



COMUNE di MANCIANO

Provincia di GROSSETO



"Adeguamento funzionale depuratore a servizio della Frazione di Saturnia"

n° Pdl: MI_FOG-DEP03_06_0140	ID Progetto: LA120013	Elaborato: S T G 01
Relazione Geologica		Emissione: Settembre 2020
		Scala:

<i>Responsabile Unità Sviluppo Infrastrutture:</i> Dott. Arch. Sergio ROSSI	<i>Responsabile Unità Progetti Fognatura e Depurazione:</i> Dott. Ing. Monica MERCURI
---	---

<i>Responsabile del procedimento fase progettazione:</i> Dott. Ing. Monica MERCURI	<i>Progettista :</i> Dott. Ing. Monica MERCURI
--	--

<i>Referente :</i> P.I. Filippo MORI	
--	--

<i>Collaboratori interni:</i> Geom. Carla BARBI Dott. Geol. Andrea CORRETINI Dott. Ing. Angela DI PIETRO	<i>Collaboratori esterni:</i> Dott. Geol. Franco DURANTI
--	--

Revisione	Data revisione	Oggetto	Redatto	Rivisto	Approvato

INDICE

Premessa ed obiettivi del lavoro	pag. 3
Stato di fatto	pag. 3
Descrizione del progetto	pag. 3
Inquadramento geografico	pag. 3
Inquadramento geologico, geomorfologico, idraulico	pag. 9
Idrogeologia	pag. 13
Indagine diretta sui terreni affioranti	pag. 14
Indagine penetrometrica	pag. 14
Indagine sismica	pag. 14
Categoria di sottosuolo	pag. 16
Parametri geotecnici	pag. 17
Pericolosità sismica	pag. 18
Parametri e coefficienti sismici	pag. 20
Conclusioni	pag. 29
Allegato 1	pag. 30
REPORT INDAGINI – 4606	pag. 31
TAVOLA 1 – CARTA GEOLOGICA, CARTA GEOMORFOLOGICA, LIDAR, AEREA E SEZIONE GEOLOGICA	

Premessa e obiettivi del lavoro

Il progetto proposto da Acquedotto del Fiora (AdF), riguarda l'ADEGUAMENTO FUNZIONALE del DEPURATORE di Saturnia, nel Comune di Manciano..

La seguente relazione geologica, secondo l'OdS 2 (Ordine di Servizio 2), descrive le criticità idrogeologiche e idrauliche dell'area in studio, descrive le opere in progetto idonee al miglioramento idrogeologico locale, e definisce la relativa fattibilità geologica e idraulica degli interventi proposti.

3

Stato di fatto

Le condizioni dei luoghi e dei terreni del depuratore esistente, dalle verifiche effettuate durante il sopralluogo, risultano stabili nell'area di monte, dove la struttura della fossa imhoff non presenta lesioni o sintomi di cedimento o di movimento verso valle, mentre nella zona di valle, in prossimità del fosso TS, si notano varie stuccature e "riprese" della serpentina di depurazione e afflusso ai filtri finali. La serpentina, dalla imhoff ai filtri finali, è fondata superficialmente e quindi può essere soggetta, anche per i limitati carichi di esercizio sul terreno, a movimenti e oscillazioni stagionali. Questo fenomeno, che sembra essere assente nella parte di monte, a valle si manifesta in modo evidente. Si segnala la rete della recinzione del depuratore divelta dalle acque meteoriche durante gli ultimi eventi meteorici: in pratica, la parte terminale del depuratore (filtri e serpentina) e la struttura recinzione, nelle condizioni attuali, impediscono il normale deflusso delle acque interferendo e subendo l'attività erosiva dal fosso. Si segnala, infine, che l'attraversamento del fosso TS è sottodimensionato o inesistente e costituisce **punto critico** al deflusso delle acque.

Descrizione del progetto

In Allegato 1, le tavole di progetto:

- Planimetria di Progetto, con lo stato attuale e modificato

Nella Planimetria di Progetto, si individua la sovrapposizione tra lo stato attuale e quello di progetto (Planimetria Impianto) e la Sezione di Progetto (Sezione Impianto), dove si individuano le pendenze del terreno, gli scavi esistenti e da realizzare e la regimazione delle acque in parte prevista nella relazione geologica dello studio di fattibilità iniziale

- Planimetria e Sezione muro

Nella Planimetria si individua la posizione del muro in prossimità del fosso e il suo dimensionamento con altezza variabile tra 1.31m e 1.80m

- Planimetria Pali diametro 60 cm, lunghezza 1200 cm

Nella Planimetria Pali si individua la posizione dei pali e il loro dimensionamento, con diametro 60cm e lunghezza di 12m

Inquadramento geografico

La localizzazione geografica dell'area in studio viene di seguito rappresentata dalla cartografia in scala 1:10.000 della Regione Toscana.

In questo paragrafo sarà data anche una breve descrizione dei vincoli ambientali e paesaggistici eventualmente presenti.

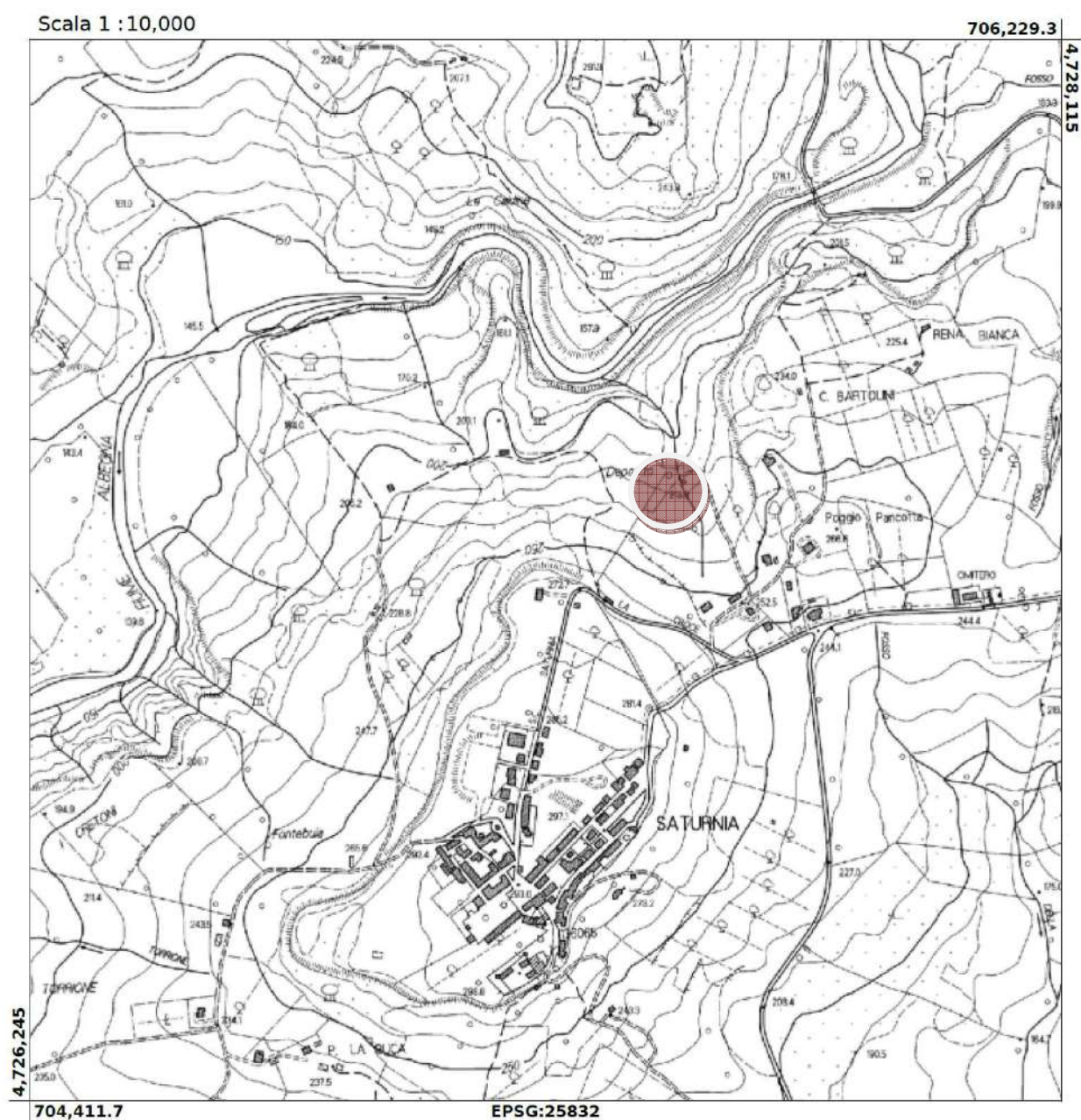
Localizzazione geografica da CTR 332110 scala 1:10000 - piccola scala - Fig. 3



Regione Toscana



Regione Toscana - SITA: Cartoteca



Ubicazione area



Latitudine (WGS84): 42.67113633 [°]
Longitudine (WGS84): 11.50845321 [°]

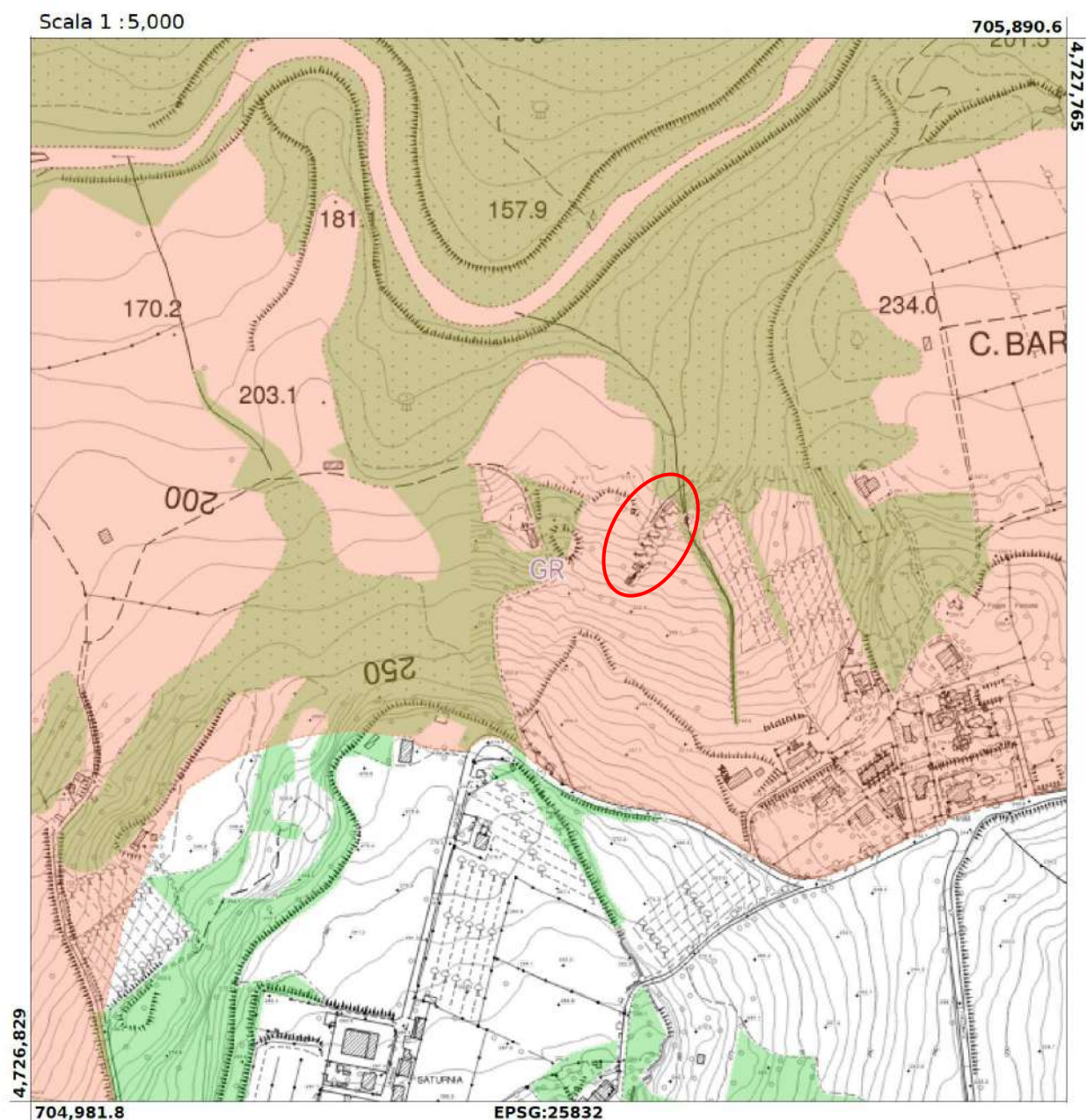
Vincoli ambientali - Fig. 4



Regione Toscana



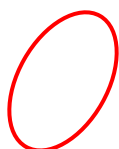
Regione Toscana - SITA: Vincolo idrogeologico



Area soggetta a vincolo idrogeologico R.D. 3267/1923



Ubicazione area



Vincoli paesaggistici - Fig. 5

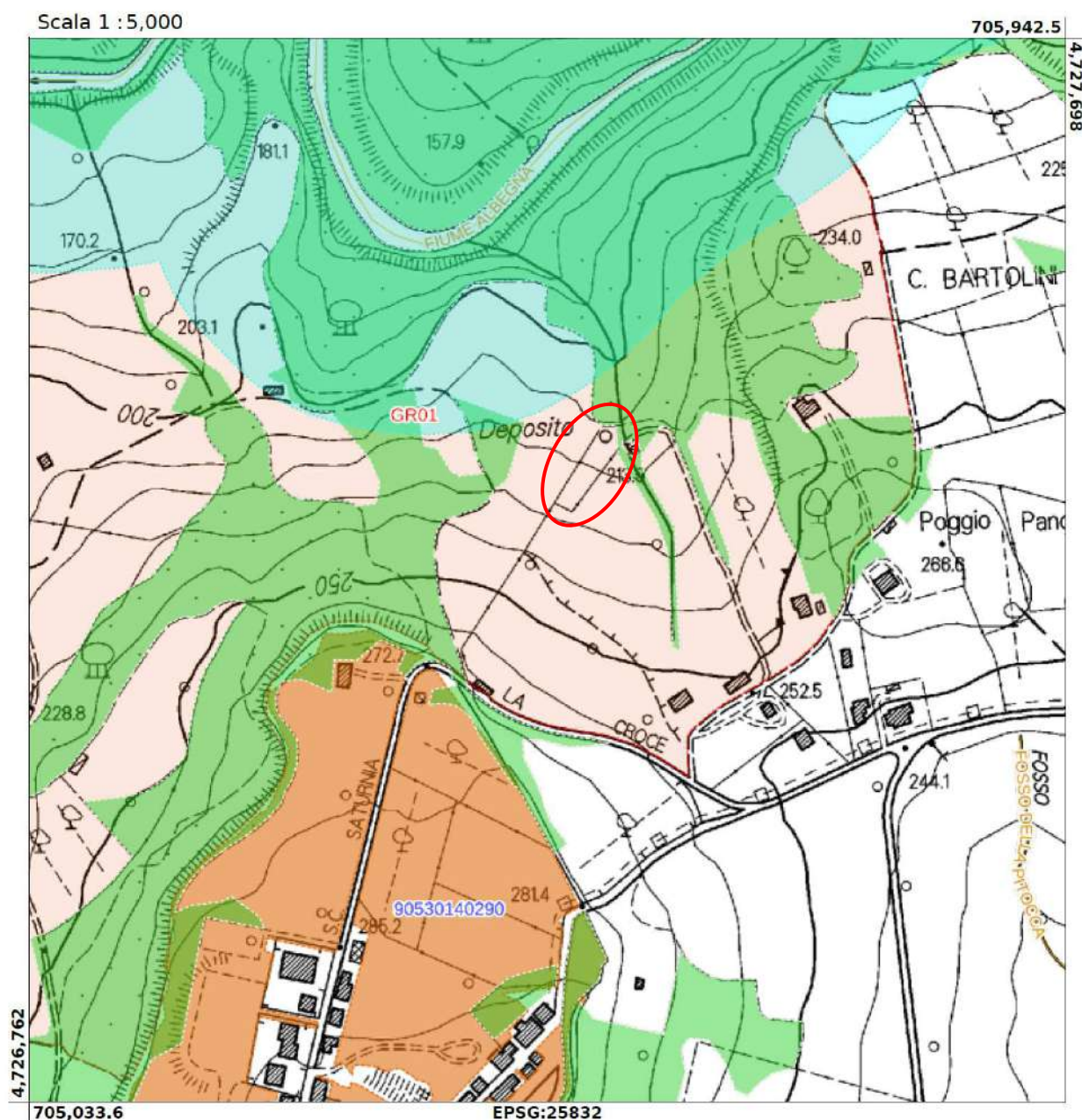


Regione Toscana

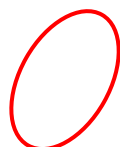


MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI

Cartografia del PIT con valenza di Piano Paesaggistico



Ubicazione area

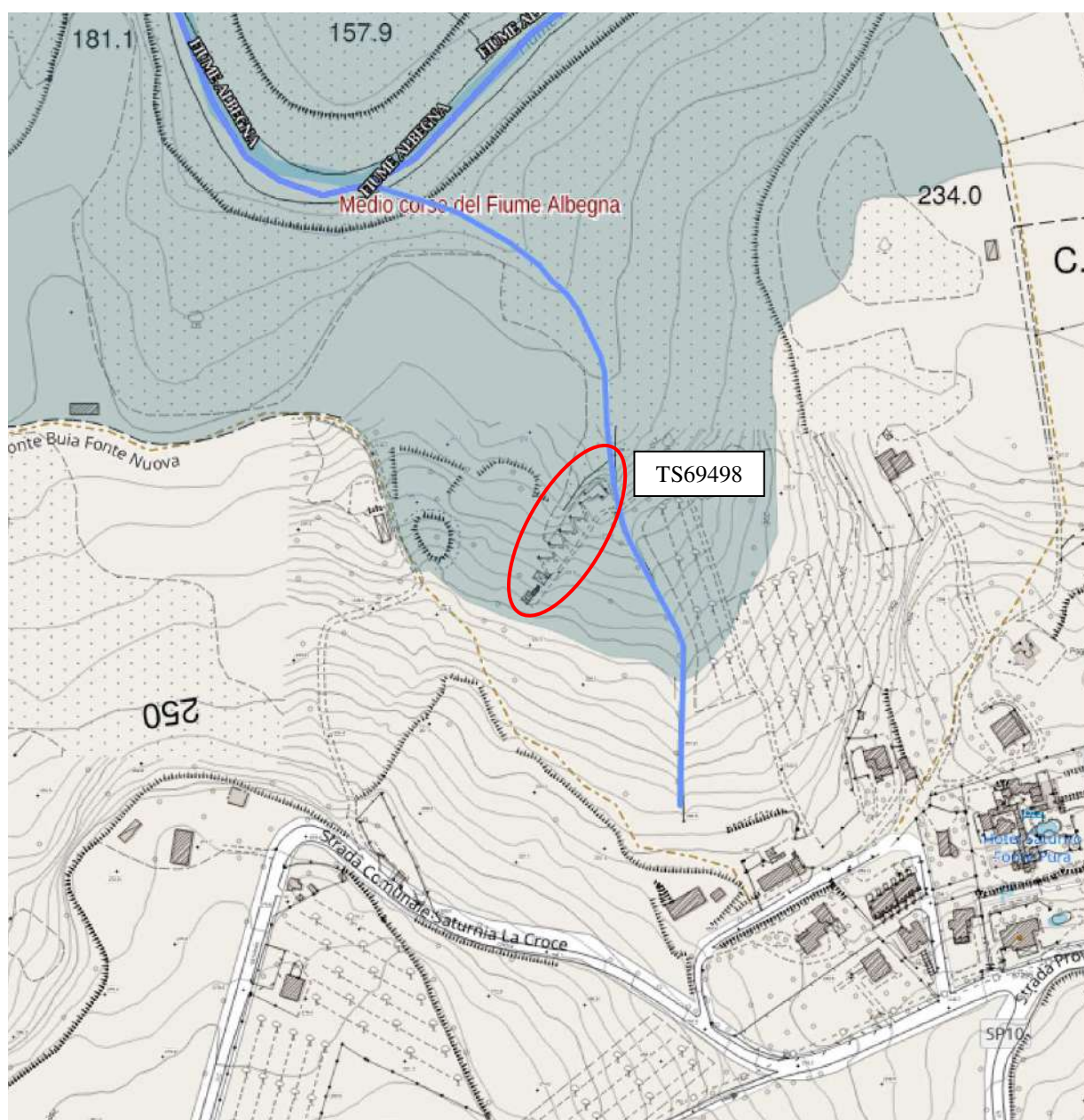


Nell'area del depuratore ricadono le "zone di interesse archeologico" (m)

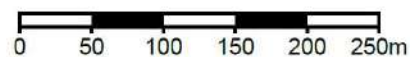
Nell'alveo del fosso, ricadono le "aree boscate" (g)

- ▣ ☒  **Aree tutelate per legge (D. Lgs. 42/2004, art. 142)**
 - ▷ ☒  **Lett. a) - I territori costieri**
 - ▷ ☒  **Lett. b) - I territori contermini ai laghi**
 - ▷ ☒  **Lett. c) - I fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua**
 - ▷ ☒  **Lett. d) - Le montagne per la parte eccedente 1.200 m slm**
 - ▷ ☒  **Lett. e) - I circhi glaciali**
 - ▷ ☒  **Lett. f) - I parchi e le riserve nazionali o regionali**
 - ▷ ☒  **Lett. g) - I territori coperti da foreste e da boschi**
 - ▷ ☒  **Lett. h) - Le zone gravate da usi civici**
 - ▷ ☒  **Lett. i) - Le zone umide**
 - ▷ ☒  **Lett. m) - Le zone di interesse archeologico**

Reticolo di gestione - Fig. 6



04.28.2020



Ret. gestione DCR 20/2019

 Tratto in gestione

 Tratto non in gestione

 Ubicazione area

Siti Natura 2000 - ZSC e ZPS coincidenti (ZSC-ZPS)



Medio corso del F. Albegna

Il fosso TS69498 (DCR 20/2019) è iscritto nel reticolo di gestione

Inquadramento geologico, geomorfologico, idraulico

La ricostruzione del formarsi e l'evolversi dell'ambiente naturale entro il quale è disposto il depuratore di Saturnia, può essere descritto brevemente come di seguito.

