caratteristici e di progetto entro il terreno per la soluzione fondazionale, in aggiunta alla profondità di incasso della fondazione dal p.c. (in accordo con la profondità cuneo di rottura pari a $1-2x_B$ fondazione a seconda di fondazioni e del bulbo di pressione per la determinazione dei cedimenti assoluti), in riferimento alla coesione non drenata ed angolo di attrito derivato dalle prove penetrometriche realizzate, considerando il lungo e breve termine, per il volume di terreno significativo per la fondazione di progetto.

Inoltre, nell'elaborazione statistica dei dati geotecnici, ai fini della definizione del volume significativo, una fondazione continua è assimilata ad una piccola superficie e risente maggiormente delle variazioni dei valori geotecnici stessi, assimilando il valore di progetto al valore minimo della serie, mentre per grandi superfici (fondazioni a platea), si può avere compensazione dei valori geotecnici, pertanto il valore caratteristico della serie, si avvicina maggiormente al valore medio della serie stessa.

Di seguito vengono calcolati i relativi valori geotecnici caratteristici, a cui occorre applicare i relativi parametri correttivi secondo i differenti possibili approcci di progetto.

I parametri geotecnici sono differenti in caso di compensazione o meno entro il volume significativo, associato a fondazione superficiale continua (valore tendente al valore minimo nella serie di riferimento) od a platea (valore tendente al valore medio della serie di riferimento).

Orizzonte A0: copertura argillosa pedogenizzata

Profondità: dal p.c. a 1.40 metri
(Coesione non drenata) $c_{uk} = 0.90-1.02$ [Kg/cm²]
(Peso di Volume) $\gamma = 1.98$ [Ton/m³]
(Modulo Edometrico) $E_k = 54-66$ [Kg/cm²]

Orizzonte A1: argilla

Profondità: da 1.40 a 3.00 metri
(Coesione non drenata) $c_{uk} = 0.55-0.60$ [Kg/cm²]
(Peso di Volume) $\gamma = 1.90$ [Ton/m³]
(Modulo Edometrico) $E_k = 34-38$ [Kg/cm²]

Orizzonte A2: argilla limosa

Profondità: da 3.00 a 4.60 metri
(Coesione non drenata) $c_{uk} = 0.70-0.88$ [Kg/cm²]
(Peso di Volume) $\gamma = 1.96$ [Ton/m³]
(Modulo Edometrico) $E_k = 48-58$ [Kg/cm²]

Orizzonte A3: limo e argilla

Profondità: da 4.60 a 8.20 metri
(Coesione non drenata) $c_{uk} = 1.00-1.25$ [Kg/cm²]
(Peso di Volume) $\gamma = 2.02$ [Ton/m³]
(Modulo Edometrico) $E_k = 76-84$ [Kg/cm²]

Orizzonte A4: limo e argilla

Profondità: da 8.20 fino alle massime profondità
(Coesione non drenata) $c_{uk} = 0.92-1.06$ [Kg/cm²]
(Peso di Volume) $\gamma = 2.00$ [Ton/m³]
(Modulo Edometrico) $E_k = 64.72$ [Kg/cm²]

8.0 - COMPATIBILITA' SISMICA

Per la verifica della compatibilità sismica dell'area all'intervento in progetto, è stata condotta una campagna di rilievi sismici passivi, per la determinazione delle Vs30eq e dei principali parametri elastici del terreno fondazionale, la cui relazione interpretativa segue in allegato.

CARATTERI LITOLOGICI AREA D'INTERVENTO

Alla luce della determinazione delle Vs30eq con la campagna di rilievi sismici effettuati in sito, pari a 305 m/s, a tale situazione stratigrafica corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo C.

REQUISITI PER LA SCELTA DEL PIANO DI POSA FONDAZIONALE

Il sito di fondazione deve essere scelto in modo che, in caso d'evento sismico, sia minimo il pericolo di collasso, instabilità, liquefazione, nonché d'eccessivo addensamento terreno.

L'area in oggetto, non si trova in corrispondenza di faglie tettoniche attive (condizioni tettoniche), le condizioni morfologiche in sito sono considerate nei confronti dei differenti parametri di amplificazione morfologica (St) che possono amplificare i pericoli derivanti da un eventuale evento sismico "per condizioni morfologiche".

Per terreni sub-pianeggianti o con pendii con angoli fino a 15° , si ha un parametro di correzione topografica St pari a 1.00 ($T1$), ne risulta, pertanto modificata l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito.

$$a_{max} = S_s * St * a_g$$

Il moto sismico in superficie nel sito, è definito dall' a_{max} attesa e da una forma spettrale ancorata ad essa.

Dalle indagini geognostiche eseguite sul sito e dalla campagna di rilievi sismici effettuati in sito, a confermare indagini eseguite in aree limitrofe e stratigrafie emerse da pozzi idrici, l'area è inquadrata con un terreno appartenente alla categoria sismica di tipo "C", a tale categoria viene associato un parametro litologico $S_s = 1.50$.

Ne deriva che l'accelerazione massima al sito = $1.50 * 1.00 * a_g$

dove a_g = accelerazione massima orizzontale su sito di riferimento (suolo rigido con terreno di tipo A, pianeggiante $T1$ e free field cioè campo aperto privo di strutture).

La correzione eseguita per la determinazione dell' a_{max} sul sito, permette di considerare le condizioni litologiche e morfologiche che possono alterare l'arrivo dell'onda sismica in sito, sempre in riferimento allo stato limite di riferimento.

LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

In accordo con l'Euro Codice 8 "UNI-ENV 1998-5-1998" al p.to 4.1.3 "terreni potenzialmente liquefacibili", si hanno le norme per la verifica alla liquefazione dei terreni.

Si definisce liquefazione, la riduzione di resistenza e/o rigidezza causata durante il sisma, dall'aumento delle pressioni interstiziali in terreni saturi non coesivi, tale da provocare deformazioni permanenti significative o persino da indurre nel terreno una condizione di sforzi efficaci quasi nulli.

Al p.to 4.1.10: nel caso di edifici aventi fondazioni superficiali, la verifica della suscettibilità alla liquefazione può essere omessa se il terreno sabbioso saturo (condizione litologica peggiore), si trova a profondità superiore a 15 metri.

Non è stata eseguita la verifica alla potenziale liquefazione dei terreni granulari, per la presenza di litologie ghiaiose ed argillose prevalenti che si trovano ben al di fuori del campo litologico di potenziale liquefazione. La presenza di una certa componente sabbiosa è compensata dalla matrice ghiaiosa grossolana dei terreni in sito.

8.1 – SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Scenari di pericolosità sismica locale possono essere dati da faglie, instabilità gravitative, liquefazione sabbie sature, amplificazioni sismiche, addensamento terreni a grana grossa, subsidenza terreni molli a grana fina.

Nel sito di riferimento non si hanno condizioni topografiche e/o strutturali tettoniche, solamente dal punto di vista litologico si possono avere effetti che portano ad una amplificazione dell'azione sismica.

Dalle coordinate geografiche di riferimento e dalla caratterizzazione litosismica e topografica del sito si ricavano i relativi spettri elastici di risposta sismica del sito cui il progettista applicherà il coefficiente di struttura in funzione della dilatanza della struttura stessa ricavando i relativi spettri di risposta inelastici sito-struttura.

Lo spettro elastico fornisce le forze sismiche necessarie per garantire un comportamento elastico, mentre lo spettro di progetto fornisce le forze sismiche di progetto ridotte corrispondenti ad un livello di plasticizzazione compatibile con la sopravvivenza della struttura.

In accordo con la Delibera Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 02-05-2007, e dal successivo D.G.R. n.2193/2015, D.G.R. n.630/2019 e DGR 476 e 564/2021, sono stati illustrati i Criteri per la individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la Microzonazione sismica del territorio.

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica.

Gli studi della pericolosità sismica di base e della pericolosità locale hanno come obiettivo:

- l'individuazione delle aree dove in occasione di terremoti possono verificarsi effetti locali;
- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine;
- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale (micro zonazione sismica).

Dalla Tavola A42 "Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali" estratta dal PTCP si evince che il settore in oggetto è caratterizzato da depositi detritici, depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati, substrato roccioso con $V_s < 800$ m/s ed assimilabili, che necessitano di un II livello di approfondimento in base alla Del.RER n.112.

La microzonazione sismica è la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento (risposta sismica locale)

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento in funzione delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Per la microzonazione sismica si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del moto sismico, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno).

L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolti a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato.

Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili, compresi quelli con coperture di spessore circa costante e acclività $\leq 15^\circ$, vale a dire in tutte le zone non interessate da instabilità nelle quali il modello stratigrafico può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale, si ritiene sufficiente **un'analisi semplificata** (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche e prove geotecniche in sito di tipo standard e l'amplificazione del moto sismico può essere stimata attraverso abachi e formule. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione litostratigrafica e geofisica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

b) **un'analisi più approfondita** (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta per la definizione di indici di rischio nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili e potenzialmente instabili;
- aree con rapida variazione della profondità del substrato rigido, come ad esempio le valli strette e profondamente incise, il cui modello stratigrafico non può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale; in questo caso sono raccomandate analisi bidimensionali.

La prima fase, o primo livello di approfondimento (individuazione delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali), viene attuata già nell'ambito della pianificazione a scala di area vasta (es. provinciale), relativamente all'intero territorio, ed è recepita e integrata, ad una scala di maggior dettaglio, nella pianificazione urbanistica comunale, limitatamente alle zone da indagare di cui al par. 2.1 del DGR 2193/2015.

La seconda fase (analisi della risposta sismica locale e microzonazione sismica del territorio) è richiesta per la predisposizione e approvazione degli strumenti di pianificazione urbanistica comunale e deve interessare le aree già urbanizzate e quelle indicate come suscettibili di urbanizzazione, i corridoi infrastrutturali e gli agglomerati posti in territorio rurale che possano considerarsi significativi, per dimensione e/o interesse insediativo, in rapporto alla realtà territoriale locale, ricadenti nelle aree potenzialmente soggette ad effetti locali individuate nella prima fase.

8.2 - PRIMA FASE - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI

Primo livello di approfondimento

Il primo livello di approfondimento ha le seguenti finalità:

- individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
- definire il tipo di effetti attesi;
- indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario;
- descrivere le caratteristiche delle unità geologiche del sottosuolo, in termini di litologia, stratigrafia, tettonica e geometria per definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica.

Per lo studio in oggetto sono stati predisposte le seguenti cartografie:

- 1) Carta delle indagini;
- 2) Carta geologico-tecnica
- 3) Carta delle frequenze naturali dei terreni, derivata da indagini sismiche passive di tipo HVSR (sulle vibrazioni ambientali)
- 4) Carta delle aree suscettibili di effetti locali.

Per l'areale in oggetto si ipotizzano zone suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico per effetto dell'assetto litostratigrafico, in cui si ritiene sufficiente un approfondimento di secondo livello (analisi semplificata con seconda fase). L'areale in oggetto è caratterizzato da depositi alluvionali.

Per la caratterizzazione del sito sono state eseguite due prove penetrometriche all'interno dell'area, ed una indagine sismica passiva con tecnica tromografica (HVSR), per la delineazione, sia delle V_{s30eq} di sito, che della frequenza fondamentale del sottosuolo.

La litologia emersa dalle indagini geognostiche eseguite in sito, associa a tale settore (molto limitato con carattere estremamente locale), una omogeneità litologica definita dal modello geologico di sito: "coperture quaternarie" appartenenti al tipo di ambiente di pianura "AES8". Dalle prove penetrometriche e dall'indagine sismica in sito, emerge una successione lito-stratigrafica costituita da una *litologia di limosa argillosa (Orizzonte A) fino alle massime profondità indagate di 11.0 metri dal p.c.; seguita in profondità da arricchimenti di ghiaia e limo.*

Non si hanno elementi geomorfologici caratteristici, ne tantomeno, con differenze all'interno dell'area di studio, che presenta un andamento sub pianeggiante, con assenza di rilievi, scarpate, ecc.

L'areale in oggetto presenta una potenziale amplificazione del moto sismico, indotta esclusivamente dalla condizione litologica di sito – amplificazione sismica o effetto sismico di sito per effetti litologici, come confermato dall'attuale cartografia sismica del PSC approvato.

Anche dalla seguente Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna (edizione 2017), si evince che il settore in oggetto non è interessato da lineamenti tettonici critici. Solamente nel settore a nord si ha una linea di sovra scorrimento sepolta.



Estratto Carta Sismotettonica.

Morfologicamente l'area in studio si trova in un settore di pianura ad un'altezza s.l.m. di circa 58.0 metri, la pendenza del terreno è molto modesta convergendo verso nord, nord-est, regimando il deflusso delle acque superficiali.

Dall'analisi sismica eseguita in sito, emerge il valore della V_{seq} (30) pari a 305 m/s, e viene definita la frequenza fondamentale del terreno pari a 6,30 Hz caratteristica per l'areale in oggetto, pertanto con omogeneità areale. La cartografia viene considerata superflua, sia

per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro.

Anche la carta degli effetti sismici locali per l'areale (carattere estremamente locale) risulta associata alla amplificazione litologica omogenea per tutto il settore in oggetto. La cartografia viene considerata superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro.

8.3 - SECONDA FASE - ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

La seconda fase ha come obiettivo la valutazione della risposta sismica locale e la micro zonazione sismica del territorio indagato.

Secondo livello di approfondimento – analisi semplificata

Per la definizione dell'amplificazione ove è ritenuta sufficiente l'analisi semplificata si utilizzeranno gli abachi, le formule e le procedure indicate nell'Allegato A2.

Per tale fase di approfondimento sono state elaborate:

- 1) Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s).
- 2) Carte dei fattori di amplificazione.

La stima dell'amplificazione tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule) è possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione sarà quantificata in termini di parametri FAPGA, $FA_{0,1-0,5s}$, $FA_{0,5-1s}$, $FA_{0,5-1,5s}$ che esprimono l'amplificazione per motivi stratigrafici, eventualmente incrementati con il fattore di amplificazione per cause topografiche ST. Tali coefficienti di amplificazione vengono stimati impiegando le tabelle e le formule dell'Allegato A2 (punti A2.1 e A2.2)

I FA rappresentano il rapporto fra lo scuotimento sismico, espresso con i parametri sotto indicati, valutato per la condizione geo-litologica specifica e il corrispondente scuotimento relativo alla categoria di sottosuolo A. Quest'ultimo è definito nella tabella 3.2.II delle Norme Tecniche per le Costruzioni, NTC (2008), come segue:

Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

I FA sono relativi a due parametri rappresentativi dello scuotimento sismico.

Il primo è l'accelerazione di picco orizzontale (**PGA**), il secondo è l'intensità spettrale.

E' stato considerato uno smorzamento $\xi = 5\%$ e tre intervalli di periodo proprio T_0 ottenendo tre valori di intensità spettrale:

SI1 : $0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$

SI2 : $0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$

SI3 : $0.5s \leq T_0 \leq 1.5s$

Come si evince dalla seguente figura:

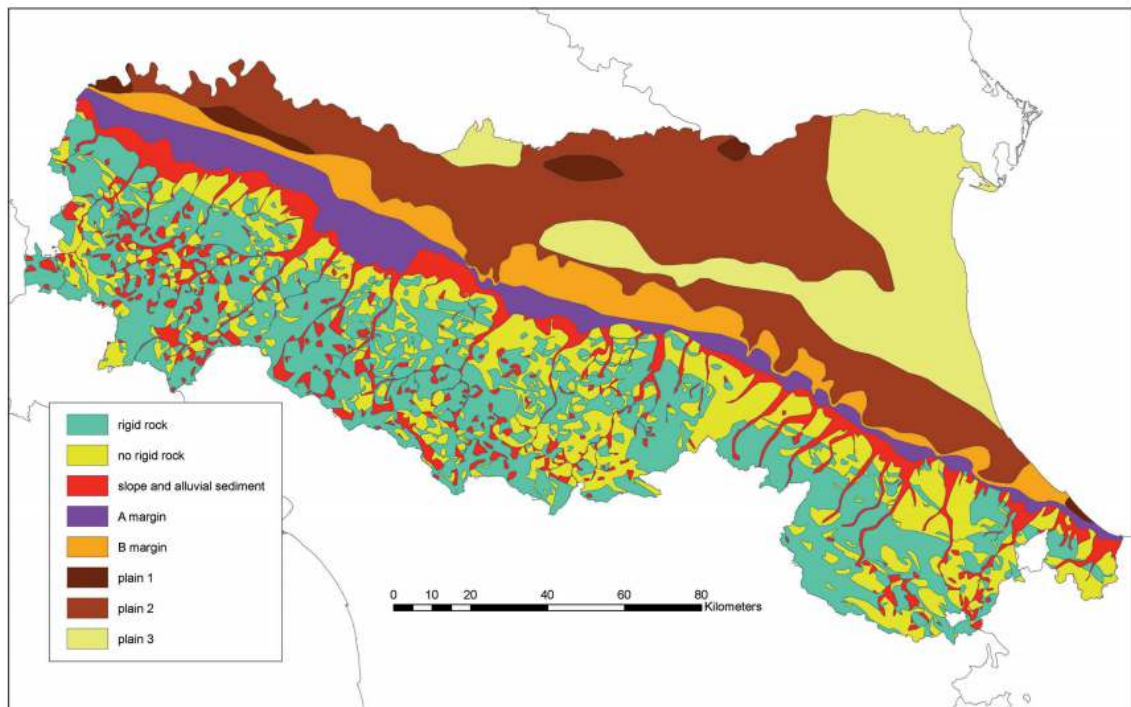


Fig. 11 - Emilia-Romagna map of the geologic macrozones for seismic studies.

per l'areale in oggetto, si considera il seguente scenario:

PIANURA 1: settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di un' importante discontinuità stratigrafica responsabile di un contrasto di impedenza significativo, tale da essere considerato coincidente con il tetto del substrato rigido, a profondità indicativa di 100 ± 20 m da p.c.

