

COMUNE DI SANTARCANGELO DI ROMAGNA

PROVINCIA DI RIMINI

SPORTELLO PER L'EDILIZIA E PIANI ATTUATIVI

LOCALITA' :

COMUNE DI SANTARCANGELO DI ROMAGNA - LOC. BORNACCINO

TITOLO :

PIANO PARTICOLAREGGIATO AD INIZIATIVA PRIVATA - SCHEDA D3 N.6
PERMESSO DI COSTRUIRE PER FABBRICATO ARTIGIANALE - EDIFICIO B2a

RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTISTI:

UNI PROGETTI
studio tecnico
via giglio 4_47900 rimini_italia
tel_fax +39 0541.26275
e-mail paolo.casadei@uniprogetti.it

ARCHITETTURAURBANISTICAINGEGNERIA
COSTAprogetti
via stelvio n.6 - 47921 Rimini (RN) - tel. fax +39.0541.29106
e-mail: studio@costaprogetti.com - www.costaprogetti.com

geometra PAOLO CASADEI

architetto ALESSANDRO COSTA
ingegnere GABRIELE COSTA

geologo FABIANO URBINATI

COMMITENTE: BORNACCINO s.r.l.
Via Emilia, 113 47900 - Rimini
c.f. 03646150403
il legale rappresentante: - sig. Davide Liuzzi

REVISIONE			N° ELABORATO
REV.A - 20.05.2019	.	.	LAVORO NUMERO B O R N .0 6 — TAV. N° — REV. A — FORMATO A
.	.		
.	.	DATA	
VISTO: ...		20.05.2019	nome file:

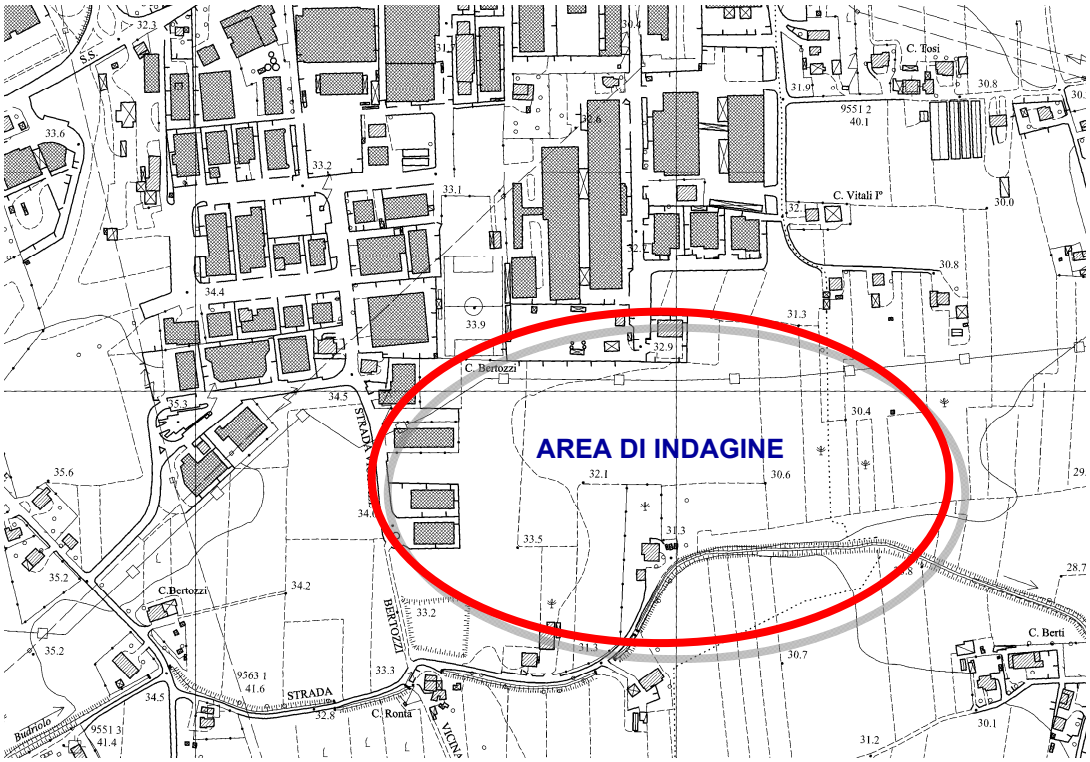
STUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO A SUPPORTO DEL PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA DENOMINATO "BORNACCINO"

SCHEDA URBANISTICA AREA D3 N.6
FABBRICATO ARTIGIANALE – UNITA' B2A

COMUNE DI SANTARCANGELO DI ROMAGNA
Provincia di Rimini

PREMESSA

Su incarico dello Studio di Progettazione si è eseguito il presente studio geologico-geotecnico mirante all'inquadramento e alla definizione delle caratteristiche dei terreni costituenti l'area oggetto di intervento urbanistico per la costruzione di in fabbricato ad uso artigianale, circa la fattibilità e la compatibilità dell'intervento proposto e definirne le condizioni geologico-tecniche progettuali generali e specifiche per la realizzazione.



STRALCIO PLANIMETRICO C.T.R.

L'area indagata ricade in una zona compresa nel foglio n° 256 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000, sez. 256102 – Bornaccino.

Le indagini e i rilievi geologici sono finalizzati alla ricostruzione del modello geologico

dell'area interessata dall'intervento di progetto.

Si sono utilizzati i dati rilevati in occasione della specifica campagna geognostica del 2008 con l'esecuzione di sondaggi penetrometrici dinamici pesanti (DPSH) distribuiti omogeneamente sul territorio indagato, ubicati nei punti di interesse e spinti fino al raggiungimento di profondità significative e con caratteristiche idonee.

E' stato inoltre determinato, in conformità alle disposizioni della vigente normativa in materia, il parametro "velocità sismica Vs 30 di riferimento" mediante indagine geofisica specifica con prova di tipo MASW-VS30 comportante lo stendimento della linea di rilevamento sulla sezione caratteristica con l'utilizzo di sismografo a 24 canali e relativi geofoni; tale attività ha comportato l'elaborazione e restituzione di profilo sismico per una profondità di almeno 30 mt da piano campagna ed il parametro Vs30 di riferimento.

Il territorio comunale rientra in zona sismica di II categoria; pertanto il presente studio è stato redatto in conformità alla normativa sismica vigente (Legge 64 del 02.02.1974, DM 03.03.1975, DM 16.01.1996 e successivi), alla normativa geotecnica per indagini su aree di espansione urbanistica, di cui al DM 11.03. 1988 e successive disposizioni ed alle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al DM 14.01.2008 e DM 17.01.2018.

Per gli scopi di cui in oggetto ed a seguito di incontri con i tecnici progettisti, l'incarico è stato sviluppato col seguente metodo di lavoro:

Ricerca bibliografica di tutti i dati idrologici, geologici e stratigrafici della fascia in interesse e suo sviluppo ai fini del progetto.

Interpretazione delle prove penetrometriche e di dati già esistenti sul territorio al fine di stabilire le caratteristiche di addensamento e la stratigrafia locale dei terreni.

Elaborazione dei criteri costruttivi con scelta delle tipologie di fondazioni più idonee e calcolo dei carichi ammissibili e dei cedimenti indotti.

Valutazioni generali sulla possibilità di liquefazione di eventuali terreni granulari e scelta dei valori dei parametri geotecnici (modulo di fondazione ε, coefficiente di sottofondo, ecc.).

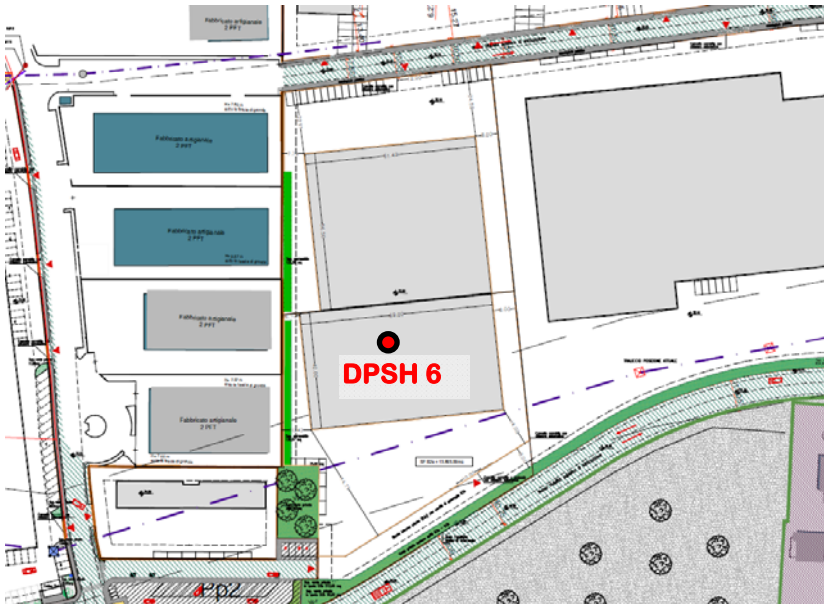
Si sono inoltre utilizzati i dati bibliografici ed i risultati di campagne eseguite in siti limitrofi e con caratteristiche similari, allo scopo di ricostruire:

- ✓ le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti;
- ✓ l'eventuale livello statico della falda mediante piezometro posto in foro di sondaggio;
- ✓ le condizioni di stabilità dei terreni di fondazione;

- ✓ i criteri costruttivi idonei per il dimensionamento delle opere di fondazione e delle infrastrutture di servizio;

- ✓ il calcolo dei carichi ammissibili e dei relativi cedimenti indotti.