La struttura si trova al contatto stratigrafico tra la formazione FAA e STO3, come da carta geologica, è interessata da una coltre detritica superficiale, si trova nei pressi del fosso in gestione TS69498 (DCR 20/2019).

La formazione argilloso-sabbiosa FAA si è depositata durante il Neogene, durante la tettonica distensiva dell'area che contribuì alla trasgressione marina, formando un contatto non continuo e trasgressivo sul substrato STO3, già in posto in precedenza durante la tettonica compressiva. Al contatto tra le due unità litostratigrafiche con caratteristiche litotecniche e di permeabilità molto differenti, è possibile riscontrare, a livello di area complessiva, una generale propensione al dissesto, con frane attive anche dovute all'attività di erosione supplementare del vicino F. Albegna, subito a valle. Dalla carta geomorfologica (Tav. 1), si mettono in evidenza alcune frane attive, distanti dall'area in studio, e una coltre superficiale detritica, confermata durante il sopralluogo (29/04/2020) che interessa il fosso TS e l'area del depuratore. Il letto del fosso TS e l'area circostante, è interessato da accumuli detritici e da una fitta vegetazione che impedisce alle acque di defluire in modo corretto: innalzamento del livello di base. Tutto il versante a monte del depuratore, è interessato da terreni argillosi viscoso-plastici, facilmente erodibili e soggetti, a tratti, a fenomeni di deformazione della coltre superficiale: le acque meteoriche, lungo il versante, sia se incanalate nel fosso TS, parzialmente occluso nel *punto critico*, sia se ruscellanti sul versante, trasportano materiale pelitico e ciottoloso fino in prossimità del depuratore; in questo punto, inoltre, si ha prevalenza di accumulo perché termina il campo seminativo e inizia il bosco che funge da mitigatore, facendo diminuire la velocità di ruscellamento e il trasporto solido.

In Tavola 1, l'inquadramento geologico e geomorfologico da DB Regione Toscana; di seguito una descrizione delle unità litostratigrafiche e degli elementi geomorfologici rilevati per l'area in studio.

FAA – Argille azzurre (Zancleano – Piacenziano)

Argille ed argille siltose grigio –azzurre localmente fossilifere.

STO3 – Calcareniti di Montegrossi (Eocene medio – Sup.)

Unità membro della Scaglia Toscana, costituita da calcari arenacei, marnosi e scisti rosso vinati, passanti in alto a scisti grigi con intercalazioni di calcari verdastri e calcareniti fini.

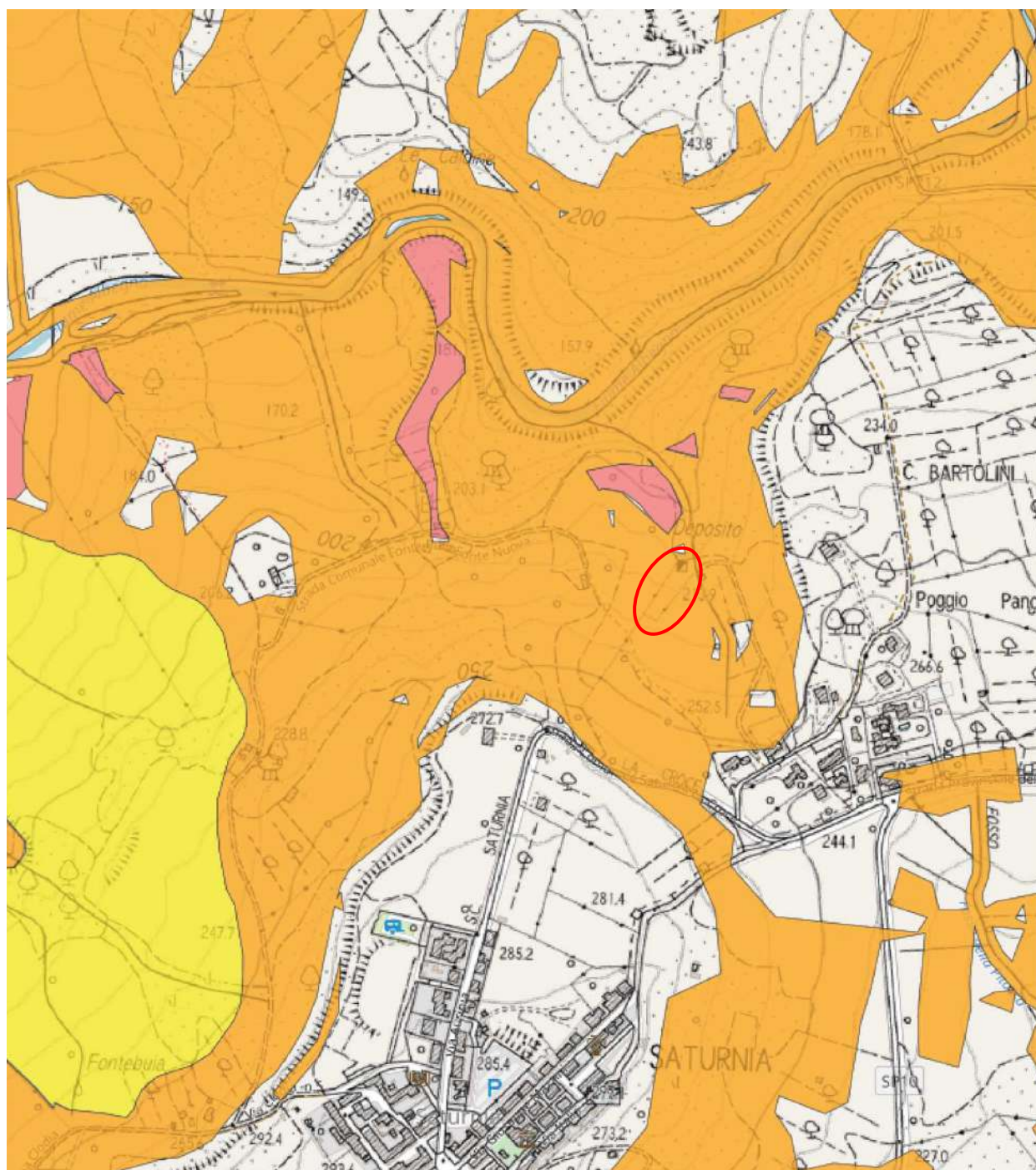
La zona del depuratore ha una pendenza di 10-15° e una quota s. l. m. tra 210 e 230m. I terreni argillosi facilmente erodibili, oltre alla vicinanza delle strutture al ciglio del fosso TS, hanno contribuito a instaurare un regime “selvaggio” delle acque con ruscellamento concentrato nella zona di monte del depuratore (foto 1), e un notevole scalzamento, nella zona di valle prospiciente al fosso TS, probabile causa principale della quiescenza geomorfologica locale.



foto 1

Di seguito le pericolosità dell'area in studio, secondo il PAI e il PGRA.

Pericolosità geologica da PAI 2020 – Fig. 7



04.28.2020

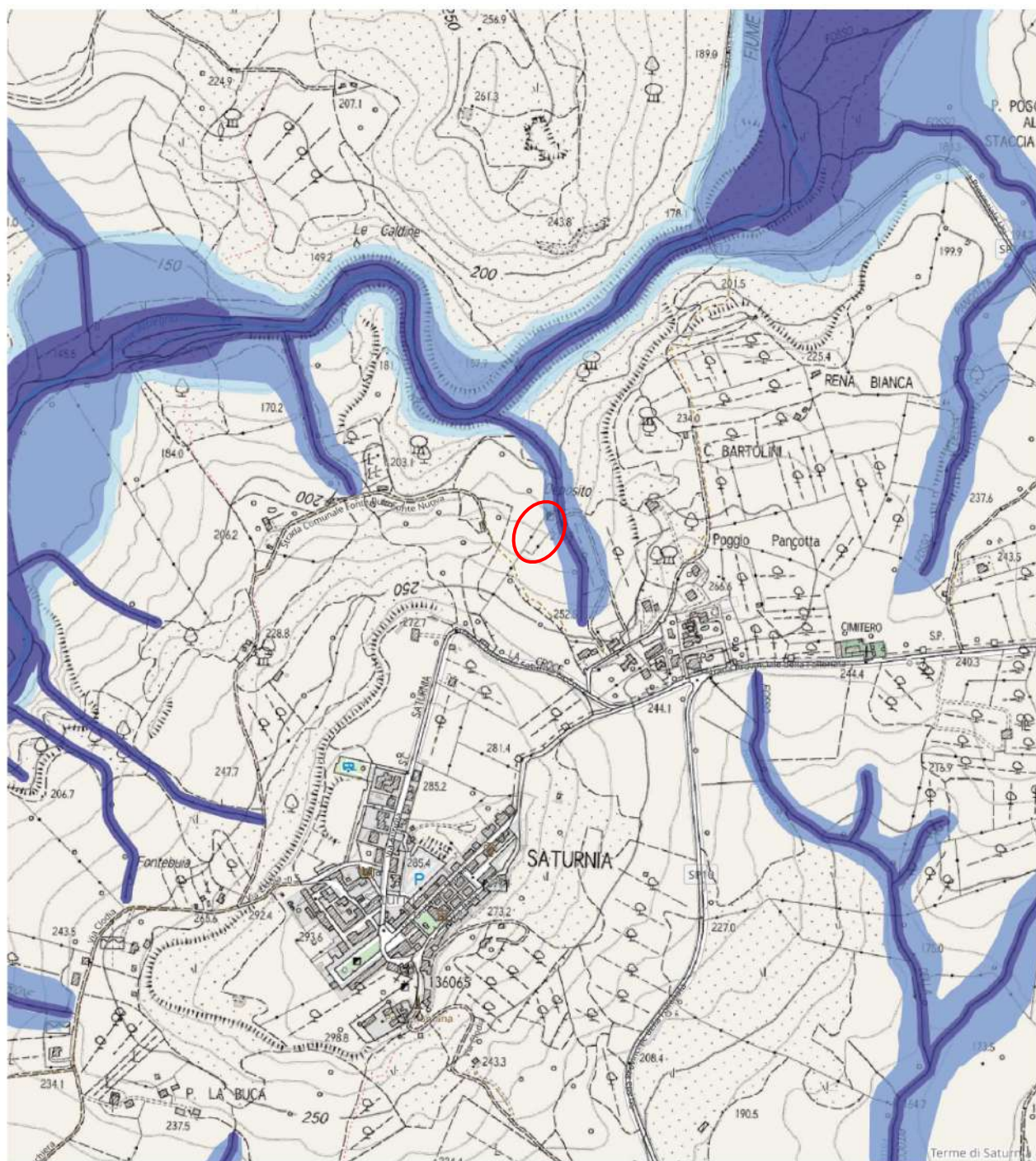
Ubicazione area

L'area ricade in P3b - **Pericolosità elevata (P3a)** – aree potenzialmente instabili, aree non interessate da fenomeni di dissesto attivi ma in cui sono presenti indicatori geomorfologici diretti, quali aree interessate da instabilità in passato e/o segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi, sulla base dei quali non è possibile escludere la riattivazione dei dissesti (Art. 6 – Mappe del PAI 2020)

Pericolosità geomorfologica

- P2
- P3a
- P3b
- P4

Pericolosità idraulica da PGRA – Fig. 8



04.28.2020

Ubicazione area



L'area del depuratore posta a valle, ricade in parte all'interno della P2 pericolosità da alluvione media (P2), corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni (Art. 6 – Mappe del PGRA)

AdF – studio di fattibilità geologica area depuratore di Saturnia (Ods 2) _ 2

0 100 200 300 400 500m

PGRA Pericolosità fluviale

- 1
- 2
- 3

TABELLA COMPARATIVA CLASSI DI PERICOLOSITA' IDRAULICA

L.R. 41/2018	PGRA	53/R/2011
Pericolosità per alluvioni frequenti	P3 – Pericolosità per alluvioni elevata	I.4 – Pericolosità idraulica molto elevata
Pericolosità per alluvioni poco frequenti	P2 – Pericolosità per alluvioni media	I.3 – Pericolosità idraulica elevata
	P1 – Pericolosità per alluvioni bassa	I.2 – Pericolosità idraulica media
		I.1 – Pericolosità idraulica bassa

Idrogeologia

Di seguito si descrivono, in base ai dati in possesso, le condizioni di permeabilità della formazione geologica affiorante, nell'ambito del volume geologico significativo, e in particolare ai corpi idrici sotterranei di riferimento:

- mezzi permeabili per porosità primaria; – presente e variabile in base alla litofacies di riferimento
- mezzi permeabili per porosità secondaria (fessurazione); - presenti in profondità STO3
- mezzi permeabili per porosità secondaria (carsismo o dissoluzione); - assenti nel volume geologico significativo
- mezzi permeabili per porosità mista; - assenti

Di seguito, in via schematica, la descrizione del tipo di acquifero riscontrato nel sito d'intervento e la relativa permeabilità evidenziata in rosso.

Gli acquiferi sono differenziati dagli aquitardi e dagli aquicludi in base al valore del coefficiente di permeabilità idraulica K (vedi *Tabella 1*).

ACQUIFERI					AQUITARDS				AQUICLUDES	
Permeabilità (m/s)										
10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Relative hydraulic conductivity										
Very high		High	Moderate		Low	Very low				

Tabella 1 - Valori di permeabilità per acquiferi, aquitardi e aquicludi

Per gli strati superficiali, i depositi di versante, si può stimare una permeabilità medio bassa (2 – permeabilità medio-bassa da carta litotecnica Regione Toscana); più in profondità, il terreno FAA è impermeabile (IMP)

IM – Impermeabile

FAA

2 - Permeabilità medio-bassa

Depositi di versante

Il quadro idrogeologico evidenziato dalle DPSH, non mettono in evidenza falde superficiali.

Indagini dirette sui terreni affioranti

In accordo con **AdF**, sono state previste le seguenti indagini geologiche, geotecniche e geofisiche come in Allegato 1 (Report Indagini 4606). Puntualmente, in particolare in corrispondenza delle strutture fondali speciali, dovranno essere integrate le indagini geologiche e geognostiche attraverso sondaggi a cc e prove geotecniche sui terreni

Al momento, sono state realizzate:

- **n. 3 prove penetrometriche dinamiche DPSH.**
- **n. 1 profilo sismico a rifrazione in onde P e MASW, lungo lo stesso stendimento.**

14

Interpretazione delle indagini

Indagine penetrometrica

Realizzate dalla Soc. Hera r.l., sono riportate integralmente in Allegato 1.

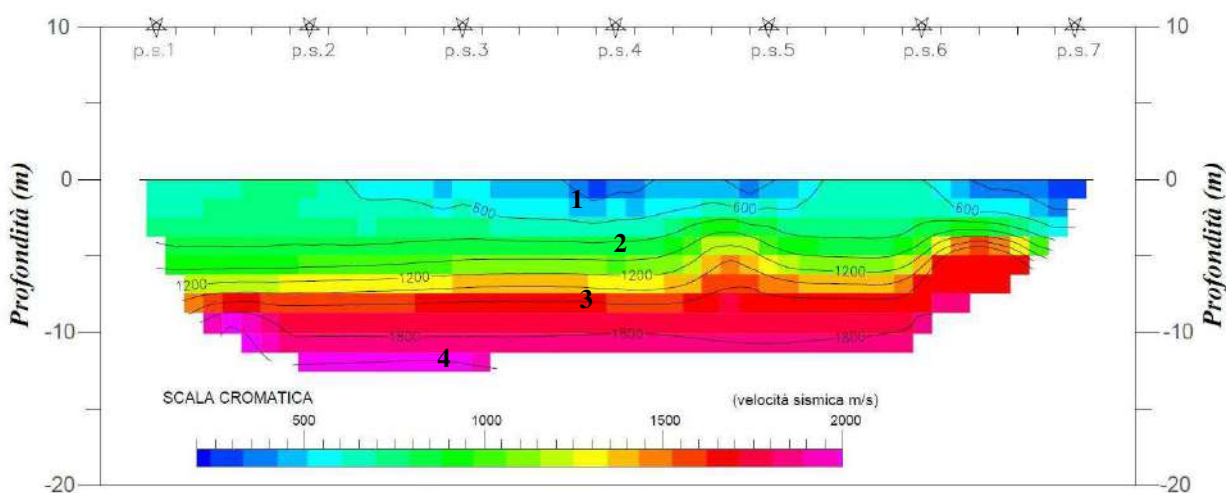
Le prove penetrometriche hanno permesso di indagare solo la porzione superficiale, fino a circa 4.8m, per il rifiuto strumentale avvenuto a tale profondità (DPSH 2). Le altre n.2 DPSH, sono andate a rifiuto a circa 1.5m per la presenza di trovanti e di ciottolame sparso, perdendo di significato ai fini geotecnici.

La loro analisi, mettono in evidenza la presenza di una coltre di alterazione superficiale, riconducibile alla presenza di *depositi di versante*, con caratteristiche geotecniche schematizzate nella Tabella Parametri Geotecnici, più avanti.

Indagine sismica

Realizzate dalla Soc. Hera r.l., sono riportate integralmente in Allegato 1.

La prospezione sismica a rifrazione ha permesso di rappresentare il sottosuolo con un modello di distribuzione della velocità delle onde "P".



Dalla sezione in onde P, in posizione centrale della sezione, si ha una diminuzione della velocità per l'ispessimento della coltre rispetto alle zone sia di monte che di valle.

