

Comune di Bondeno

Provincia di Ferrara (FE)

Società Agricola Biopig Italia s.s. di Cascone Luigi e C.
sede : Via Marzabotto 01 - Località Nogara (VR)

Progetto per l'ampliamento di un insediamento zootecnico
esistente, autorizzato con P.D.C. 168/2017/PC,
e realizzazione di un impianto per l'abbattimento dell'Azoto,
il tutto su terreni di proprietà
siti nel Comune di Bondeno (FE), località Zerbinato,
Via Argine Vela 471 .

Allegato

Febbraio 2022

D

8

oggetto
RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA
SU TRATTI STRADALI VIA ARGINE CAMPO E VIA VIRGILIANA

Il Progettista

Dott. Geol. Vincenzi Stefano

Il Richiedente

Società Agricola BIOPIG ITALIA s.s.
di Cascone Luigi & C.

I Collaboratori

Dott. Ghetti Elena
Dott. Bertelli Alice
Dott. Geol. Tamburini Silvia
Dott. Davide Ganzerla



I Relatori

Negrini geom. Stefano - Martini geom. Isacco - Franzini geom. Andrea
dott. agr. Gino Benincà - dott. agr. Pierluigi Martorana -
dott. p.a. Giacomo De Franceschi

Con la collaborazione di:

Studio Gaia ,Studio Perissinotto ,
Peroni geom. Moreno .



STUDIO TECNICO NEGRINI
di
Negrini Geom. Stefano
Via Fellini n° 3 - 37054 - Nogara - (Vr)
Tel : 0442-50530 ----- E-Mail : frkne.negrini@gmail.com
C.F. : NGR SFN 62E15 F918 I -----P.Iva : 0180219 023 9



STUDIO BENINCA' - Associazione tra Professionisti
Via Serena, 1 - 37036 San Martino Buon Albergo (VR)
Tel : 0458799229- Fax : 0458780829
pec: tecnico@pec.studiobeninca.it email: info@studiobeninca.it

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI INDAGINE	4
2.1	CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE	5
3	SOPRALLUOGO PRELIMINARE SUL RILEVATO PROSPICIENTE L'ALLACCIANTE DI FELONICA.....	7
4	PIANO DELLE ATTIVITÀ ESEGUITE	12
4.1	MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI SONDAGGI STRATIGRAFICI	12
4.2	MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE PROVE DI CARICO SU PIASTRA (PLT)	14
4.3	PROCEDURE DI RIFERIMENTO DELLE PROVE CPT	17
5	PRESENTAZIONE DEI RISULTATI.....	19
5.1	RISULTATI SONDAGGI STRATIGRAFICI	19
5.2	RISULTATI PROVE DI CARICO SU PIASTRA.....	22
5.3	CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DA PROVE CPT	23
6	DIMENSIONAMENTO DEL PACCHETTO STRADALE	26
6.1	ATTRIBUZIONE INDICE DI GRUPPO	26
6.2	DIMENSIONAMENTO PACCHETTO TEORICO.....	29
6.3	VERIFICA DEL PACCHETTO STRADALE ESISTENTE.....	30
7	MIGLIORAMENTO DEL PACCHETTO STRADALE A RIDOSSO DEL PONTE SULL'ALLACCIANTE DI FELONICA.....	31
7.1	VERIFICHE REQUISITI PRESTAZIONALI.....	33
8	CONCLUSIONI	34

ELENCO TAVOLE E ALLEGATI

Tavola 1: Estratto di ortofoto con indicazione del tratto stradale di interesse con ubicazione delle indagini geognostiche eseguite

Allegato 1: Stratigrafie sondaggi a carotaggio continuo

Allegato 2: Certificati prove di carico su piastra statiche PLT

Allegato 3: Tavole dati CPT

1 PREMESSA

Su incarico della Società Agricola Biopig s.s. di Cascone Luigi & c. è stato redatto il presente studio relativo ai risultati delle indagini eseguite per la verifica del pacchetto di fondazione stradale esistente relativi a via Rangona e a un tratto di via Argine Campo, ubicate nel Comune di Bondeno (FE), località Burana.

Lo studio si inserisce nel progetto di ampliamento di un centro zootecnico esistente, per il quale è in corso un procedimento unico autorizzativo di Valutazione di Impatto Ambientale legato alla proposta di ampliamento dello stesso.

Con Documento Prot 17462 del 03.12.21 il Consorzio della Bonifica di Burana ha espresso alcune considerazioni in merito al potenziale utilizzo delle strade bianche citate da parte dei mezzi pesanti connessi all'attività del centro zootecnico. Di seguito l'estratto documentale:

La stessa strada bianca via Virgiliana peraltro fiancheggia per tutta la sua lunghezza il canale denominato "Allacciante di Felonica" il quale subirebbe sulla sponda destra un forte sovraccarico dato da un maggior flusso di traffico pesante da e per l'allevamento zootecnico della Ditta Società Agricola Biopig Italia S.S.

Pertanto si è proceduto alla verifica dello stato del pacchetto stradale pubblico esistente (attraverso un dedicato programma di indagini geognostiche che verrà illustrato nei capitoli seguenti) al fine di valutarne l'idoneità al traffico veicolare connesso al funzionamento del centro zootecnico.

I segmenti di strada bianca pubblica che consentono il collegamento tra l'impianto e la viabilità pubblica primaria (nel caso specifico la SP69 via Virgiliana) sono la via Rangona (nominata comunque via Virgiliana) e un tratto di via Argine Campo, per uno sviluppo lineare complessivo pari a circa 1,1 km.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI INDAGINE

Di seguito (**Figura 2.1**) si propone un'ortofoto con la traccia del percorso che la Ditta proponente intende percorrere con i mezzi pesanti per il trasporto dei capi e per le attività connesse al funzionamento del centro zootecnico, per collegarsi alla viabilità esistente.

4

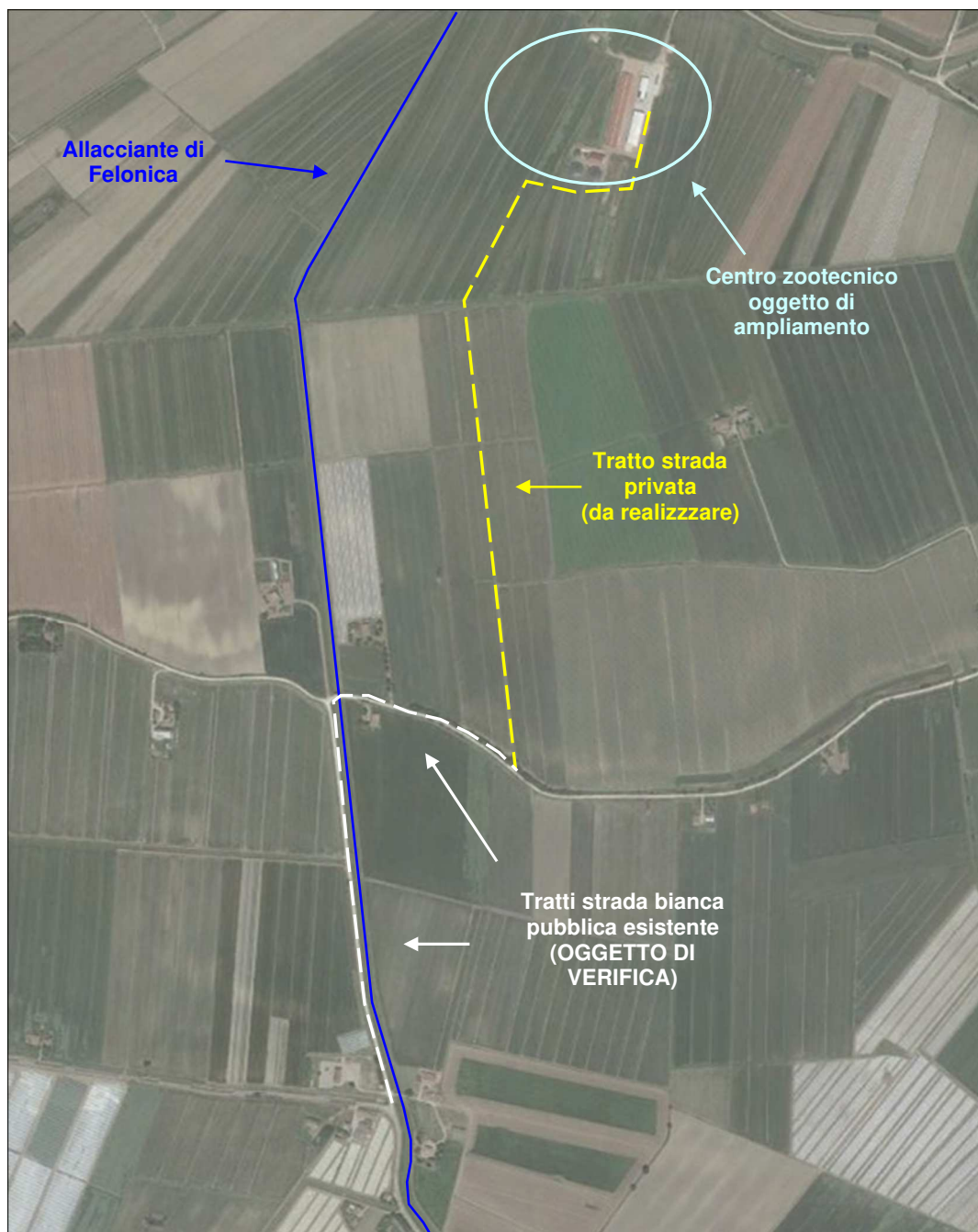


Figura 2.1. Ortofoto con indicazione della traccia di strada privata da realizzare e di strada pubblica esistente

2.1 CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE

Per quanto riguarda i tratti stradali pubblici che si prevede di percorrere con i veicoli connessi all'attività è stata valutata preliminarmente la potenziale interferenza con elementi geomorfologici di rilievo (**Figura 2.2**).

5

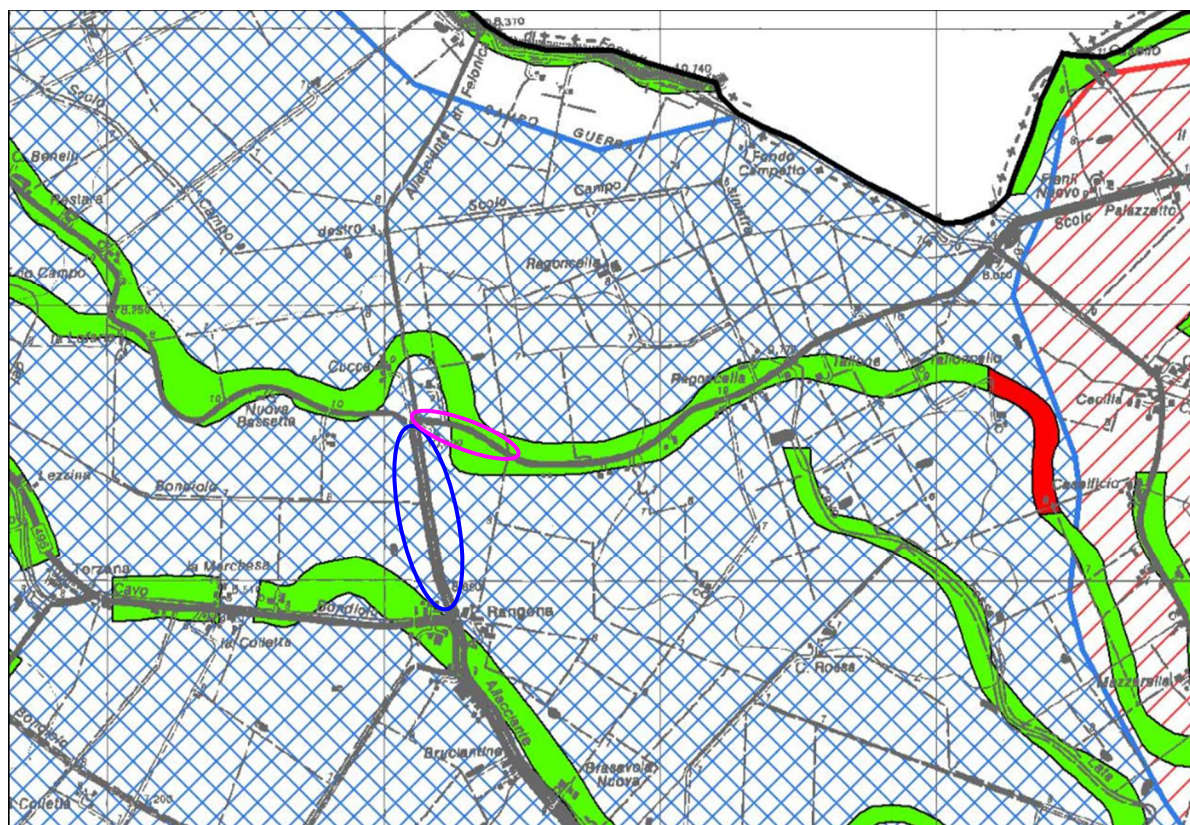


Figura 2.2. Estratto di Carta Geomorfologica del PSC Alto Ferrarese elaborato in forma associata.
Negli ovali blu e magenta i tratti stradali di interesse