La cartografia, sia per le velocità delle onde sismiche, che per i fattori di amplificazione viene considerata superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro.

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

Da cui emerge che, per una $V_{s30eq} = 35$ m/s, si ha un FA PGA = 1.60.

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0	1,9
SA3	3,2	3,2	3,0	2,7	2,5	2,2
SA4	3,1	3,0	2,7	2,4	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SA1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SA2** ($0,4s \leq T \leq 0,8s$), **SA3** ($0,7s \leq T \leq 1,1s$), **SA4** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,5
SI2	3,0	2,9	2,7	2,5	2,3	2,1
SI3	3,4	3,2	2,8	2,5	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$), **SI3** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

Lo stesso procedimento viene applicato per gli altri fattori di amplificazione sismica.

8.4 - ACCELERAZIONE MASSIMA ORIZZONTALE DI PICCO AL SUOLO

Dal sito dell'INGV si ricava la seguente caratterizzazione per il sito in oggetto, con classe di accelerazione orizzontale massima al suolo: classe 0.075-0.100.

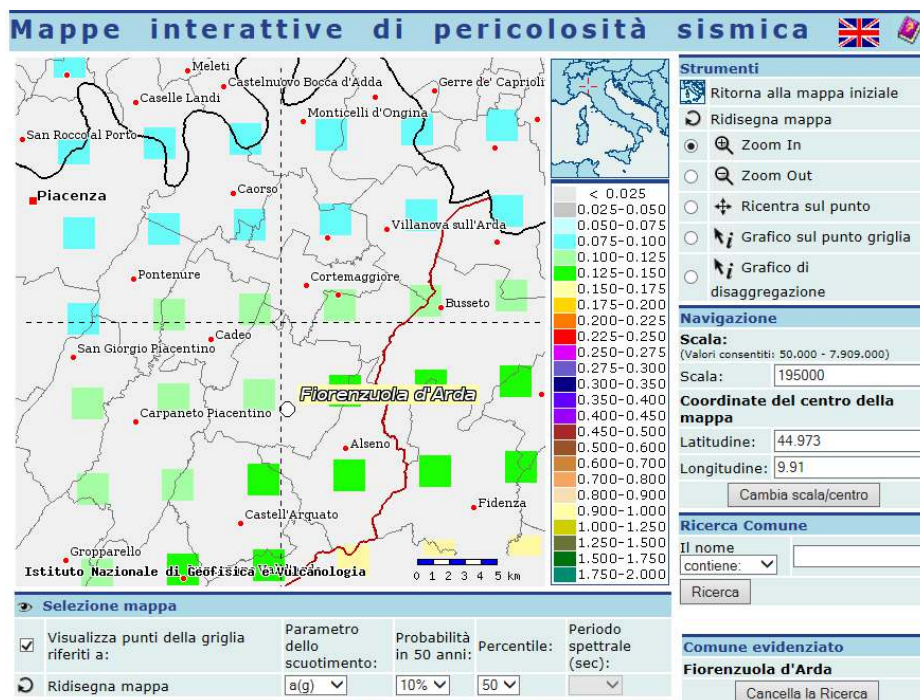
Calcolo magnitudo e distanza epicentrale.

Dalla Carta dei Meccanismi Focali della nuova classificazione della Regione Emilia-Romagna si evidenzia la seguente griglia di punti delle accelerazioni massime attese al suolo (arefg con 10% di probabilità di superamento in 50 anni corrispondente al periodo di ritorno di 475 anni).

Evidenziando l'areale in oggetto, si ha un punto della griglia prossimo a Pontenure, con relativo valore di Aref(g). I dati sono relativi ai punti di una griglia con passo 0.05 gradi, ed i valori sono stati elaborati da INGV2.

$$Aref(g) = 0.1022$$

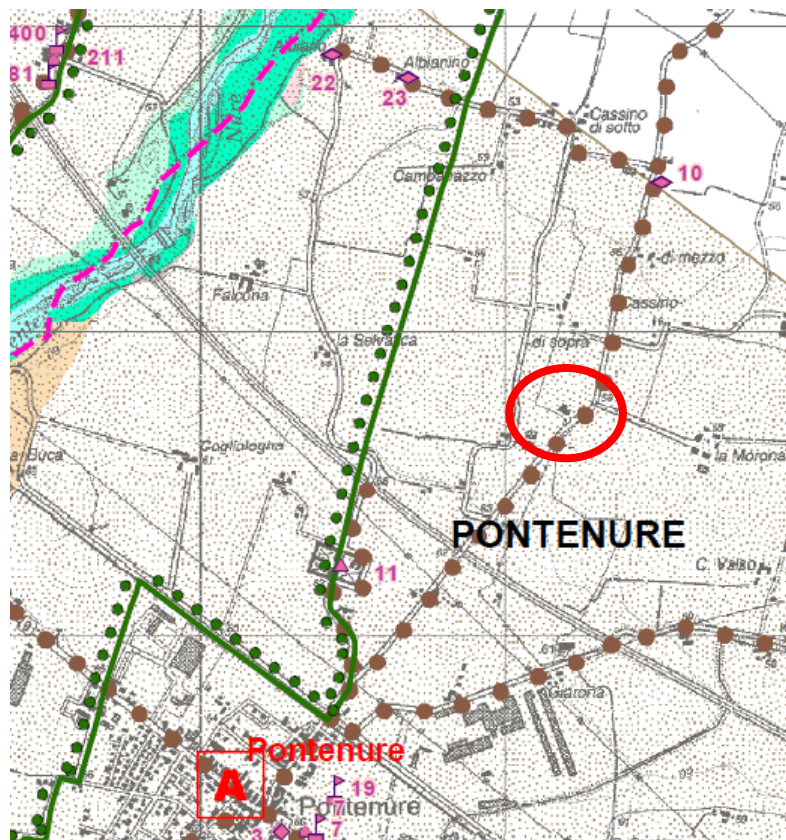
Dalla Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della R.E.R. del 2 maggio 2007 n.112 inerente i nuovi indirizzi di micro zonazione sismica in Emilia Romagna, vengono definiti per ciascun Comune della Regione i valori di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo (All. A della Del. 112/2007) espressa in funzione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}), ed al Comune di Pontenure si ha un valore di 0.098g.



9.0 – INQUADRAMENTO IDRAULICO

Il terreno oggetto del presente studio geologico è posto ad una quota di circa 58.0 s.l.m. ed è separato dai corsi d'acqua principali: ad ovest il Torrente Nure a circa 1.380 metri lineari.

Nella cartografia del **Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale** 2007 (Tavola A1-2 "Tutela Ambientale Paesistica e storico culturale"), l'area si trova esternamente a qualunque fascia di tutela fluviale di tipo "A, B, C".



Estratto Tavola A1-2 del PTCP.

Nel 2016 è stato approvato lo studio del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni PGRA (La Direttiva Europea 2007/60/CE, recepita nel diritto italiano con D.Lgs. 49/2010, ha dato avvio ad una nuova fase della politica nazionale per la gestione del rischio di alluvioni, che il Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) deve attuare. Scopo principale del PGRA è la riduzione delle potenziali conseguenze negative su: • salute umana; • attività economiche; • ambiente; • patrimonio culturale. A tal fine il PGRA, introdotto dalla Direttiva per ogni distretto idrografico, orienta la sua azione sulle aree a rischio più significativo, organizzate e gerarchizzate rispetto all'insieme di tutte le aree a rischio e definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, in modo concertato fra tutte le Amministrazioni e gli Enti gestori, con la partecipazione dei portatori di interesse e il coinvolgimento del pubblico in generale. In considerazione della data di ultimazione e pubblicazione del PGRA fissata dalla Direttiva europea 2007/60 per il 22 dicembre 2015, sono state sviluppate – coerentemente all'ordinamento nazionale (art. 66, comma 7, D.Lgs.152/06) – le diverse fasi della

procedura di adozione e approvazione del PGRA), con approvazione del 03 marzo 2016 con delibera n.02/2016 Autorità di Bacino del Fiume Po.