Dai sismostrati ricavati, intorno a 6-700 m/s, si ha il rifiuto delle penetrometrie. Ad ogni strato vengono assegnati i seguenti parametri in Tabella.

Strati n°	V_p [m/s]	γ [kg/m ³]	ν	ρ [kg/m ³]	V_s [m/s]	E_d [kg/cm ²]	G_o [kg/cm ²]
1	250	1900	0.3	193.75	133.63	899.54	345.98
2	800	2000	0.42	203.94	297.11	5112.93	1800.33
3	1400	2000	0.47	203.94	333.08	6652.09	2262.62
4	2000	2000	0.45	203.94	603.02	21506.74	7416.12

- V_p Velocità medie onde longitudinali
 V_s Velocità medie onde di Taglio
 γ Peso di volume della litologia
 ν Modulo di Poisson (numero puro)
 ρ densità media per lo strato considerato
 E_d Modulo di deformazione dinamico di Young
 G_o Modulo di taglio dinamico

La prospezione sismica MASW, ha permesso di stabilire il modello secondo le onde S, secondo i seguenti sismostrati

PROVA MASW					
Best model			Mean model		
Profondità da P.C (m)		Velocità Onde S (m/s)	Profondità da P.C (m)		Velocità Onde S (m/s)
0	2.4	161	0	2.3	159
2.4	5.4	198	2.3	5.2	203
5.4	10.5	301	5.2	10.0	287
10.5	40	589	10.0	40	587
$V_{s_{eq}} = 375 \text{ m/s}$			$V_{s_{eq}} = 377 \text{ m/s}$		

Il bedrock sismico non è stato incontrato entro i 30m di profondità: le V_s eq, corrispondono, in questo caso, alle $V_{s30} = 375 \text{ m/s}$.

I primi 4-5m dal p.c., nel punto delle indagini e della DPSH 2 (unica prova significativa realizzata), sono terreni con caratteristiche geotecniche scadenti, con V_s tra 160 e 200 m/s e con valori di SPT normalizzati pari a 3-4.

CATEGORIA DI SUOLO NTC 2018

In tabella, le categorie di suolo secondo le NTC 2018. Per il sito di intervento, la categoria di suolo è quella "C".

suolo di fondazione	Vs30	Nspt - Cu
Categoria A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.	>800m/sec.	
Categoria B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	>360m/sec. <800m/sec.	Nspt>50 Cu>250kPa
Categoria C – $V_{seq} = 375 \text{ m/s}$ Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.	>180m/sec. <360m/sec	15<Nspt<50, 70<Cu<250kPa
Categoria D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.	>100m/sec. <180m/sec	Nspt<15 Cu<70kPa
Categoria E Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m.	<360m/sec	

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore h(strato) e dalla velocità delle onde S Vs (strato).

Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vs,eq è definita dal parametro Vs30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Parametri geotecnici

I parametri geotecnici ricavati sono i seguenti.

Tabelle parametri geotecnici indicativi

n° strato		Descrizione	γ	Cu	Φ_m	c'm	Mo
	Base strato		[KN/mc]	[KPa]	(°)	[KPa]	[KPa]
1		Deposito di Versante Limi argille e pezzame lapideo da minuto fino a ciottolo pluricentricimetrico	18	20-30	23	10	3000-4000
	-5	Vs tra 160 e 200 m/s SPT norm. 3-4					
	-10	Vs tra 300-330 m/s					
2		Argille grigio azzurre	20	>100	28	30	>8000

γ	Cu	Φ_m	c' m	Mo
Peso volume naturale	Coesione non drenata	Angolo di attrito di picco	Coesione drenata media	Modulo di deformazione edometrico

Pericolosità sismica

La **classificazione sismica** del territorio nazionale ha introdotto **normative tecniche** specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

In basso è riportata la **zona sismica** per il territorio comunale di Manciano, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Deliberazione della Giunta Regionale Toscana n. 421 del 26 maggio 2014.

Zona sismica 3	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.
---------------------------------	---

18

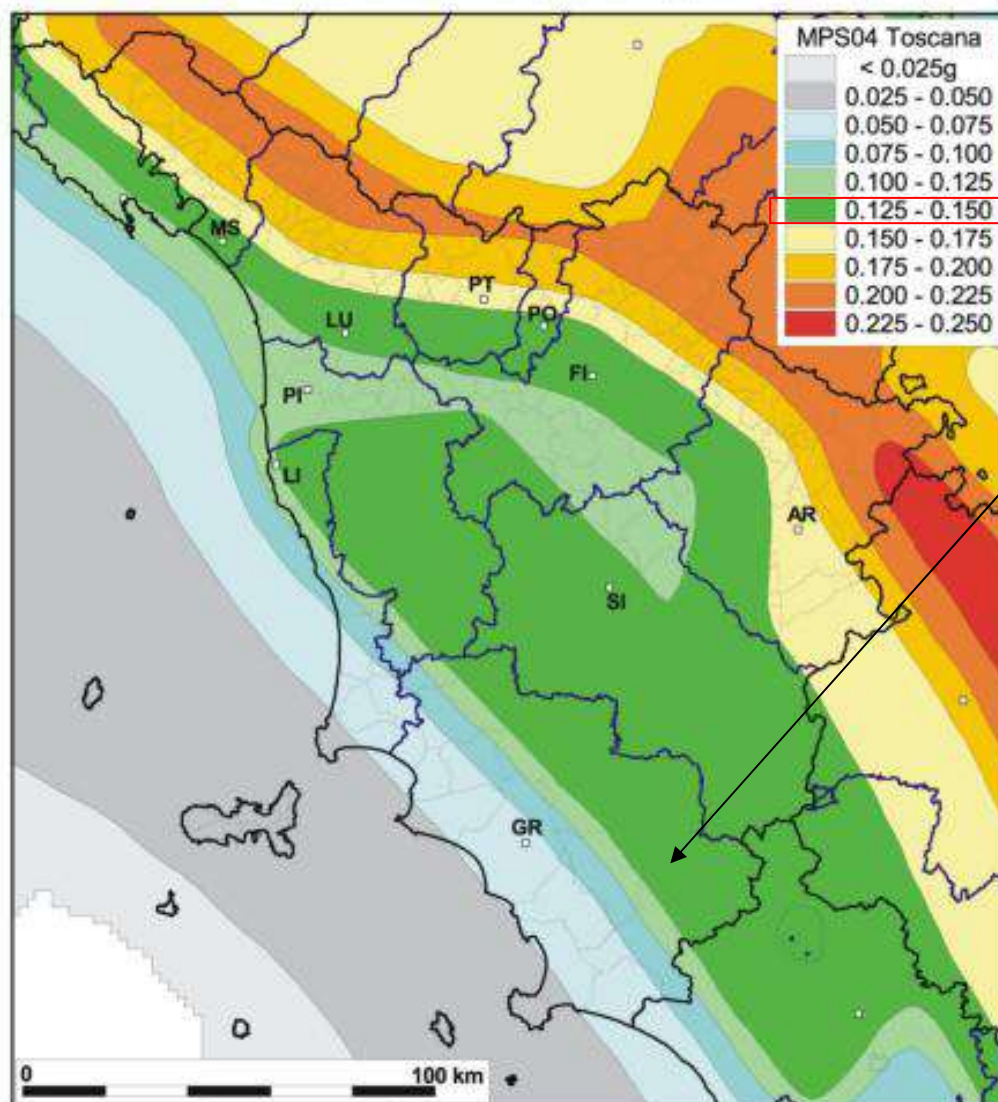
I criteri per l'aggiornamento della mappa di **pericolosità sismica** sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'**accelerazione orizzontale massima (ag)** su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

<i>Zona sismica</i>	<i>Descrizione</i>	<i>accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]</i>	<i>accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]</i>	<i>numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)</i>
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25 \text{ g}$	0,35 g	707
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.198
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g	2.855
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari e con accelerazioni modeste.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	2.244

A seguito della fusione di alcuni comuni toscani, la classificazione è stata aggiornata con l'approvazione della DGRT n. 878 dell'08/10/2012.

Mappa Pericolosità Sismica Toscana – Fig. 9

Mappa di pericolosità sismica (MPS) della Toscana (mappa mediana al 50° percentile).
I valori di accelerazione sono riferiti ad un tempo di ritorno pari a 475 anni (INGV, 2004)



Parametri e coefficienti sismici

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

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

20

VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nel **DM 17 gennaio 2018**-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

dove:

V_R = periodo di riferimento

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità. I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.1. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. - Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nel caso specifico $V_N = 50$ anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

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

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere

infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $C_U = 1.0$;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $C_U = 1.5$;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame (depuratore) viene presa in considerazione la **classe d'uso I** a cui è associato il coefficiente d'uso **$C_U = 0.7$** .

Ricavati i valori di V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:

$$V_R = 50 * 0.7 = 35 \text{ anni.}$$

STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

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

Gli stati limite ultimi sono:

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

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

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

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

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

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

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

Poiché è **$V_R = 35$ anni**, il tempo di ritorno T_R sarà:

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

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$T_R = 30$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$T_R = 35$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$T_R = 332$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$T_R = 682$

Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

Coefficienti sismici

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

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

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso

della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

23

Con

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

$a_{\max}$ accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella.

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

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

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

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_S \leq 1.80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto a_g/g . S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

T1: $S_T = 1.0$; **T2:** $S_T = 1.20$; **T3:** $S_T = 1.20$; **T4:** $S_T = 1.40$.

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn): 50 [anni]

Classe d'uso: I

Coefficiente d'uso (Cu): 0,7

Periodo di riferimento (Vr): 35 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLD: 35 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLV: 332 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 682 anni

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 42,6711998 [°]

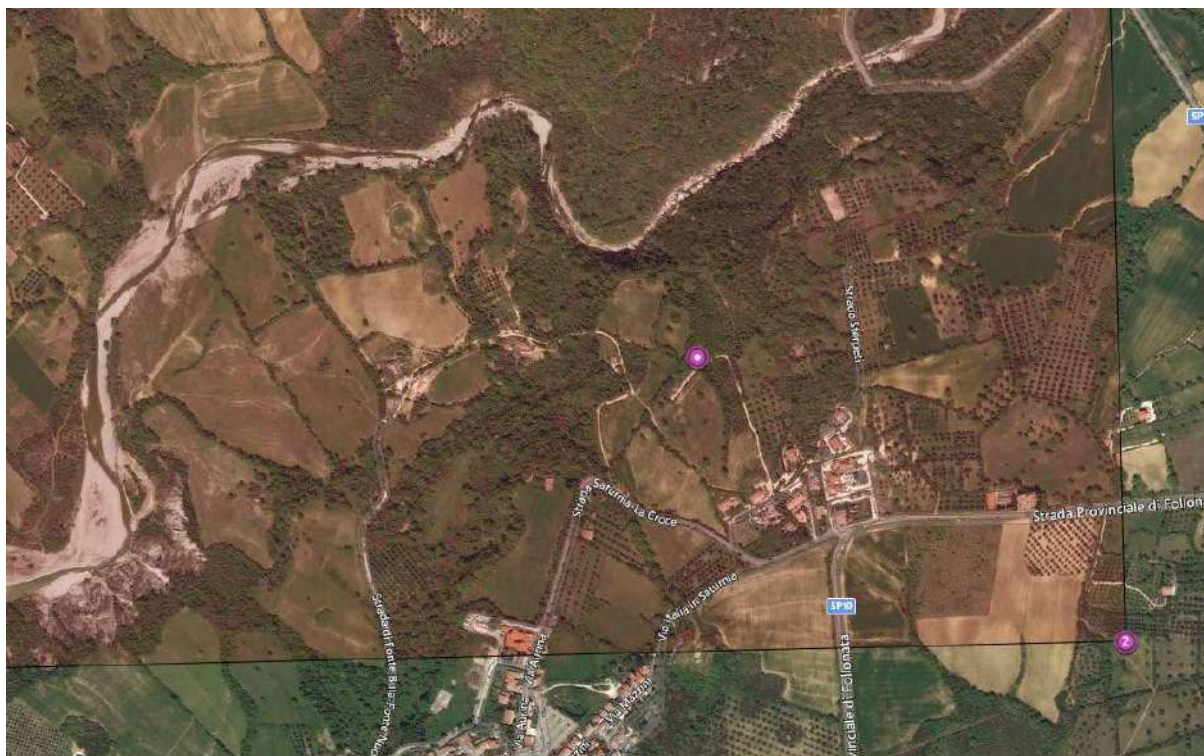
Longitudine (WGS84): 11,5084352 [°]

Latitudine (ED50): 42,6721802 [°]

Longitudine (ED50): 11,5093956 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	24945	42,666810	11,450010	4891,89
2	24946	42,667990	11,517970	841,86
3	24724	42,717980	11,516370	5124,33
4	24723	42,716790	11,448360	7034,60



Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,037	2,552	0,218
SLD	35	0,040	2,537	0,227
	50	0,047	2,504	0,250
	72	0,055	2,531	0,255
	101	0,063	2,533	0,263
	140	0,072	2,508	0,268
	201	0,083	2,512	0,270
SLV	332	0,100	2,502	0,275
	475	0,114	2,494	0,279
SLC	682	0,129	2,499	0,281
	975	0,146	2,504	0,283
	2475	0,193	2,541	0,288

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,040	2,551	0,223
SLD	35	0,043	2,533	0,230
	50	0,052	2,493	0,250
	72	0,060	2,518	0,256
	101	0,071	2,468	0,263
	140	0,081	2,478	0,263
	201	0,095	2,454	0,267
SLV	332	0,114	2,459	0,271
	475	0,131	2,464	0,274
SLC	682	0,147	2,474	0,277
	975	0,166	2,484	0,280
	2475	0,218	2,543	0,286

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,042	2,513	0,232
SLD	35	0,046	2,507	0,237
	50	0,055	2,493	0,248
	72	0,064	2,486	0,257
	101	0,075	2,469	0,260
	140	0,086	2,462	0,263
	201	0,099	2,459	0,266
SLV	332	0,119	2,463	0,271
	475	0,136	2,466	0,274
SLC	682	0,153	2,480	0,277
	975	0,172	2,495	0,280
	2475	0,223	2,557	0,287

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,039	2,551	0,222
SLD	35	0,042	2,535	0,230
	50	0,051	2,498	0,249
	72	0,059	2,523	0,256
	101	0,069	2,479	0,263
	140	0,079	2,489	0,263
	201	0,092	2,461	0,266
SLV	332	0,111	2,463	0,271
	475	0,128	2,465	0,274
SLC	682	0,144	2,474	0,277
	975	0,163	2,484	0,279
	2475	0,214	2,537	0,285

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,040	2,547	0,223
SLD	35	0,043	2,531	0,231
SLV	332	0,113	2,465	0,271
SLC	682	0,146	2,478	0,277

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T2: Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,013	0,014	0,049	0,062
kv	0,006	0,007	0,024	0,031
amax [m/s ²]	0,704	0,760	1,991	2,536
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,072	0,077	0,203	0,259
kv	0,036	0,039	0,102	0,129
amax [m/s ²]	0,704	0,760	1,991	2,536
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,014	0,015	0,049	0,062
kv	0,007	0,008	0,024	0,031
amax [m/s ²]	0,704	0,760	1,991	2,536
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

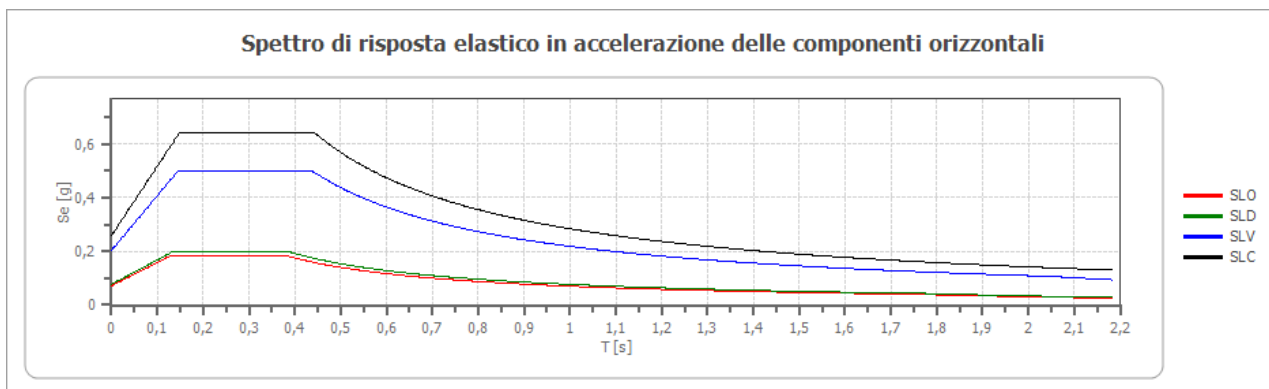
Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,036	0,077	--
kv	--	0,018	0,039	--
amax [m/s ²]	0,704	0,760	1,991	2,536
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,036	0,077	--
kv	--	0,018	0,039	--
amax [m/s ²]	0,704	0,760	1,991	2,536
Beta	--	0,470	0,380	--

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



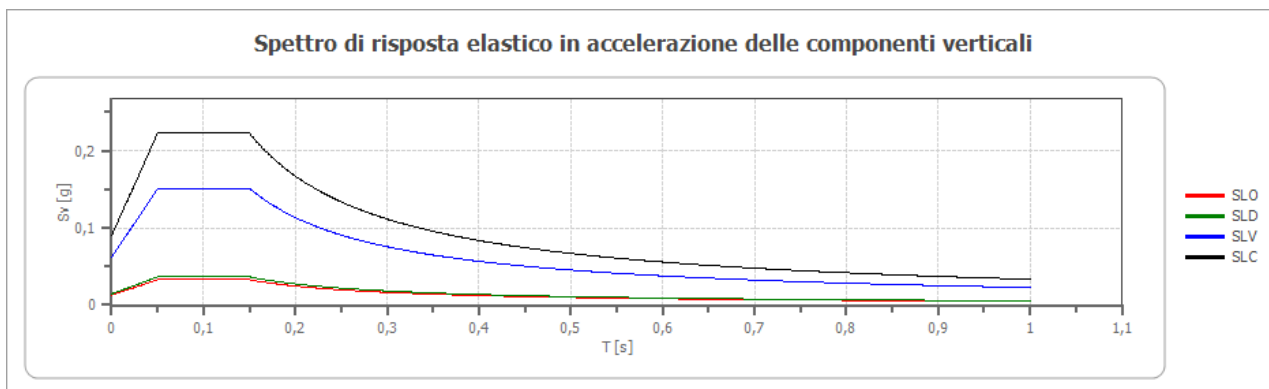
28

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	0,7	0,040	2,547	0,223	1,500	1,720	1,200	1,800	1,000	0,128	0,384	1,760	0,072	0,183
SLD	0,7	0,043	2,531	0,231	1,500	1,700	1,200	1,800	1,000	0,131	0,392	1,772	0,077	0,196
SLV	0,7	0,113	2,465	0,271	1,500	1,610	1,200	1,800	1,000	0,146	0,437	2,051	0,203	0,501
SLC	0,7	0,146	2,478	0,277	1,480	1,600	1,200	1,776	1,000	0,148	0,444	2,182	0,259	0,641

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	0,7	0,040	2,547	0,223	1	1,720	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,033
SLD	0,7	0,043	2,531	0,231	1	1,700	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,014	0,037
SLV	0,7	0,113	2,465	0,271	1	1,610	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,061	0,151
SLC	0,7	0,146	2,478	0,277	1	1,600	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,090	0,223

Conclusioni

Considerando le indagini eseguite, viste le pericolosità dell'area, lo scrivente esprime parere favorevole alla realizzazione delle opere previste nel progetto dello studio di fattibilità.

Opere di regimazione delle acque: fattibilità geologica 2 e fattibilità idraulica di classe 4.

Opere strutturali (strutture e pali): fattibilità geologica 3 e fattibilità idraulica di classe 4.

L'aspetto geotecnico relativo alle indagini geognostiche e geotecniche, da realizzare per la progettazione delle strutture in particolare per le fondazioni speciali (pali), sarà approfondito per il progetto definitivo/esecutivo.