Il posizionamento planimetrico dei fori di sondaggio eseguiti sono dettagliatamente riportati nella seguente planimetria.



POSIZIONAMENTO PROVE PENETROMETRICHE

INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRATIGRAFIA

La zona in studio è compresa tra la zona produttiva esistente a nord ed ovest, terreni agricoli a sud e Case Montemaggi ad est, in area attualmente ad uso agricolo.

La morfologia dell'area, posta in un'area parzialmente antropizzata, caratterizzata dai terreni alluvionali antichi e recenti del Fiume Marecchia, in eteropia con i terreni di deposizione alluvionale dei corsi d'acqua e scoli minori.

Non si rinvengono forme morfometriche di significativo interesse geomorfologico in quanto l'area di studio è stata interessata da intenso rimaneggiamento antropico di tipo agricolo ed urbanistico.

I terreni presenti, depositati in età pleistocenica, sono ascrivibili ai depositi fluviali del quarto ordine, composti da alternanze di argille, argille limose e limi sabbiosi con livelli e concentrazioni di sabbie limose di deposizione fluviale rielaborata, talora di discreto spessore, intercalate casualmente tra loro; a profondità di circa 2.00 - 6.00 mt sono rinvenibili terreni con alta prevalenza di materiale ghiaioso in lenti e o banchi di spessore variabile.



STRALCIO CARTA GEOLOGICA SCALA 1:10.000 – R.E.R. SEZ 256100

Dalla cartografia geologica regionale si identifica la seguente successione stratigrafica neogenico-quaternaria:

AES8 - Subsintema di Ravenna

Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi. Corrisponde nelle aree intravallive ai depositi terrazzati più bassi.
Rientrano in questa unità anche le alluvioni attualmente in evoluzione in alveo e quelle del primo terrazzo, talora fissate da arbusti.
Limite superiore coincidente con il piano topografico, dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei.
I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'orizzonte decarbonatato da 0,3 ad 1 m e contengono reperti archeologici di età dal Neolitico al Romano.
I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a.
Limite inferiore coincidente, in affioramento, con una superficie di erosione fluviale o con il contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo al tetto di AES7.
Pleistocene sup. – Olocene

AES8a - Unità di Modena

Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi.
Limite superiore sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro al tetto.
Olocene

Le variazioni litologiche, all'interno dei litotipi presenti, sono frequenti sia in senso laterale che verticale in funzione delle modalità deposizionali e di rielaborazione dei sedimenti da parte del corso d'acqua.

Sulla base di quanto ricavato da sondaggi stratigrafici, verificati e confrontati con i sondaggi penetrometrici dinamici pesanti eseguiti, spinti fino al raggiungimento di profondità significative, si è potuta ricostruire, schematicamente, la seguente successione litostratigrafica locale:

da p.c. a 1.0 mt:	Copertura superficiale alterata con materiale di riporto di tipo argilloso (terreno vegetale/agrario, ecc.).
da 1.0 mt a 2.0-4.0 mt:	Limi argillosi, debolmente sabbiosi, con maggiore presenza di livelletti e intercalazioni sabbiose.
da 2.0-4.0 mt a 10.0-12.0 mt	Materiale pseudo-litoide con ottime caratteristiche geomeccaniche, costituite da ghiaie a matrice sabbioso-limosa e sabbie ben addensate con livelli e lenti ghiaiose intercalati tra loro.
da 10.0-12.0 mt a 15.0-16.0 mt:	Limi argillosi, maggiormente sabbiosi, con significativa presenza di livelletti e intercalazioni sabbiose.
da 15.0-16.0 a fine foro	Materiale pseudo-litoide con ottime caratteristiche geomeccaniche, costituite da ghiaie a matrice sabbioso-limosa e sabbie ben addensate con livelli e lenti ghiaiose intercalati tra loro.

La falda idrica superficiale, il cui livello all'atto delle prove penetrometriche non è stata rinvenuta almeno fino alle profondità investigate, ha la possibilità in condizioni critiche di innalzarsi fino a quote prossime al piano campagna attuale.

Si può supporre, dato il tipo di terreno granulare semi-permeabile superficiale, che il livello dinamico di falda presenti escursioni minime con variazione di qualche decina di cm fino al livello massimo.

L'area non presenta caratteri tettonici particolari.

Non sono presenti dislocazioni, nè si individuano lineamenti o fratture di superficie data il notevole spessore della copertura alluvionale, che lascino presupporre considerazioni tettoniche particolari.

CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI

Le prove penetrometriche eseguite in sito, unitamente a dati verificati in precedenti campagne geognostiche eseguite nella zona e su terreni similari, hanno fornito risultati d'indagine e diagrammi ben sfruttabili dal punto di vista interpretativo; sono sempre utilizzabili comunque per confronto diretto tra loro e per le verifiche tecniche.

Un'analisi interpretativa dei sondaggi è stata effettuata con l'uso di elaboratore e

fornisce direttamente le caratteristiche litologiche ed i parametri geotecnici per ogni strato attraversato.

La parametrazione geomeccanica dei terreni è stata ricavata per misura diretta delle caratteristiche, da analisi di laboratorio su terreni similari e mediante interpretazione con le formule degli Olandesi.

In base alla resistenza dinamica della punta del penetrometro ricostruita con le formule degli Olandesi, nonchè da analisi di laboratorio su terreni similari, si possono attribuire ai terreni indagati i seguenti parametri geotecnici:

$$C_u = \frac{R_p}{15-20} \qquad E_{ed} = \alpha \, \mathrm{R_p}$$

Con:

χ = coefficiente dipendente dalla litologia e dalle caratteristiche del terreno.
α = 1.5-2.0 - per terreni sabbioso-limosi granulari;
3.0-4.0 - per terreni argillosi parzialmente sovraconsolidati.

I risultati ottenuti permettono l'attribuzione ai terreni indagati dei seguenti parametri geotecnici:

- LIMI ARGILLOSO-SABBIOSI

- Peso di volume naturale	γ =	1.90	ton/mc
- Peso di volume immerso	γ' =	0.90	ton/mc
- Angolo di attrito	φ' =	22-25	gradi
- Coesione	c =	0.00	kg/cmq
- Coesione non drenata	c_u =	0.3-0.5	kg/cmq
- Modulo di compr. edometrica	E_{ed} =	55-75	kg/cmq

- SABBIE LIMO-ARGILLOSE

- Peso di volume naturale	γ =	1.90	ton/mc
- Peso di volume immerso	γ' =	0.90	ton/mc
- Angolo di attrito	φ' =	24-33	gradi
- Modulo di compr. edometrica	E_{ed} =	70-90	kg/cmq

- GHIAIE IN MATRICE SABBIOSO-LIMO-ARGILLOSA

- Peso di volume naturale	γ =	1.95	ton/mc
- Peso di volume immerso	γ' =	0.95	ton/mc
- Angolo di attrito	φ' =	31-33	gradi
- Modulo di compr. edometrica	E_{ed} =	> 130	kg/cmq

STABILITA' DELL'AREA E VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI GRANULARI SOTTO STRESS SISMICO

Essendo l'area indagata a morfologia pianeggiante, questa non si ritiene soggetta a

condizioni di instabilità anche nel lungo termine.

Tale porzione di area è caratterizzata dalla presenza in superficie di una formazione con litologie di tipo argilloso-limose di origine alluvionale, mediamente addensata per uno spessore di circa 2.0 - 4.0 mt sopra un orizzonte ghiaioso.

In condizioni sismiche si produce una accentuazione della accelerazione sismica al suolo che può dar luogo a fenomeni di instabilità indotta.

Come noto i terreni granulari sciolti immersi in falda possono dar luogo, in caso di sollecitazioni dinamiche cicliche, a pericolosi fenomeni di liquefazione a seguito di anomali aumenti della pressione interstiziale.

I fattori che influenzano la liquefazione sono infatti:

- ❒ la falda idrica presente a quote molto prossime al p.c.;
- ❒ il numero dei cicli e la magnitudo del terremoto;
- ❒ la densità relativa della sabbia, con valori di Dr < 70%;
- ❒ la granulometria del terreno incoerente, con caratteristiche:

0,074 mm < D_{50} < 2.0 mm (Kishida)
0,20 mm < D_{60} < 2,0 mm (Ohsaki)

con

D_{50} - D_{60} = diametri dei vagli per i quali il 50 e 60 % in peso del terreno risulta passante.

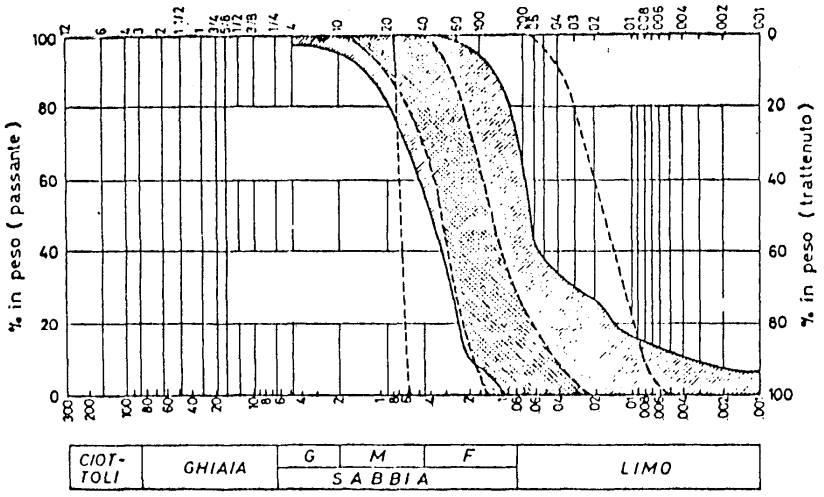


Fig. 1 Campo dei diametri delle particelle dei terreni saturi suscettibili di liquefazione secondo alcuni autori; Seed e Idriss 1967 zona a quadretti, Kishide 1970 zona a righe oblique, Lee e Fitton 1968 zona in bianco compresa tra le righe a tratteggio.