E' possibile indicare quanto segue:

- Tratto via Virgiliana (**ovale blu**): La cartografia mostra che, nel tratto di via Virgiliana (in alcune carte indicata come via Rangona) interessato dal passaggio dei mezzi connesso all'attività, non vi sono interferenze dal punto di vista geomorfologico; i due paleoalvei indicati (tratti verdi) si sviluppano a nord a e a sud del tratto di interesse, senza intersecarlo. Questo aspetto gioca a favore della complessiva stabilità della strada che fiancheggia il canale, profondo circa 2,5 m, in quanto sottintende che la stratigrafia superficiale risulta omogenea dal punto di vista tessiturale. Pertanto non si individuano corpi sabbiosi importanti che possano rappresentare una discontinuità nella risposta

meccanica alle sollecitazioni del traffico stradale in particolare in corrispondenza della sponda del canale. Per questo tratto stradale è stato eseguito un sopralluogo per la verifica delle sponde del canale a ridosso della via Virgiliana, come descritto al capitolo successivo.

- Tratto via Argine Campo (**ovale magenta**): La cartografia mostra che, nel tratto di via Argine Campo, è presente il paleoalveo che, come spesso succede in zone di pianura, rappresenta un alto morfologico su cui viene realizzata la viabilità. Via Argine Campo si sviluppa per diversi km su paleoalveo, ad eccezione di un limitato tratto in prossimità del ponte sull'Allacciante di Felonica. In questo caso specifico il rilevato stradale non è affiancato da un corso d'acqua, pertanto l'eventuale differenza litologica nei primi metri di sequenza stratigrafica non comportano criticità apprezzabili per la tenuta del rilevato stradale.

3 SOPRALLUOGO PRELIMINARE SUL RILEVATO PROSPICIENTE L'ALLACCIANTE DI FELONICA

Il sopralluogo, effettuato nel mese di ottobre 2021, mostra che il rilevato stradale prospiciente l'Allacciante di Felonica è stato oggetto di rinforzo al piede con la posa in opera di una massicciata costituita da pietrame di pezzatura pluridecimettrica.

La superficie stradale, pur priva di copertura asfaltata, risulta piuttosto regolare, priva di ormaie e avvallamenti, dossi o segni di cedimenti, pur essendo attualmente interessata dal passaggio di mezzi pesanti. In **Figura 3.1** si riporta un estratto di immagine satellitare con il dettaglio del tratto stradale oggetto di studio, recante l'indicazione dei punti oggetto della documentazione fotografica che segue.

7



Figura 3.1. Estratto di immagine satellitare del tratto stradale oggetto di studio, con indicazione dei punti fotografici

Da **Figura 3.2** a **Figura 3.7** si riporta documentazione fotografica relativa al sopralluogo eseguito per valutare lo stato di stabilità del tratto stradale di interesse.

Si nota bene l'esistenza del rinforzo al piede della massicciata sulla sponda destra dell'Allacciante di Felonica. La massicciata è comunque presente anche sulla sponda sinistra.



Figura 3.2.

Foto 2



Figura 3.3.

Foto 3



Figura 3.4.

Foto 4



Figura 3.5.

Foto 5



Figura 3.6.

Foto 6



Figura 3.7.

4 PIANO DELLE ATTIVITÀ ESEGUITE

Per la verifica dello stato di fatto del tratto di strada esistente, che collegherebbe in futuro la strada privata della Committenza con la via Virgiliana è stato predisposto e realizzato il seguente piano di indagini/verifiche:

12

- n°6 sondaggi a carotaggio continuo spinti a 1,5 m da p.c., per la verifica dello spessore del pacchetto esistente e della tipologia di sottofondo
- n°4 prove di carico su piastra statiche (PLT) per la determinazione del grado di compattezza del pacchetto medesimo
- n°2 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT), spinte alla profondità di 8,0 m da p.c., per l'indagine della sequenza stratigrafica del sottofondo e dei livelli più profondi

Lo scopo, come specificato in precedenza, è quello di caratterizzare il pacchetto stradale esistente e i livelli di terreno naturale sottostanti, per verificarne l'idoneità al potenziale traffico veicolare connesso alle attività del centro zootecnico. In **Tavola 1** si riporta il tracciato dei segmenti stradali oggetto di studio, unitamente all'ubicazione delle indagini geognostiche eseguite.

4.1 MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI SONDAGGI STRATIGRAFICI

I sondaggi stratigrafici citati sono stati eseguiti tramite utilizzo di sonda meccanica a percussione, con sistema Geoprobe, in grado di effettuare le operazioni di perforazione a carotaggio continuo, senza l'ausilio di fluidi di circolazione o fanghi; questo aspetto garantisce di operare riducendo al minimo fenomeni di riscaldamento del materiale estratto. E' stato utilizzato un carotiere di diametro esterno pari a 90 mm, e per il prelievo della carota sono state impiegate fustelle in PVC monouso, con conseguente estrazione di un campione di terreno coerente con l'effettiva stratigrafia caratteristica del sito. I carotaggi sono stati eseguiti in prossimità del ciglio stradale, in via cautelativa, ad indagare il settore più critico del pacchetto stradale, sollecitato in particolare nel caso di incrocio tra due veicoli.

Di seguito, da **Figura 4.1** a **Figura 4.3**, si propone documentazione fotografica relativa all'esecuzione delle indagini.

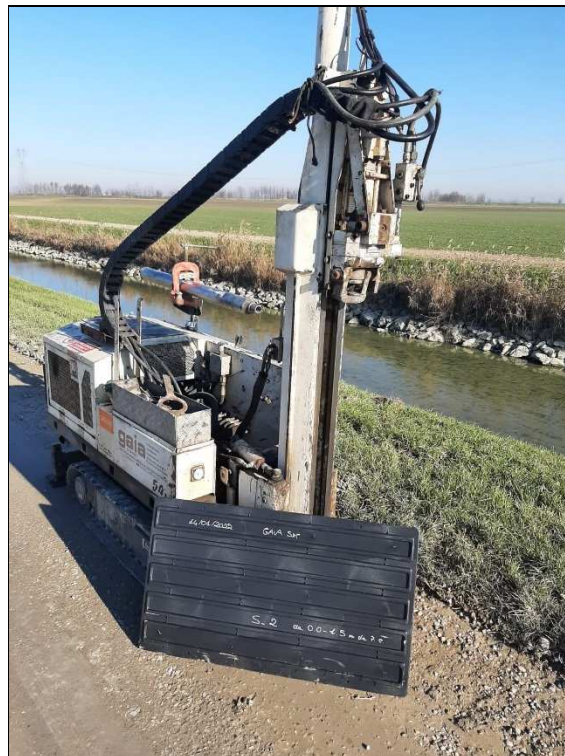


Figura 4.1. Ubicazione sondaggi S1 (sinistra) e S2 (destra).



Figura 4.2. Ubicazione sondaggi S3 (sinistra) e S4 (destra).



Figura 4.3. Ubicazione sondaggi S5 (sinistra) e S6 (destra).

4.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE PROVE DI CARICO SU PIASTRA (PLT)

Le prove sono state eseguite con l'ausilio di apposita strumentazione di fabbricazione Matest Srl, costituita da:

- Piastra di appoggio in ferro
- Castelletto in ferro per appoggio comparatore centesimale, con base mobile su molle, che consente di adattare la strumentazione a superfici non perfettamente pianoparallele.
- Martinetto
- Pompa idraulica manuale, con connettore veloce al martinetto
- Set di prolunghe per collegare il martinetto alla base del mezzo di contrasto
- Manometro 100 kN
- Trave telescopica in alluminio, regolabile in altezza, a cui è collegato il comparatore centesimale

Di seguito, da **Figura 4.4** a **Figura 4.7**, si propone documentazione fotografica relativa all'esecuzione delle prove PLT.



Figura 4.4. Ubicazione PLT 1.



Figura 4.5. Ubicazione (sinistra) e dettaglio (destra) PLT 2.



Figura 4.6. Ubicazione PLT 3.



Figura 4.7. Ubicazione PLT 4.

La trave in alluminio, estesa per circa 2,0 m di lunghezza, garantisce che il comparatore risulti solidale con il terreno non alterato dalle tensioni che si generano nell'intorno della zona di prova. Il mezzo di contrasto impiegato è rappresentato da un autocarro di idonea massa a

vuoto. La prova è stata articolata in n°2 cicli di carico e scarico, raggiungendo il massimo carico di 25 kN, attraverso incrementi progressivi di portata di scarico e scarico, secondo gli step previsti dalla normativa CNR 146/92.

4.3 PROCEDURE DI RIFERIMENTO DELLE PROVE CPT

17

La prova penetrometrica statica CPT (Cone Penetration Test) è stata eseguita mediante penetrometro meccanico con punta standard tipo Begemann in accordo con la procedura di riferimento ISSMFE (codice RM) con attrezzatura di spinta ancorata da 20 ton. I vari parametri di prova sono ottenuti mediante le seguenti relazioni energetiche:

resistenza alla punta	$q_c = R_p = Q_c/A_c$
resistenza unitaria di attrito laterale locale	$f_s = R_l = Q_s/A_s$
Rapporto della resistenza (Friction Ratio)	$R_f(\%) = 100 f_s/q_c *$
indice delle resistenze (Friction Index)	$q_c/f_s *$

(R_p , R_f misurate alla stessa profondità)

dove:

R_p = forza assiale agente sul cono

R_l = forza di attrito per infiggere il manicotto

A_c = area di base del cono

A_s = superficie laterale del manicotto

La prova CPT in generale trova applicazione per:

- rilevare l'andamento stratigrafico lungo la verticale
- individuare i tipi di terreno attraversati
- interpolare l'andamento degli strati fra verticali di sondaggio

I parametri CPT possono essere utilizzati con affidabilità per valutare:

- l'angolo di attrito e la compressibilità drenata dei terreni granulari
- la resistenza al taglio non drenata dei terreni coesivi.

Meno attendibile risulta la valutazione dei parametri di compressibilità drenata e non dei terreni coesivi.

Di seguito, in **Figura 4.8** e **Figura 4.9** si riporta documentazione fotografica relativa all'esecuzione delle prove penetrometriche statiche.



Figura 4.8. Ubicazione CPT 1



Figura 4.9. Ubicazione CPT 2

5 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

5.1 RISULTATI SONDAGGI STRATIGRAFICI

L'indagine geologica ha permesso una caratterizzazione del pacchetto stradale esistente, in particolare in termini di spessore. I sondaggi sono stati spinti fino ad intercettare il terreno di sottofondo, per un discreto spessore.

Sulla base dei risultati ottenuti si evidenzia la presenza, per quanto riguarda il sottofondo stradale e dunque il terreno naturale, di terreno prevalentemente argilloso, debolmente limoso, passante a limo argilloso con debole frazione sabbiosa. Il pacchetto stradale risulta costituito da ghiaia di pezzatura omogenea, di dimensione massima indicativa pari a 40 mm.

In **Allegato 1** si riportano le stratigrafie di dettaglio risultanti, mentre a seguire, da **Figura 5.1** a **Figura 5.6** si riporta documentazione fotografica relativa alle carote estratte.



Figura 5.1. Cassetta S1 [0,0 – 1,5 m da p.c.]



Figura 5.2. Cassetta S2 [0,0 – 1,5 m da p.c.]