29

Grosseto, 18.09.2020

D. M. Franco Duranti geologo

ALLEGATO 1

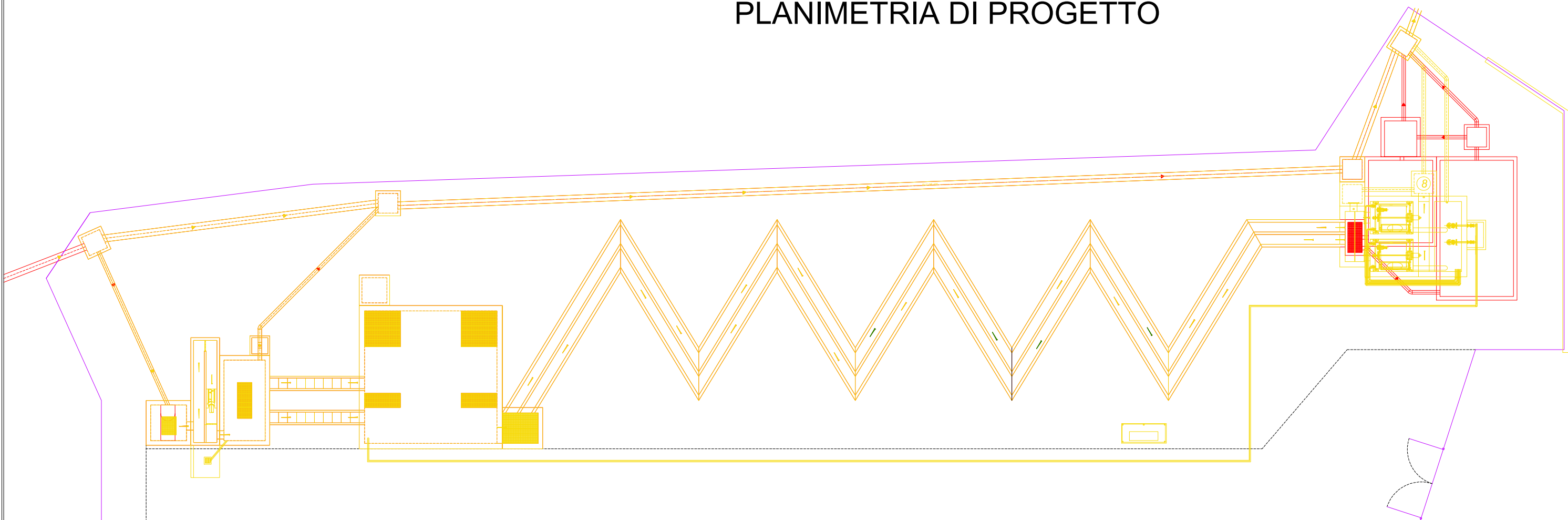
Planimetria di Progetto

Planimetria Pali

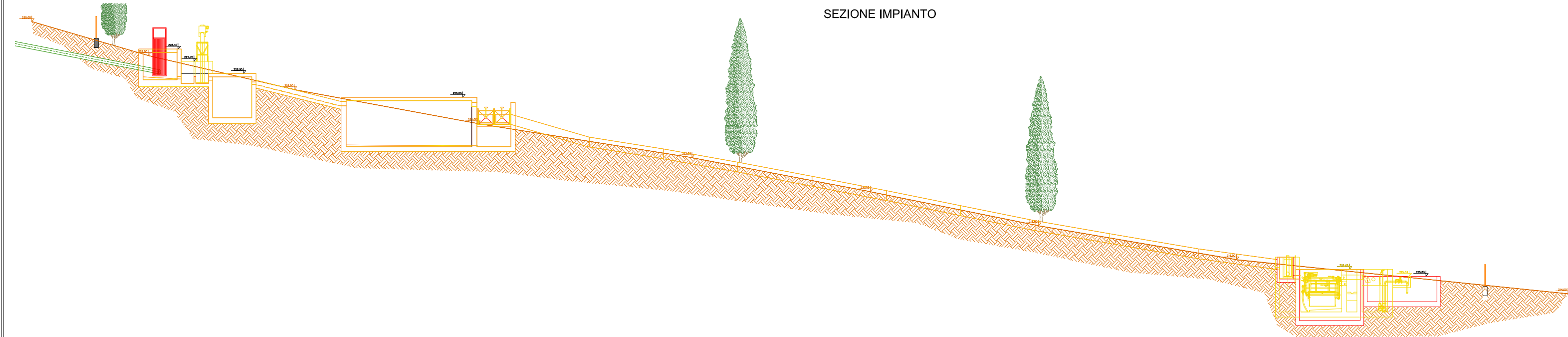
Planimetria e Sezione muro

REPORT INDAGINI – 4606

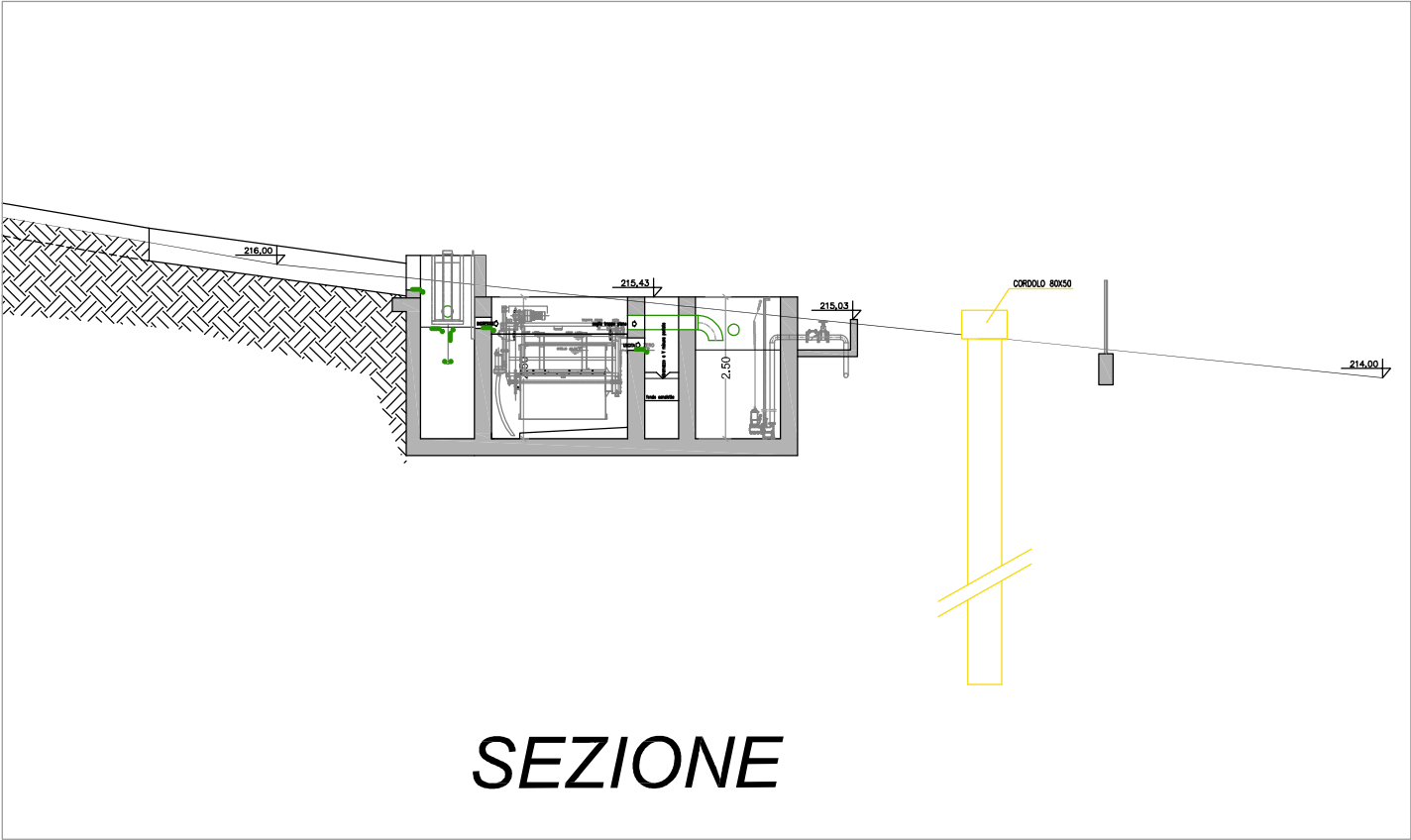
PLANIMETRIA IMPIANTO
PLANIMETRIA DI PROGETTO



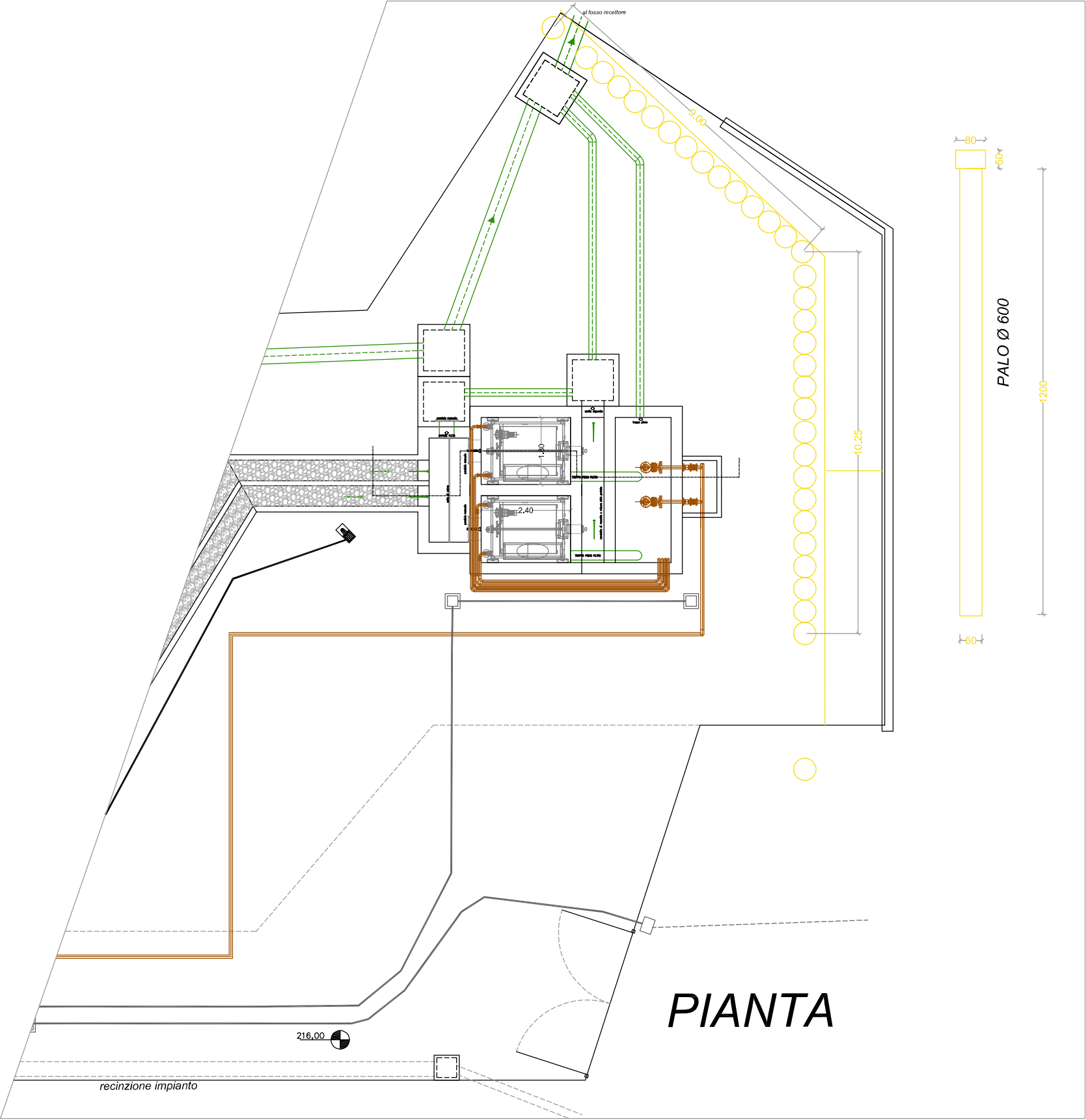
SEZIONE IMPIANTO



PLANIMETRIA PALI

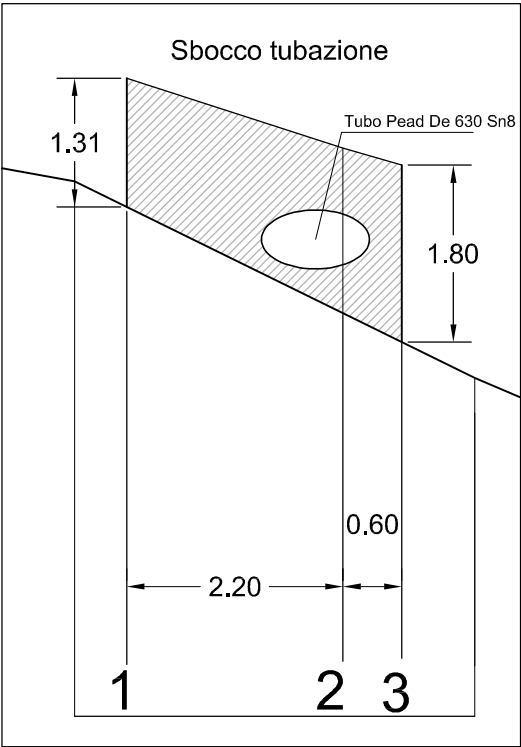
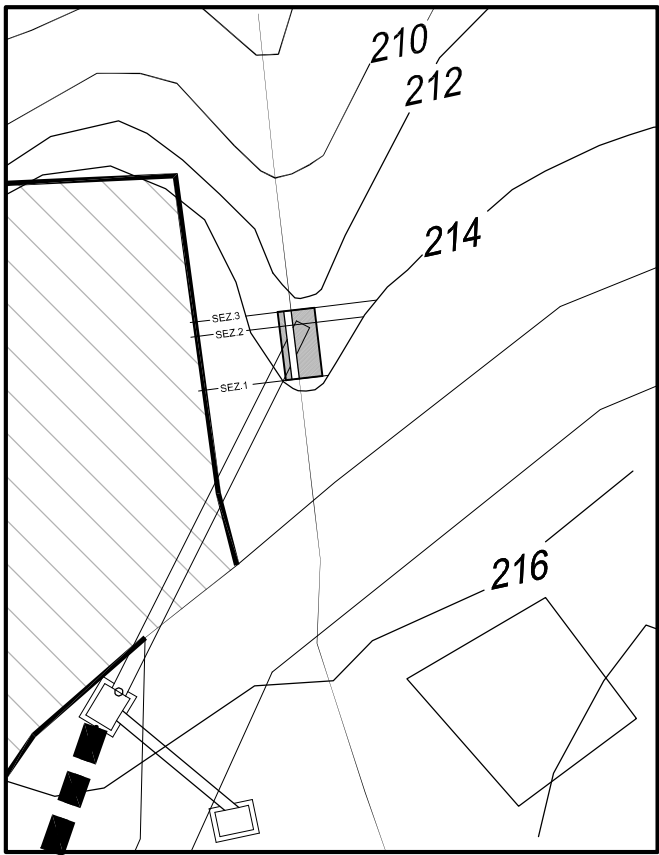


PIANTA

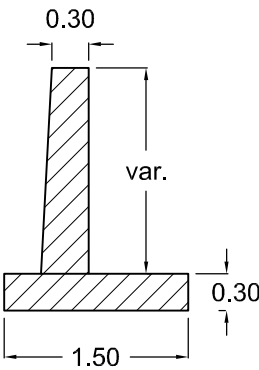


Planimetria e Sezione muro

Particolare -A-



SEZIONI TIPO MURO



COMUNE DI MANCIANO

PROVINCIA DI GROSSETO



**REPORT SULLE RISULTANZE OTTENUTE DALL'ESECUZIONE DI
INDAGINE SISMICA E PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE AL
DEPURATORE DI SATURNIA (GR)**

Consulente Geologo: Dott. Geol. Massimo Fanti

Grosseto, maggio 2020

INDICE

1.	PREMESSA.....	2
2.	INDAGINE SISMICA.....	3
2.1	TOMOGRAFIA ONDE P	4
2.2	ONDE SUPERFICIALI - MASW.....	5
2.3	RISULTANZE OTTENUTE	8
3.	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE	9

ALLEGATI

- ALLEGATO 1 - REPORT PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
- ALLEGATO 2 - ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

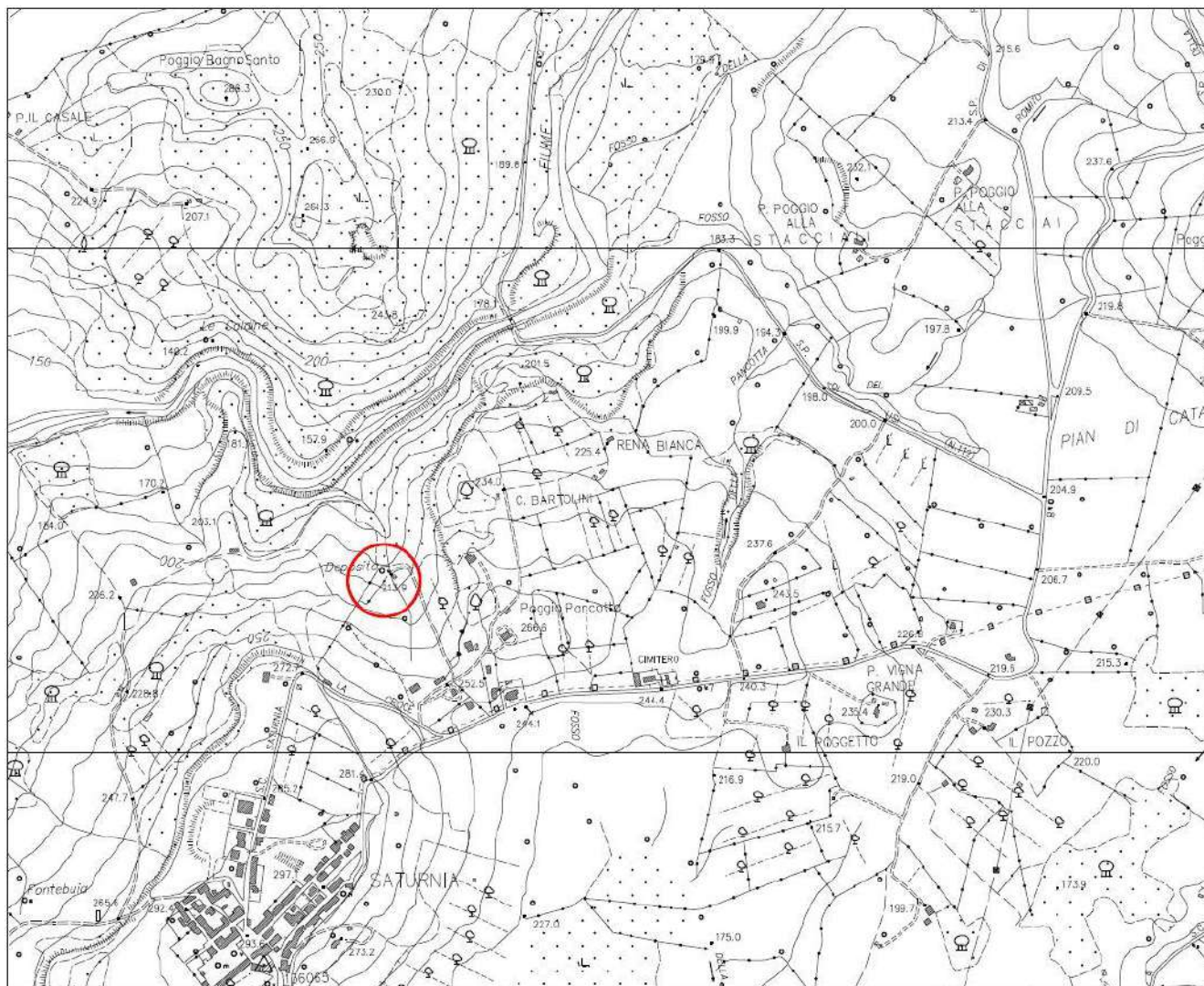
1. PREMESSA

Su incarico e per conto dell' Acquedotto del Fiora S.p.a. (ODS 13/2020), è stata realizzata una campagna di indagine geofisica e geognostica, presso il depuratore di Saturnia nel Comune di Manciano (Gr). Le indagini geofisiche e geognostiche sono state eseguite il 08/05/2020.