Attenendosi alla metodologia tecnica espressa dalla Regione Emilia Romagna "Primi

indirizzi per la strumentazione urbanistica in aree sismiche" (prot. 7496/1990) si ottengono le seguenti considerazioni sul sito di indagine:

1. Fino alle profondità di circa 2.00-4.00 mt dal piano campagna, per lo strato limo-argilloso superficiale, le analisi granulometriche dei campioni prelevati in sondaggi eseguiti in prossimità dell'area indagata ed a quote similari a quelle di interesse forniscono curve granulometriche esterne ai fusi ed ai diametri di liquefazione.

2. Da 2.00-4.00 a 10.0-12.0 mt sono presenti litologie aventi caratteristiche (granulometria e/o grado di addensamento) esterni alle curve segnalatrici e pertanto superiore ai minimi previsti per quanto previsto per i fusi a rischio.

3. Da 10.0-12.0 mt a 15.0-16.0 mt dal piano campagna, per lo limoso sabbioso argilloso rinvenuto, le analisi granulometriche dei campioni prelevati in sondaggi eseguiti in prossimità dell'area indagata ed a quote similari a quelle di interesse forniscono curve granulometriche esterne ai fusi ed ai diametri di liquefazione.

4. Da 15.0-16.0 a fine foro mt sono presenti litologie simili a quelle di cui al punto 2. ma aventi migliori caratteristiche (granulometria e/o grado di addensamento) ed in ogni caso esterni alle curve segnalatrici e pertanto superiore ai minimi previsti per quanto previsto per i fusi a rischio.

L'indice di resistenza ciclica alla liquefazione risulta superiore al valore limite, pertanto si ottengono in generale buone garanzie di stabilità per i terreni granulari saturi presenti nel sito e può essere di conseguenza omessa la verifica in dettaglio alla liquefazione condotta con i metodi di calcolo numerico di Seed e Idriss.

Infatti in superficie, sotto la base di fondazione, si ritrovano strati addensati e sicuramente stabili.

Nella pratica, per terreni sottoposti a stress sismico ciclico, modesti livelli liquefacibili di spessore fino a 0.30 - 0.60 mt. all'interno di strati più addensati non subiscono modificazioni particolari alla stabilità delle particelle granulari e non vanno quindi soggetti a fenomeni di liquefazione.

In base a ciò i terreni presenti nell'area in oggetto non sono soggetti, anche in condizione critica, a fenomeni di instabilità o di liquefazione sotto stress sismici ciclici.

CRITERI COSTRUTTIVI GENERALI DI PROGETTO

La tipologia di intervento prevede un nuovo fabbricato con distribuzione omogenea dell'edificato sull'area di interesse.

Generalmente per tipologie di intervento di media incidenza sul terreno di fondazione si potranno prevedere opere di fondazione dirette su travi rovescie e/o plinti impostati nei terreni di superficie.

Per le aree destinate a nuove strutture ed infrastrutture, in base alle considerazioni previste, si hanno allo stato attuale elementi di progettazione definitivi e si forniscono quindi alcune considerazioni in base alle indagini condotte:

- Le caratteristiche litologiche e stratigrafiche riscontrate nelle aree interrate sono nel complesso sostanzialmente omogenee ed i terreni di fondazione presentano buone caratteristiche geotecniche.

- Si potranno quindi, per opere di non rilevante incidenza sul terreno, adottare fondazioni dirette su plinti e/o travi rovescie e/o platee nervate impostate a quote di almeno 2.50 mt. dal p.c.

E' prevista la realizzazione di un fabbricato ad uso artigianale con infrastrutture a servizio, con una parte in elevazione per una altezza massima fuori terra di circa 9.00-10.00 mt e incidenza sui terreni variabile in funzione della tipologia fondazionale adottata.

Il progetto prevede lo scavo sull'area in maniera abbastanza omogenea in base alle caratteristiche progettuali e realizzative.

I fabbricati potranno essere realizzati con struttura composita in prefabbricato e c.a.; si consiglia l'isolamento dei locali a contatto con i terreni in posto ad evitare possibili infiltrazioni idriche e meteoriche superficiali nei terreni fondazionali e la realizzazione di giunti tra i corpi di fabbrica aventi differente dimensione ed incidenza sul terreno fondazionale.

Le strutture fondazionali dovranno essere opportunamente irrigidite mediante idonee opere di collegamento tra loro e con le strutture limitrofe.

Si consiglia inoltre la realizzazione di un idoneo sistema di raccolta e drenaggio superficiale delle acque adeguatamente dimensionato; le acque di risulta dovranno essere raccolte ed allontanate mediante sistema di smaltimento fino alla rete fognaria esistente.

In fase esecutiva dovranno comunque essere verificate le condizioni progettuali con riferimento alle specifiche tecniche.

CARICHI AMMISSIBILI

Il calcolo dei carichi ammissibili è stato eseguito adottando quanto proposto dal Terzaghi per fondazioni superficiali e carichi centrati e verticali, opportunamente modificata con i coefficienti correttivi:

$$Q_a = \frac{i_c\left(c\,\mathrm{N_c} + \gamma\,\mathrm{D}\,\mathrm{N_q}\right) + \mathrm{i}_\gamma\left(0.5\,\gamma\,\mathrm{B}\,\mathrm{N}_\gamma\right)}{F}$$

dove:

- Q_a = carico ammissibile unitario
- B = larghezza fondazione
- D = incastro
- c = parametro geotecnico
- i_c, i_γ = coefficienti correttivi in funzione dell'inclinazione del carico sulla verticale
- Nc, Nq, Nγ = fattori di capacità portante dipendenti dall'angolo di attrito interno (secondo Meyerhof)
- F = coefficiente di sicurezza (3 valore minimo per zone sismiche di II categoria)

Le ipotesi di calcolo sono state sviluppate per le condizioni fondazionali ipotizzate per il tipo di realizzazione progettuale proposta, quali strutture costituite da trave rovescia superficiale e/o plinto.

Le risultanze di calcolo sono indicative e di massima; la determinazione del termine del carico massimo ammissibile dovrà essere determinato singolarmente per ogni tipologia strutturale prevista ed in funzione dei relativi carichi fondazionali applicati.

Si riportano nelle seguenti tabelle i valori dei parametri geotecnici principali riscontrati in corso di campagna geognostica.

Per ogni riferimento si possono considerare le prove penetrometriche eseguite allegate alla presente relazione geologica.

DPSH 6

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m³)	Gamma Saturo (t/m³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)
1	0,2	1,5	Coesivo	1,52	1,85	0	0,09	6,88	15,0	0	0
2	0,4	1,5	Coesivo	1,52	1,85	0	0,09	6,88	15,0	0	0
3	0,6	3,01	Coesivo	1,64	1,86	0	0,19	13,81	30,1	0	0
4	0,8	4,51	Coesivo	1,73	1,87	0	0,28	20,69	45,1	0	0
5	1,0	4,51	Coesivo	1,73	1,87	0	0,28	20,69	45,1	0	0
6	1,2	9,02	Coesivo	1,94	0,0	0	0,61	41,38	90,2	0	0
7	1,4	13,54	Coesivo	2,05	0,0	0	0,91	62,12	135,4	0	0
8	1,6	12,03	Coesivo	2,02	0,0	0	0,81	55,19	120,3	0	0
9	1,8	9,02	Coesivo	1,94	0,0	0	0,61	41,38	90,2	0	0
10	2,0	7,52	Coesivo	1,88	1,9	0	0,47	34,5	75,2	0	0
11	2,2	24,06	Incoerente	2,06	0,0	42,00	0	76,88	195,3	0,31	1292,2
12	2,4	31,58	Incoerente	2,15	0,0	42,00	0	92,33	232,9	0,29	1668,63
13	2,6	21,06	Incoerente	2,01	0,0	42,00	0	70,72	180,3	0,31	1140,16
14	2,8	33,09	Incoerente	2,16	0,0	42,00	0	95,43	240,45	0,29	1743,53
15	3,0	67,68	Incoerente	2,37	0,0	42,00	0	166,48	413,4	0,22	3416,22
16	3,2	61,66	Incoerente	2,3	0,0	42,00	0	154,12	383,3	0,23	3129,8
17	3,4	81,22	Incoerente	2,65	0,0	42,00	0	194,29	481,1	0,19	4055,05
18	3,6	93,25	Incoerente	3,15	0,0	42,00	0	219,0	541,25	0,16	4617,25
19	3,8	84,22	Incoerente	2,75	0,0	42,00	0	200,46	496,1	0,18	4195,69
20	4,0	105,28	Incoerente	3,95	0,0	42,00	0	243,71	601,4	0,14	5175,1