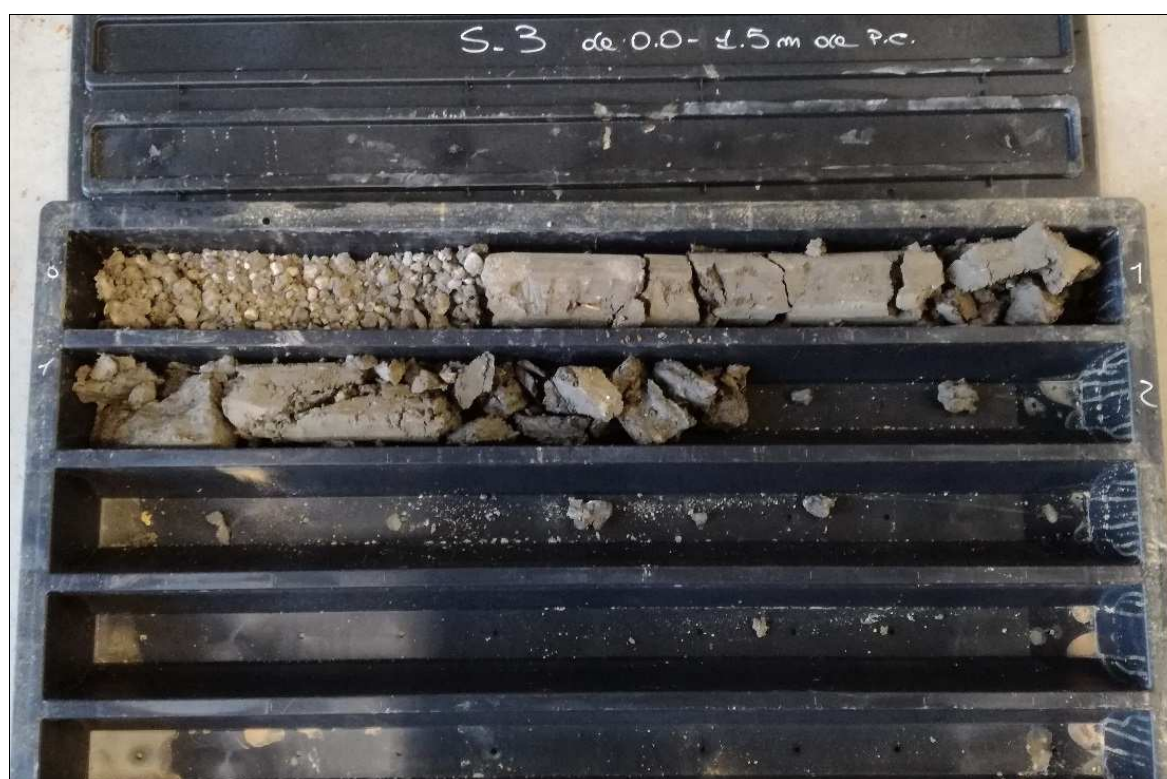


Figura 5.3. Cassetta S3 [0,0 – 1,5 m da p.c.]



Figura 5.4. Cassetta S4 [0,0 – 1,5 m da p.c.]



Figura 5.5. Cassetta S5 [0,0 – 1,5 m da p.c.]



Figura 5.6. Cassetta S6 [0,0 – 1,5 m da p.c.]

5.2 RISULTATI PROVE DI CARICO SU PIASTRA

Le prove di carico su piastra hanno restituito valori di modulo di resistenza Md1 mediamente buoni, considerando il contesto di prova; infatti il buon esito è stato fortemente limitato dalla stagione invernale in corso, che comporta che la superficie del pacchetto e l'intero corpo stradale presentino un grado di umidità sempre elevato, come mostrato in **Figura 5.7** (nonostante la giornata soleggiata di esecuzione prove), certamente lontano dalle condizioni ottimali. Le prove hanno restituito valori di Md1 variabili da un minimo di 423 kg/cm² a un massimo di 476 kg/cm² (come riassunto nella tabella di sintesi della pagina seguente), pertanto, considerando le condizioni ambientali (la stagione invernale non è adatta a questo tipo di prova su rilevati esistenti) è possibile sostenere che il pacchetto stradale mostra nel complesso un buon grado di resistenza.

I valori del rapporto Md1/Md2, calcolati nell'intervallo 1,5-2,5 kg/cm², sono indicatori del grado di compattazione del rilevato; tanto più la compattazione è stata eseguita a regola d'arte, tanto più il rapporto Md1/md2 tende a 1. Nel caso specifico è possibile notare che si ha comunque un buon ritorno elastico, allo scarico del primo ciclo, e che il rapporto Md1/md2 è sempre >0,5, ad indicare una discreta bontà della compattazione del pacchetto stradale.



Figura 5.7. Dettagli della superficie del pacchetto stradale.

SINTESI RISULTATI PROVA DI CARICO SU PIASTRA		
Prova PLT	Md1 (kg/cm ²)	Md1/Md2 (-)
PLT 1	423	0,52
PLT 2	476	0,54
PLT 3	469	0,52
PLT 4	455	0,53

In **Allegato 2** si riportano i certificati di elaborazione delle prove PLT.

5.3 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DA PROVE CPT

Il modello stratigrafico, ricostruito con l'elaborazione delle indagini geognostiche eseguite, segnala la presenza di depositi a carattere prevalentemente coesivo o misto fino alla profondità di 5,6 m da p.c; oltre tale profondità e fino alla massima indagata (8,0 m) si assiste

al passaggio tessiturale verso depositi incoerenti. Di seguito si riporta il dettaglio dei vari orizzonti litologici intercettati.

LIVELLI LITOLOGICI RILEVATI IN CPT 1		
PROFONDITA' da p.c. (m÷m)	LITOLOGIA (secondo Schmertmann 1978)	FALDA DA P.C. (m)
0,0 - 0,4	Sabbie	3,1
0,4 - 1,4	Argille sabbiose e limose	
1,4 - 4,0	Argilla inorganica compatta	
4,0 - 5,6	Argille sabbiose e limose	
5,6 - 8,0	Sabbie addensate o cementate	

LIVELLI LITOLOGICI RILEVATI IN CPT 2		
PROFONDITA' da p.c. (m÷m)	LITOLOGIA (secondo Schmertmann 1978)	FALDA DA P.C. (m)
0,0 - 1,6	Argilla inorganica molto compatta	2,6
1,6 - 3,0	Argilla inorganica compatta	
3,0 - 3,4	Argilla inorganica molto compatta	
3,4 - 4,0	Sabbie	
4,0 - 5,2	Terre limo sabbiose – Sabbie argillose - Limi	
5,2 - 8,0	Sabbie addensate o cementate	

Il livello medio della falda freatica rilevato nei fori di indagine al termine delle prove è risultato pari a **2,85 m** da p.c. locale. Si ricorda inoltre che sono ad ogni modo possibili variazioni stagionali del livello della falda e conseguentemente della frangia capillare ad esso associata.

Dal punto di vista geotecnico emerge un terreno composto da depositi a comportamento geomeccanico prevalentemente coesivo o misto (attritivo/coesivo) entro i primi 5,4 m da p.c., per poi passare a depositi a comportamento prettamente attritivo fino alla massima profondità indagata.

I depositi coesivi presentano grado di consistenza medio-alto, con valori di coesione non drenata variabili da 56 e circa 100 kPa. I depositi a carattere attritivo registrano un grado di addensamento medio, variabile dal 37% al 74% (espresso in termini di densità relativa). La tabella seguente riassume nel dettaglio le principali caratteristiche meccaniche che forniscono indicazioni sulla qualità del terreno naturale di sottofondo.

PARAMETRI GEOTECNICI CPT 1							
PROF. (da m a m)	qc media		c _u media		Ed medio		φ (°)
	(kPa)	(kg/cm ²)	(kPa)	(kg/cm ²)	(kPa)	(kg/cm ²)	
0,0 - 0,4	7364	75,1	-	-	-	-	45
0,4 - 1,4	4040	41,2	255	2,60	8080	82,4	37
1,4 - 4,0	1922	19,6	96	0,98	4208	42,9	-
4,0 - 5,6	3177	32,4	159	1,62	6354	64,8	28
5,6 - 8,0	13179	134,4	-	-	-	-	34

PARAMETRI GEOTECNICI CPT 2							
PROF. (da m a m)	qc media		c _u media		Ed medio		φ (°)
	(kPa)	(kg/cm ²)	(kPa)	(kg/cm ²)	(kPa)	(kg/cm ²)	
0,0 - 1,6	1706	17,4	85	0,87	4581	46,7	-
1,6 - 3,0	1118	11,4	56	0,57	4515	46,0	-
3,0 - 3,4	2020	20,6	101	1,03	4040	41,2	-
3,4 - 4,0	2805	28,6	-	-	-	-	29
4,0 - 5,2	6364	64,9	319	3,25	12728	129,8	32
5,2 - 8,0	10522	107,3	-	-	-	-	33

In grigio si riportano i valori di coesione non drenata superiori ai 150 kPa, specificando che il software di elaborazione dati attribuisce, a tutti i livelli in cui riconosce una componente coesiva, un valore di c_u. Nel caso specifico di terreni misti molto consistenti tali valori di c_u risultano particolarmente elevati, quindi non utilizzabili ai fini progettuali. Si consiglia pertanto di considerare tali livelli come incoerenti.

6 DIMENSIONAMENTO DEL PACCHETTO STRADALE

6.1 ATTRIBUZIONE INDICE DI GRUPPO

26

L'Indice di gruppo (Ig) è definibile come un "indice di qualità di un terreno"; tale parametro consente di formulare una preliminare classificazione delle terre, sulla base della granulometria e della suscettibilità all'acqua di un campione. Nello specifico, in conformità a tali caratteristiche, sono stati individuati 21 gruppi tra cui il gruppo 0 indica terreni insensibili all'acqua e privi di frazione fina; proseguendo poi verso il gruppo 20 si assiste ad un progressivo aumento della plasticità. Ne risulta, dunque, che **quanto più è elevato l'Ig, tanto più la qualità della terra si discosta dall'ottimale**.

L'indice di gruppo relaziona diversi fattori legati alle proprietà intrinseche dei terreni; in particolare viene determinato mediante la formula:

$$Ig = 0,2 a + 0,005 ac + 0,01 bd$$

in cui **a** e **b** sono parametri legati alla granulometria del materiale presente nel campione (sono infatti determinabili attraverso l'utilizzo di setacci specifici), **c** è il valore del Limite Liquido **LL**¹, diminuito di 40 (deve essere compreso fra 40 e 60), mentre **d** è l'Indice di plasticità **IP**², diminuito di 10 (deve essere compreso tra 10 e 30). Nel calcolo i valori di **a**, **b**, **c** e **d** dovranno essere approssimati all'intero più vicino.

Si precisa che nel caso in esame l'Ig è stato definito in base a considerazioni visive e tattili, valutando cioè la tipologia granulometrica, il grado di consistenza e di plasticità al tatto.

In particolare è stata considerata la **Classificazione HRB AASHTO** (UNI – CNR), secondo la quale i materiali vengono distinti in 8 gruppi in funzione di:

- percentuale di frazione passante ai setacci UNI 233202, 0,4 mm e 0,075 mm,
- valore di LL,
- valore di Ig.

¹ LL: Limite Liquido o Limite di Liquidità – in una terra è definibile come la percentuale d'acqua che segna il passaggio tra stato liquido e stato plastico.

² IP: Indice di Plasticità – differenza tra il Limite di Liquidità ed il Limite di Plasticità, quest'ultimo definibile come la percentuale d'acqua che segna il passaggio tra lo stato plastico e lo stato semisolido di un terreno.

Tale classificazione considera dunque la percentuale di materiale fino presente nel campione e la sensibilità all'acqua.

Di seguito si riporta estratto relativo alla **classificazione delle terre per uso stradale (Figura 6.1)**; in rosso si riportano i campi riferiti al Gruppo attribuito al terreno di sottofondo riscontrato nell'area di indagine (Gruppo A7), al quale è stato associato Ig pari a 20.

Ig terreno sottofondo	
Ig	20

In particolare a tale gruppo appartengono “argille fortemente compressibili e fortemente plastiche” con elevato indice di plasticità.

Si tratta pertanto di una valutazione comunque cautelativa, che si ritiene sufficiente alla caratterizzazione del terreno di sottofondo, non disponendo di prove di laboratorio specifiche.