Di seguito si riporta una breve descrizione delle indagini eseguite:

1. Un'indagine sismica con metodologia a rifrazione in onde P, e una prova MASW
2. Tre prove penetrometriche dinamiche super pesanti

L'area in esame ricade all'interno del Foglio CTR n. 332110 redatto dalla Regione Toscana in scala 1: 10.000.



2. INDAGINE SISMICA

In data 08/05/2020 è stata eseguita l'indagine sismica volta a determinare le caratteristiche geometriche del sottosuolo e la velocità delle onde S, indispensabile per la classificazione della categoria sismica del sottosuolo.

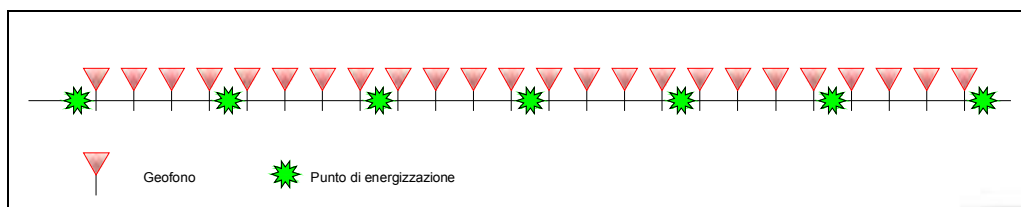


2.1 TOMOGRAFIA ONDE P

Lo scopo della prova (tomografia sismica in onde p) consiste nel determinare il profilo di rigidità del sito attraverso la misura della velocità di propagazione delle onde di compressione (V_p), secondo fasi d'acquisizione differenti e determinare le geometrie sepolte (spessori e superfici di contatto) dei sismostrati individuati.

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, lungo il profilo da indagare, delle sollecitazioni dinamiche verticali per la generazione delle onde P e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori a componente verticale (geofoni).

Nel presente rilievo è stato adottato una configurazione sismica realizzata con un sistema ricevente composto da 24 geofoni. Tali ricevitori sono stati disposti sul terreno con interdistanza pari a 2.5 metri per una lunghezza totale del profilo pari 60 metri compreso i punti di scoppio esterni. I punti di energizzazione sono stati realizzati con intervallo di 4 geofoni.



Riassumendo le caratteristiche tecniche di acquisizione del profilo sismico a rifrazione, per l'interpretazione tomografica sono le seguenti:

- sismografo *Geometrics Geode* 24 canali 24 bit;
- numero geofoni attivi: 24;
- spaziatura dei geofoni: 2.5 metri;
- frequenza geofoni: 4.5 Hz;
- spaziatura dei tiri: 10 metri;
- sorgente: massa battente da 6.0 kg.

Dai sismogrammi registrati con il rilievo sismico eseguito con le caratteristiche sopra citate si ricavano i tempi di "primo arrivo" dell'onda sismica.

I tempi sismici delle onde P sono stati elaborati con metodologia tomografica che prevede la suddivisione dello spazio bidimensionale in celle quadrate o rettangolari secondo una maglia prefissata, con l'attribuzione ad ognuna di un determinato valore di velocità sismica.

Nell'elaborazione il programma di calcolo determina il tempo di transito ipotizzando dei valori di velocità sismica per ogni cella, tale processo cessa quando si raggiunge la minore discordanza tra i tempi calcolati e i tempi sismici sperimentali misurati sui sismogrammi.

Il modello sismico derivato da tale processo, detto inverso, permette di ottenere una sezione in due dimensioni che ci consente di poter effettuare un'interpretazione per definire un assetto stratigrafico in base alla velocità sismica e al gradiente di velocità.

2.2 ONDE SUPERFICIALI - MASW

La conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica dedicati alla stima di possibili effetti di sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto.

Negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo le tecniche geofisiche basate sull'analisi della propagazione delle onde superficiali ed, in particolare, delle onde di Rayleigh.

Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S.

Tuttavia, diversi studi hanno messo in evidenza che la velocità delle onde P e la densità sono parametri di secondo ordine rispetto alle onde S nel determinare la velocità di fase delle onde di Rayleigh.

Tuttavia, diversi studi hanno messo in evidenza che la velocità delle onde P e la densità sono parametri di secondo ordine rispetto alle onde S nel determinare la velocità di fase delle onde di Rayleigh.

Quindi, dato che le onde superficiali campionano una porzione di sottosuolo che cresce in funzione del periodo dell'onda e che la loro velocità di fase è fortemente condizionata in massima parte dalle velocità delle onde S dello strato campionato, la forma di questa curva è essenzialmente condizionata dalla struttura del sottosuolo ed in particolare dalle variazioni con la profondità delle velocità delle onde S.

Pertanto, utilizzando appositi formalismi è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo. Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli.

L'operazione d'inversione, quindi, consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali della curve di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S - profondità".

Il metodo d'indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato sullo studio spettrale delle onde superficiali presenti in un sismogramma realizzato per mezzo di un'energizzazione sismica artificiale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al., 1999).

Lo scopo della prova MASW è quello di ricostruire il profilo di rigidità del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di Rayleigh con un successivo processo d'inversione, attraverso il quale è fornita una stima indiretta della distribuzione delle onde Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio).

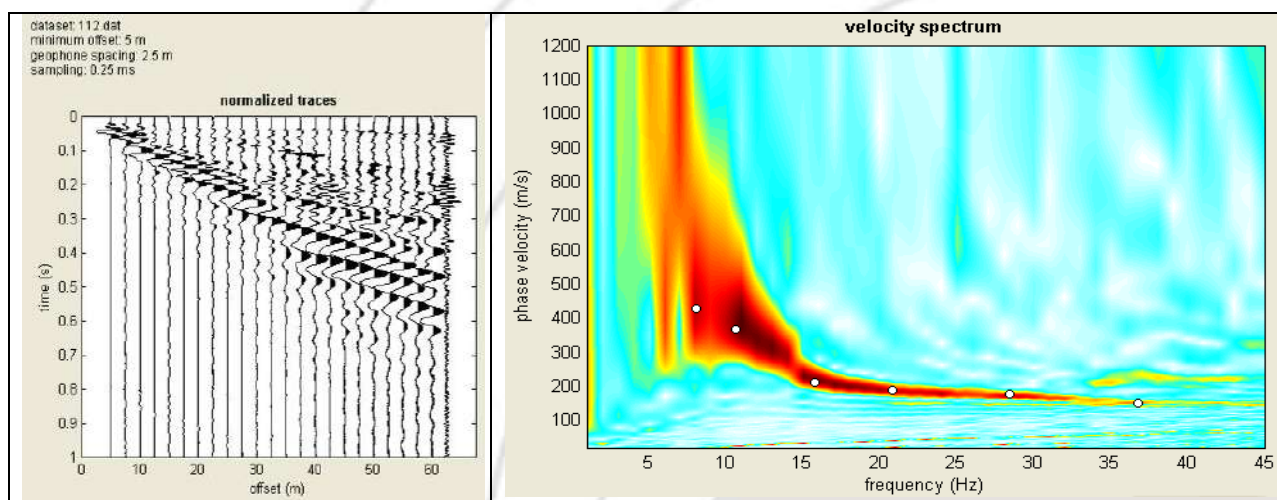
La prova consiste nel produrre in un punto sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione dinamica verticale e nel registrare tramite uno stendimento lineare di sensori le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.



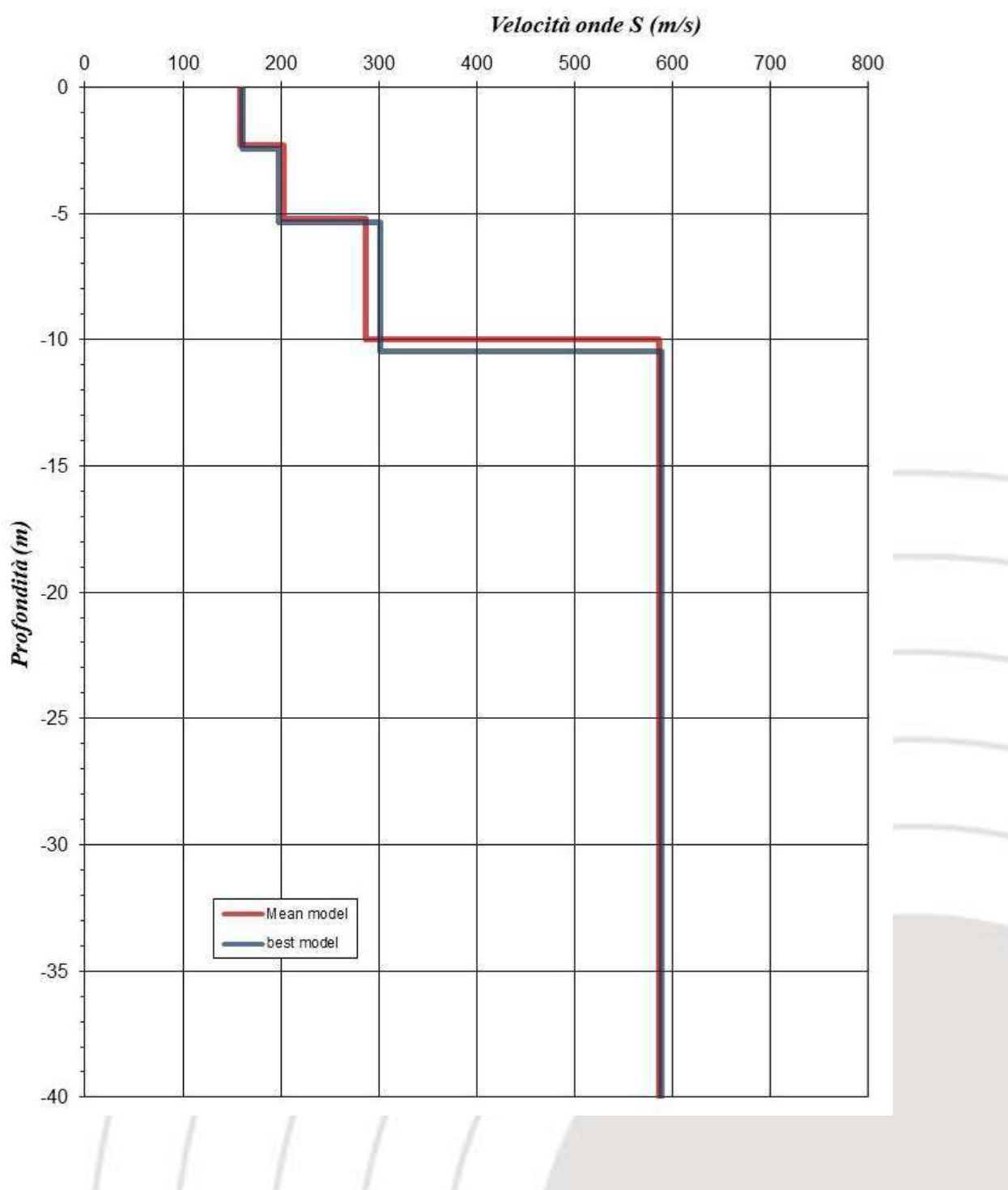
La metodologia MASW consente di eseguire un'analisi dei dati sismici in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della velocità delle onde S e di definire il parametro $V_{s_{eq}}$, utile per la classificazione dei terreni nelle categorie di suolo da utilizzare per la descrizione dell'azione sismica in sito. Il profilo verticale delle velocità sismiche delle onde S è ottenuto tramite l'inversione (considerando tanto il modo fondamentale che quelli superiori) delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

Ottenuto il sismogramma si determina lo spettro di velocità sul quale si identifica la curva di dispersione.

Il profilo verticale di Vs si ottiene con l'inversione della curva di dispersione precedentemente "piccata". Tale inversione è eseguita tramite l'utilizzo di algoritmi genetici che consentono di ottenere soluzioni affidabili ed una stima dell'attendibilità del modello ricavato in termini di deviazione standard. L'operazione d'inversione è ottimizzata definendo uno spazio di ricerca i cui confini sono definiti da valori di Vs e spessori all'interno dei quali si cerca la soluzione. Tali assunzioni sono fatte sulla base delle conoscenze geologiche del sito e delle informazioni derivate dalla sismica a rifrazione.



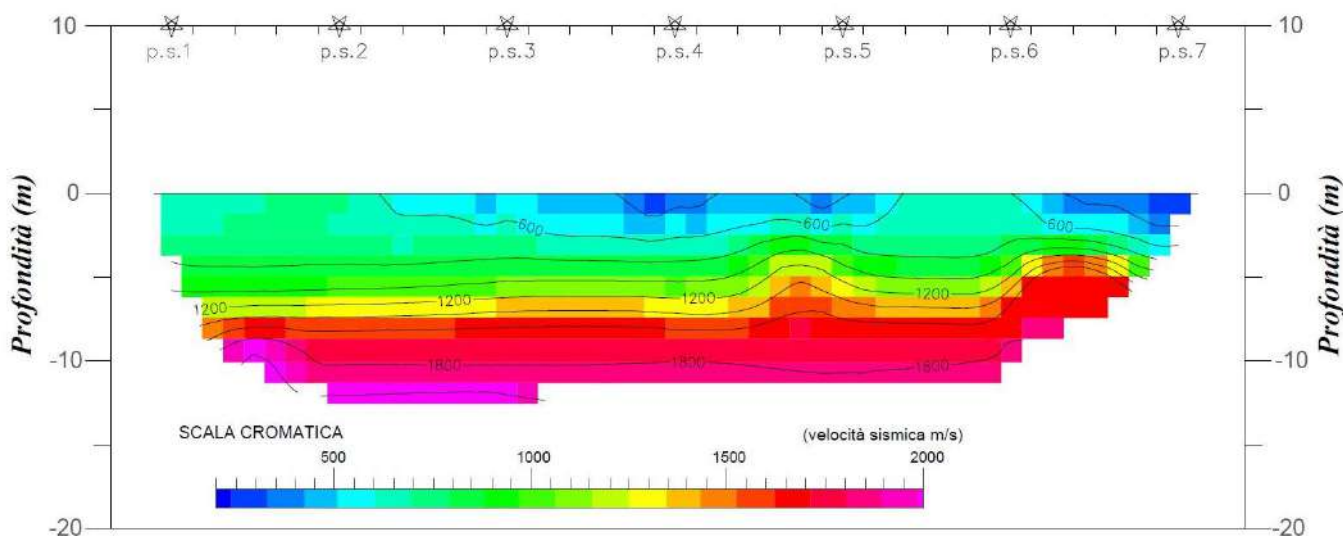
Una volta fissati i limiti minimi e massimi dello spazio di ricerca, sono quindi impostati i parametri genetici che definiscono sia il numero di individui (ossia il numero di modelli che costituiscono la popolazione che si evolverà verso soluzioni sempre migliori), sia il numero di generazioni al passare delle quali sono esplorati modelli sempre migliori.



2.3 RISULTANZE OTTENUTE

• PROFILO SISMICO TOMOGRAFICO A RIFRAZIONE

La prospezione sismica a rifrazione ha permesso di rappresentare il sottosuolo con un modello di distribuzione della velocità delle onde "P".



Sezione sismostratigrafica

(rappresentazione bidimensionale mediante scala colorimetrica dell'andamento delle velocità nel sottosuolo)

• RILIEVO CON METODOLOGIA MASW

L'interpretazione della prova MASW, relativa alle onde S, ha reso evidente le seguenti successioni:

PROVA MASW					
Best model			Mean model		
Profondità da P.C (m)		Velocità Onde S (m/s)	Profondità da P.C (m)		Velocità Onde S (m/s)
0	2.4	161	0	2.3	159
2.4	5.4	198	2.3	5.2	203
5.4	10.5	301	5.2	10.0	287
10.5	40	589	10.0	40	587
Vs _{eq} = 375 m/s			Vs _{eq} = 377 m/s		

La prova MASW realizzata evidenzia che l'area in esame, può essere collocata, secondo la normativa italiana, in **classe B**.

3. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Al fine di ottenere informazioni sulle caratteristiche geologiche e geotecniche del sottosuolo, sono eseguite in data 08/05/2020 delle indagini geognostiche dirette, rappresentate da n. 3 prove penetrometriche dinamiche (DPSH1, DPSH2 e DPSH3) spinte fino al rifiuto strumentale che si è verificato rispettivamente alle profondità di m 1.80, m 4.80 e m 2.10 da p.c..

La prova penetrometrica dinamica consiste nel far cadere, una massa di 63,5 Kg su una batteria di aste su cui è montata una punta chiusa, misurando il numero di colpi che servono ad infiggere un tratto di cm 20 di aste, fino a raggiungere la profondità di rifiuto all'avanzamento, che si ha quando si raggiungono più di 50 colpi per infiggere i cm 20 di asta.

Nel corso delle prove, sono stati annotati, ogni 20 cm di profondità, il valore del numero di colpi necessari all'infissione.

Al termine dell'esecuzione di tutte e tre le prove dinamiche non è stata riscontrata la presenza della falda.

Per le prove è stato utilizzato un penetrometro statico/dinamico Pagani mod. TG 63-200, con passo di lettura di 0.2 m.

Le prove sono state eseguite senza rivestimento delle aste di infissione controllando però eventuali attriti che potevano verificarsi tra le pareti del foro e le aste di sondaggio; in alcuni casi è stato necessario correggere il numero di colpi in funzione dell'attrito laterale riscontrato.