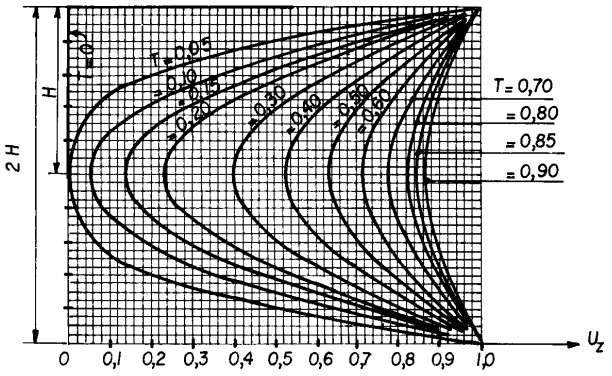
CALCOLO DEI CEDIMENTI

In base alla teoria del consolidamento monodimensionale del Terzaghi è possibile stabilire il tempo di consolidamento in base alla seguente formula:

$$t = T_v\left(\frac{H^2}{C_v}\right) = \mathbf{2.24} \text{ anni}$$

dove:

t = tempo di consolidamento (in anni)
Tv = fattore tempo
H = spessore dello strato da consolidare
Cv = coefficiente di consolidazione



Percentuale di consolidamento di uno strato in funzione della profondità e della durata del carico

Il tempo necessario per raggiungere un grado di consolidazione del 90% è risultato pari a **due** anni circa.

Il calcolo dei cedimenti delle fondazioni proposte può essere condotto adottando la teoria del Boussinesq, per semispazio omogeneo elastico ed isotropo, con le isobate di pressione nel sottosuolo; il valore dei cedimenti, calcolato ricorrendo alla formula del Lambe che considerato il terreno disomogeneo con modulo di compressibilità variabile si adatta alla situazione in esame, è dato da:

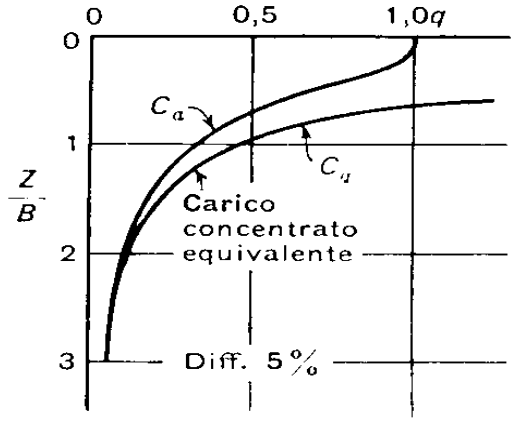
$$\omega = \sum_{i}\left(\frac{\sigma_i}{E_{ed_i}}\right) \mathrm{h_i}$$

dove:

w = cedimento massimo previsto in cm
σ_i = tensione verticale indotta nello strato i
h_i = spessore dello strato i considerato
Ed_i = modulo edometrico relativo allo strato i ricavato dalle prove penetrometriche

Si considerano:

- fondazioni con incastro a 2.50 mt dal p.c.
- rapporto lunghezza/larghezza in funzione del tipo di fondazione
- cedimenti considerati praticamente nulli alla profondità di 3 B



Il carico effettivamente applicato nella zona fondazionale, da considerarsi per il calcolo dei cedimenti massimi reali, risulta come sommatoria algebrica tra il valore effettivamente apportato dal peso della struttura e l'asportazione del terreno per la realizzazione delle strutture fondazionali superficiali.

Vengono considerati le differenti condizioni fondazionali strutturali quali fondazioni continue o su plinto impostate a quota –2.50 mt da p.c. rientranti ampiamente nei limiti di Terzaghi e pertanto tali da consentire cedimenti differenziali molto bassi, ammortizzati dalle strutture in c.a. di progetto.

Anche i cedimenti differenziali pertanto assumono valori accettabili in funzione del tipo di soluzione costruttiva adottata.

Data la possibile diversità di carico in funzione delle caratteristiche costruttive si consiglia l'eventuale ricorso a giunti ad evitare l'instaurazione di possibili fenomeni tensionali dovuti alle diverse capacità di assorbimento del carico applicato sui terreni fondazionali e delle relative deformazioni delle strutture in elevazione.

CALCOLO DEL MODULO - O COEFFICIENTE - DI SOTTOFONDO

Il calcolo del coefficiente di sottofondo statico, o di Winkler, è stato condotto adottando considerazioni semplificative considerando la formula.

$$K_t = \frac{K_0}{B} \sqrt[12]{\frac{E_t \, B^4}{J_0 \, E_0}} \; \frac{E_t}{1-\eta^2}$$

dove:

- E_t = modulo di elasticità ricavato da prove di laboratorio su terreni esaminati con caratteristiche simili a quelli in studio
- K_0 = modulo di sottofondo ricavato da prova su piastra quadrata standard 30x30
- E_0 = modulo elasticità del calcestruzzo
- J_0 = momento di inerzia della fondazione
- η = rapporto (o modulo) di Poisson
- B = larghezza della fondazione

Il valore del modulo di elasticità $\mathbf{E_t}$ risulta dalla formula:

$$E_t = \frac{R_p \; 2a}{\frac{\varepsilon \; 2a}{100}} \; \left(1 - \eta^2\right) \; K_0$$

con:

2a = diametro della punta del penetrometro
R_p = resistenza alla punta del penetrometro
ε = valore della deformazione considerata al passaggio stato elastico-plastico

Il modulo di sottofondazione può pertanto essere ricavato in funzione dei parametri forniti dalle prove penetrometriche eseguite, dai risultati delle analisi di laboratorio, dal tipo di materiale impiegato ed in funzione del tipo di struttura fondazionale adottata.

Il calcolo effettuato si riferisce a strutture fondazionali standard considerando:

E_0 = 250.000 kg/cmq
J_0 = 4.56-6.65 x 10^6 cm^4
η = 0.38-0.40
B = 1.00 mt

- **fondazione impostata a quota -2.50 mt da piano campagna**.

$$\mathbf{K_t = 2.20} \text{ kg/cmc}$$

in conformità con le caratteristiche verificate per il tipo di terreno fondazionale investigato e le profondità di imposta delle strutture fondazionali considerate.

ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

In riferimento a quanto previsto dalla vigente normativa e dell'atto regionale di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, c. 1, della L.R. 20/2000 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna" approvato con deliberazione dell'Assemblea Legislativa n. 112 del 02.05.2007, dalla nota n. 166430 del 22.06.2007 del Servizio Affari generali, giuridici e Programmazione finanziaria, del Servizio Coordinamento e Promozione della pianificazione urbanistica e del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, e della nota del servizio provinciale Pianificazione territoriale e urbanistica, ufficio Difesa del suolo, del 05.12.2005 prot. n. 64066 con la quale si sono fornite indicazioni metodologiche finalizzate alla individuazione delle aree che possono determinare effetti di sito ed instabilità dei terreni in caso di evento sismico viene eseguita la presente analisi.

L'atto di indirizzo citato prevede progressivi livelli di approfondimento della analisi a seconda delle condizioni verificate.

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

Nel caso in oggetto - area pianeggiante e sub-pianeggiante, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale - 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 in sito e su prove geotecniche di tipo standard.

ACCELERAZIONE SISMICA

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi o si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III).

Le classi di terreno identificate sono così suddivise:

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

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

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

La classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (*Standard Penetration Test*) $N_{SPT,30}$ nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ nei terreni prevalentemente a grana fina.

ANALISI SISMICA DEL SITO

Per valutare 1'andamento della velocità delle onde di taglio (Vs) con la profondità, a partire dal piano campagna, sono state impiegate le tecniche che utilizzano le onde superficiali.

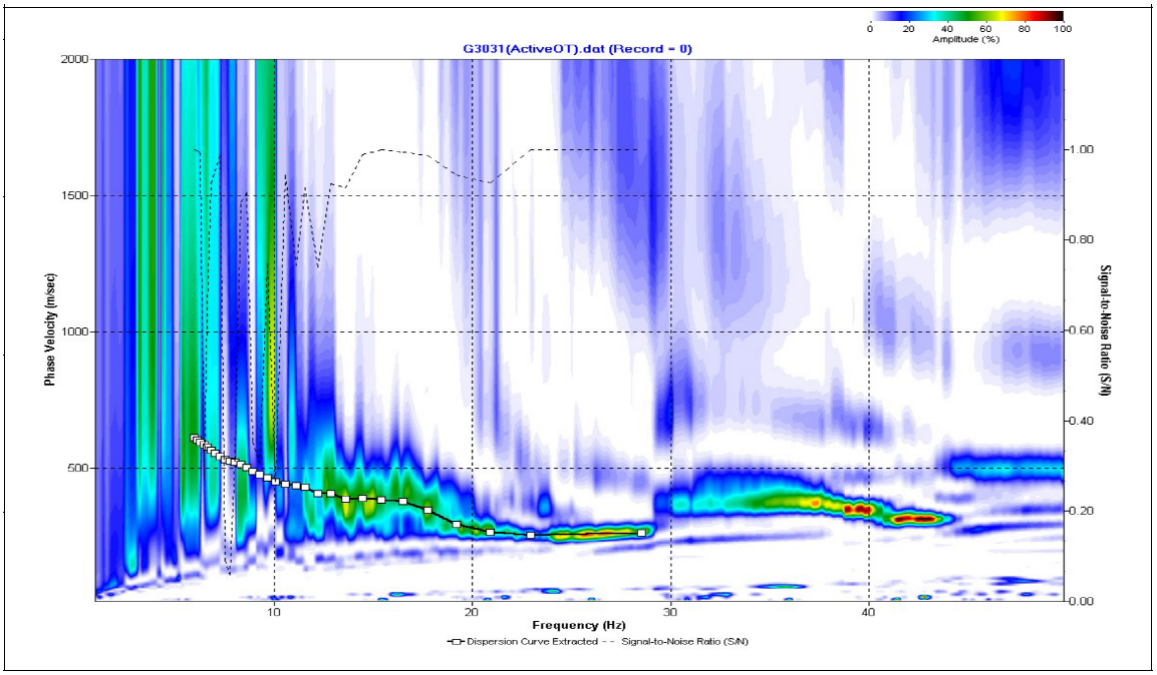
Tra le tecniche d'indagine che sfruttano le onde superficiali, quelle che hanno avuto il maggior sviluppo recentemente è la tecnica MASW.