Lo stesso piano definisce, in linea generale per l'intero bacino del fiume Po, la strategia per la riduzione del rischio di alluvioni, la tutela della vita umana e del patrimonio economico, culturale ed ambientale esposto a tale rischio incardinandola su 5 obiettivi operativi, fra i quali sono compresi il miglioramento delle conoscenze riguardanti la pericolosità ed il rischio di alluvioni e la riduzione dell'esposizione al rischio che si dovrà raggiungere anche con azioni volte ad assicurare maggior spazio ai fiumi.

Come si evince dalla Tavola 161 SE "Monticelli d'Ongina", l'areale in oggetto non è associato ad una classe di rischio idraulico con riferimento al reticolo naturale principale e secondario di pianura, mentre per quello secondario di pianura di pianura, sia ha una classe di rischio idraulico di tipo R1 moderato o nullo generale, mentre si ha una classe R2 o media a carattere lineare (per le linee tecnologiche presenti).

La pericolosità idraulica invece risulta P2-M (alluvioni poco frequenti, media probabilità di alluvioni con tempi di ritorno tra 100 e 200 anni) per il reticolo secondario di pianura.

Dal DPCM 29.09.1998 per tale classe di rischio idraulico non si hanno particolari prescrizioni tecniche, riguardanti esclusivamente le classi di rischio elevato (R3) e molto elevato (R4).



Aree Protette  **Zone Parco**  **SIC - ZPS**

Classi di Rischio

R1 (rischio moderato o nullo)
R2 (rischio medio)
R3 (rischio elevato)
R4 (rischio molto elevato)

puntuali






lineari



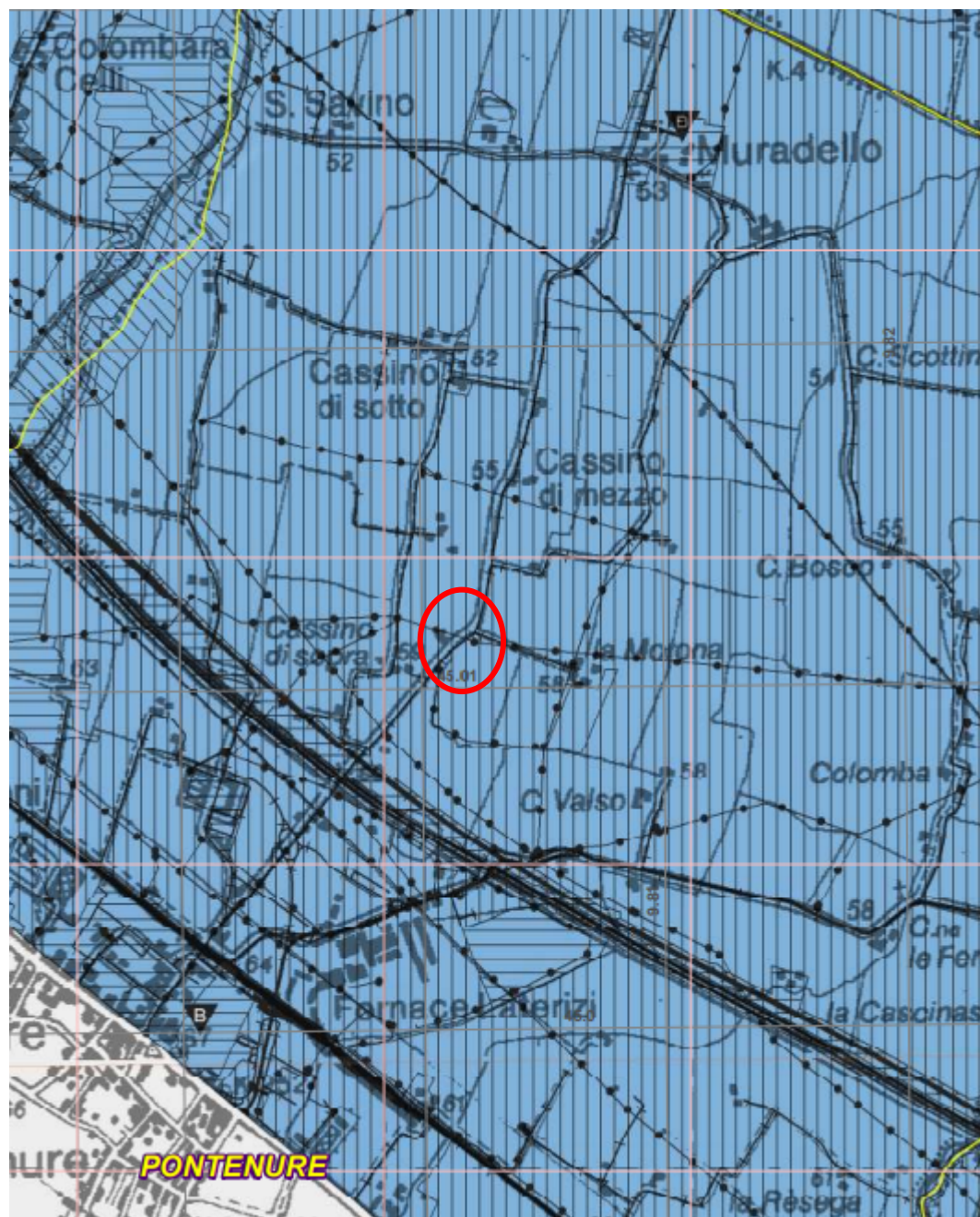



areali






Tavola 162SE "Monticelli d'Ongina"



Scenari di Pericolosità

- P3 – H (Alluvioni frequenti:
tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
- P2 – M (Alluvioni poco frequenti:
tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
- P1 – L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

Tavola 162SE "Monticelli d'Ongina"

10.0 - CONCLUSIONI

- Verificare durante le eventuali fasi di scavo la reale successione lito-stratigrafica, perchè potrebbero emergere locali variazioni litologiche anche a differenti profondità dal piano di campagna. E' possibile inoltre, rinvenire "lenti" litologiche di terreni relativamente coesivi sciolti (argillosi e limosi), associati soprattutto al passaggio tra differenti litologie. Nel caso il piano di posa fondazionale corrispondesse a tali livelli, si consiglia di approfondirlo fino a raggiungere il sottostante orizzonte maggiormente portante.
- Nel caso si verificassero differenze significative rispetto al modello geologico definito dalla presente relazione geologica, si dovranno adottare le opportune modifiche nelle scelte progettuali.
- Malgrado nei terreni attraversati non si sia riscontrata la presenza d'acqua ai livelli interessati dal piano di posa delle fondazioni, potrebbero manifestarsi occasionali infiltrazioni d'umidità con risalite del livello freatico sino a profondità prossime il p.c., nei periodi particolarmente piovosi o di precipitazioni nevose. A tal proposito, l'impermeabilizzazione e/o drenaggio delle pareti interrato risulta un ottimo accorgimento nei confronti dell'"aggressività" dell'acqua, o di sviluppi di sotto-pressioni idriche.
- Si raccomanda di evitare qualsiasi dispersione o infiltrazione d'acqua nel sottosuolo, sia durante sia al termine dei lavori, specie in prossimità delle opere di fondazione, adottando una scrupolosa raccolta di tutte le acque di scolo superficiali che dovranno essere smaltite entro recapiti autorizzati.
- L'areale in oggetto è stato caratterizzato da una profondità del tetto della prima falda a circa 6.00 metri dal p.c. (da indicazioni emerse dallo studio del PSC Comunale), tuttavia sono possibili oscillazioni dello stesso livello sino a profondità prossime il p.c., soprattutto a seguito di eventi meteorici intensi.
- Particolare attenzione deve essere posta alla corretta regimazione delle acque di scarico di qualunque genere: pluviali, tenuta fosse biologiche, ecc.
- Dalle indagini geognostiche eseguite, emerge un primo orizzonte argilloso limoso pedogenizzato con spessori dell'ordine dei 1.40 metri dal p.c., dotato di valori di resistenza meccanica estremamente variabili con le stagioni. Si consiglia di superare tale orizzonte con il piano di posa fondazionale.
- L'orizzonte argilloso è potenzialmente maggiormente associabile a possibili fenomeni di variazione di volume con le stagioni. Le argille, naturalmente, tendono a variare di volume, causa il

differente contenuto di acqua stagionale, con "ritiri" nei periodi particolarmente secchi e fenomeni di risollevarimento nei periodi umidi a seguito di eventi meteorici. Questo fenomeno è detto di "polmonamento delle argille" e può indurre comportamenti differenziali nelle strutture in elevazione, che, se non opportunamente irrigidite possono portare allo sviluppo di quadri fessurativi.