Grosseto, maggio 2020

Il Tecnico

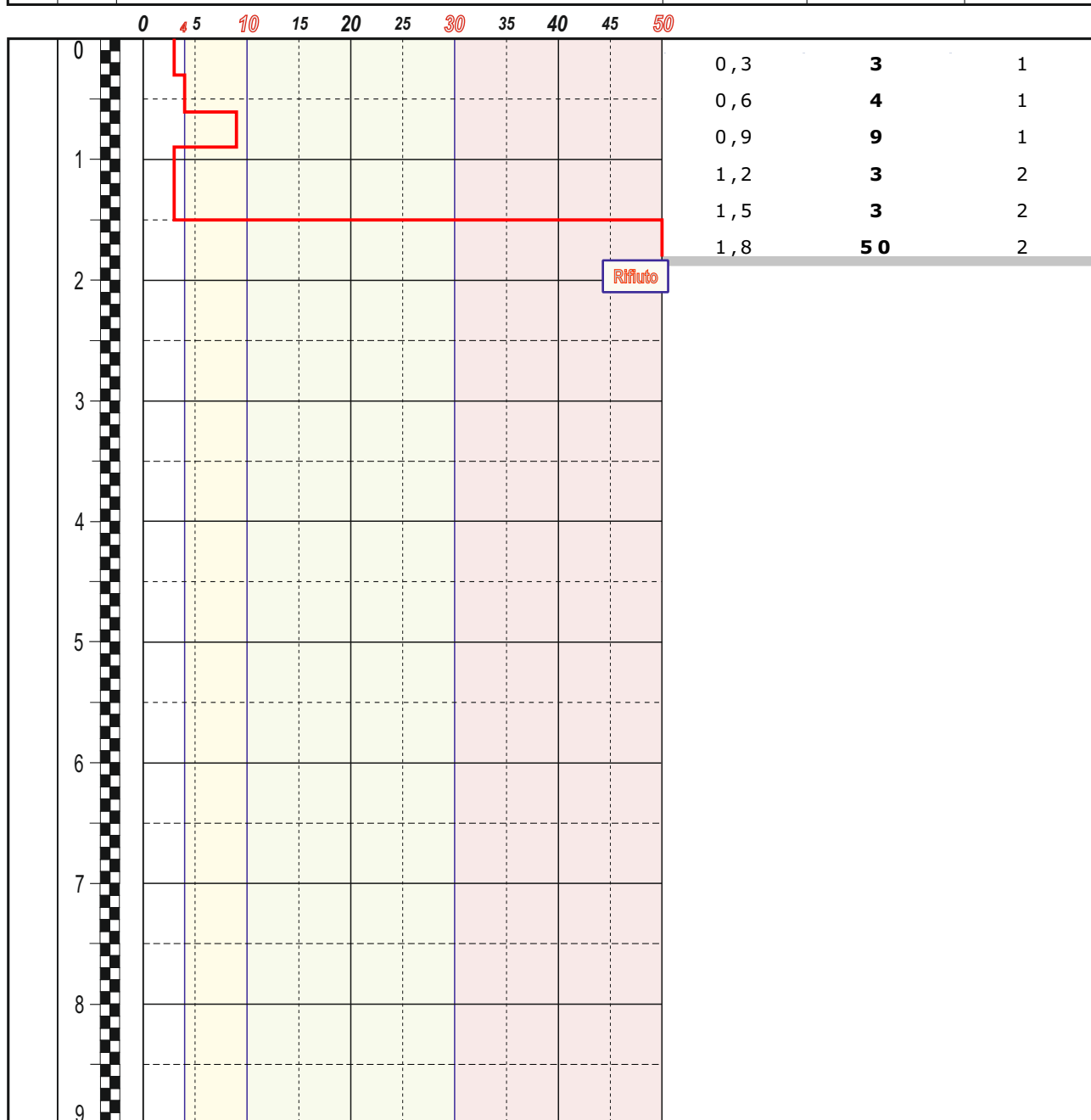
Dott. Geol. Massimo Fanti

ALLEGATO 1
REPORT PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE



Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: Acquedotto del Fiora S.p.A.		Ubicazione indagine: loc. Saturnia, Comune di Manciano (GR)		Data esecuzione: 08.05.2020	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.				PROVA DPSH 1	
Valutazione addensamento (secondo norme A.G.I.): ☐ molto sciolto ☐ sciolto ☐ medio ☐ denso				Falda: ☒ no ☐ si Soggiacenza dal p.c.: _____ Note sperimentatore: _____	
Schema costruttivo piezometro	Profondità dal piano campagna	RESTITUZIONE GRAFICA		VALORI DI RESISTENZA	
		Numero dei colpi (N₃₀)		Prof. (m)	N₃₀ (n)

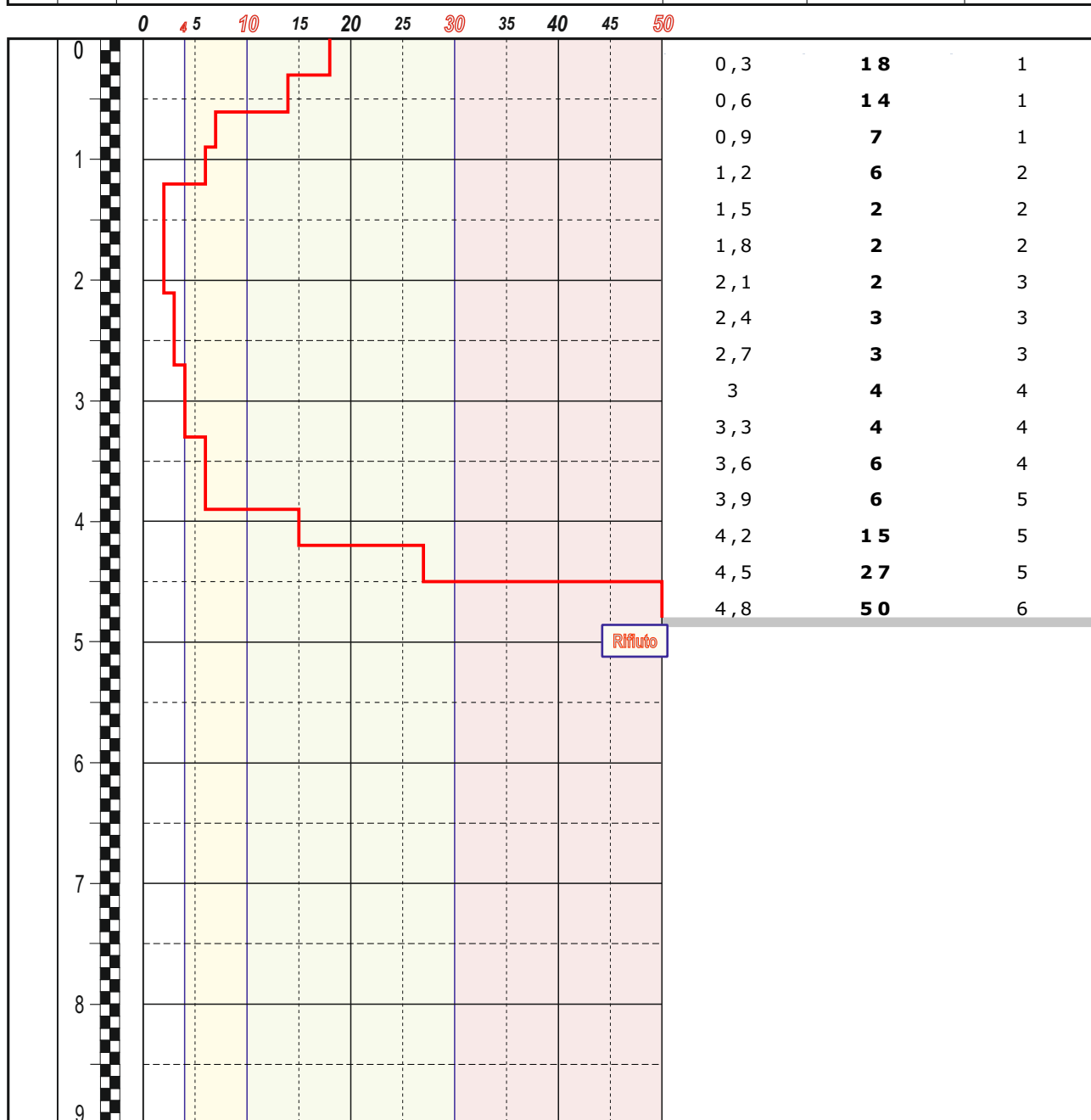


Caratteristiche piezometro installato

Diametro tubo: _____	Tratto finestrato: _____
Riempimento: _____	Cementazione: _____

Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: Acquedotto del Fiora S.p.A.		Ubicazione indagine: loc. Saturnia, Comune di Manciano (GR)		Data esecuzione: 08.05.2020	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.				PROVA DPSH 2	
Valutazione addensamento (secondo norme A.G.I.): ☐ molto sciolto ☐ sciolto ☐ medio ☐ denso				Falda: ☒ no ☐ si Soggiacenza dal p.c.: _____ Note sperimentatore: _____	
Schema costruttivo piezometro	Profondità dal piano campagna	RESTITUZIONE GRAFICA		VALORI DI RESISTENZA	
		Numero dei colpi (N₃₀)		Prof. (m)	N₃₀ (n)

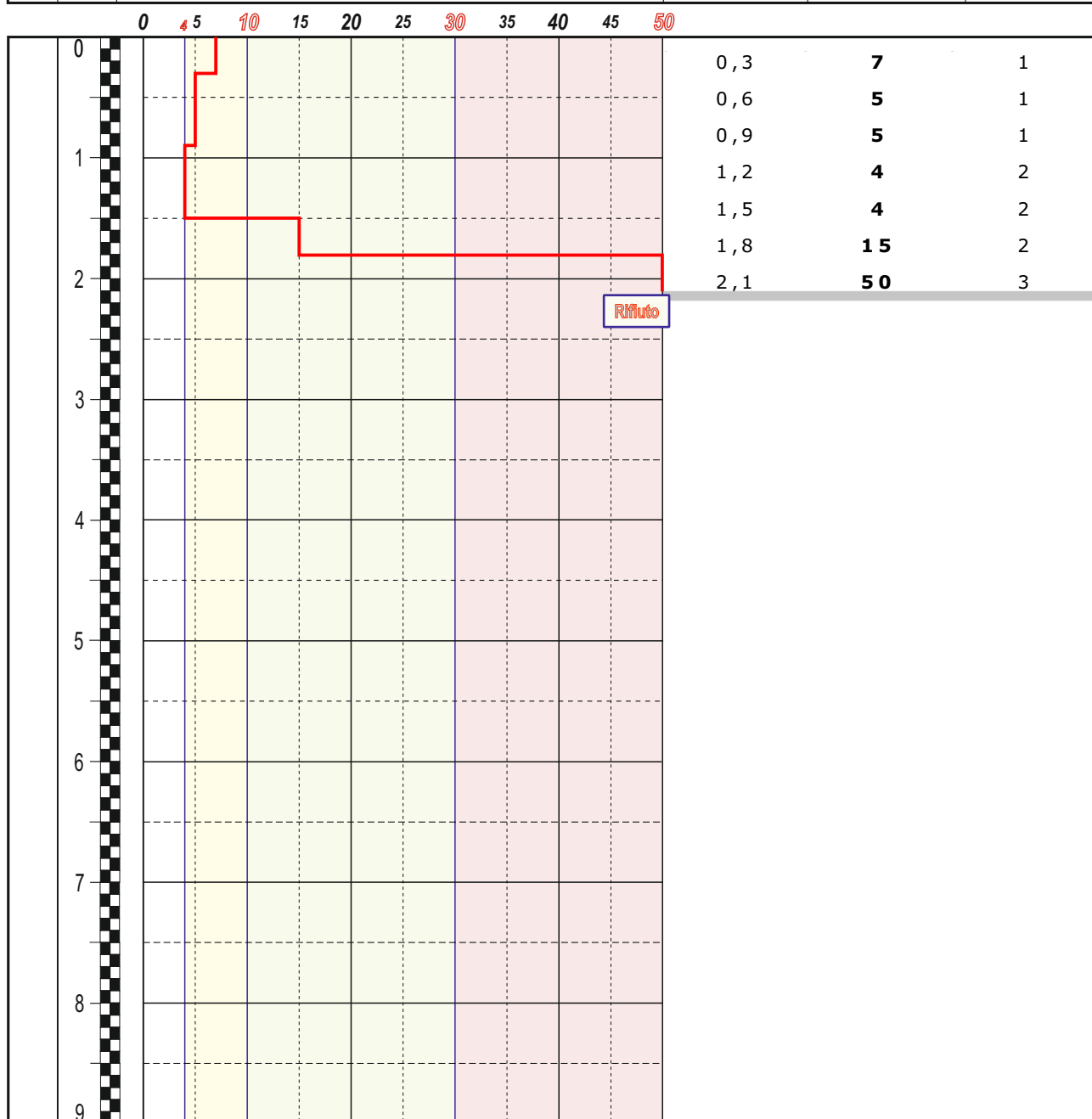


Caratteristiche piezometro installato

Diametro tubo: _____	Tratto finestrato: _____
Riempimento: _____	Cementazione: _____

Prova penetrometrica dinamica DPSH

Committente: Acquedotto del Fiora S.p.A.		Ubicazione indagine: loc. Saturnia, Comune di Manciano (GR)		Data esecuzione: 08.05.2020	
Penetrometro dinamico super pesante DPSH: maglio M=63,5 Kg, altezza di caduta maglio H=0,75 m, passo di infissione d=0,3 m diametro base punta conica=50,1 mm - Rivestimento: no.				PROVA DPSH 3	
Valutazione addensamento (secondo norme A.G.I.): ☐ molto sciolto ☐ sciolto ☐ medio ☐ denso				Falda: ☒ no ☐ si Soggiacenza dal p.c.: _____ Note sperimentatore: _____	
Schema costruttivo piezometro	Profondità dal piano campagna	RESTITUZIONE GRAFICA		VALORI DI RESISTENZA	
		Numero dei colpi (N₃₀)		Prof. (m)	N₃₀ (n)

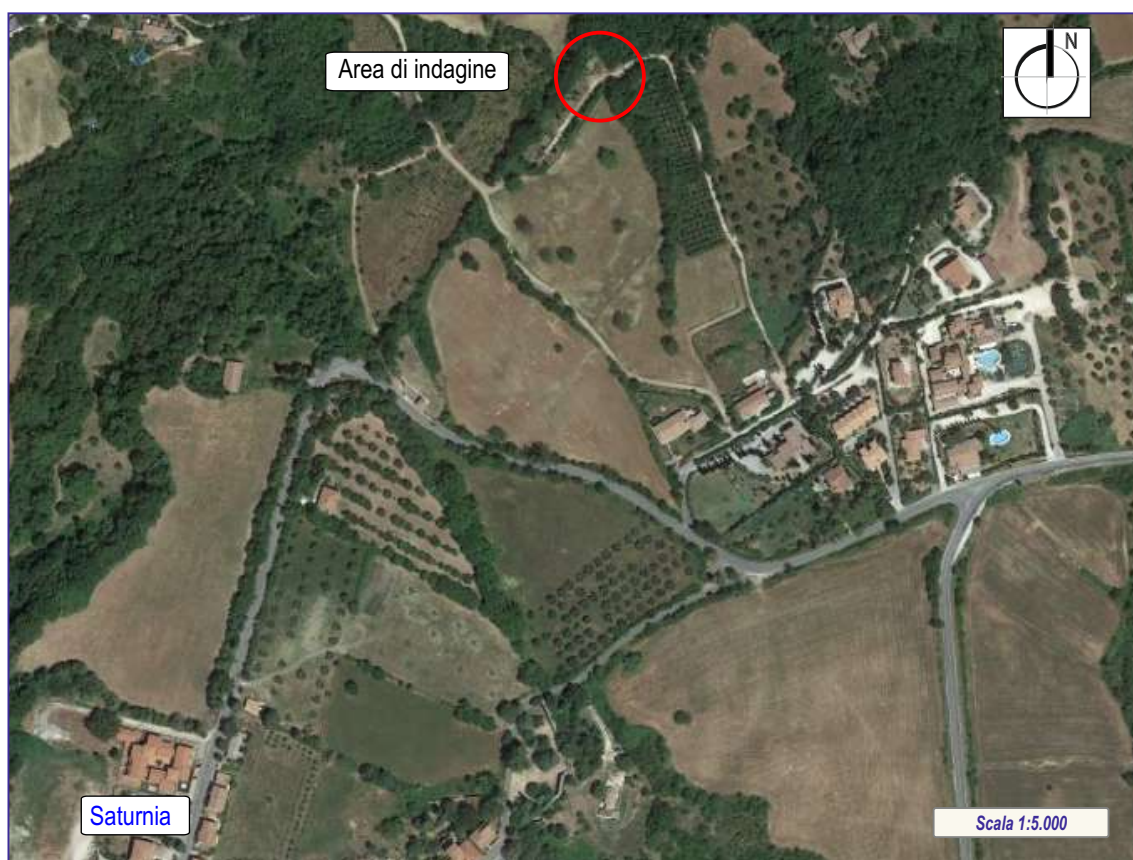


Caratteristiche piezometro installato

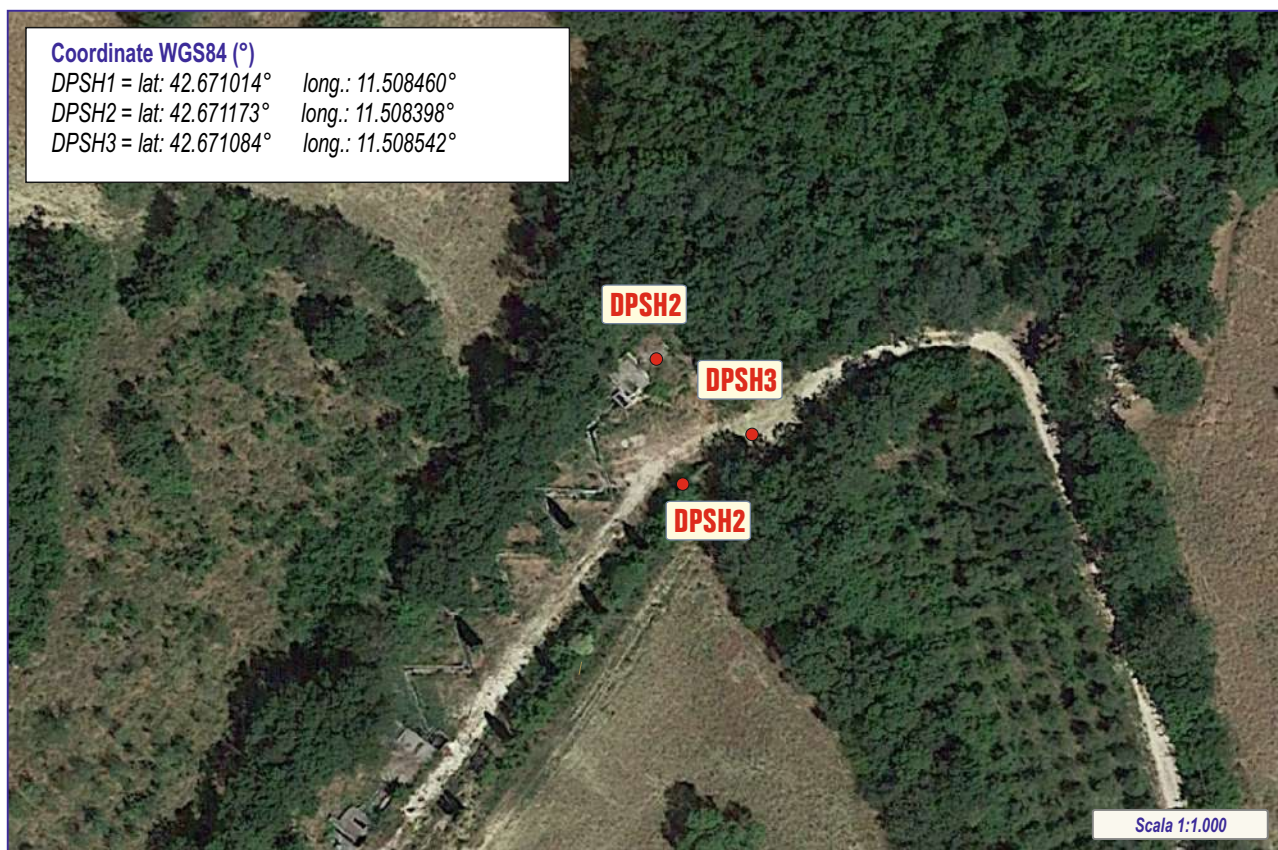
Diametro tubo: _____	Tratto finestrato: _____
Riempimento: _____	Cementazione: _____

Committente: Acquedotto del Fiora S.p.A.	Ubicazione indagine: loc. Saturnia, Comune di Manciano (GR)	Data esecuzione: 08/05/2020
--	--	--------------------------------

COROGRAFIA GENERALE



COROGRAFIA DI DETTAGLIO INDAGINI



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DPSH1



DPSH2

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DPSH3

ALLEGATO 2

ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Descrizione: Località:	
---	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1,472
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

Signature 1

Signature 2

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

(DYNAMIC PROBING)

DPSH – DPM (... *scpt ecc.*)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M <i>(kg)</i>	prof. max indagine battente <i>(m)</i>
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica

($\alpha = 60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 73 \text{ kg}$, altezza di caduta $H=0.75 \text{ m}$, avanzamento $\delta=30 \text{ cm}$, punta conica

($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8 \text{ mm}$, area base cono $A=20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente $M=63.5 \text{ kg}$, altezza caduta $H=0.75 \text{ m}$, avanzamento $\delta=20-30 \text{ cm}$, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5 \text{ mm}$, area base cono $A = 20 \text{ cm}^2$, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

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

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

M peso massa battente.