Classificazione generale	Terre ghiaiose - sabbiose							Terre limo - argillose					Torbe e terre organiche palustri	
	Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%							Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 >35%						
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8	
Sottogruppo	A1 a	A1 b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A 7-5	A 7-8		
Analisi granulometrica Frazione passante al setaccio														
2 UNI 2332 %	≤ 50													
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 50	≥ 50											
0,075 UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	≤ 35		
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 UNI 2332														
Limite liquido				≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	>40	≤ 40		
Indice di plasticità	≤ 6		N.P.	≤ 10	≤10max	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	>10	>10		
Indice di gruppo	0		0	0		≤4		≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20			
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sab- biosa, sabbia grossa, pomice, scorie vul- caniche, pozzolane		Sabbia fi- na	Ghiaia e sabbia limosa o argillosa				Limi poco compressibili	Limi fortemente compressibili	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili me- diamente plastiche	Argille fortemente com- pressibili e fortemente plastiche	Torbe di recente o remota for- mazione, detriti organici di origi- ne palustre	
Qualità portanti quale terreno di sotto- fondo, in assenza di gelo	Da eccellenti a buone							Da mediocre a scadente					Da scartare come sottofondo	
Azione del gelo sulla qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve			Media				Molto elevata		Media	Elevata	Media		
Ritiro o rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve				Lieve o medio		Elevato	Elevato	Molto elevato		
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa						Scarsa o molto scarsa				
Identificazione dei terreni in sito	Facilmente indi- viduabili a vista	Aspri al tatto. Incoerenti allo stato asciutto		La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto -Una tenacità media e elevata allo stato asciutto indica la pre- senza di argilla				Reagiscono alla prova di scuotimento - Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido		Non reagiscono alla prova di scuotimento - Tenaci allo stato a- sciutto - Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido				Fibrosi di colore bruno o nero Facilmente individuabili a vista

Figura 6.1: Classificazione dei terreni secondo il sistema HRB – AASHTO (CNR-UNI 10006);
in rosso si evidenziano i campi corrispondenti al terreno riscontrato, attribuito al Gruppo A7, Ig 20.

6.2 DIMENSIONAMENTO PACCHETTO TEORICO

Considerando l'Ig cautelativo indicato per il sottofondo nel capitolo precedente, e tenendo conto della tipologia di traffico intesa come veicoli industriali al giorno, è stato valutato il dimensionamento del pacchetto stradale teorico attraverso il grafico di **Figura 6.2**; nel caso specifico è stato ipotizzato il passaggio di n°25 mezzi pesanti giornalieri, valore da ritenersi comunque cautelativo, vista la tipologia di tratto stradale esaminato. A tal proposito si rimarca che allo stato attuale il traffico pesante connesso all'attività è quantificabile in 473 mezzi/anno (1,30 mezzi/giorno), mentre nello stato di progetto sono previsti 2887 mezzi/anno (7,91 mezzi/giorno). Pertanto i 25 mezzi al giorno considerati sono da ritenersi cautelativi e comprensivi anche del traffico non connesso all'attività.

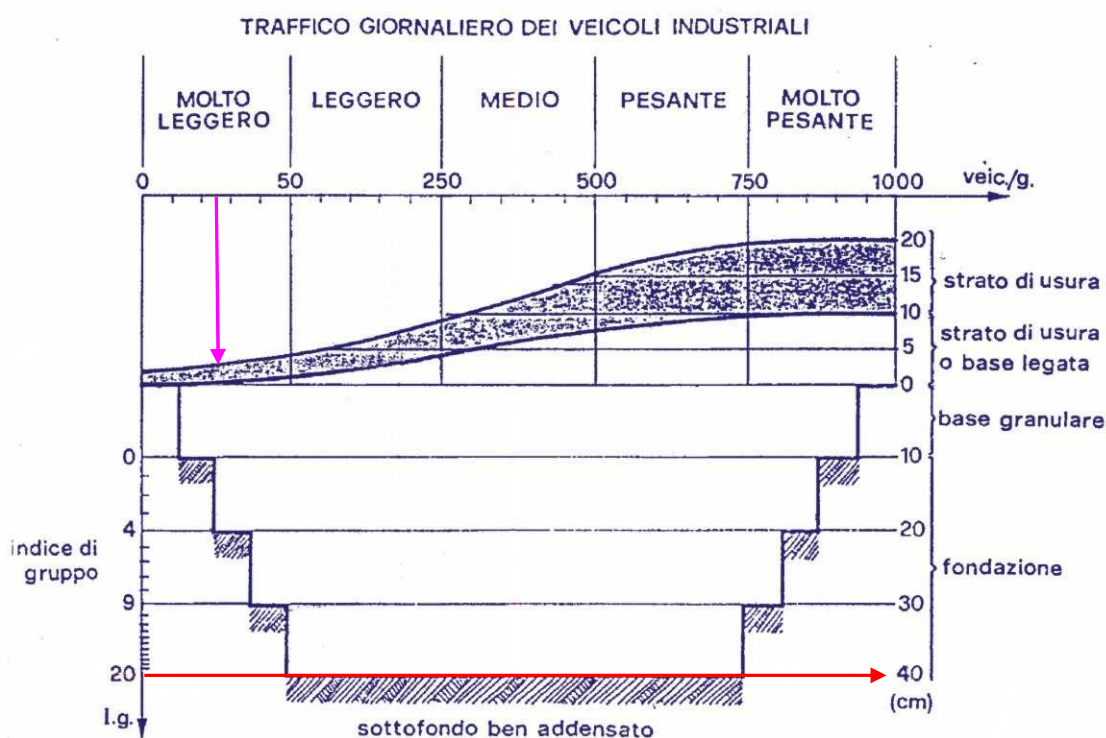


Figura 6.2. Dimensionamento pacchetto sulla base di Ig e n° veicoli industriali al giorno

Il diagramma fornisce uno spessore complessivo di pacchetto stradale pari a 43 cm (40 cm di fondazione e base + 3 cm di strato di usura), funzione principalmente dell'elevato indice di gruppo attribuito al sottofondo naturale. Dal momento che si tratta di una strada bianca si farà riferimento al solo pacchetto di fondazione e base, senza considerare lo strato di usura.

6.3 VERIFICA DEL PACCHETTO STRADALE ESISTENTE

Alla luce delle considerazioni proposte è possibile effettuare la verifica del corretto dimensionamento del pacchetto stradale esistente, le cui caratteristiche sono emerse attraverso la realizzazione di un sondaggio stratigrafico di dettaglio.

Di seguito si propone il confronto tra la sequenza stratigrafica del pacchetto esistente sul controviale di interesse e gli spessori complessivi indicati dai diagrammi proposti.

VERIFICA SPESSORI PACCHETTO STRADALE		
Livello	Dato atteso (cm)	Dato rilevato medio (cm)
Pavimentazione (usura)	3	0
Fondazione	40	44
Spessore complessivo (cm)	43	44

E' possibile notare come il dimensionamento teorico del pacchetto e le evidenze di sito complessivamente coincidano, pertanto si ritiene che gli spessori risultino compatibili con quelli attesi. Dal punto di vista della granulometria del pacchetto si nota la mancanza di un livello a tessitura sabbiosa di collegamento tra il sottofondo e il corpo del rilevato sovrastante.

7 MIGLIORAMENTO DEL PACCHETTO STRADALE A RIDOSSO DEL PONTE SULL'ALLACCIANTE DI FELONICA

Si intende intervenire sul pacchetto stradale esistente ai lati del ponte sull'Allacciante di Felonica (che sarà oggetto di mirati interventi di consolidamento), come indicato in **Figura 7.1**, per una estensione longitudinale di circa 25 m e trasversale pari a circa 5 m, in entrambe le direzioni. Questi tratti rappresentano i punti più delicati del percorso considerato, in particolare il tratto ovest, in cui il passaggio dei mezzi in curva per l'accesso da e per il ponte sull'Allacciante di Felonica, comporta sollecitazioni più marcate al rilevato stradale.

31

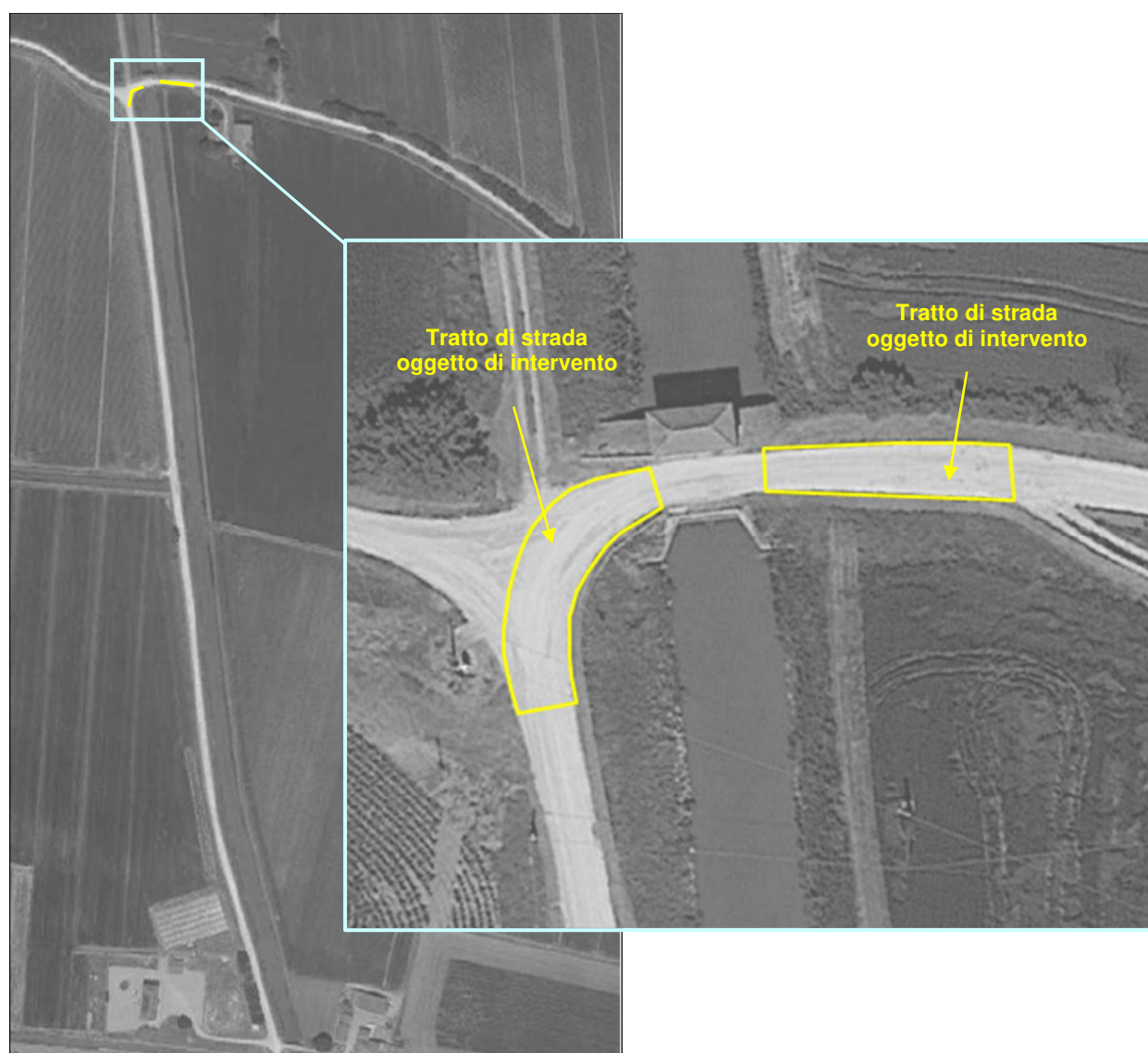


Figura 7.1. Individuazione dei settori di intervento, nell'inquadratura d'insieme e di dettaglio

In particolare si intende procedere attraverso un miglioramento del pacchetto stradale esistente, secondo gli interventi di seguito sintetizzati:

- Rimozione del pacchetto stradale esistente (previsti indicativamente 44 cm medi), e di 10 cm di sottofondo, per una rimozione totale di 54 cm di materiale.
- Posa di un livello di 20 cm finiti di materiale sabbioso anticapillare.
- Posa di materiale inerte, di idonea pezzatura (indicativamente 0-30 mm), per uno spessore di 30 cm finiti, profilando già la superficie in modo da ottenere una adeguata pendenza, nella porzione est verso l'esterno, e nella porzione ovest verso il canale, a consentire un adeguato deflusso delle acque meteoriche
- Posa di un livello di 10 cm medi (finiti) di misto granulare stabilizzato (indicativamente pezzatura 0-20 mm), opportunamente compattato e profilato come da livello sottostante.