Questo sistema ha il vantaggio di indagare volumi di terreno più estesi rispetto ad altre tecniche puntuali, anche di tipo diretto, pur mantenendo contenuti i costi.

Nella tecnica di tipo indiretto-attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), la generazione delle onde superficiali si ottiene con 1'energizzazione in superficie ottenuta mediante sistemi impulsivi: conseguentemente si ha la formazione nel terreno di un treno di onde complesso comprendente onde di Rayleigh.

La tecnica MASW, similmente a quello che avviene per la sismica a rifrazione, si basa sulla registrazione dei primi arrivi delle onde superficiali prodotte, in corrispondenza di una catena di geofoni.

Il risultato è quello di ottenere per ogni stendimento geofisico, un profilo verticale del valore della velocità delle onde di taglio collocabile all'incirca nella zona centrale dello stendimento.



Per il calcolo del valore della Vs_{30} – velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio – si utilizza la seguente espressione:

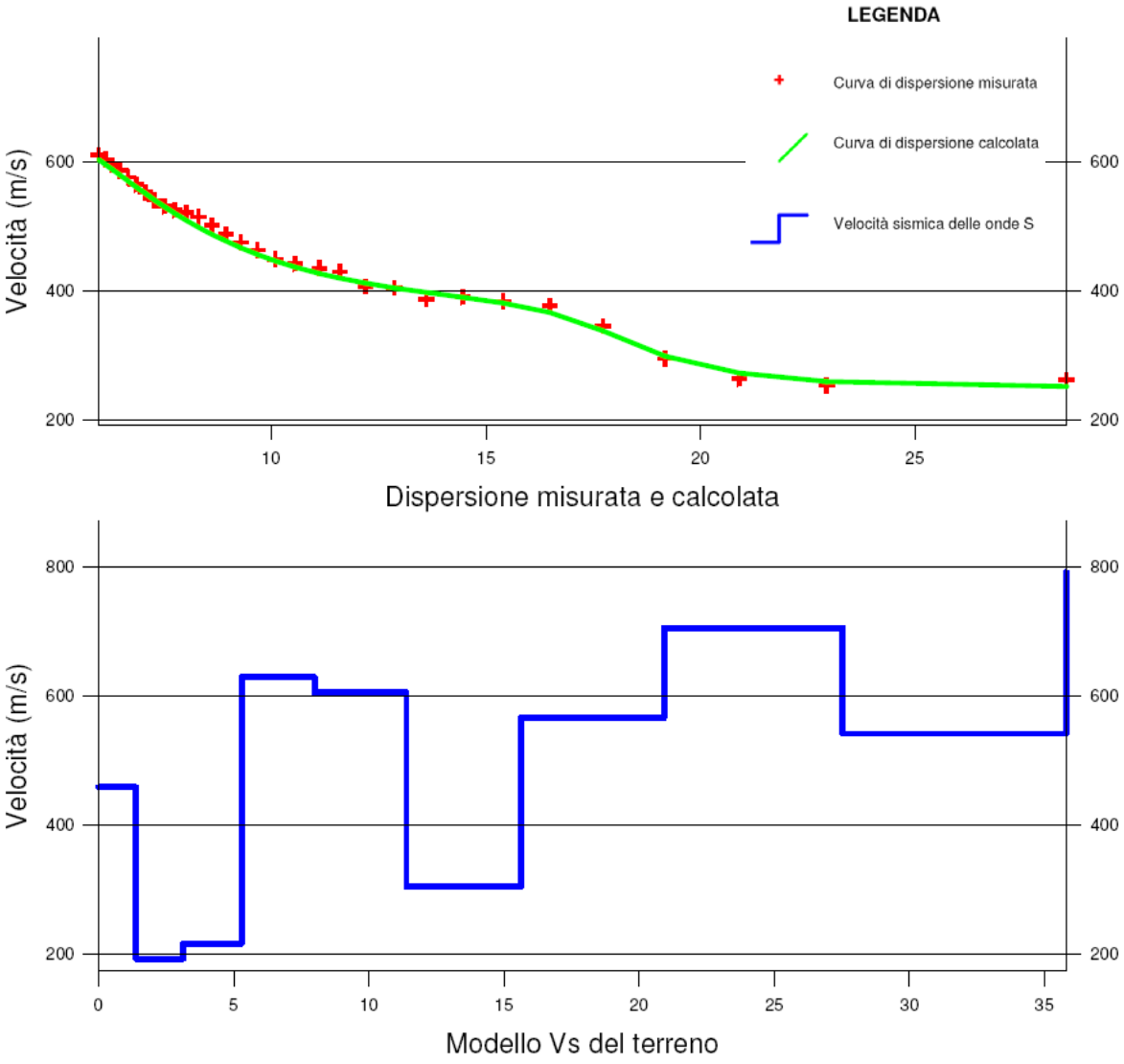
$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in mt) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $Y<10^{-6}$) dello strato iesimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Il valore del periodo fondamentale di vibrazione del terreno e stato calcolato mediante la seguente espressione:

$$To = \frac{4 * \Sigma_{(i=1,\,N)}\, h_i}{\Sigma_{(i=1,\,N)}\, (V_{si} * h)_i / (\Sigma_{(i=1,\,N)}\, h_i)}$$

Le N.T.C. prevedono che il valore di VS_{30} possa essere ottenuto con misure dirette di VS, se disponibili, oppure possa essere ricavato per correlazione sulla base del valore di NSPT.



In letteratura esistono varie correlazioni empiriche determinate per regressione statistica

ricavata da dati plottati, sia in riferimento a prove SPT (Standard Penetration Test) sia a prove CPT (Cone Penetration Test).

La tabella sottostante indica la categoria sismica di appartenenza del suolo di fondazione ed i parametri dello spettro di risposta elastico di normativa.

In base ai valori di Vs_{30} ottenuti, il terreno rientra nella categoria B.

TABELLA DI CALCOLO VS30

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi
0	1.4	458	.003
1.4	3.1	192	.009
3.1	5.3	215	.0101
5.3	8	629	.0043
8	11.4	606	.0056
11.4	15.6	304	.014
15.6	20.9	566	.0093
20.9	27.5	705	.0094
27.5	30	542	.0045

VALORE CALCOLATO VS30 = 433 m/s

Nel caso in esame, peraltro, tale attribuzione trova riscontro anche nella descrizione stratigrafica definita per un suolo di tale categoria, nonché nei valori di coesione, che devono essere inferiori a 70 kPa.

Alla categoria B potranno quindi essere riferiti i valori dei parametri dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali e della componente verticale negli eventuali calcoli dell'azione sismica.

Si allega alla presente relazione il tabulato riassuntivo della prova MASW per la determinazione del Vs_{30}.

Ai sensi dell'atto regionale di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, c. 1, della L.R. 20/2000 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna" che prevede la definizione del fattore di amplificazione (F.A.), una volta definito il valore della Vs_{30} in base agli schemi di cui all'allegato 2 della suddetta norma.

Applicando la tabella prevista per le caratteristiche litologiche, stratigrafiche e geomorfologiche riscontrate quali:

> In ambito costiero caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da potenti orizzonti di ghiaie (spessori metrici, fino a circa 15 m) intercalati in sedimenti alluvionali fini, sabbie costiere superficiali (con spessore fino a 10 m) e substrato poco profondo (25-60 m da p.c.) (COSTA 2) si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

Vs_{30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.5	1.2	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < To < 0.5s

Vs_{30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.8	1.7	1.4	1.2	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < To < 1.0s

Vs_{30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.4	2.3	2.1	1.8	1.5	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

è possibile definire, con approssimazione al valore maggiormente prossimo – nel caso Vs 450 m/s - per il sito indagato un valore del **F.A. P.G.A.** pari a **1.7**, un valore del **F.A. Intensità spettrale** ($0.1s < T_o < 0.5s$) pari a **1.8** ed un valore del **F.A. Intensità spettrale** ($0.5s < T_o < 1.0s$) pari a **1.4**.

CONCLUSIONI

Le indagini e gli studi geologici condotti sull'area di intervento oggetto della costruzione di un fabbricato ad uso artigianale hanno evidenziato la seguente situazione nell'area considerata:

- La morfologia locale risulta completamente pianeggiante; la fascia d'interesse, in conseguenza di fenomeni di intense precipitazioni, non è soggetta ad allagamenti ed alluvionamenti di particolare consistenza in quanto presente una naturale rete di drenaggio superficiale e profonda verso la zona a mare.