- Si raccomanda di prestare particolare attenzione ad eventuali scavi a ridosso delle strutture in elevazione, soprattutto se a maggiori profondità del piano di posa fondazionale, per la possibilità di avere rilasci tensionali che si potrebbero riflettere sulla stabilità delle strutture stesse.

Dallo studio emerso dal Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale Comunale del Comune di Pontenure, l'areale in oggetto è associato alla Classe di fattibilità geologica, delle aree stabili di pianura e dei terrazzi, senza prescrizioni, né vincoli all'edificabilità.

Sono aree stabili di pianura caratterizzate da superfici a bassa acclività (da 0° a 15°), con andamento da pianeggiante a poco inclinato. Litologie superficiali costituite da depositi alluvionali da argilloso-limosi a ghiaio-sabbiosi.

Edificabilità consentita.

Nel dichiararmi a disposizione per eventuali chiarimenti, colgo l'occasione per porgere i più distinti saluti.

A circular professional stamp of the Ordine dei Geologi Regione Emilia-Romagna. The stamp contains the text: "ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA", "DOTT. MASSIMO MANNINI", "Emilia-Romagna", "GEOLOGO", "SEZA", and "1993 ALBO. P.". To the right of the stamp is a handwritten signature in black ink.

*Fiorenzuola d'Arda
30 maggio 2022
Massimo Mannini geologo*

--

C.FISC: P.IVA:	Via: - Tel: - Fax: Email: Web:
---------------------------------	--

	Data: maggio 2022
	Il committente
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica HVSR	

Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo V_{seq} attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo V_{seq} .

Dati generali

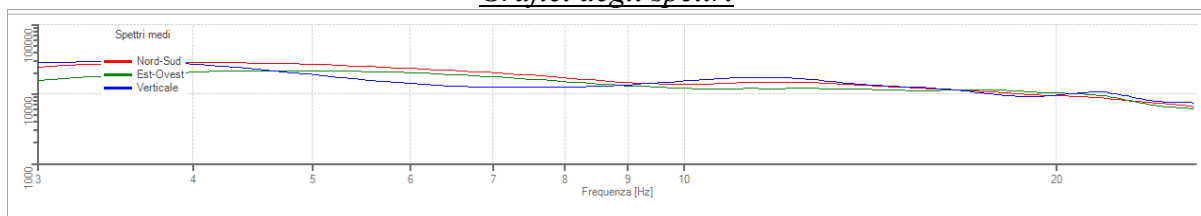
Nome progetto:
Committente:
Cantiere:
Località: Pontenure - Pc
Operatore: Bezzi
Responsabile: Mannini
Data: maggio 2022 00:00:00
Zona: III
Latitudine:
Longitudine:

Tracce in input

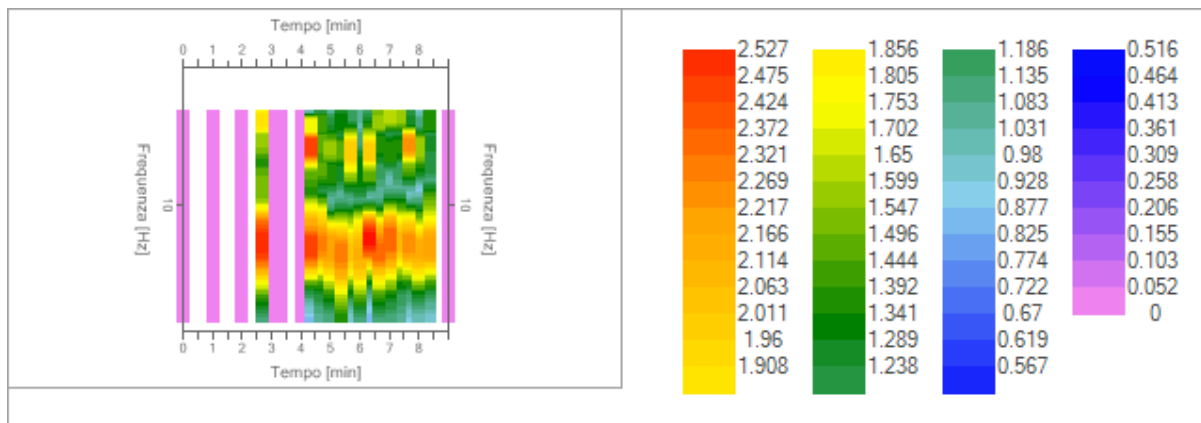
Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 600 s
Frequenza di campionamento: 155.00 Hz
Numero campioni: 93000
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

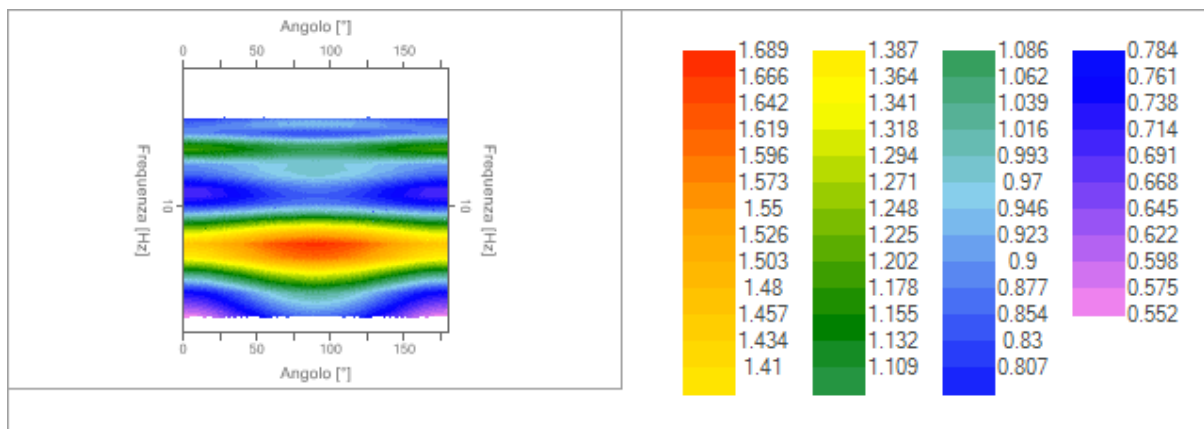
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mapa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

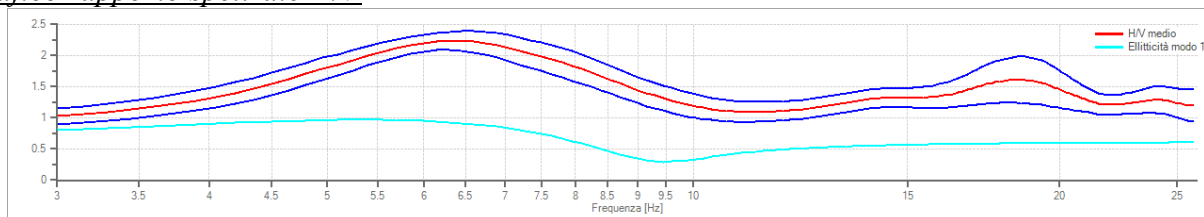
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 26.00 Hz
 Frequenza minima: 3.00 Hz
 Passo frequenza: 0.15 Hz
 Tipo lisciamento: Triangolare costante
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %
 Tipo di somma direzionale: Media geometrica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 6.30 Hz $\pm$ 0.06 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica

$f_0 > 10/l_w$
 $n_c(f_0) > 200$
 $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$
 $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$
 $\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
 $\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
 $A_0 > 2$