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

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

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

Calcolo di $(N_1)_{60}$

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

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

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

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

C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

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

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

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

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

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

Media

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

Media minima

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

Massimo

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

Minimo

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

Scarto quadratico medio

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

Media deviata

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

Media (+ s)

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

Media (– s)

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

Distribuzione normale R.C.

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

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

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

Distribuzione normale R.N.C.

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

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

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

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

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

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

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

Correzione N_{spt} in presenza di falda

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

N_{spt} è il valore medio nello strato

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

Angolo di Attrito

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

- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15 \text{ t/mq}$.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

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

Modulo Edometrico

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

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

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

Modulo di deformazione di taglio (G)

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

Modulo di reazione (Ko)

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Robertson (1983) - Qc

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche

< 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.

- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

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

- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt} = 6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA ...DPSH1

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data

12/05/2020

Profondità prova

1,80 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,30	3	0,853	17,92	21,01	0,90	1,05
0,60	4	0,847	21,78	25,72	1,09	1,29
0,90	9	0,842	48,69	57,86	2,43	2,89
1,20	3	0,836	16,13	19,29	0,81	0,96
1,50	3	0,831	14,81	17,82	0,74	0,89
1,80	50	0,626	186,04	297,03	9,30	14,85

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,3	3	73,12	Incoerente - coesivo	0	2,09	2,3	0,03	1,47	4,42	
0,6	4	73,12	Incoerente - coesivo	0	2,09	2,3	0,09	1,47	5,89	
0,9	9	73,12	Incoerente - coesivo	0	2,09	2,3	0,16	1,47	13,25	
1,2	3	73,12	Incoerente - coesivo	0	2,09	2,3	0,22	1,47	4,42	
1,5	3	73,12	Incoerente - coesivo	0	2,09	2,3	0,28	1,47	4,42	
1,8	50	73,12	Incoerente - coesivo	0	2,09	2,3	0,34	1,47	73,6	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH1**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm²)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	4,42	0,30	0,28	0,55	0,25	0,18	0,43	2,19	0,40	0,76	0,22	0,75	0,55
[1] -	5,89	0,60	0,37	0,74	0,25	0,24	0,57	2,19	0,53	0,87	0,29	0,96	0,74
[1] -	13,25	0,90	0,89	1,66	0,50	0,53	1,31	2,19	1,16	1,47	0,66	2,23	1,66
[1] -	4,42	1,20	0,28	0,55	0,25	0,18	0,43	2,19	0,40	0,76	0,22	0,61	0,55
[1] -	4,42	1,50	0,28	0,55	0,25	0,18	0,43	2,19	0,40	0,76	0,22	0,57	0,55
[1] -	73,6	1,80	4,97	9,20	0,00	2,36	7,40	2,19	4,78	8,96	3,68	12,87	9,20

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] -	4,42	0,30	Robertson (1983)	8,84
[1] -	5,89	0,60	Robertson (1983)	11,78
[1] -	13,25	0,90	Robertson (1983)	26,50
[1] -	4,42	1,20	Robertson (1983)	8,84
[1] -	4,42	1,50	Robertson (1983)	8,84
[1] -	73,6	1,80	Robertson (1983)	147,20

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	4,42	0,30	20,28	66,30	46,87	55,25
[1] -	5,89	0,60	27,02	88,35	61,87	73,63
[1] -	13,25	0,90	60,79	--	136,93	132,50
[1] -	4,42	1,20	20,28	66,30	46,87	55,25
[1] -	4,42	1,50	20,28	66,30	46,87	55,25
[1] -	73,6	1,80	337,68	--	752,47	736,00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	4,42	0,30	30,43	44,20
[1] -	5,89	0,60	47,34	58,90
[1] -	13,25	0,90	131,98	132,50
[1] -	4,42	1,20	30,43	44,20
[1] -	4,42	1,50	30,43	44,20
[1] -	73,6	1,80	826,00	736,00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	4,42	0,30	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[1] -	5,89	0,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[1] -	13,25	0,90	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[1] -	4,42	1,20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[1] -	4,42	1,50	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[1] -	73,6	1,80	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] -	4,42	0,30	Meyerhof	1,73
[1] -	5,89	0,60	Meyerhof	1,81
[1] -	13,25	0,90	Meyerhof	2,04
[1] -	4,42	1,20	Meyerhof	1,73
[1] -	4,42	1,50	Meyerhof	1,73
[1] -	73,6	1,80	Meyerhof	2,50

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] -	4,42	0,30	Meyerhof	1,87
[1] -	5,89	0,60	Meyerhof	1,89
[1] -	13,25	0,90	Meyerhof	2,24
[1] -	4,42	1,20	Meyerhof	1,87
[1] -	4,42	1,50	Meyerhof	1,87
[1] -	73,6	1,80	Meyerhof	2,50

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	4,42	0,30	24,02	51,63	86,28	19,27
[1] -	5,89	0,60	28,16	57,19	74,21	23,17
[1] -	13,25	0,90	44,01	82,58	95,65	39,73
[1] -	4,42	1,20	20,39	46,04	51,82	19,27
[1] -	4,42	1,50	19,35	44,55	48,52	19,27
[1] -	73,6	1,80	86,33	100	100	100

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	4,42	0,30	4,42	28,26	21,26	29,24	34,93	31,43	0	<30	23,14	28,33	24,63	24,4
[1] -	5,89	0,60	5,89	28,68	21,68	29,65	33,01	32,04	0	<30	24,4	28,77	25,72	25,85
[1] -	13,25	0,90	13,25	30,79	23,79	31,71	33,21	34,86	39,56	30-32	29,1	30,98	28,8	31,28
[1] -	4,42	1,20	4,42	28,26	21,26	29,24	30,7	31,43	0	<30	23,14	28,33	24,63	24,4
[1] -	4,42	1,50	4,42	28,26	21,26	29,24	30,16	31,43	0	<30	23,14	28,33	24,63	24,4
[1] -	73,6	1,80	73,6	48,03	41,03	48,61	34,28	41,66	42	>38	48,23	49,08	35,3	53,37

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	4,42	0,30	4,42	---	35,36	---	---	---
[1] -	5,89	0,60	5,89	---	47,12	---	---	---
[1] -	13,25	0,90	13,25	259,82	106,00	157,05	279,38	141,25
[1] -	4,42	1,20	4,42	---	35,36	---	---	---
[1] -	4,42	1,50	4,42	---	35,36	---	---	---
[1] -	73,6	1,80	73,6	612,36	588,80	869,18	732,00	443,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	4,42	0,30	4,42	---	36,54	31,38	57,71
[1] -	5,89	0,60	5,89	---	39,56	41,82	64,27
[1] -	13,25	0,90	13,25	79,50	54,68	94,07	97,10
[1] -	4,42	1,20	4,42	---	36,54	31,38	57,71
[1] -	4,42	1,50	4,42	---	36,54	31,38	57,71
[1] -	73,6	1,80	73,6	441,60	178,64	522,56	366,26

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	4,42	0,30	4,42	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[1] -	5,89	0,60	5,89	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[1] -	13,25	0,90	13,25	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[1] -	4,42	1,20	4,42	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[1] -	4,42	1,50	4,42	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[1] -	73,6	1,80	73,6	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	4,42	0,30	4,42	Terzaghi-Peck 1948	1,40
[1] -	5,89	0,60	5,89	Terzaghi-Peck 1948	1,42
[1] -	13,25	0,90	13,25	Terzaghi-Peck 1948	1,52
[1] -	4,42	1,20	4,42	Terzaghi-Peck 1948	1,40
[1] -	4,42	1,50	4,42	Terzaghi-Peck 1948	1,40
[1] -	73,6	1,80	73,6	Terzaghi-Peck 1948	1,95

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	4,42	0,30	4,42	Terzaghi-Peck 1948	1,87
[1] -	5,89	0,60	5,89	Terzaghi-Peck 1948	1,89
[1] -	13,25	0,90	13,25	Terzaghi-Peck 1948	1,94
[1] -	4,42	1,20	4,42	Terzaghi-Peck 1948	1,87
[1] -	4,42	1,50	4,42	Terzaghi-Peck 1948	1,87
[1] -	73,6	1,80	73,6	Terzaghi-Peck 1948	2,21

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	4,42	0,30	4,42	(A.G.I.)	0,34
[1] -	5,89	0,60	5,89	(A.G.I.)	0,34
[1] -	13,25	0,90	13,25	(A.G.I.)	0,33
[1] -	4,42	1,20	4,42	(A.G.I.)	0,34
[1] -	4,42	1,50	4,42	(A.G.I.)	0,34
[1] -	73,6	1,80	73,6	(A.G.I.)	0,2

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	4,42	0,30	4,42	262,79	309,93
[1] -	5,89	0,60	5,89	344,21	369,36
[1] -	13,25	0,90	13,25	737,56	606,16
[1] -	4,42	1,20	4,42	262,79	309,93
[1] -	4,42	1,50	4,42	262,79	309,93
[1] -	73,6	1,80	73,6	3696,40	1728,11

PROVA ...DPSH2

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

DPSH TG 63-200 PAGANI
 12/05/2020
 4,80 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,30	18	0,803	101,21	126,09	5,06	6,30
0,60	14	0,797	71,73	90,01	3,59	4,50
0,90	7	0,842	37,87	45,00	1,89	2,25
1,20	6	0,836	32,26	38,57	1,61	1,93
1,50	2	0,831	9,88	11,88	0,49	0,59
1,80	2	0,826	9,82	11,88	0,49	0,59
2,10	2	0,822	9,76	11,88	0,49	0,59
2,40	3	0,817	14,56	17,82	0,73	0,89
2,70	3	0,813	13,46	16,56	0,67	0,83
3,00	4	0,809	17,86	22,08	0,89	1,10
3,30	4	0,805	17,77	22,08	0,89	1,10
3,60	6	0,801	24,78	30,94	1,24	1,55
3,90	6	0,797	24,67	30,94	1,23	1,55
4,20	15	0,744	57,53	77,36	2,88	3,87
4,50	27	0,690	90,17	130,62	4,51	6,53
4,80	50	0,587	142,02	241,90	7,10	12,09

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,3	18	57,85	Incoerente - coesivo	0	2,07	2,28	0,03	1,47	26,5	
0,6	14	57,85	Incoerente - coesivo	0	2,07	2,28	0,09	1,47	20,61	
0,9	7	57,85	Incoerente - coesivo	0	2,07	2,28	0,16	1,47	10,3	
1,2	6	57,85	Incoerente - coesivo	0	2,07	2,28	0,22	1,47	8,83	
1,5	2	57,85	Incoerente - coesivo	0	2,07	2,28	0,28	1,47	2,94	
1,8	2	57,85	Incoerente - coesivo	0	2,07	2,28	0,34	1,47	2,94	
2,1	2	57,85	Incoerente - coesivo	0	2,07	2,28	0,4	1,47	2,94	
2,4	3	57,85	Incoerente - coesivo	0	2,07	2,28	0,47	1,47	4,42	
2,7	3	57,85	Incoerente - coesivo	0	2,07	2,28	0,53	1,47	4,42	
3	4	57,85	Incoerente - coesivo	0	2,07	2,28	0,59	1,47	5,89	
3,3	4	57,85	Incoerente - coesivo	0	2,07	2,28	0,65	1,47	5,89	
3,6	6	57,85	Incoerente - coesivo	0	2,07	2,28	0,71	1,47	8,83	
3,9	6	57,85	Incoerente - coesivo	0	2,07	2,28	0,78	1,47	8,83	
4,2	15	57,85	Incoerente - coesivo	0	2,07	2,28	0,84	1,47	22,08	
4,5	27	57,85	Incoerente - coesivo	0	2,07	2,28	0,9	1,47	39,74	
4,8	50	57,85	Incoerente - coesivo	0	2,07	2,28	0,96	1,47	73,6	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH2**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm²)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	26,5	0,30	1,79	3,31	1,00	1,01	2,63	1,74	2,18	2,72	1,33	4,69	3,31
[1] -	20,61	0,60	1,39	2,58	1,00	0,80	2,04	1,74	1,74	2,14	1,03	3,59	2,58
[1] -	10,3	0,90	0,70	1,29	0,50	0,41	1,01	1,74	0,91	1,22	0,52	1,71	1,29
[1] -	8,83	1,20	0,60	1,10	0,50	0,35	0,87	1,74	0,79	1,11	0,44	1,40	1,10
[1] -	2,94	1,50	0,18	0,37	0,15	0,12	0,28	1,74	0,27	0,65	0,15	0,30	0,37
[1] -	2,94	1,80	0,18	0,37	0,15	0,12	0,28	1,74	0,27	0,65	0,15	0,26	0,37
[1] -	2,94	2,10	0,18	0,37	0,15	0,12	0,28	1,74	0,27	0,65	0,15	0,22	0,37
[1] -	4,42	2,40	0,28	0,55	0,25	0,18	0,43	1,74	0,40	0,76	0,22	0,43	0,55
[1] -	4,42	2,70	0,28	0,55	0,25	0,18	0,43	1,74	0,40	0,76	0,22	0,39	0,55
[1] -	5,89	3,00	0,37	0,74	0,25	0,24	0,57	1,74	0,53	0,87	0,29	0,61	0,74
[1] -	5,89	3,30	0,37	0,74	0,25	0,24	0,57	1,74	0,53	0,87	0,29	0,56	0,74
[1] -	8,83	3,60	0,60	1,10	0,50	0,35	0,87	1,74	0,79	1,11	0,44	1,04	1,10
[1] -	8,83	3,90	0,60	1,10	0,50	0,35	0,87	1,74	0,79	1,11	0,44	1,00	1,10
[1] -	22,08	4,20	1,49	2,76	1,00	0,85	2,19	1,74	1,86	2,28	1,10	3,32	2,76
[1] -	39,74	4,50	2,68	4,97	0,00	1,44	3,97	1,74	3,08	4,19	1,99	6,43	4,97
[1] -	73,6	4,80	4,97	9,20	0,00	2,36	7,40	1,74	4,78	8,96	3,68	12,43	9,20

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	26,5	0,30	Robertson (1983)	53,00
[1] -	20,61	0,60	Robertson (1983)	41,22
[1] -	10,3	0,90	Robertson (1983)	20,60
[1] -	8,83	1,20	Robertson (1983)	17,66
[1] -	2,94	1,50	Robertson (1983)	5,88
[1] -	2,94	1,80	Robertson (1983)	5,88
[1] -	2,94	2,10	Robertson (1983)	5,88
[1] -	4,42	2,40	Robertson (1983)	8,84
[1] -	4,42	2,70	Robertson (1983)	8,84
[1] -	5,89	3,00	Robertson (1983)	11,78
[1] -	5,89	3,30	Robertson (1983)	11,78
[1] -	8,83	3,60	Robertson (1983)	17,66
[1] -	8,83	3,90	Robertson (1983)	17,66
[1] -	22,08	4,20	Robertson (1983)	44,16
[1] -	39,74	4,50	Robertson (1983)	79,48
[1] -	73,6	4,80	Robertson (1983)	147,20

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	26,5	0,30	121,58	--	272,08	265,00
[1] -	20,61	0,60	94,56	--	212,00	206,10
[1] -	10,3	0,90	47,26	--	106,85	103,00
[1] -	8,83	1,20	40,51	--	91,85	110,38
[1] -	2,94	1,50	13,49	44,10	31,78	36,75
[1] -	2,94	1,80	13,49	44,10	31,78	36,75
[1] -	2,94	2,10	13,49	44,10	31,78	36,75
[1] -	4,42	2,40	20,28	66,30	46,87	55,25
[1] -	4,42	2,70	20,28	66,30	46,87	55,25
[1] -	5,89	3,00	27,02	88,35	61,87	73,63
[1] -	5,89	3,30	27,02	88,35	61,87	73,63
[1] -	8,83	3,60	40,51	--	91,85	110,38
[1] -	8,83	3,90	40,51	--	91,85	110,38
[1] -	22,08	4,20	101,30	--	226,99	220,80
[1] -	39,74	4,50	182,33	--	407,12	397,40
[1] -	73,6	4,80	337,68	--	752,47	736,00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	26,5	0,30	284,35	265,00
[1] -	20,61	0,60	216,62	206,10
[1] -	10,3	0,90	98,05	103,00
[1] -	8,83	1,20	81,15	88,30
[1] -	2,94	1,50	13,41	29,40
[1] -	2,94	1,80	13,41	29,40
[1] -	2,94	2,10	13,41	29,40
[1] -	4,42	2,40	30,43	44,20
[1] -	4,42	2,70	30,43	44,20
[1] -	5,89	3,00	47,34	58,90
[1] -	5,89	3,30	47,34	58,90
[1] -	8,83	3,60	81,15	88,30
[1] -	8,83	3,90	81,15	88,30
[1] -	22,08	4,20	233,52	220,80
[1] -	39,74	4,50	436,61	397,40
[1] -	73,6	4,80	826,00	736,00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	26,5	0,30	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[1] -	20,61	0,60	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[1] -	10,3	0,90	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[1] -	8,83	1,20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[1] -	2,94	1,50	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[1] -	2,94	1,80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[1] -	2,94	2,10	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[1] -	4,42	2,40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[1] -	4,42	2,70	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[1] -	5,89	3,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[1] -	5,89	3,30	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[1] -	8,83	3,60	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[1] -	8,83	3,90	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[1] -	22,08	4,20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[1] -	39,74	4,50	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[1] -	73,6	4,80	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] -	26,5	0,30	Meyerhof	2,13
[1] -	20,61	0,60	Meyerhof	2,10
[1] -	10,3	0,90	Meyerhof	1,98
[1] -	8,83	1,20	Meyerhof	1,93
[1] -	2,94	1,50	Meyerhof	1,63
[1] -	2,94	1,80	Meyerhof	1,63
[1] -	2,94	2,10	Meyerhof	1,63
[1] -	4,42	2,40	Meyerhof	1,73
[1] -	4,42	2,70	Meyerhof	1,73
[1] -	5,89	3,00	Meyerhof	1,81
[1] -	5,89	3,30	Meyerhof	1,81
[1] -	8,83	3,60	Meyerhof	1,93
[1] -	8,83	3,90	Meyerhof	1,93
[1] -	22,08	4,20	Meyerhof	2,11
[1] -	39,74	4,50	Meyerhof	2,50
[1] -	73,6	4,80	Meyerhof	2,50

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] -	26,5	0,30	Meyerhof	2,27
[1] -	20,61	0,60	Meyerhof	2,11
[1] -	10,3	0,90	Meyerhof	2,18
[1] -	8,83	1,20	Meyerhof	2,12
[1] -	2,94	1,50	Meyerhof	1,86
[1] -	2,94	1,80	Meyerhof	1,86
[1] -	2,94	2,10	Meyerhof	1,86
[1] -	4,42	2,40	Meyerhof	1,87
[1] -	4,42	2,70	Meyerhof	1,87
[1] -	5,89	3,00	Meyerhof	1,89
[1] -	5,89	3,30	Meyerhof	1,89
[1] -	8,83	3,60	Meyerhof	2,12
[1] -	8,83	3,90	Meyerhof	2,12
[1] -	22,08	4,20	Meyerhof	2,15
[1] -	39,74	4,50	Meyerhof	2,50
[1] -	73,6	4,80	Meyerhof	2,50

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	26,5	0,30	65,05	100	100	59,73
[1] -	20,61	0,60	56,45	100	100	52,13
[1] -	10,3	0,90	38,39	72,88	85,01	33,65
[1] -	8,83	1,20	33,79	65,15	72,32	30,35
[1] -	2,94	1,50	12,52	36,38	40,03	15,13
[1] -	2,94	1,80	11,64	35,28	37,98	15,13
[1] -	2,94	2,10	10,8	34,27	36,35	15,13
[1] -	4,42	2,40	16,65	40,89	42,55	19,27
[1] -	4,42	2,70	15,83	39,84	41,17	19,27
[1] -	5,89	3,00	20	44,87	45,87	23,17
[1] -	5,89	3,30	19,22	43,83	44,69	23,17
[1] -	8,83	3,60	25,85	52,47	52,95	30,35
[1] -	8,83	3,90	25,07	51,36	51,81	30,35
[1] -	22,08	4,20	43,36	79,56	78,68	54,19
[1] -	39,74	4,50	56,77	100	100	72,16
[1] -	73,6	4,80	72,79	100	100	100