- La stratigrafia locale si presenta sostanzialmente omogenea, fino alle profondità investigate.

- I criteri costruttivi da adottarsi per le nuove infrastrutture potranno consistere nell'uso di fondazioni dirette su plinti, travi rovescie e/o platee impostate nei terreni superficiali e a bassa profondità (2.50-3.00 mt da p.c.) con buone caratteristiche geotecniche e cedimenti rientranti nei minimi in considerazione delle tipologie strutturali adottate.

- Ciò che andrà a prevedere il presente progetto esecutivo di intervento non comporterà sostanziali variazioni agli equilibri idrogeologici esistenti nell'area.

1) Non saranno pregiudicati i fenomeni di infiltrazione delle acque nel sottosuolo, in quanto la bassissima permeabilità della copertura superficiale permetterà

comunque scarsa interferenza da parte di piogge ed acque di scorrimento superficiale con il substrato. Andranno però adottate le opportune cautele nella realizzazione di impianti ed attrezzature ad alto impatto ambientale.

2) Il regime idrogeologico non verrà alterato e/o modificato dall'esecuzione di scantinati con profondità modeste (3 - 5 mt) e dalle strutture di fondazione, opere queste del tutto statiche e non determinanti sul comportamento dinamico dell'acquifero stesso.

Le verifiche di stabilità condotte permettono di individuare valori dei coefficienti di sicurezza, nelle condizioni differenti condizioni ipotizzate, ampiamente superiori ai minimi di legge.

Il trasferimento delle sollecitazioni ai terreni di fondazione verrà calcolato in funzione sia dei carichi verticali della struttura che a possibili problemi riconducibili alla situazione di stabilità dell'area.

Il modulo di fondazione ε andrà stabilito in funzione dell'ubicazione e della tipologia di fondazione adottata.

Se ne conclude quindi che sul territorio interessato dall'indagine non esistano attualmente zone critiche all'edificabilità, sia in condizione normale che sismica, mentre le condizioni costruttive sono nel complesso buone e si potranno adottare normali criteri di edificazione sia per opere interrate che per nuove fondazioni.

Eventuali asimmetrie del carico applicato da differenti corpi di fabbrica, ed i relativi cedimenti, potranno generare cedimenti differenziali cospicui.

Pertanto andrà prevista in fase progettuale ed esecutiva la realizzazione di giunti tecnici tra eventuali corpi di fabbrica aventi differente forma ed incidenza ad evitare possibili tensioni nella struttura derivanti da cedimenti differenziali indotti.

Sono stati verificati i parametri ed i valori calcolati; particolare attenzione è stata posta nella valutazione dei carichi effettivamente trasmessi ai terreni fondazionali.

Dovranno inoltre essere realizzate adeguate opere di impermeabilizzazione; i carichi di esercizio potranno essere prossimi a quelli massimi calcolati curando in particolare le zone di contatto tra diversi corpi di fabbrica.

In tali aree dovranno essere considerate le possibili influenze reciproche tra le tipologie fondazionali adottate.

I cedimenti massimi effettivi assoluti risultano in conformità con le caratteristiche litologiche dei terreni incontrati; i relativi cedimenti differenziali assumeranno valori massimi in corrispondenza della zona di contatto tra differenti corpi fondazionali in funzione delle possibili modalità di carico ed incidenza sul terreno dei diversi corpi di fabbrica.

Il valore del coefficiente di sottofondo K_t risulta pari a 2.20 kg\cmc, variabile in funzione del tipo di struttura e della tipologia fondazionale adottata.

Per valutare 1'analisi della risposta sismica del sito e la determinazione della Vs_{30} si è impiegata la tecnica che utilizza le onde superficiali tipo MASW.

In base ai valori di Vs_{30} ottenuti, il terreno investigato rientra nella categoria B.

Nel caso in esame, peraltro, tale attribuzione trova riscontro anche nella descrizione stratigrafica definita per un suolo di tale categoria.

Alla categoria B potranno quindi essere riferiti i valori dei parametri dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali e della componente verticale negli eventuali calcoli dell'azione sismica.

Se ne conclude quindi che sul territorio interessato dall'indagine non esistano attualmente zone critiche all'edificabilità, sia in condizione normale che sismica, mentre le condizioni costruttive sono nel complesso buone e si potranno adottare normali criteri di edificazione sia per opere interrate che per nuove fondazioni.

In riferimento alla vigente normativa si dichiara che in ottemperanza al paragrafo 6.2.2 delle NTC, e successive disposizioni e chiarimenti normativi, le indagini hanno riguardato la parte di terreno significativo ai fini previsti ed in particolare la parte di sottosuolo influenzabile dalla costruzione dell'opera e/o che può influenzare il comportamento dell'opera stessa sia in condizioni statiche che sismiche.

Rimini, 20 maggio 2019

PROVE PENETROMETRICHE

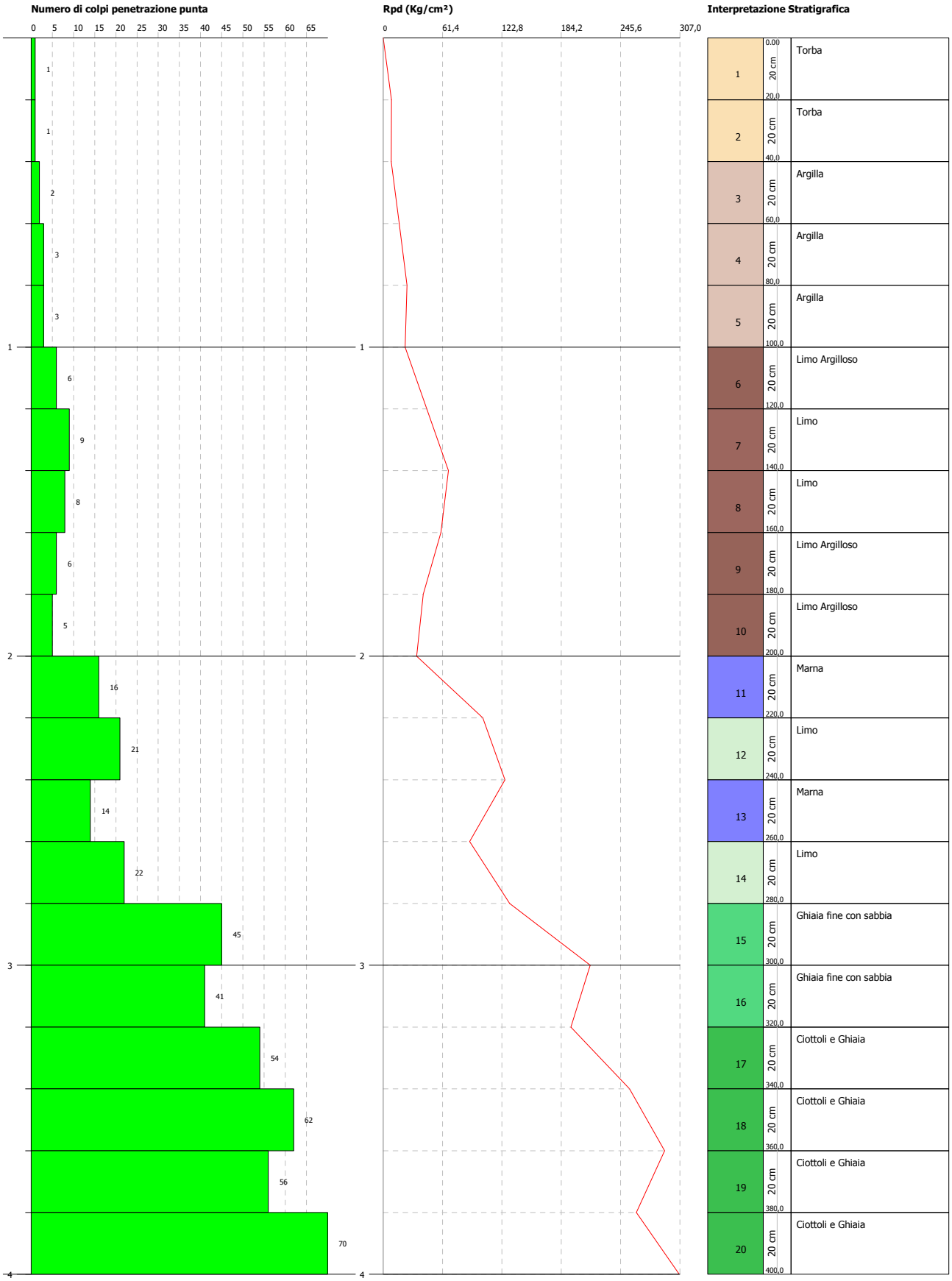
Geostru Software
www.geostru.com
geostru@geostru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 6
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Uni Progetti
Cantiere : Via del Grano
Località : Bornaccino

Data :20/02/2008

Scala 1:18



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 6

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 1	1,5	0,20	Terzaghi-Peck	0,09
Strato 2	1,5	0,40	Terzaghi-Peck	0,09
Strato 3	3,01	0,60	Terzaghi-Peck	0,19
Strato 4	4,51	0,80	Terzaghi-Peck	0,28
Strato 5	4,51	1,00	Terzaghi-Peck	0,28
Strato 6	9,02	1,20	Terzaghi-Peck	0,61
Strato 7	13,54	1,40	Terzaghi-Peck	0,91
Strato 8	12,03	1,60	Terzaghi-Peck	0,81
Strato 9	9,02	1,80	Terzaghi-Peck	0,61
Strato 10	7,52	2,00	Terzaghi-Peck	0,47