Esito

Ok
 Ok
 Ok
 Ok
 Non superato
 Ok

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

Ok

Ok

Ok

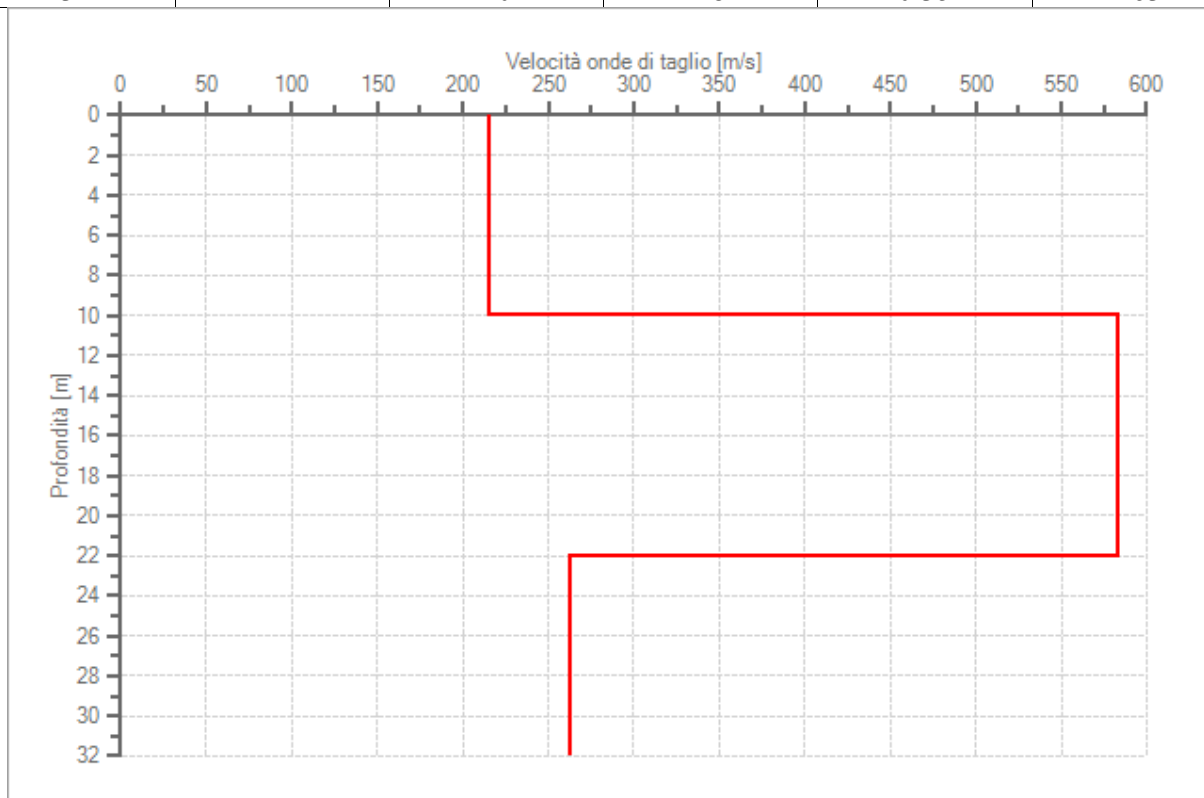
Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

Numero strati: 3
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 5.40 Hz
 Valore di disadattamento: 0.24
 Valore Vseq: 307.69 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	10	19	0.4	215
2	10	12	21	0.3	583
3	22	10	18	0.35	263



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente:	
Cantiere:	
Località:	

Caratteristiche Strumentali PAGANI 100 kN

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

PROVA ...-1 Nr.1

Committente:
 Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN
 Prova eseguita in data: 30/05/2022
 Profondità prova: 11,00 mt
 Località:

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	26,00	46,0	26,0	1,333333	19,5	5,1
0,40	26,00	46,0	26,0	1,266667	20,526	4,9
0,60	20,00	39,0	20,0	0,933333	21,429	4,7
0,80	17,00	31,0	17,0	1,4	12,143	8,2
1,00	19,00	40,0	19,0	2,0	9,5	10,5
1,20	21,00	51,0	21,0	2,0	10,5	9,5
1,40	21,00	51,0	21,0	3,4	6,176	16,2
1,60	17,00	68,0	17,0	1,066667	15,937	6,3
1,80	14,00	30,0	14,0	0,933333	15,0	6,7
2,00	12,00	26,0	12,0	0,733333	16,364	6,1
2,20	12,00	23,0	12,0	0,733333	16,364	6,1
2,40	13,00	24,0	13,0	0,666667	19,5	5,1
2,60	12,00	22,0	12,0	0,6	20,0	5,0
2,80	12,00	21,0	12,0	0,8	15,0	6,7
3,00	24,00	36,0	24,0	0,733333	32,727	3,1
3,20	14,00	25,0	14,0	1,0	14,0	7,1
3,40	16,00	31,0	16,0	0,933333	17,143	5,8
3,60	19,00	33,0	19,0	1,333333	14,25	7,0
3,80	25,00	45,0	25,0	1,4	17,857	5,6

4,00	25,00	46,0	25,0 1,2		20,833	4,8
4,20	15,00	33,0	15,0 1,4		10,714	9,3
4,40	18,00	39,0	18,0	1,0	18,0	5,6
4,60	17,00	32,0	17,0 1,2		14,167	7,1
4,80	26,00	44,0 26,0		1,066667	24,375	4,1
5,00	29,00	45,0	29,0	2,0	14,5	6,9
5,20	36,00	66,0 36,0		1,333333	27,0	3,7
5,40	17,00	37,0 17,0		0,733333	23,182	4,3
5,60	36,00	47,0 36,0		1,466667	24,545	4,1
5,80	28,00	50,0 28,0		2,066667	13,548	7,4
6,00	36,00	67,0 36,0		1,333333	27,0	3,7
6,20	37,00	57,0	37,0 1,8		20,556	4,9
6,40	18,00	45,0 18,0		1,133333	15,882	6,3
6,60	23,00	40,0	23,0 1,2		19,167	5,2
6,80	27,00	45,0 27,0		0,933333	28,929	3,5
7,00	26,00	40,0	26,0 1,4		18,571	5,4
7,20	23,00	44,0 23,0		1,266667	18,158	5,5
7,40	30,00	49,0 30,0		1,133333	26,471	3,8
7,60	35,00	52,0 35,0		1,666667	21,0	4,8
7,80	30,00	55,0	30,0 1,8		16,667	6,0
8,00	28,00	55,0 28,0		1,466667	19,091	5,2
8,20	20,00	42,0 20,0		0,866667	23,077	4,3
8,40	19,00	32,0 19,0		0,933333	20,357	4,9
8,60	22,00	36,0	22,0 1,2		18,333	5,5
8,80	28,00	46,0 28,0		1,266667	22,105	4,5
9,00	28,00	47,0 28,0		1,133333	24,706	4,0
9,20	19,00	36,0 19,0		0,666667	28,5	3,5
9,40	27,00	37,0	27,0	1,2	22,5	4,4
9,60	28,00	46,0	28,0	1,0	28,0	3,6
9,80	25,00	40,0 25,0		0,866667	28,846	3,5
10,00	25,00	38,0	25,0 0,6		41,667	2,4
10,20	26,00	35,0 26,0		1,133333	22,941	4,4
10,40	20,00	37,0	20,0	1,0	20,0	5,0
10,60	20,00	35,0	20,0	1,0	20,0	5,0
10,80	22,00	37,0	22,0	1,0	22,0	4,5
11,00	22,00	37,0 22,0		0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1,40	21,42857	1,761905	2,0	Coesivo	Copertura argillosa
2,80	13,14286	0,790476	1,9	Coesivo	Argilla
4,60	19,22222	1,133333	2,0	Coesivo	Argilla limosa
8,20	28,05556	1,37037	2,0	Incoerente- Coesivo	Limo
11,00	23,64286	0,928571	2,0	Incoerente- Coesivo	Limo e sabbia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI -1 Nr.1

TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Speriment ale	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	1,40	21,42857	1,761905	1,03	1,40	1,42	1,25	1,12	1,07
Strato 2	2,80	13,14286	0,790476	0,61	0,91	0,85	0,75	0,67	0,66
Strato 3	4,60	19,22222	1,133333	0,89	1,24	1,23	1,09	0,97	0,96
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037	1,30	1,65	1,79	1,58	1,41	1,40