32

In **Figura 7.2** si riporta una schematizzazione del passaggio dallo stato di fatto allo stato di progetto con la proposta di miglioramento descritta in precedenza.

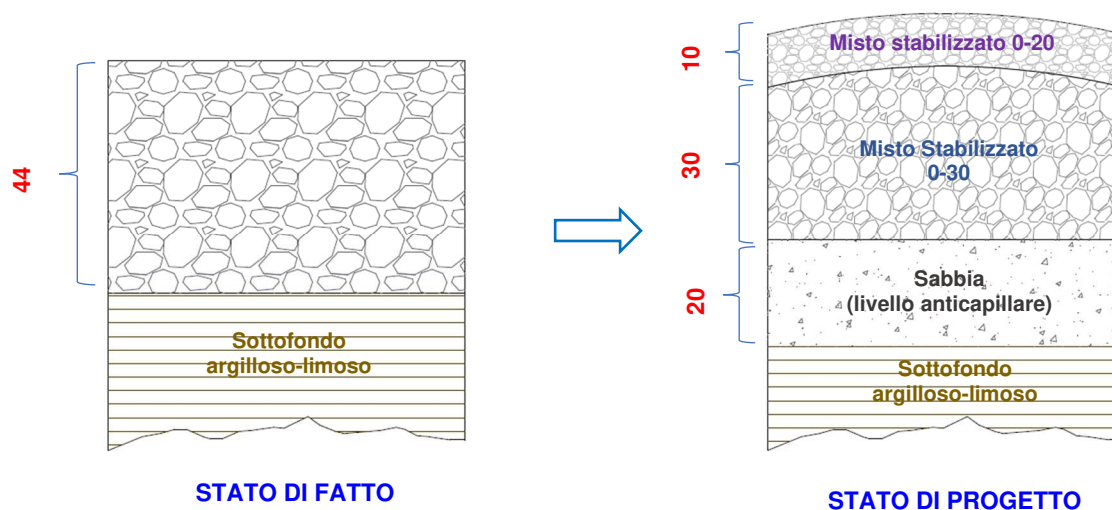


Figura 7.2. Confronto stato di fatto – stato di progetto della sezione del pacchetto stradale nell'intorno del ponte (gli spessori sono espressi in cm)

In questo modo sarà possibile raggiungere i seguenti scopi:

- Ottenere la presenza di uno strato incoerente tra il sottofondo e lo strato di fondazione con la funzione di bloccare la risalita capillare. La nuova pendenza della carreggiata, unitamente agli scolli che vengono creati periodicamente nella banchina esistente per favorire il deflusso, eviterà le infiltrazioni delle acque meteoriche e i ristagni a bordo strada
- Rinforzare il pacchetto stradale attuale. La posa di uno strato inerte con curva granulometrica definita comporterà un incremento delle proprietà meccaniche del rilevato stradale esistente. Inoltre la posa del livello di finitura in misto stabilizzato a granulometria più fine incrementerà lo spessore complessivo del rilevato, che da 44 cm medi diventerà 60 cm medi (ma con un incremento di quota pari a 6 cm rispetto all'attuale), migliorando la distribuzione dei carichi e la resistenza d'insieme del corpo stradale.

7.1 VERIFICHE REQUISITI PRESTAZIONALI

Le attività di miglioramento del pacchetto stradale esistente saranno precedute dallo studio della miscela inerte del pacchetto di fondazione, con opportune prove di laboratorio. Si ritengono opportune, inoltre, ulteriori verifiche durante le lavorazioni e al termine delle operazioni di compattazione. In particolare si propone il seguente set analitico geotecnico, suddiviso per fasi operative:

PROVE E VERIFICHE GEOTECNICHE	
FASE PRELIMINARE – STUDIO DELLA MISCELA INERTE	
TIPO DI PROVA	SCOPO
Granulometria	Definire la curva del materiale per confronto con fusi granulometrici di riferimento
Proctor Modificata	Definizione dei parametri all' "optimum" in termini di contenuto d'acqua e densità secca
ELL (Espansione laterale libera)	Verifica della resistenza a compressione
CBR (dopo saturazione)	Verifica della portanza
FASE DELLE LAVORAZIONI	
TIPO DI PROVA	SCOPO
Contenuto % d'acqua	Verifica della % ottimale
FASE POST-INTERVENTO	
TIPO DI PROVA	SCOPO
Carico su piastra statica	Verifica resistenza del pacchetto finito

8 CONCLUSIONI

A seguito delle indagini svolte sul tracciato stradale pubblico interessato dal passaggio dei mezzi pesanti connessi all'attività del centro zootecnico oggetto di ampliamento si riassume quanto segue, in merito alle caratteristiche dello stato di fatto:

34

- Spessore medio del rilevato esistente (da carotaggi): 44 cm
- Resistenza media del rilevato da prove PLT: 456 kg/cm²
- Tipologia di sottofondo: prevalentemente argilloso per il tratto di strada bianca che fiancheggia l'Allacciante di Felonica e prevalentemente limoso per via Argine Campo.
- Resistenza non drenata del sottofondo da prove CPT: cu > 50 kPa.

Alla luce delle considerazioni sopra esposte è possibile sostenere che:

- visti i valori certamente sottostimati di modulo di resistenza restituiti dalle prove di carico su piastra (eseguite in condizioni ambientali penalizzanti),
- visto lo stato attuale dei tratti stradali di interesse, che risultano privi di ormaie o segni di criticità, pur essendo già interessati dal passaggio di mezzi agricoli pesanti
- visto che il livello idrico nell'Allacciante di Felonica risulta sempre basso (poiché ha funzione drenante e non alimentante) pertanto il rilevato stradale non viene mai saturato dalle acque del canale;

si ritiene che il corpo di rilevato stradale esistente possa avere sufficienti caratteristiche di resistenza per la tipologia di viabilità che lo potrebbe caratterizzare durante le fasi di esercizio del centro zootecnico.

Tuttavia, al fine di incrementare le caratteristiche prestazionali dei tratti stradali a ridosso del ponte sull'Allacciante di Felonica, sono stati proposti interventi locali di miglioramento con il duplice obiettivo di evitare infiltrazioni meteoriche e di aumentare lo spessore e la resistenza complessiva del pacchetto di fondazione stradale.

Bondeno (FE), febbraio 2022



Il tecnico

Dott. Geol. Stefano Vincenzi

TAVOLA 1

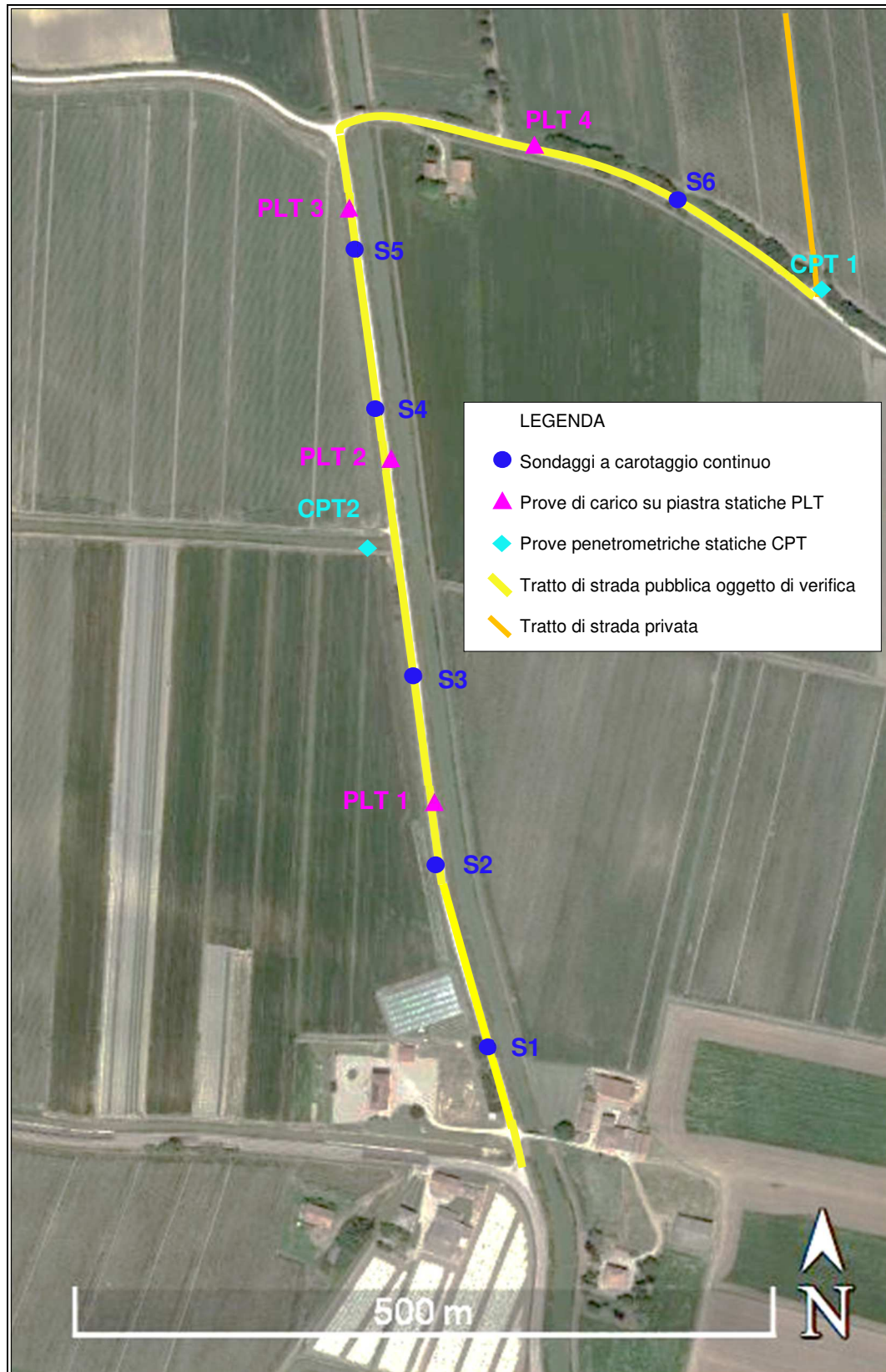






Tavola 1. Estratto di immagine satellitare con indicazione del tratto stradale di interesse e ubicazione delle indagini geognostiche eseguite.