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	1,5	0,20	Robertson (1983)	3,00
Strato 2	1,5	0,40	Robertson (1983)	3,00
Strato 3	3,01	0,60	Robertson (1983)	6,02
Strato 4	4,51	0,80	Robertson (1983)	9,02
Strato 5	4,51	1,00	Robertson (1983)	9,02
Strato 6	9,02	1,20	Robertson (1983)	18,04
Strato 7	13,54	1,40	Robertson (1983)	27,08
Strato 8	12,03	1,60	Robertson (1983)	24,06
Strato 9	9,02	1,80	Robertson (1983)	18,04
Strato 10	7,52	2,00	Robertson (1983)	15,04

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato 1	1,5	0,20	Stroud e Butler (1975)	6,88
Strato 2	1,5	0,40	Stroud e Butler (1975)	6,88
Strato 3	3,01	0,60	Stroud e Butler (1975)	13,81
Strato 4	4,51	0,80	Stroud e Butler (1975)	20,69
Strato 5	4,51	1,00	Stroud e Butler (1975)	20,69
Strato 6	9,02	1,20	Stroud e Butler (1975)	41,38
Strato 7	13,54	1,40	Stroud e Butler (1975)	62,12
Strato 8	12,03	1,60	Stroud e Butler (1975)	55,19
Strato 9	9,02	1,80	Stroud e Butler (1975)	41,38
Strato 10	7,52	2,00	Stroud e Butler (1975)	34,50

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
Strato 1	1,5	0,20	Apollonia	15,00
Strato 2	1,5	0,40	Apollonia	15,00
Strato 3	3,01	0,60	Apollonia	30,10
Strato 4	4,51	0,80	Apollonia	45,10
Strato 5	4,51	1,00	Apollonia	45,10
Strato 6	9,02	1,20	Apollonia	90,20
Strato 7	13,54	1,40	Apollonia	135,40
Strato 8	12,03	1,60	Apollonia	120,30
Strato 9	9,02	1,80	Apollonia	90,20
Strato 10	7,52	2,00	Apollonia	75,20

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	1,5	0,20	Classificaz. A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato 2	1,5	0,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato 3	3,01	0,60	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato 4	4,51	0,80	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato 5	4,51	1,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato 6	9,02	1,20	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato 7	13,54	1,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato 8	12,03	1,60	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato 9	9,02	1,80	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Strato 10	7,52	2,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	1,5	0,20	Meyerhof ed altri	1,52
Strato 2	1,5	0,40	Meyerhof ed altri	1,52
Strato 3	3,01	0,60	Meyerhof ed altri	1,64
Strato 4	4,51	0,80	Meyerhof ed altri	1,73
Strato 5	4,51	1,00	Meyerhof ed altri	1,73
Strato 6	9,02	1,20	Meyerhof ed altri	1,94
Strato 7	13,54	1,40	Meyerhof ed altri	2,05
Strato 8	12,03	1,60	Meyerhof ed altri	2,02
Strato 9	9,02	1,80	Meyerhof ed altri	1,94
Strato 10	7,52	2,00	Meyerhof ed altri	1,88

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	1,5	0,20	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1,85
Strato 2	1,5	0,40	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1,85
Strato 3	3,01	0,60	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1,86
Strato 4	4,51	0,80	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1,87
Strato 5	4,51	1,00	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1,87
Strato 6	9,02	1,20	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---
Strato 7	13,54	1,40	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---
Strato 8	12,03	1,60	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---
Strato 9	9,02	1,80	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---
Strato 10	7,52	2,00	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1,90

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 11	24,06	2,20	24,06	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 12	31,58	2,40	31,58	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 13	21,06	2,60	21,06	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 14	33,09	2,80	33,09	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 15	67,68	3,00	67,68	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 16	61,66	3,20	61,66	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 17	81,22	3,40	81,22	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 18	93,25	3,60	93,25	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 19	84,22	3,80	84,22	Gibbs & Holtz 1957	100
Strato 20	105,28	4,00	105,28	Gibbs & Holtz 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 11	24,06	2,20	24,06	Schmertmann (1977) Sabbie	42
Strato 12	31,58	2,40	31,58	Schmertmann (1977) Sabbie	42
Strato 13	21,06	2,60	21,06	Schmertmann (1977) Sabbie	42
Strato 14	33,09	2,80	33,09	Schmertmann (1977) Sabbie	42
Strato 15	67,68	3,00	67,68	Schmertmann (1977) Sabbie	42
Strato 16	61,66	3,20	61,66	Schmertmann (1977) Sabbie	42
Strato 17	81,22	3,40	81,22	Schmertmann (1977) Sabbie	42
Strato 18	93,25	3,60	93,25	Schmertmann (1977) Sabbie	42
Strato 19	84,22	3,80	84,22	Schmertmann (1977) Sabbie	42
Strato 20	105,28	4,00	105,28	Schmertmann (1977) Sabbie	42

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 11	24,06	2,20	24,06	Bowles (1982) Sabbia Media	195,30
Strato 12	31,58	2,40	31,58	Bowles (1982) Sabbia Media	232,90
Strato 13	21,06	2,60	21,06	Bowles (1982) Sabbia Media	180,30
Strato 14	33,09	2,80	33,09	Bowles (1982) Sabbia Media	240,45
Strato 15	67,68	3,00	67,68	Bowles (1982) Sabbia Media	413,40
Strato 16	61,66	3,20	61,66	Bowles (1982) Sabbia Media	383,30
Strato 17	81,22	3,40	81,22	Bowles (1982) Sabbia Media	481,10
Strato 18	93,25	3,60	93,25	Bowles (1982) Sabbia Media	541,25
Strato 19	84,22	3,80	84,22	Bowles (1982) Sabbia Media	496,10
Strato 20	105,28	4,00	105,28	Bowles (1982) Sabbia Media	601,40

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 11	24,06	2,20	24,06	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	76,88
Strato 12	31,58	2,40	31,58	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	92,33
Strato 13	21,06	2,60	21,06	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	70,72
Strato 14	33,09	2,80	33,09	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	95,43
Strato 15	67,68	3,00	67,68	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	166,48
Strato 16	61,66	3,20	61,66	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	154,12
Strato 17	81,22	3,40	81,22	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	194,29
Strato 18	93,25	3,60	93,25	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	219,00
Strato 19	84,22	3,80	84,22	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	200,46
Strato 20	105,28	4,00	105,28	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	243,71

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 11	24,06	2,20	24,06	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 12	31,58	2,40	31,58	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO
Strato 13	21,06	2,60	21,06	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 14	33,09	2,80	33,09	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO
Strato 15	67,68	3,00	67,68	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO
Strato 16	61,66	3,20	61,66	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO
Strato 17	81,22	3,40	81,22	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO
Strato 18	93,25	3,60	93,25	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO
Strato 19	84,22	3,80	84,22	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO
Strato 20	105,28	4,00	105,28	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 11	24,06	2,20	24,06	Meyerhof ed altri	2,06
Strato 12	31,58	2,40	31,58	Meyerhof ed altri	2,15
Strato 13	21,06	2,60	21,06	Meyerhof ed altri	2,01
Strato 14	33,09	2,80	33,09	Meyerhof ed altri	2,16
Strato 15	67,68	3,00	67,68	Meyerhof ed altri	2,37
Strato 16	61,66	3,20	61,66	Meyerhof ed altri	2,30
Strato 17	81,22	3,40	81,22	Meyerhof ed altri	2,65
Strato 18	93,25	3,60	93,25	Meyerhof ed altri	3,15
Strato 19	84,22	3,80	84,22	Meyerhof ed altri	2,75
Strato 20	105,28	4,00	105,28	Meyerhof ed altri	3,95

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 11	24,06	2,20	24,06	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 12	31,58	2,40	31,58	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 13	21,06	2,60	21,06	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 14	33,09	2,80	33,09	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 15	67,68	3,00	67,68	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 16	61,66	3,20	61,66	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 17	81,22	3,40	81,22	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 18	93,25	3,60	93,25	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 19	84,22	3,80	84,22	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Strato 20	105,28	4,00	105,28	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 11	24,06	2,20	24,06	(A.G.I.)	0,31
Strato 12	31,58	2,40	31,58	(A.G.I.)	0,29
Strato 13	21,06	2,60	21,06	(A.G.I.)	0,31
Strato 14	33,09	2,80	33,09	(A.G.I.)	0,29
Strato 15	67,68	3,00	67,68	(A.G.I.)	0,22
Strato 16	61,66	3,20	61,66	(A.G.I.)	0,23
Strato 17	81,22	3,40	81,22	(A.G.I.)	0,19
Strato 18	93,25	3,60	93,25	(A.G.I.)	0,16
Strato 19	84,22	3,80	84,22	(A.G.I.)	0,18
Strato 20	105,28	4,00	105,28	(A.G.I.)	0,14