Strato 5	11,00	23,64286	0,928571	1,07	1,40	1,45	1,28	1,14	1,18
Modulo Edometrico (Kg/cm ²)									
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buisman	Buisman Sanglerat		
Strato 1	1,40	21,42857	1,761905	53,57	42,86	64,29	64,29		
Strato 2	2,80	13,14286	0,790476	65,71	47,91	78,86	39,43		
Strato 3	4,60	19,22222	1,133333	96,11	43,72	115,33	57,67		
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037	70,14	56,11	84,17	84,17		
Strato 5	11,00	23,64286	0,928571	59,11	47,28	70,93	70,93		
Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm ²)									
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)		Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)			
Strato 1	1,40	21,42857	1,761905		798,32	32,10			
Strato 2	2,80	13,14286	0,790476		477,37	19,80			
Strato 3	4,60	19,22222	1,133333		693,61	28,80			
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037		1009,86	42,00			
Strato 5	11,00	23,64286	0,928571		832,38	35,40			
Modulo di deformazione a taglio									
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)		Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)			
Strato 1	1,40	21,42857	1,761905		Imai & Tomauchi	182,14			
Strato 2	2,80	13,14286	0,790476		Imai & Tomauchi	135,11			
Strato 3	4,60	19,22222	1,133333		Imai & Tomauchi	170,44			
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037		Imai & Tomauchi	214,73			
Strato 5	11,00	23,64286	0,928571		Imai & Tomauchi	193,41			
Grado di sovraconsolidazione									
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)		Stress-History				
Strato 1	1,40	21,42857	1,761905		3,56				
Strato 2	2,80	13,14286	0,790476		0,74				
Strato 3	4,60	19,22222	1,133333		0,62				
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037		0,58				
Strato 5	11,00	23,64286	0,928571		<0.5				
Peso unità di volume									
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)		Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)			
Strato 1	1,40	21,42857	1,761905		Meyerhof	1,98			
Strato 2	2,80	13,14286	0,790476		Meyerhof	1,90			
Strato 3	4,60	19,22222	1,133333		Meyerhof	1,96			
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037		Meyerhof	2,02			
Strato 5	11,00	23,64286	0,928571		Meyerhof	1,99			
Peso unità di volume saturo									
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)		Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)			
Strato 1	1,40	21,42857	1,761905		Meyerhof	2,06			
Strato 2	2,80	13,14286	0,790476		Meyerhof	1,98			
Strato 3	4,60	19,22222	1,133333		Meyerhof	2,04			
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037		Meyerhof	2,10			
Strato 5	11,00	23,64286	0,928571		Meyerhof	2,07			

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Baldi 1978 - Schmertma nn 1976	Schmertma nn	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkows ki 1985
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037	28,08	21,04	25,48	28,59	24,09
Strato 5	11,00	23,64286	0,928571	19,66	8,05	13,58	20,1	7,46

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Durguno uglu- Mitchell 1973	Caquot	Koppeja n	De Beer	Schmert mann	Roberts on & Campan ella 1983	Hermi ni er	Meyerho f 1951
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037	29,87	25,75	22,55	21,21	30,95	32,51	22,84	29,6
Strato 5	11,00	23,64286	0,928571	27,92	23,66	20,36	19,2	29,13	29,67	22,22	27,62

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037	70,14	56,11	378,05
Strato 5	11,00	23,64286	0,928571	59,11	47,29	355,45

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Robertson & Campanella da Schmertma nn	Lunne- Christoffers en 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037	30,64	110,05	211,74	56,11	140,28
Strato 5	11,00	23,64286	0,928571	23,99	92,74	168,45	47,29	118,21

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037	Imai & Tomauchi	214,73
Strato 5	11,00	23,64286	0,928571	Imai & Tomauchi	193,41

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress- History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037	0,58	>9	<0,5	5,55
Strato 5	11,00	23,64286	0,928571	<0,5	5,28	<0,5	2,61

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037	Kulhawy & Mayne (1990)	0,25
Strato 5	11,00	23,64286	0,928571	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037	0,11441	0,01487
Strato 5	11,00	23,64286	0,928571	0,12325	0,01602

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037	Meyerhof	1,80
Strato 5	11,00	23,64286	0,928571	Meyerhof	1,80

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037	Meyerhof	2,10
Strato 5	11,00	23,64286	0,928571	Meyerhof	2,10

Liquefazione - **Accelerazione sismica massima (g)=0,15**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037	Robertson & Wride 1997	1,933
Strato 5	11,00	23,64286	0,928571	Robertson & Wride 1997	0,899

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	1,40	21,42857	1,761905	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 2	2,80	13,14286	0,790476	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 3	4,60	19,22222	1,133333	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037	Piacentini-Righi 1988	6,08795E-10
Strato 5	11,00	23,64286	0,928571	Piacentini-Righi 1988	1,162697E-07

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	1,40	21,42857	1,761905	Piacentini-Righi 1988	6,428571E-07
Strato 2	2,80	13,14286	0,790476	Piacentini-Righi 1988	3,942858E-07
Strato 3	4,60	19,22222	1,133333	Piacentini-Righi 1988	5,766665E-07
Strato 4	8,20	28,05556	1,37037	Piacentini-Righi 1988	5,124025E-05
Strato 5	11,00	23,64286	0,928571	Piacentini-Righi 1988	8,246847E-03

PROVA ... Nr.2

Committente:

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data: 30/05/2022

Profondità prova: 11,00 mt

Località:

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	18,00	29,0	18,0	0,733333	24,545	4,1
0,40	18,00	29,0 18,0		1,666667	10,8	9,3
0,60	34,00	59,0 34,0		2,133333	15,938	6,3
0,80	18,00	50,0 18,0		1,733333	10,385	9,6
1,00	22,00	48,0 22,0		0,866667	25,385	3,9
1,20	16,00	29,0	16,0	1,6	10,0	10,0
1,40	25,00	49,0 25,0		4,133333	6,048	16,5
1,60	34,00	96,0 34,0		2,866667	11,86	8,4
1,80	26,00	69,0 26,0		1,666667	15,6	6,4
2,00	20,00	45,0 20,0		1,333333	15,0	6,7
2,20	14,00	34,0 14,0		1,133333	12,353	8,1
2,40	13,00	30,0	13,0 0,6		21,667	4,6
2,60	10,00	19,0 10,0		0,266667	37,5	2,7
2,80	10,00	14,0 10,0		0,466667	21,429	4,7
3,00	8,00	15,0 8,0		0,333333	24,0	4,2
3,20	11,00	16,0 11,0		0,266667	41,25	2,4
3,40	14,00	18,0	14,0 0,6		23,333	4,3
3,60	20,00	29,0 20,0		1,133333	17,647	5,7
3,80	20,00	37,0 20,0		1,333333	15,0	6,7
4,00	22,00	42,0	22,0	1,0	22,0	4,5
4,20	22,00	37,0 22,0		1,266667	17,368	5,8
4,40	18,00	37,0	18,0	1,0	18,0	5,6
4,60	22,00	37,0 22,0		0,933333	23,571	4,2
4,80	26,00	40,0 26,0		1,066667	24,375	4,1
5,00	31,00	47,0 31,0		1,933333	16,034	6,2
5,20	26,00	55,0	26,0	1,6	16,25	6,2
5,40	20,00	44,0 20,0		1,533333	13,043	7,7
5,60	38,00	61,0	38,0 1,8		21,111	4,7
5,80	39,00	66,0	39,0 1,6		24,375	4,1
6,00	37,00	61,0	37,0 2,2		16,818	5,9
6,20	12,00	45,0	12,0	0,6	20,0	5,0
6,40	19,00	28,0	19,0	1,0	19,0	5,3
6,60	27,00	42,0 27,0		1,333333	20,25	4,9
6,80	31,00	51,0	31,0 1,8		17,222	5,8
7,00	34,00	61,0 34,0		2,066667	16,452	6,1
7,20	31,00	62,0	31,0 1,6		19,375	5,2
7,40	28,00	52,0 28,0		1,466667	19,091	5,2
7,60	30,00	52,0	30,0 1,4		21,429	4,7
7,80	28,00	49,0	28,0 1,8		15,556	6,4
8,00	20,00	47,0 20,0		0,933333	21,429	4,7
8,20	27,00	41,0 27,0		0,866667	31,154	3,2
8,40	16,00	29,0 16,0		1,066667	15,0	6,7
8,60	25,00	41,0	25,0 1,4		17,857	5,6
8,80	27,00	48,0 27,0		1,333333	20,25	4,9
9,00	18,00	38,0 18,0		1,066667	16,875	5,9
9,20	20,00	36,0 20,0		1,066667	18,75	5,3
9,40	28,00	44,0 28,0		1,266667	22,105	4,5
9,60	22,00	41,0 22,0		1,066667	20,625	4,8
9,80	23,00	39,0 23,0		1,333333	17,25	5,8
10,00	24,00	44,0 24,0		1,466667	16,364	6,1
10,20	27,00	49,0 27,0		1,266667	21,316	4,7
10,40	21,00	40,0 21,0		1,533333	13,696	7,3
10,60	20,00	43,0	20,0 1,2		16,667	6,0
10,80	21,00	39,0	21,0	1,2	17,5	5,7
11,00	21,00	39,0	21,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm²)	fs Media (Kg/cm²)	Gamma Medio (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1,60	23,125	1,966667	2,0	Coesivo	Copertura argillosa
4,60	3,40 14,0	0,740741 1,9		Coesivo	Argilla
	20,66667	1,111111 2,0		Coesivo	Argilla limosa
	8,20	28,0	1,477778 2,0	Incoerente-	Limo