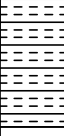
Allegato 1

*Stratigrafie sondaggi
a carotaggio continuo*


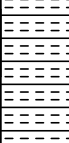
Committente:	<u>Biopig di Cascone Luigi s.s.</u>	Ditta perforatrice:	<u>GAIA Servizi Civili e Industriali Srl</u>
Sito:	<u>Burana - Via Argine Campo</u>	Diametro perforazione:	<u>101 mm</u>
Progetto:	<u>Verifica pacchetto stradale esistente</u>	Diametro rivestimento int.:	<u>-- mm</u>
Data di inizio:	<u>14-01-2022</u>	Operatore:	<u>Sprocatti Nicola</u>
Data di fine:	<u>14-01-2022</u>	Responsabile:	<u>Vincenzi Stefano</u>
Macchina perforatrice:	<u>Geoprobe Mod. 54LT</u>	Metodo di perforazione:	<u>Carotaggio a percussione</u>
SONDAGGIO:	<u>S1</u>	Diametro / materiale piezometro:	<u>Punto non attrezzato a piezometro</u>

Scala grafica	Litologia	Profondità (m. da p.c.)	Spessore strato (m)	Descrizione stratigrafica (AGI'77)	Schema piezometro	Campione prelevato (m)	PID (PPM/m)	Profondità falda (m. da p.c.)
0,5		0,35	0,35	Ghiaia, pezzatura omogenea (dimensioni massime 40 mm), in matrice limo-argillosa color nocciola (pacchetto stradale)	Punto non attrezzato a piezometro			Falda non intercettata
			0,9	Alternanza decimentrica di argilla e limo argilloso color nocciola, consistente, plastica				
		1,25						
1,5		1,5	0,25	Limo debolmente sabbioso color nocciola, consistente				
2,5								
3,5								
4,5								
5,5								
6,5								


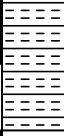
Committente:	<u>Biopig di Cascone Luigi s.s.</u>	Ditta perforatrice:	<u>GAIA Servizi Civili e Industriali Srl</u>
Sito:	<u>Burana - Via Argine Campo</u>	Diametro perforazione:	<u>101 mm</u>
Progetto:	<u>Verifica pacchetto stradale esistente</u>	Diametro rivestimento int.:	<u>-- mm</u>
Data di inizio:	<u>14-01-2022</u>	Operatore:	<u>Sprocatti Nicola</u>
Data di fine:	<u>14-01-2022</u>	Responsabile:	<u>Vincenzi Stefano</u>
Macchina perforatrice:	<u>Geoprobe Mod. 54LT</u>	Metodo di perforazione:	<u>Carotaggio a percussione</u>
SONDAGGIO:	<u>S2</u>	Diametro / materiale piezometro:	<u>Punto non attrezzato a piezometro</u>

Scala grafica	Litologia	Profondità (m. da p.c.)	Spessore strato (m)	Descrizione stratigrafica (AGI'77)	Schema piezometro	Campione prelevato (m)	PID (PPM/m)	Profondità falda (m. da p.c.)
0,5		0,45	0,45	Ghiaia, pezzatura omogenea (dimensioni massime 40 mm), in matrice limo-sabbiosa (pacchetto stradale)	Punto non attrezzato a piezometro			Falda non intercettata
1,5		1,5	1,05	Argilla debolmente limosa color nocciola con tracce di ossidazione, molto consistente, plastica				
2,5								
3,5								
4,5								
5,5								
6,5								





Committente:	<u>Biopig di Cascone Luigi s.s.</u>	Ditta perforatrice:	<u>GAIA Servizi Civili e Industriali Srl</u>
Sito:	<u>Burana - Via Argine Campo</u>	Diametro perforazione:	<u>101 mm</u>
Progetto:	<u>Verifica pacchetto stradale esistente</u>	Diametro rivestimento int.:	<u>-- mm</u>
Data di inizio:	<u>14-01-2022</u>	Operatore:	<u>Sprocatti Nicola</u>
Data di fine:	<u>14-01-2022</u>	Responsabile:	<u>Vincenzi Stefano</u>
Macchina perforatrice:	<u>Geoprobe Mod. 54LT</u>	Metodo di perforazione:	<u>Carotaggio a percussione</u>
SONDAGGIO:	<u>S3</u>	Diametro / materiale piezometro:	<u>Punto non attrezzato a piezometro</u>

Scala grafica	Litologia	Profondità (m. da p.c.)	Spessore strato (m)	Descrizione stratigrafica (AGI'77)	Schema piezometro	Campione prelevato (m)	PID (PPM/m)	Profondità falda (m. da p.c.)
0,5		0,4	0,4	Ghiaia, pezzatura omogenea (dimensioni massime 40 mm) (pacchetto stradale)	Punto non attrezzato a piezometro			Falda non intercettata
1,5		1,5	0,9	Argilla a tratti debolmente limosa, color nocciola-verdastra con tracce di ossidazione, molto consistente, plastica				
2,5								
3,5								
4,5								
5,5								
6,5								


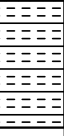
Committente:	<u>Biopig di Cascone Luigi s.s.</u>	Ditta perforatrice:	<u>GAIA Servizi Civili e Industriali Srl</u>
Sito:	<u>Burana - Via Argine Campo</u>	Diametro perforazione:	<u>101 mm</u>
Progetto:	<u>Verifica pacchetto stradale esistente</u>	Diametro rivestimento int.:	<u>-- mm</u>
Data di inizio:	<u>14-01-2022</u>	Operatore:	<u>Sprocatti Nicola</u>
Data di fine:	<u>14-01-2022</u>	Responsabile:	<u>Vincenzi Stefano</u>
Macchina perforatrice:	<u>Geoprobe Mod. 54LT</u>	Metodo di perforazione:	<u>Carotaggio a percussione</u>
SONDAGGIO:	<u>S4</u>	Diametro / materiale piezometro:	<u>Punto non attrezzato a piezometro</u>

Scala grafica	Litologia	Profondità (m. da p.c.)	Spessore strato (m)	Descrizione stratigrafica (AGI'77)	Schema piezometro	Campione prelevato (m)	PID (PPM/m)	Profondità falda (m. da p.c.)
0,5		0,5	0,5	Ghiaia, pezzatura omogenea (dimensioni massime 40 mm), in matrice sabbiosa (pacchetto stradale)	Punto non attrezzato a piezometro			Falda non intercettata
1,5		1,5	1,0	Argilla a tratti debolmente limosa color nocciola-grigiastra, molto consistente, plastica				
2,5								
3,5								
4,5								
5,5								
6,5								

Committente:	<u>Biopig di Cascone Luigi s.s.</u>	Ditta perforatrice:	<u>GAIA Servizi Civili e Industriali Srl</u>
Sito:	<u>Burana - Via Argine Campo</u>	Diametro perforazione:	<u>101 mm</u>
Progetto:	<u>Verifica pacchetto stradale esistente</u>	Diametro rivestimento int.:	<u>-- mm</u>
Data di inizio:	<u>14-01-2022</u>	Operatore:	<u>Sprocatti Nicola</u>
Data di fine:	<u>14-01-2022</u>	Responsabile:	<u>Vincenzi Stefano</u>
Macchina perforatrice:	<u>Geoprobe Mod. 54LT</u>	Metodo di perforazione:	<u>Carotaggio a percussione</u>
SONDAGGIO:	<u>S5</u>	Diametro / materiale piezometro:	<u>Punto non attrezzato a piezometro</u>

Scala grafica	Litologia	Profondità (m. da p.c.)	Spessore strato (m)	Descrizione stratigrafica (AGI'77)	Schema piezometro	Campione prelevato (m)	PID (PPM/m)	Profondità falda (m. da p.c.)
0,5		0,55	0,55	Ghiaia, pezzatura omogenea (dimensioni massime 40 mm), in matrice sabbiosa (pacchetto stradale)	Punto non attrezzato a piezometro			Falda non intercettata
		0,7	0,15	Argilla color nocciola, molto consistente, plastica				
		1,0	0,3	Limo-argilloso color nocciola, molto consistente, plastico				
1,5		1,5	0,5	Argilla color nocciola scuro con frazione limosa nell'intervallo 1,3 - 1,5 m, molto consistente, plastica				
2,5								
3,5								
4,5								
5,5								
6,5								

Committente:	<u>Biopig di Cascone Luigi s.s.</u>	Ditta perforatrice:	<u>GAIA Servizi Civili e Industriali Srl</u>
Sito:	<u>Burana - Via Argine Campo</u>	Diametro perforazione:	<u>101 mm</u>
Progetto:	<u>Verifica pacchetto stradale esistente</u>	Diametro rivestimento int.:	<u>-- mm</u>
Data di inizio:	<u>14-01-2022</u>	Operatore:	<u>Sprocatti Nicola</u>
Data di fine:	<u>14-01-2022</u>	Responsabile:	<u>Vincenzi Stefano</u>
Macchina perforatrice:	<u>Geoprobe Mod. 54LT</u>	Metodo di perforazione:	<u>Carotaggio a percussione</u>
SONDAGGIO:	<u>S6</u>	Diametro / materiale piezometro:	<u>Punto non attrezzato a piezometro</u>

Scala grafica	Litologia	Profondità (m. da p.c.)	Spessore strato (m)	Descrizione stratigrafica (AGI'77)	Schema piezometro	Campione prelevato (m)	PID (PPM/m)	Profondità falda (m. da p.c.)
0,5		0,55	0,55	Ghiaia, pezzatura omogenea (dimensioni massime 40 mm), in matrice limo-sabbiosa (pacchetto stradale)	Punto non attrezzato a piezometro			Falda non intercettata
1,5		1,5	0,95	Limo e limo-argilloso color nocciola, molto consistente				
2,5								
3,5								
4,5								
5,5								
6,5								

Allegato 2

*Certificati prove di carico
su piastra statiche PLT*

PROVA DI CARICO SU PIASTRA STATICA

(ai sensi della norma CNR 146/92)

Strumentazione Matest - Cod S222-KIT - 100 kN

Committente: Biopig di Cascone Luigi s.s.

Operatore: Tamburini, Fraboni

Cantiere: Burana - Via Argine Campo

Prova n°: PLT 1

Data esecuzione prova: 12/01/2022

Strato di prova: pacchetto stradale esistente

PRESSIONE		DEFORMAZIONE ASSOLUTA (mm)	DEFORMAZIONE RELATIVA (mm)
(kPa)	(kg/cmq)		
0	0,0	8,67	0,00
49	0,5	8,65	0,02
147	1,5	8,34	0,31
245	2,5	7,63	0,71
343	3,5	6,16	1,47
49	0,5	7,00	-0,84
147	1,5	6,95	0,05
245	2,5	6,58	0,37

Modulo di deformazione

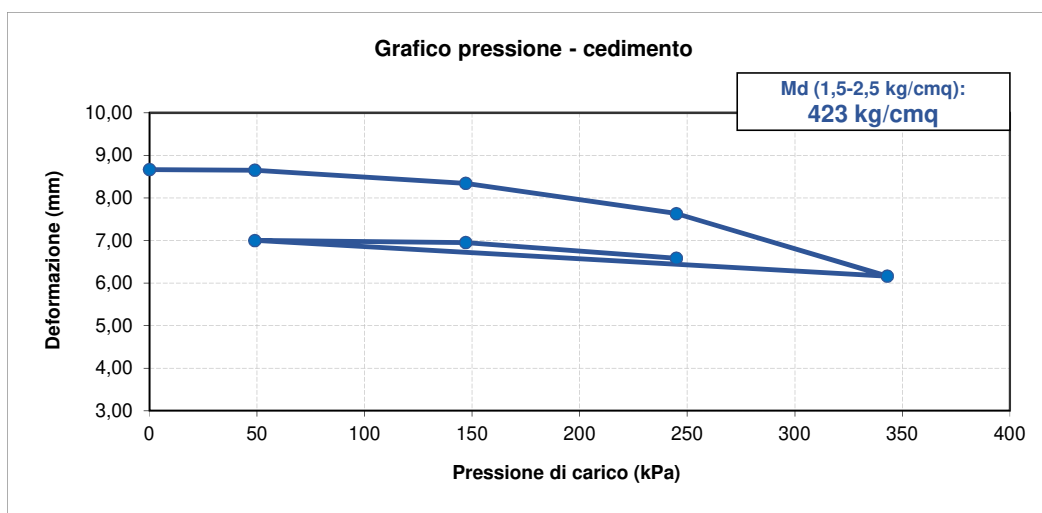
$$Md = (Dp / Ds) D$$

dove:

D = diametro piastra (mm)

Dp = intervallo di carico (kPa)

Ds = deformazione relativa (mm)



MODULO DI DEFORMAZIONE Md		
Intervallo di carico (kPa)	Md1 kPa (kg/cmq) - Ciclo n°1	Md2 kPa (kg/cmq) - Ciclo n°2
49 kPa - 147 kPa (0,5-1,5 kg/cmq)	94897 (968)	-
147 kPa - 245 kPa (1,5-2,5 kg/cmq)	41434 (423)	79508 (811)
Rapporto Md1 / Md2 (intervallo 147-245 kPa)		0,52

NOTE

Prova eseguita su pacchetto stradale con elevato grado di umidità
dovuto alla stagione invernale

Cod. Committente: S15

Cod. commessa: S15_22_002

Data:

17/01/22

PROVA DI CARICO SU PIASTRA STATICA

(ai sensi della norma CNR 146/92)

Strumentazione Matest - Cod S222-KIT - 100 kN

Committente: Biopig di Cascone Luigi s.s.