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenz a falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	26,5	0,30	26,5	34,57	27,57	35,42	37,85	38,85	42	32-35	34,94	34,95	31,42	38,02
[1] -	20,61	0,60	20,61	32,89	25,89	33,77	35,06	37,25	42	30-32	32,58	33,18	30,47	35,3
[1] -	10,3	0,90	10,3	29,94	22,94	30,88	32,82	33,78	38,2	<30	27,43	30,09	27,84	29,35
[1] -	8,83	1,20	8,83	29,52	22,52	30,47	31,84	33,22	0	<30	26,51	29,65	27,26	28,29
[1] -	2,94	1,50	2,94	27,84	20,84	28,82	29,52	30,79	0	<30	21,64	27,88	23,09	22,67
[1] -	2,94	1,80	2,94	27,84	20,84	28,82	29,08	30,79	0	<30	21,64	27,88	23,09	22,67
[1] -	2,94	2,10	2,94	27,84	20,84	28,82	28,72	30,79	0	<30	21,64	27,88	23,09	22,67
[1] -	4,42	2,40	4,42	28,26	21,26	29,24	29,07	31,43	0	<30	23,14	28,33	24,63	24,4
[1] -	4,42	2,70	4,42	28,26	21,26	29,24	28,79	31,43	0	<30	23,14	28,33	24,63	24,4
[1] -	5,89	3,00	5,89	28,68	21,68	29,65	29,02	32,04	0	<30	24,4	28,77	25,72	25,85
[1] -	5,89	3,30	5,89	28,68	21,68	29,65	28,8	32,04	0	<30	24,4	28,77	25,72	25,85
[1] -	8,83	3,60	8,83	29,52	22,52	30,47	29,26	33,22	0	<30	26,51	29,65	27,26	28,29
[1] -	8,83	3,90	8,83	29,52	22,52	30,47	29,08	33,22	0	<30	26,51	29,65	27,26	28,29
[1] -	22,08	4,20	22,08	33,31	26,31	34,18	30,4	37,68	39,14	30-32	33,2	33,62	30,73	36,01
[1] -	39,74	4,50	39,74	38,35	31,35	39,13	31,19	41,43	42	35-38	39,42	38,92	32,96	43,19
[1] -	73,6	4,80	73,6	48,03	41,03	48,61	32,05	41,66	42	>38	48,23	49,08	35,3	53,37

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	26,5	0,30	26,5	367,45	212,00	313,40	378,75	207,50
[1] -	20,61	0,60	20,61	324,05	164,88	243,90	334,58	178,05
[1] -	10,3	0,90	10,3	229,08	82,40	122,24	257,25	126,50
[1] -	8,83	1,20	8,83	---	70,64	104,89	---	---
[1] -	2,94	1,50	2,94	---	23,52	---	---	---
[1] -	2,94	1,80	2,94	---	23,52	---	---	---
[1] -	2,94	2,10	2,94	---	23,52	---	---	---
[1] -	4,42	2,40	4,42	---	35,36	---	---	---
[1] -	4,42	2,70	4,42	---	35,36	---	---	---
[1] -	5,89	3,00	5,89	---	47,12	---	---	---
[1] -	5,89	3,30	5,89	---	47,12	---	---	---
[1] -	8,83	3,60	8,83	---	70,64	104,89	---	---
[1] -	8,83	3,90	8,83	---	70,64	104,89	---	---
[1] -	22,08	4,20	22,08	335,41	176,64	261,24	345,60	185,40
[1] -	39,74	4,50	39,74	449,97	317,92	469,63	478,05	273,70
[1] -	73,6	4,80	73,6	612,36	588,80	869,18	732,00	443,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	26,5	0,30	26,5	159,00	81,90	188,15	156,19
[1] -	20,61	0,60	20,61	123,66	69,80	146,33	129,92
[1] -	10,3	0,90	10,3	61,80	48,62	73,13	83,94
[1] -	8,83	1,20	8,83	---	45,60	62,69	77,38
[1] -	2,94	1,50	2,94	---	33,50	20,87	51,11
[1] -	2,94	1,80	2,94	---	33,50	20,87	51,11
[1] -	2,94	2,10	2,94	---	33,50	20,87	51,11
[1] -	4,42	2,40	4,42	---	36,54	31,38	57,71
[1] -	4,42	2,70	4,42	---	36,54	31,38	57,71
[1] -	5,89	3,00	5,89	---	39,56	41,82	64,27
[1] -	5,89	3,30	5,89	---	39,56	41,82	64,27
[1] -	8,83	3,60	8,83	---	45,60	62,69	77,38
[1] -	8,83	3,90	8,83	---	45,60	62,69	77,38
[1] -	22,08	4,20	22,08	132,48	72,82	156,77	136,48
[1] -	39,74	4,50	39,74	238,44	109,09	282,15	215,24
[1] -	73,6	4,80	73,6	441,60	178,64	522,56	366,26

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	26,5	0,30	26,5	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[1] -	20,61	0,60	20,61	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[1] -	10,3	0,90	10,3	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[1] -	8,83	1,20	8,83	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[1] -	2,94	1,50	2,94	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] -	2,94	1,80	2,94	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] -	2,94	2,10	2,94	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[1] -	4,42	2,40	4,42	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[1] -	4,42	2,70	4,42	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[1] -	5,89	3,00	5,89	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[1] -	5,89	3,30	5,89	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[1] -	8,83	3,60	8,83	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[1] -	8,83	3,90	8,83	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[1] -	22,08	4,20	22,08	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[1] -	39,74	4,50	39,74	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[1] -	73,6	4,80	73,6	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	26,5	0,30	26,5	Terzaghi-Peck 1948	1,66
[1] -	20,61	0,60	20,61	Terzaghi-Peck 1948	1,60
[1] -	10,3	0,90	10,3	Terzaghi-Peck 1948	1,48
[1] -	8,83	1,20	8,83	Terzaghi-Peck 1948	1,46
[1] -	2,94	1,50	2,94	Terzaghi-Peck 1948	1,38
[1] -	2,94	1,80	2,94	Terzaghi-Peck 1948	1,38
[1] -	2,94	2,10	2,94	Terzaghi-Peck 1948	1,38
[1] -	4,42	2,40	4,42	Terzaghi-Peck 1948	1,40
[1] -	4,42	2,70	4,42	Terzaghi-Peck 1948	1,40
[1] -	5,89	3,00	5,89	Terzaghi-Peck 1948	1,42
[1] -	5,89	3,30	5,89	Terzaghi-Peck 1948	1,42
[1] -	8,83	3,60	8,83	Terzaghi-Peck 1948	1,46
[1] -	8,83	3,90	8,83	Terzaghi-Peck 1948	1,46
[1] -	22,08	4,20	22,08	Terzaghi-Peck 1948	1,62
[1] -	39,74	4,50	39,74	Terzaghi-Peck 1948	1,78
[1] -	73,6	4,80	73,6	Terzaghi-Peck 1948	1,95

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	26,5	0,30	26,5	Terzaghi-Peck 1948	2,04
[1] -	20,61	0,60	20,61	Terzaghi-Peck 1948	2,00
[1] -	10,3	0,90	10,3	Terzaghi-Peck 1948	1,92
[1] -	8,83	1,20	8,83	Terzaghi-Peck 1948	1,91
[1] -	2,94	1,50	2,94	Terzaghi-Peck 1948	1,86
[1] -	2,94	1,80	2,94	Terzaghi-Peck 1948	1,86
[1] -	2,94	2,10	2,94	Terzaghi-Peck 1948	1,86
[1] -	4,42	2,40	4,42	Terzaghi-Peck 1948	1,87
[1] -	4,42	2,70	4,42	Terzaghi-Peck 1948	1,87
[1] -	5,89	3,00	5,89	Terzaghi-Peck 1948	1,89
[1] -	5,89	3,30	5,89	Terzaghi-Peck 1948	1,89
[1] -	8,83	3,60	8,83	Terzaghi-Peck 1948	1,91
[1] -	8,83	3,90	8,83	Terzaghi-Peck 1948	1,91
[1] -	22,08	4,20	22,08	Terzaghi-Peck 1948	2,01
[1] -	39,74	4,50	39,74	Terzaghi-Peck 1948	2,11
[1] -	73,6	4,80	73,6	Terzaghi-Peck 1948	2,21

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	26,5	0,30	26,5	(A.G.I.)	0,3
[1] -	20,61	0,60	20,61	(A.G.I.)	0,31
[1] -	10,3	0,90	10,3	(A.G.I.)	0,33
[1] -	8,83	1,20	8,83	(A.G.I.)	0,34
[1] -	2,94	1,50	2,94	(A.G.I.)	0,35
[1] -	2,94	1,80	2,94	(A.G.I.)	0,35
[1] -	2,94	2,10	2,94	(A.G.I.)	0,35
[1] -	4,42	2,40	4,42	(A.G.I.)	0,34
[1] -	4,42	2,70	4,42	(A.G.I.)	0,34
[1] -	5,89	3,00	5,89	(A.G.I.)	0,34
[1] -	5,89	3,30	5,89	(A.G.I.)	0,34
[1] -	8,83	3,60	8,83	(A.G.I.)	0,34
[1] -	8,83	3,90	8,83	(A.G.I.)	0,34
[1] -	22,08	4,20	22,08	(A.G.I.)	0,31
[1] -	39,74	4,50	39,74	(A.G.I.)	0,28
[1] -	73,6	4,80	73,6	(A.G.I.)	0,2

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	26,5	0,30	26,5	1415,03	925,79
[1] -	20,61	0,60	20,61	1117,24	793,98
[1] -	10,3	0,90	10,3	582,08	519,70
[1] -	8,83	1,20	8,83	503,64	473,03
[1] -	2,94	1,50	2,94	179,13	241,59
[1] -	2,94	1,80	2,94	179,13	241,59
[1] -	2,94	2,10	2,94	179,13	241,59
[1] -	4,42	2,40	4,42	262,79	309,93
[1] -	4,42	2,70	4,42	262,79	309,93
[1] -	5,89	3,00	5,89	344,21	369,36
[1] -	5,89	3,30	5,89	344,21	369,36
[1] -	8,83	3,60	8,83	503,64	473,03
[1] -	8,83	3,90	8,83	503,64	473,03
[1] -	22,08	4,20	22,08	1191,99	828,12
[1] -	39,74	4,50	39,74	2071,04	1185,87
[1] -	73,6	4,80	73,6	3696,40	1728,11

PROVA ...DPSH3

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

DPSH TG 63-200 PAGANI
 12/05/2020
 2,10 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,30	7	0,853	41,81	49,03	2,09	2,45
0,60	5	0,847	27,23	32,14	1,36	1,61
0,90	5	0,842	27,05	32,14	1,35	1,61
1,20	4	0,836	21,51	25,72	1,08	1,29
1,50	4	0,831	19,75	23,76	0,99	1,19
1,80	15	0,776	69,18	89,11	3,46	4,46
2,10	50	0,622	184,65	297,03	9,23	14,85

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,3	7	78,42	Incoerente - coesivo	0	2,1	2,31	0,03	1,47	10,3	
0,6	5	78,42	Incoerente - coesivo	0	2,1	2,31	0,09	1,47	7,36	
0,9	5	78,42	Incoerente - coesivo	0	2,1	2,31	0,16	1,47	7,36	
1,2	4	78,42	Incoerente - coesivo	0	2,1	2,31	0,22	1,47	5,89	
1,5	4	78,42	Incoerente - coesivo	0	2,1	2,31	0,28	1,47	5,89	
1,8	15	78,42	Incoerente - coesivo	0	2,1	2,31	0,35	1,47	22,08	
2,1	50	78,42	Incoerente - coesivo	0	2,1	2,31	0,41	1,47	73,6	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH3**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm²)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	10,3	0,30	0,70	1,29	0,50	0,41	1,01	2,35	0,91	1,22	0,52	1,79	1,29
[1] -	7,36	0,60	0,46	0,92	0,25	0,30	0,72	2,35	0,66	0,99	0,37	1,22	0,92
[1] -	7,36	0,90	0,46	0,92	0,25	0,30	0,72	2,35	0,66	0,99	0,37	1,18	0,92
[1] -	5,89	1,20	0,37	0,74	0,25	0,24	0,57	2,35	0,53	0,87	0,29	0,87	0,74
[1] -	5,89	1,50	0,37	0,74	0,25	0,24	0,57	2,35	0,53	0,87	0,29	0,83	0,74
[1] -	22,08	1,80	1,49	2,76	1,00	0,85	2,19	2,35	1,86	2,28	1,10	3,67	2,76
[1] -	73,6	2,10	4,97	9,20	0,00	2,36	7,40	2,35	4,78	8,96	3,68	12,83	9,20

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	10,3	0,30	Robertson (1983)	20,60
[1] -	7,36	0,60	Robertson (1983)	14,72
[1] -	7,36	0,90	Robertson (1983)	14,72
[1] -	5,89	1,20	Robertson (1983)	11,78
[1] -	5,89	1,50	Robertson (1983)	11,78
[1] -	22,08	1,80	Robertson (1983)	44,16
[1] -	73,6	2,10	Robertson (1983)	147,20

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	10,3	0,30	47,26	--	106,85	103,00
[1] -	7,36	0,60	33,77	--	76,86	92,00
[1] -	7,36	0,90	33,77	--	76,86	92,00
[1] -	5,89	1,20	27,02	88,35	61,87	73,63
[1] -	5,89	1,50	27,02	88,35	61,87	73,63
[1] -	22,08	1,80	101,30	--	226,99	220,80
[1] -	73,6	2,10	337,68	--	752,47	736,00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	10,3	0,30	98,05	103,00
[1] -	7,36	0,60	64,24	73,60
[1] -	7,36	0,90	64,24	73,60
[1] -	5,89	1,20	47,34	58,90
[1] -	5,89	1,50	47,34	58,90
[1] -	22,08	1,80	233,52	220,80
[1] -	73,6	2,10	826,00	736,00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	10,3	0,30	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[1] -	7,36	0,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[1] -	7,36	0,90	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[1] -	5,89	1,20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[1] -	5,89	1,50	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[1] -	22,08	1,80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[1] -	73,6	2,10	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] -	10,3	0,30	Meyerhof	1,98
[1] -	7,36	0,60	Meyerhof	1,87
[1] -	7,36	0,90	Meyerhof	1,87
[1] -	5,89	1,20	Meyerhof	1,81
[1] -	5,89	1,50	Meyerhof	1,81
[1] -	22,08	1,80	Meyerhof	2,11
[1] -	73,6	2,10	Meyerhof	2,50

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] -	10,3	0,30	Meyerhof	2,18
[1] -	7,36	0,60	Meyerhof	1,90
[1] -	7,36	0,90	Meyerhof	1,90
[1] -	5,89	1,20	Meyerhof	1,89
[1] -	5,89	1,50	Meyerhof	1,89
[1] -	22,08	1,80	Meyerhof	2,15
[1] -	73,6	2,10	Meyerhof	2,50

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	10,3	0,30	41,37	78,8	100	33,65
[1] -	7,36	0,60	32,62	63,92	82,45	26,86
[1] -	7,36	0,90	31,27	61,52	72,12	26,86
[1] -	5,89	1,20	25,67	53,12	59,37	23,17
[1] -	5,89	1,50	24,55	51,39	55,58	23,17
[1] -	22,08	1,80	51,97	96,46	99,18	54,19
[1] -	73,6	2,10	84,56	100	100	100

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	10,3	0,30	10,3	29,94	22,94	30,88	36,29	33,78	39,03	<30	27,43	30,09	27,84	29,35
[1] -	7,36	0,60	7,36	29,1	22,1	30,06	33,36	32,64	0	<30	25,51	29,21	26,57	27,13
[1] -	7,36	0,90	7,36	29,1	22,1	30,06	32,25	32,64	0	<30	25,51	29,21	26,57	27,13
[1] -	5,89	1,20	5,89	28,68	21,68	29,65	31,16	32,04	0	<30	24,4	28,77	25,72	25,85
[1] -	5,89	1,50	5,89	28,68	21,68	29,65	30,61	32,04	0	<30	24,4	28,77	25,72	25,85
[1] -	22,08	1,80	22,08	33,31	26,31	34,18	32,31	37,68	41,5	30-32	33,2	33,62	30,73	36,01
[1] -	73,6	2,10	73,6	48,03	41,03	48,61	33,9	41,66	42	>38	48,23	49,08	35,3	53,37

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	10,3	0,30	10,3	229,08	82,40	122,24	257,25	126,50
[1] -	7,36	0,60	7,36	---	58,88	---	---	---
[1] -	7,36	0,90	7,36	---	58,88	---	---	---
[1] -	5,89	1,20	5,89	---	47,12	---	---	---
[1] -	5,89	1,50	5,89	---	47,12	---	---	---
[1] -	22,08	1,80	22,08	335,41	176,64	261,24	345,60	185,40
[1] -	73,6	2,10	73,6	612,36	588,80	869,18	732,00	443,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	10,3	0,30	10,3	61,80	48,62	73,13	83,94
[1] -	7,36	0,60	7,36	---	42,58	52,26	70,83
[1] -	7,36	0,90	7,36	---	42,58	52,26	70,83
[1] -	5,89	1,20	5,89	---	39,56	41,82	64,27
[1] -	5,89	1,50	5,89	---	39,56	41,82	64,27
[1] -	22,08	1,80	22,08	132,48	72,82	156,77	136,48
[1] -	73,6	2,10	73,6	441,60	178,64	522,56	366,26

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	10,3	0,30	10,3	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[1] -	7,36	0,60	7,36	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[1] -	7,36	0,90	7,36	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[1] -	5,89	1,20	5,89	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[1] -	5,89	1,50	5,89	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[1] -	22,08	1,80	22,08	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[1] -	73,6	2,10	73,6	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	10,3	0,30	10,3	Terzaghi-Peck 1948	1,48
[1] -	7,36	0,60	7,36	Terzaghi-Peck 1948	1,44
[1] -	7,36	0,90	7,36	Terzaghi-Peck 1948	1,44
[1] -	5,89	1,20	5,89	Terzaghi-Peck 1948	1,42
[1] -	5,89	1,50	5,89	Terzaghi-Peck 1948	1,42
[1] -	22,08	1,80	22,08	Terzaghi-Peck 1948	1,62
[1] -	73,6	2,10	73,6	Terzaghi-Peck 1948	1,95

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	10,3	0,30	10,3	Terzaghi-Peck 1948	1,92
[1] -	7,36	0,60	7,36	Terzaghi-Peck 1948	1,90
[1] -	7,36	0,90	7,36	Terzaghi-Peck 1948	1,90
[1] -	5,89	1,20	5,89	Terzaghi-Peck 1948	1,89
[1] -	5,89	1,50	5,89	Terzaghi-Peck 1948	1,89
[1] -	22,08	1,80	22,08	Terzaghi-Peck 1948	2,01
[1] -	73,6	2,10	73,6	Terzaghi-Peck 1948	2,21

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	10,3	0,30	10,3	(A.G.I.)	0,33
[1] -	7,36	0,60	7,36	(A.G.I.)	0,34
[1] -	7,36	0,90	7,36	(A.G.I.)	0,34
[1] -	5,89	1,20	5,89	(A.G.I.)	0,34
[1] -	5,89	1,50	5,89	(A.G.I.)	0,34
[1] -	22,08	1,80	22,08	(A.G.I.)	0,31
[1] -	73,6	2,10	73,6	(A.G.I.)	0,2

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	10,3	0,30	10,3	582,08	519,70
[1] -	7,36	0,60	7,36	424,40	423,23
[1] -	7,36	0,90	7,36	424,40	423,23
[1] -	5,89	1,20	5,89	344,21	369,36
[1] -	5,89	1,50	5,89	344,21	369,36
[1] -	22,08	1,80	22,08	1191,99	828,12
[1] -	73,6	2,10	73,6	3696,40	1728,11