11,00

22,35714

1,161905 2,0

Coesivo
Incoerente- Limo e sabbia
Coesivo

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Nr.2**TERRENI COESIVI**Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	1,60	23,125	1,966667	1,11	1,48	1,53	1,35	1,21	1,16
Strato 2	3,40	14,0	0,740741	0,65	0,96	0,90	0,79	0,71	0,70
Strato 3	4,60	20,66667	1,111111	0,96	1,32	1,33	1,17	1,05	1,03
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	1,29	1,65	1,78	1,57	1,41	1,40
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	1,01	1,33	1,36	1,20	1,08	1,12

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buismann	Buismann Sanglerat
Strato 1	1,60	23,125	1,966667	57,81	46,25	69,38	69,38
Strato 2	3,40	14,0	0,740741	70,00	48,33	84,00	42,00
Strato 3	4,60	20,66667	1,111111	51,67	41,33	62,00	62,00
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	70,00	56,00	84,00	84,00
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	55,89	44,71	67,07	67,07

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	1,60	23,125	1,966667	861,19	34,80
Strato 2	3,40	14,0	0,740741	506,59	21,00
Strato 3	4,60	20,66667	1,111111	745,68	30,90
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	1004,17	42,00
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	780,57	33,60

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	1,60	23,125	1,966667	Imai & Tomauchi	190,81
Strato 2	3,40	14,0	0,740741	Imai & Tomauchi	140,42
Strato 3	4,60	20,66667	1,111111	Imai & Tomauchi	178,15
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	Imai & Tomauchi	214,47
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	Imai & Tomauchi	186,92

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History
Strato 1	1,60	23,125	1,966667	3,36
Strato 2	3,40	14,0	0,740741	0,66
Strato 3	4,60	20,66667	1,111111	0,61
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	0,53
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	<0.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1,60	23,125	1,966667	Meyerhof	2,00
Strato 2	3,40	14,0	0,740741	Meyerhof	1,91
Strato 3	4,60	20,66667	1,111111	Meyerhof	1,97
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	Meyerhof	2,02
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	Meyerhof	1,98

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1,60	23,125	1,966667	Meyerhof	2,08
Strato 2	3,40	14,0	0,740741	Meyerhof	1,99
Strato 3	4,60	20,66667	1,111111	Meyerhof	2,05
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	Meyerhof	2,10
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	Meyerhof	2,06

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Baldi 1978 - Schmertma nn 1976	Schmertma nn	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkows ki 1985
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	26,86	18,77	23,44	27,36	24,12
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	17,16	< 5	10,12	17,57	5,91

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Durguno uglu- Mitchell 1973	Caquot	Koppeja n	De Beer	Schmert mann	Roberts on & Campan ella 1983	Hermi ni er	Meyerho f 1951
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	29,49	25,33	22,12	20,81	30,63	31,96	22,7	29,57
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	27,37	23,06	19,73	18,63	28,7	28,73	22,09	27,04

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	70,00	56,00	384,93
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	55,89	44,71	344,30

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Robertson & Campanella da Schmertma nn 1997	Lunne- Christoffers en 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	29,97	109,83	212,07	56,00	140,00
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	22,66	87,70	158,58	44,71	111,79

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	Imai & Tomauchi	214,47
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	Imai & Tomauchi	186,92

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress- History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	0,53	>9	<0.5	5,53
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	<0.5	5,68	<0.5	2,42

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	Kulhawy & Mayne (1990)	0,23
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	0,1145	0,01488
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	0,12649	0,01644

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	Meyerhof	1,80
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	Meyerhof	1,80

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	Meyerhof	2,10
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	Meyerhof	2,10

Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0,15

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	Robertson & Wride 1997	1,96
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	Robertson & Wride 1997	0,962

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	1,60	23,125	1,966667	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 2	3,40	14,0	0,740741	Piacentini-Righi 1988	3,211066E-10
Strato 3	4,60	20,66667	1,111111	Piacentini-Righi 1988	8,660283E-11
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	Piacentini-Righi 1988	6,006243E-11
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	Piacentini-Righi 1988	1,906588E-10

Coefficiente di consolidazione

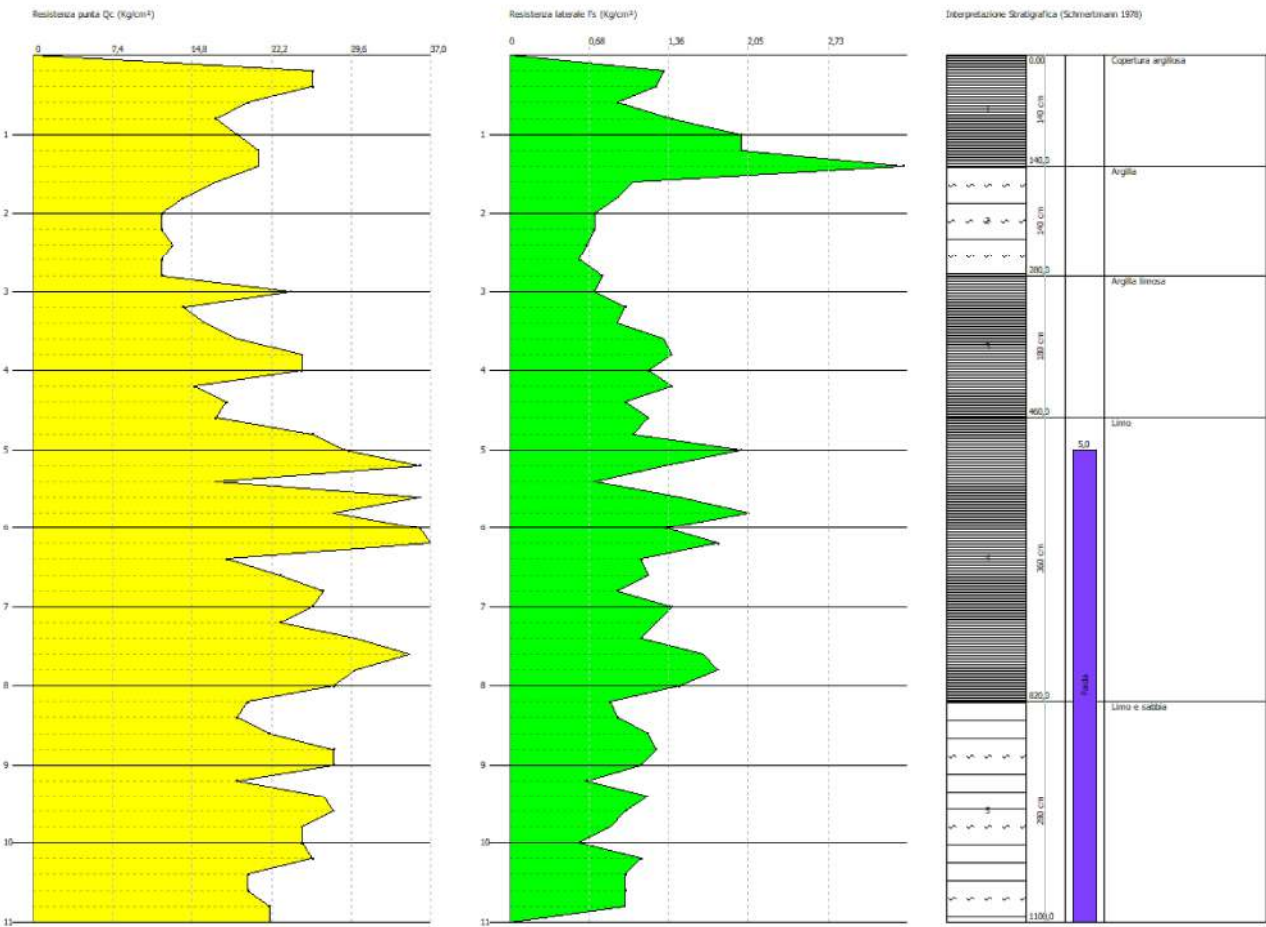
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	1,60	23,125	1,966667	Piacentini-Righi 1988	6,9375E-07
Strato 2	3,40	14,0	0,740741	Piacentini-Righi	1,348648E-05

Strato 3	4,60	20,66667	1,111111	1988 Piacentini-Righi	5,369376E-06
Strato 4	8,20	28,0	1,477778	1988 Piacentini-Righi	5,045245E-06
Strato 5	11,00	22,35714	1,161905	1988 Piacentini-Righi	1,278776E-05

Probe CPT - Cone Penetration - 1 Nr.1
Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente:
Cantiere:
Località:

Data: 30/05/2022



Probe CPT - Cone Penetration Nr.2
Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente:
Cantiere:
Località:

Data: 30/05/2022