Operatore: Tamburini, Fraboni

Cantiere: Burana - Via Argine Campo

Prova n°: PLT 2

Data esecuzione prova: 12/01/2022

Strato di prova: pacchetto stradale esistente

PRESSIONE		DEFORMAZIONE ASSOLUTA (mm)	DEFORMAZIONE RELATIVA (mm)
(kPa)	(kg/cmq)		
0	0,0	5,04	0,00
49	0,5	5,02	0,02
147	1,5	4,50	0,52
245	2,5	3,87	0,63
343	3,5	2,90	0,97
49	0,5	3,45	-0,55
147	1,5	3,42	0,03
245	2,5	3,08	0,34

Modulo di deformazione

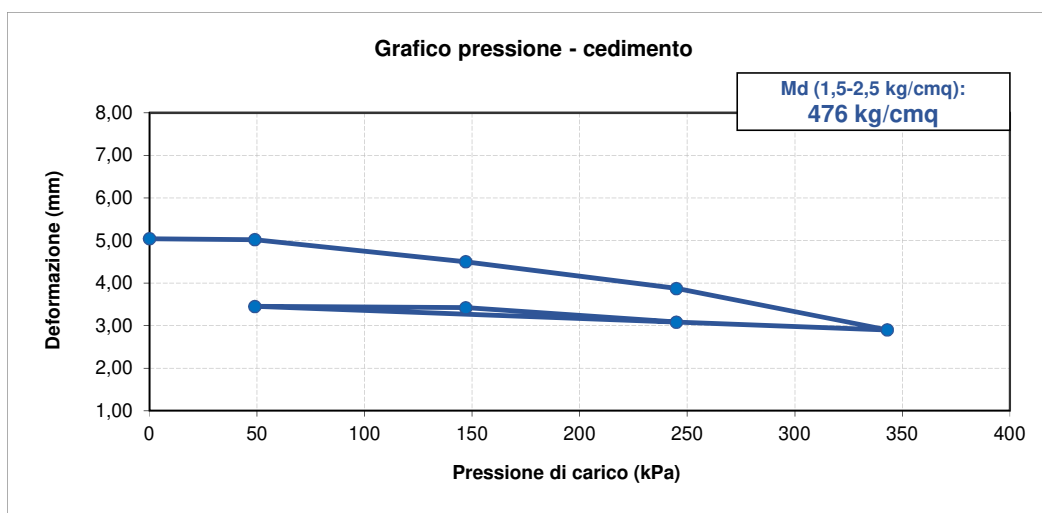
$$Md = (D_p / D_s) D$$

dove:

D = diametro piastra (mm)

D_p = intervallo di carico (kPa)

D_s = deformazione relativa (mm)



MODULO DI DEFORMAZIONE Md		
Intervallo di carico (kPa)	Md1 kPa (kg/cmq) - Ciclo n°1	Md2 kPa (kg/cmq) - Ciclo n°2
49 kPa - 147 kPa (0,5-1,5 kg/cmq)	56573 (576)	-
147 kPa - 245 kPa (1,5-2,5 kg/cmq)	46695 (476)	86524 (882)
Rapporto Md1 / Md2 (intervallo 147-245 kPa)		0,54

NOTE

Prova eseguita su pacchetto stradale con elevato grado di umidità
dovuto alla stagione invernale

Cod. Committente: S15

Cod. commessa: S15_22_002

Data:

17/01/22

PROVA DI CARICO SU PIASTRA STATICA

(ai sensi della norma CNR 146/92)

Strumentazione Matest - Cod S222-KIT - 100 kN

Committente: Biopig di Cascone Luigi s.s.

Operatore: Tamburini, Fraboni

Cantiere: Burana - Via Argine Campo

Prova n°: PLT 3

Data esecuzione prova: 12/01/2022

Strato di prova: pacchetto stradale esistente

PRESSIONE		DEFORMAZIONE ASSOLUTA (mm)	DEFORMAZIONE RELATIVA (mm)
(kPa)	(kg/cmq)		
0	0,0	12,64	0,00
49	0,5	12,62	0,02
147	1,5	12,20	0,42
245	2,5	11,56	0,64
343	3,5	10,71	0,85
49	0,5	11,47	-0,76
147	1,5	11,44	0,03
245	2,5	11,11	0,33

Modulo di deformazione

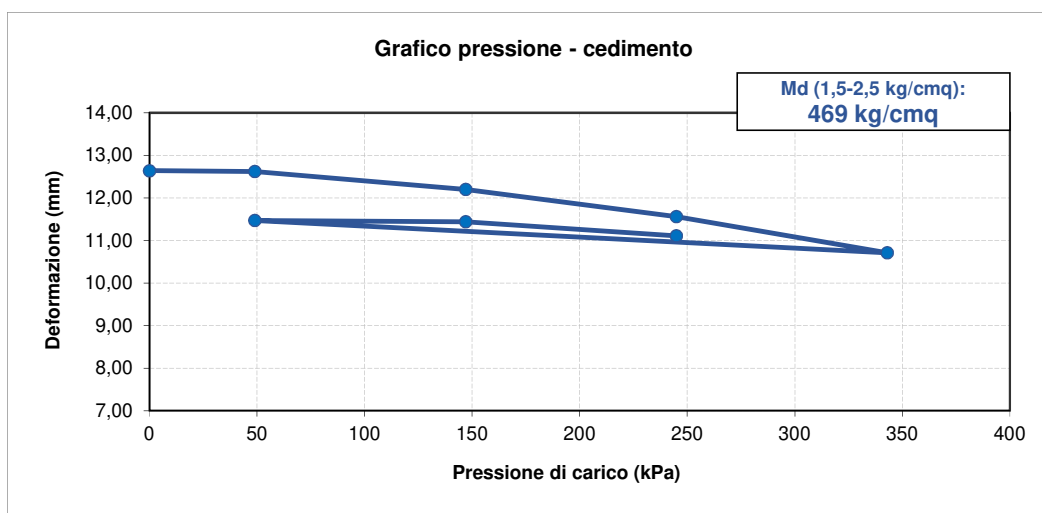
$$Md = (D_p / D_s) D$$

dove:

D = diametro piastra (mm)

D_p = intervallo di carico (kPa)

D_s = deformazione relativa (mm)



MODULO DI DEFORMAZIONE Md		
Intervallo di carico (kPa)	Md1 kPa (kg/cmq) - Ciclo n°1	Md2 kPa (kg/cmq) - Ciclo n°2
49 kPa - 147 kPa (0,5-1,5 kg/cmq)	70043 (714)	-
147 kPa - 245 kPa (1,5-2,5 kg/cmq)	45966 (469)	89145 (909)
Rapporto Md1 / Md2 (intervallo 147-245 kPa)		0,52

NOTE

Prova eseguita su pacchetto stradale con elevato grado di umidità
dovuto alla stagione invernale

Cod. Committente: S15

Cod. commessa: S15_22_002

Data:

17/01/22

PROVA DI CARICO SU PIASTRA STATICA

(ai sensi della norma CNR 146/92)

Strumentazione Matest - Cod S222-KIT - 100 kN

Committente: Biopig di Cascone Luigi s.s.

Operatore: Tamburini, Fraboni

Cantiere: Burana - Via Argine Campo

Prova n°: PLT 4

Data esecuzione prova: 12/01/2022

Strato di prova: pacchetto stradale esistente

PRESSIONE		DEFORMAZIONE ASSOLUTA (mm)	DEFORMAZIONE RELATIVA (mm)
(kPa)	(kg/cmq)		
0	0,0	6,82	0,00
49	0,5	6,76	0,06
147	1,5	6,23	0,53
245	2,5	5,57	0,66
343	3,5	4,59	0,98
49	0,5	5,48	-0,89
147	1,5	5,41	0,07
245	2,5	5,06	0,35

Modulo di deformazione

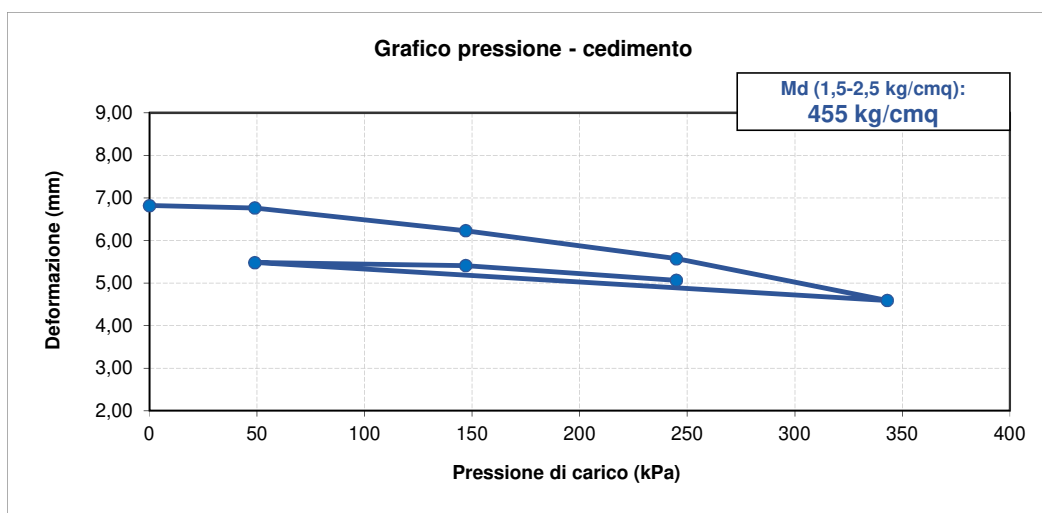
$$Md = (Dp / Ds) D$$

dove:

D = diametro piastra (mm)

Dp = intervallo di carico (kPa)

Ds = deformazione relativa (mm)



MODULO DI DEFORMAZIONE Md		
Intervallo di carico (kPa)	Md1 kPa (kg/cmq) - Ciclo n°1	Md2 kPa (kg/cmq) - Ciclo n°2
49 kPa - 147 kPa (0,5-1,5 kg/cmq)	55506 (566)	-
147 kPa - 245 kPa (1,5-2,5 kg/cmq)	44573 (455)	84051 (857)
Rapporto Md1 / Md2 (intervallo 147-245 kPa)		0,53

NOTE

Prova eseguita su pacchetto stradale con elevato grado di umidità
dovuto alla stagione invernale

Cod. Committente: S15

Cod. commessa: S15_22_002

Data:

17/01/22

Allegato 3

Tavole dati CPT



PROVA CPT 1

Committente: Biopig di Cascone Luigi
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data: 18/01/2022
 Profondità prova: 8,00 mt
 Località: Bondeno (FE), via Argine Campo

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	61,0	73,00	61,1	0,87	70,23	1,4
0,40	89,0	102,00	89,1	0,4	222,75	0,4
0,60	37,0	43,00	37,1	2,87	12,927	7,7
0,80	36,0	79,00	36,1	2,07	17,44	5,7
1,00	35,0	66,00	35,1	1,27	27,638	3,6
1,20	45,0	64,00	45,3	1,13	40,088	2,5
1,40	52,0	69,00	52,3	1,53	34,183	2,9
1,60	40,0	63,00	40,3	1,6	25,188	4,0
1,80	26,0	50,00	26,3	1,0	26,3	3,8
2,00	18,0	33,00	18,3	0,8	22,875	4,4
2,20	18,0	30,00	18,4	1,27	14,488	6,9
2,40	24,0	43,00	24,4	1,0	24,4	4,1
2,60	19,0	34,00	19,4	0,93	20,86	4,8
2,80	15,0	29,00	15,4	0,67	22,985	4,4
3,00	16,0	26,00	16,4	0,67	24,478	4,1
3,20	14,0	24,00	14,6	0,67	21,791	4,6
3,40	15,0	25,00	15,6	0,67	23,284	4,3
3,60	19,0	29,00	19,6	0,8	24,5	4,1
3,80	12,0	24,00	12,6	0,67	18,806	5,3
4,00	13,0	23,00	13,6	0,87	15,632	6,4
4,20	37,0	50,00	37,7	0,93	40,538	2,5
4,40	39,0	53,00	39,7	1,73	22,948	4,4
4,60	31,0	57,00	31,7	1,47	21,565	4,6
4,80	28,0	50,00	28,7	1,13	25,398	3,9
5,00	18,0	35,00	18,7	0,4	46,75	2,1
5,20	11,0	17,00	11,8	0,73	16,164	6,2
5,40	49,0	60,00	49,8	1,47	33,878	3,0
5,60	40,0	62,00	40,8	1,0	40,8	2,5
5,80	103,0	118,00	103,8	2,53	41,028	2,4
6,00	117,0	155,00	117,8	2,73	43,15	2,3
6,20	146,0	187,00	147,0	2,47	59,514	1,7
6,40	119,0	156,00	120,0	2,6	46,154	2,2
6,60	95,0	134,00	96,0	1,93	49,741	2,0
6,80	92,0	121,00	93,0	1,87	49,733	2,0
7,00	109,0	137,00	110,0	2,0	55,0	1,8
7,20	128,0	158,00	129,1	2,53	51,028	2,0
7,40	176,0	214,00	177,1	3,4	52,088	1,9
7,60	174,0	225,00	175,1	3,2	54,719	1,8
7,80	168,0	216,00	169,1	3,13	54,026	1,9
8,00	174,0	221,00	175,1	2,25	77,822	1,3