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 11	24,06	2,20	24,06	Ohsaki (Sabbie pulite)	1292,20
Strato 12	31,58	2,40	31,58	Ohsaki (Sabbie pulite)	1668,63
Strato 13	21,06	2,60	21,06	Ohsaki (Sabbie pulite)	1140,16
Strato 14	33,09	2,80	33,09	Ohsaki (Sabbie pulite)	1743,53
Strato 15	67,68	3,00	67,68	Ohsaki (Sabbie pulite)	3416,22
Strato 16	61,66	3,20	61,66	Ohsaki (Sabbie pulite)	3129,80
Strato 17	81,22	3,40	81,22	Ohsaki (Sabbie pulite)	4055,05
Strato 18	93,25	3,60	93,25	Ohsaki (Sabbie pulite)	4617,25
Strato 19	84,22	3,80	84,22	Ohsaki (Sabbie pulite)	4195,69
Strato 20	105,28	4,00	105,28	Ohsaki (Sabbie pulite)	5175,10

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 11	24,06	2,20	24,06		269,78
Strato 12	31,58	2,40	31,58		309,08
Strato 13	21,06	2,60	21,06		252,4
Strato 14	33,09	2,80	33,09		316,38
Strato 15	67,68	3,00	67,68		452,47
Strato 16	61,66	3,20	61,66		431,88
Strato 17	81,22	3,40	81,22		495,67
Strato 18	93,25	3,60	93,25		531,11
Strato 19	84,22	3,80	84,22		504,74
Strato 20	105,28	4,00	105,28		564,33

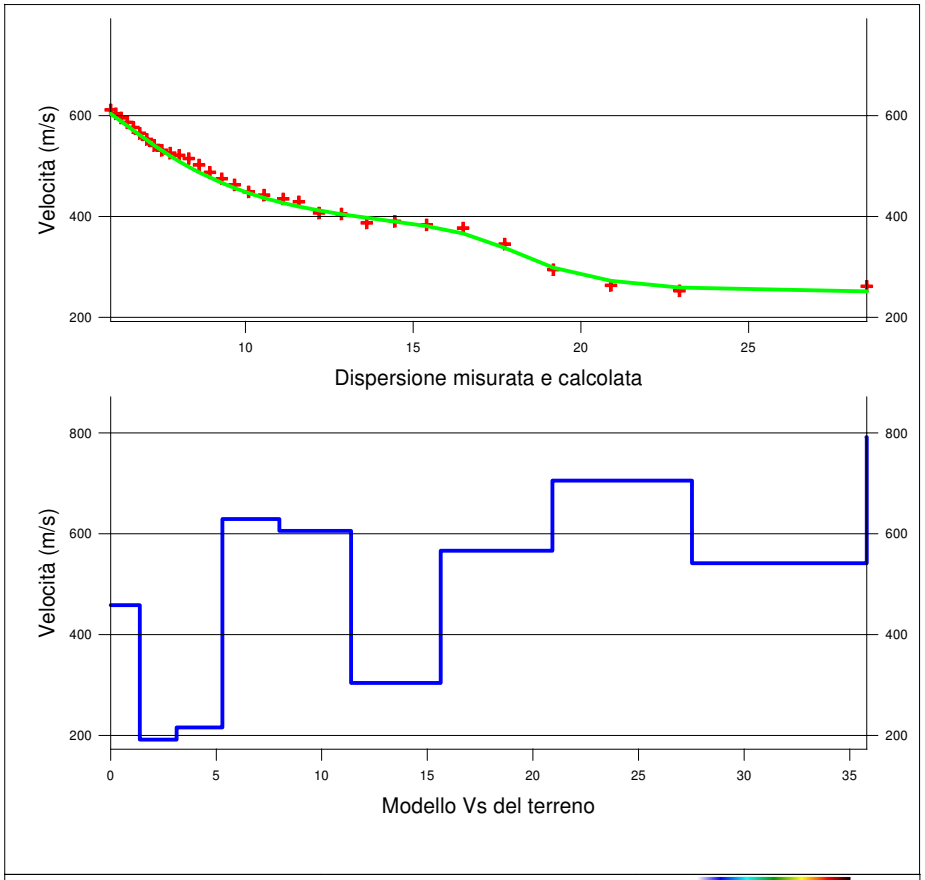
Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 11	24,06	2,20	24,06	Navfac 1971-1982	4,73
Strato 12	31,58	2,40	31,58	Navfac 1971-1982	5,83
Strato 13	21,06	2,60	21,06	Navfac 1971-1982	4,23
Strato 14	33,09	2,80	33,09	Navfac 1971-1982	6,03
Strato 15	67,68	3,00	67,68	Navfac 1971-1982	11,93
Strato 16	61,66	3,20	61,66	Navfac 1971-1982	10,29
Strato 17	81,22	3,40	81,22	Navfac 1971-1982	11,93
Strato 18	93,25	3,60	93,25	Navfac 1971-1982	11,93
Strato 19	84,22	3,80	84,22	Navfac 1971-1982	11,93
Strato 20	105,28	4,00	105,28	Navfac 1971-1982	11,93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 11	24,06	2,20	24,06	Robertson 1983	48,12
Strato 12	31,58	2,40	31,58	Robertson 1983	63,16
Strato 13	21,06	2,60	21,06	Robertson 1983	42,12
Strato 14	33,09	2,80	33,09	Robertson 1983	66,18
Strato 15	67,68	3,00	67,68	Robertson 1983	135,36
Strato 16	61,66	3,20	61,66	Robertson 1983	123,32
Strato 17	81,22	3,40	81,22	Robertson 1983	162,44
Strato 18	93,25	3,60	93,25	Robertson 1983	186,50
Strato 19	84,22	3,80	84,22	Robertson 1983	168,44
Strato 20	105,28	4,00	105,28	Robertson 1983	210,56

DETERMINAZIONE VS_{30}

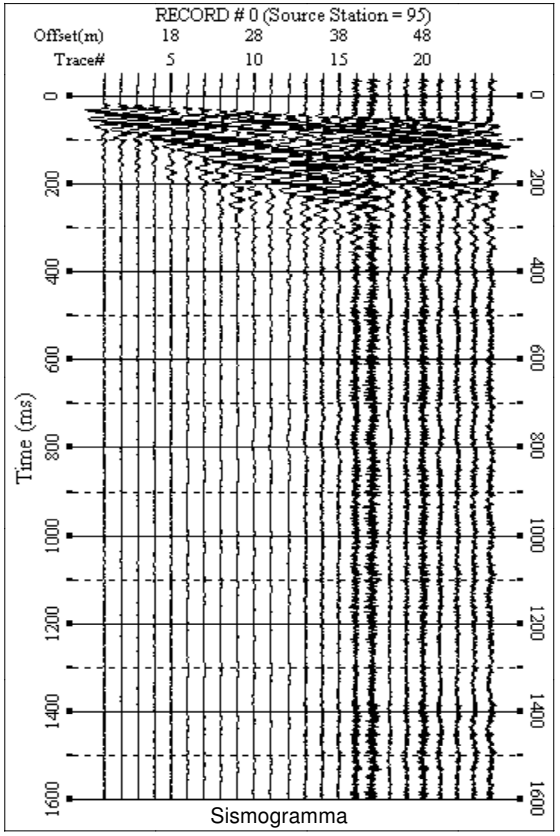


LEGENDA

Curva di dispersione misurata

Curva di dispersione calcolata

Velocità sismica delle onde S



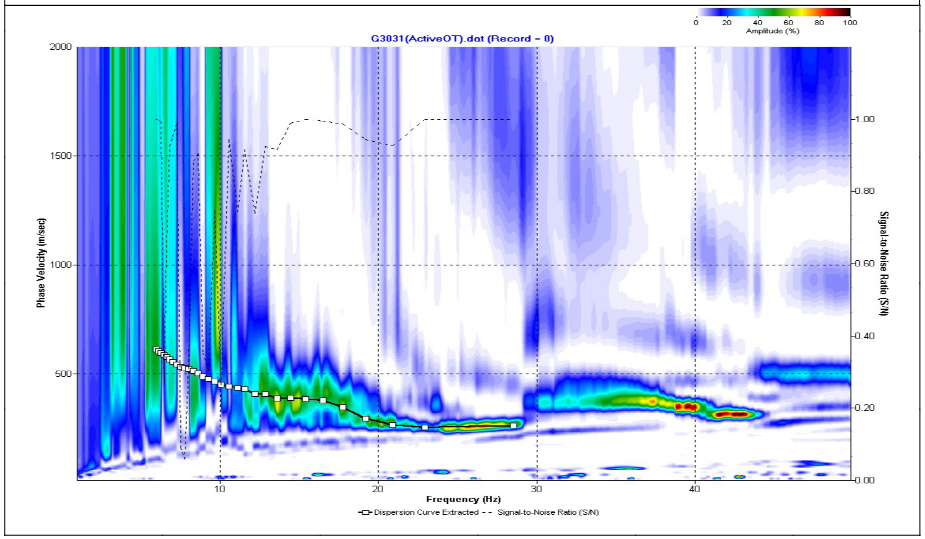


TABELLA DI CALCOLO VS30

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi
0	1.4	458	.003
1.4	3.1	192	.009
3.1	5.3	215	.0101
5.3	8	629	.0043
8	11.4	606	.0056
11.4	15.6	304	.014
15.6	20.9	566	.0093
20.9	27.5	705	.0094
27.5	30	542	.0045

VALORE CALCOLATO VS30 = 433 m/s

PROVA SISMICA VS30

INTERGEO

Santarcangelo di R. - Via del Grano

Prova MASW

VELOCITA' DELLE ONDE S PROVA G3031

All. 2	Dicembre 2007	EEG s.r.l. GEOFISICA ELABORAZIONE DATI