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,40	75,1	0,64	2,0	Incoerente	Sabbie
1,40	41,2	1,77	2,07	Incoerente- Coesivo	Argille sabbiose e limose
4,00	19,6	0,89	1,96	Coesivo	Argilla inorganica compatta
5,60	32,4	1,11	2,04	Incoerente- Coesivo	Argille sabbiose e limose
8,00	134,4	2,55	2,05	Incoerente	Sabbie addensate o cementate

Probe CPT - Cone Penetration CPT 1
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Biogig di Cascone Luigi
Cantiera: caratterizzazione strada esistente
Località: Bondeno (FE), via Argine Campo

Data: 18/01/2022

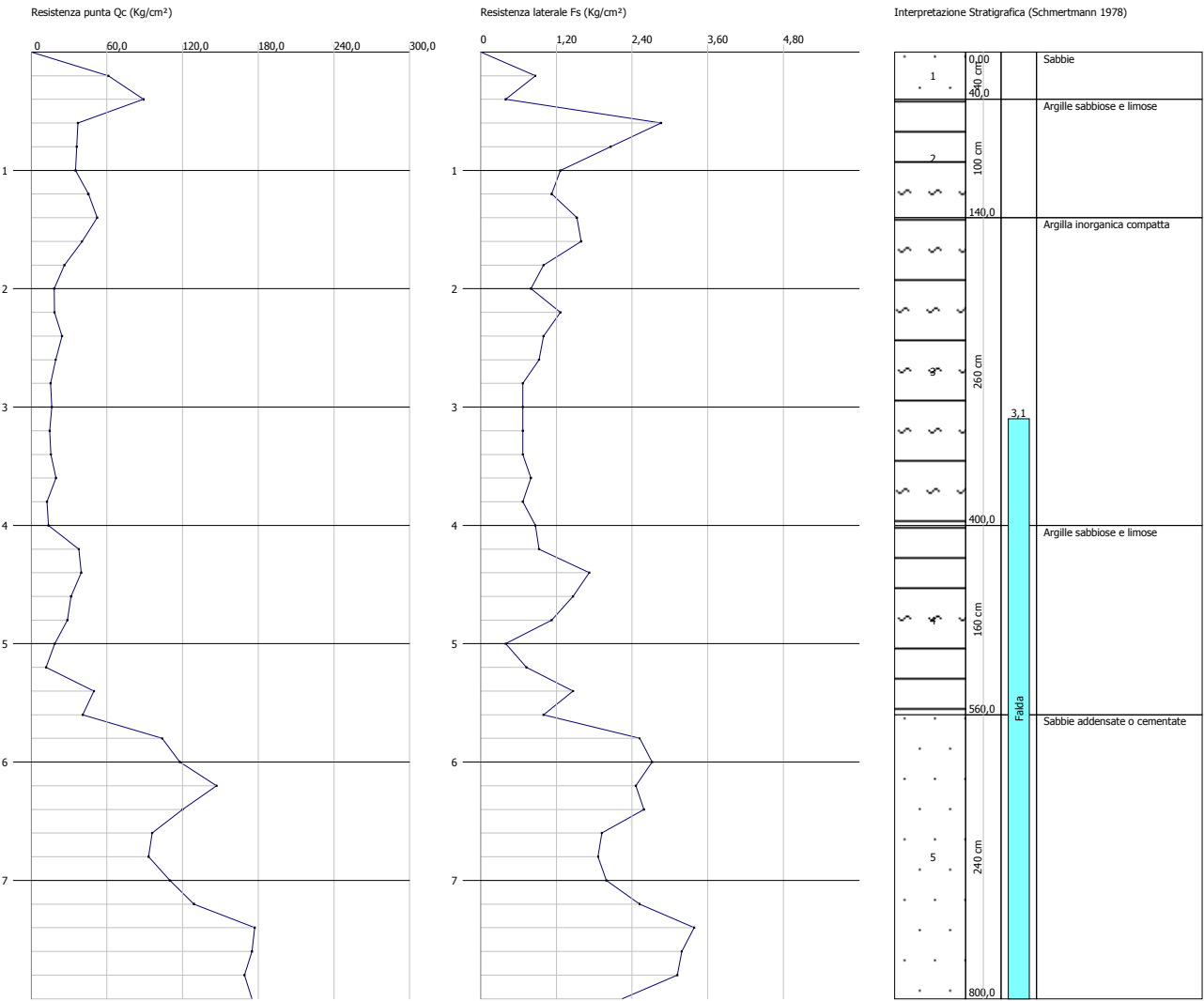
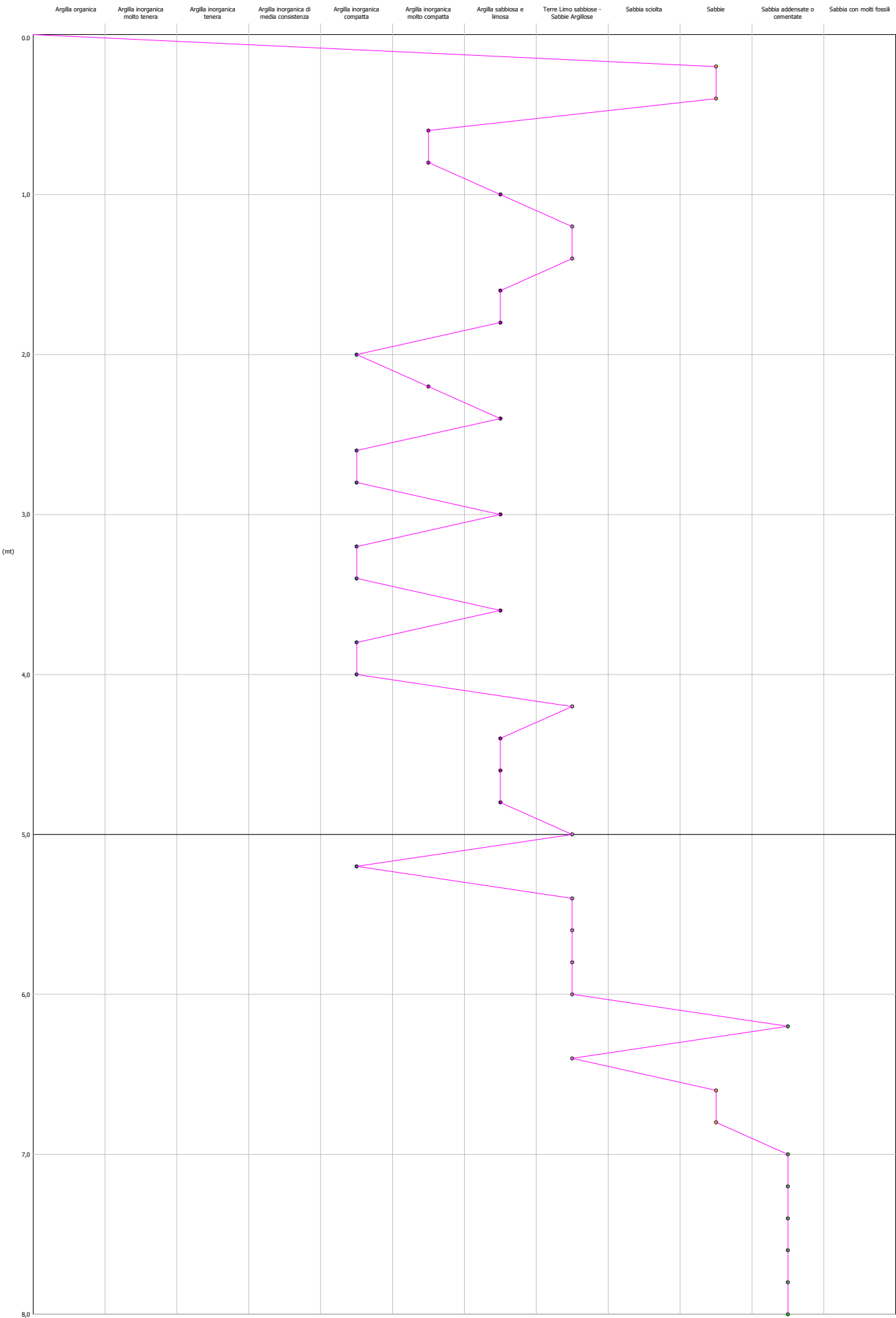


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA: CPT 1



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - CPT 1

TERRENI COESIV I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	Terzaghi	2,06
Strato 3	4,00	19,6	0,89	0,54	0,54	Terzaghi	0,98
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	Terzaghi	1,62

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	Metodo generale del modulo Edometrico	82,4
Strato 3	4,00	19,6	0,89	0,54	0,54	Metodo generale del modulo Edometrico	42,91
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	Metodo generale del modulo Edometrico	64,8

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 2	1,40	41,2	1,8	0,18	0,18	Cancelli 1980	1538,12
Strato 3	4,00	19,6	0,9	0,54	0,54	Cancelli 1980	714,68
Strato 4	5,60	32,4	1,1	0,96	0,79	Cancelli 1980	1185,38

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazion e a taglio (Kg/cm ²)
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	Imai & Tomauchi	271,56
Strato 3	4,00	19,6	0,89	0,54	0,54	Imai & Tomauchi	172,48
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	Imai & Tomauchi	234,48

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
--	---------------------	-----------------------------	-----------------------------	--	--	--------------	-----

Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	P.W.Mayne 1991	9
Strato 3	4,00	19,6	0,89	0,54	0,54	P.W.Mayne 1991	9
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	P.W.Mayne 1991	9

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	Meyerhof	2,09
Strato 3	4,00	19,6	0,89	0,54	0,54	Meyerhof	1,96
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	Meyerhof	2,05

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	0,11095	0,01442
Strato 3	4,00	19,6	0,89	0,54	0,54	0,13486	0,01753
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	0,11886	0,01545

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	Meyerhof	2,17
Strato 3	4,00	19,6	0,89	0,54	0,54	Meyerhof	2,04
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	Meyerhof	2,13

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	Jamiolkowsk i et al 1985	278,85
Strato 3	4,00	19,6	0,89	0,54	0,54	Jamiolkowsk i et al 1985	240,53
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	Jamiolkowsk i et al 1985	265,83

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	0,40	75,1	0,64	0,04	0,04	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	100,0
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	64,78
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	Baldi 1978 -	37,21

Strato 5	8,00	134,4	2,55	1,37	1,0	Schmertman n 1976 Baldi 1978 - Schmertman n 1976	74,31
----------	------	-------	------	------	-----	--	-------

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0,40	75,1	0,64	0,04	0,04	Caquot	45,0
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	Caquot	36,65
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	Caquot	28,22
Strato 5	8,00	134,4	2,55	1,37	1,0	Caquot	34,11

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	0,40	75,1	0,64	0,04	0,04	Robertson & Campanella 1983	150,2
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	Robertson & Campanella 1983	82,4
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	Robertson & Campanella 1983	64,8
Strato 5	8,00	134,4	2,55	1,37	1,0	Robertson & Campanella 1983	268,8

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	0,40	75,1	0,64	0,04	0,04	Robertson & Campanella da Schmertman n	81,72
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	Robertson & Campanella da Schmertman n	69,66
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	Robertson & Campanella da Schmertman n	38,53
Strato 5	8,00	134,4	2,55	1,37	1,0	Robertson & Campanella da Schmertman n	80,18

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	0,40	75,1	0,64	0,04	0,04	Imai & Tomauchi	391,9
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	Imai & Tomauchi	271,56
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	Imai & Tomauchi	234,48
Strato 5	8,00	134,4	2,55	1,37	1,0	Imai & Tomauchi	559,26

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0,40	75,1	0,64	0,04	0,04	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 5	8,00	134,4	2,55	1,37	1,0	Piacentini Righi 1978	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 1	0,40	75,1	0,64	0,04	0,04	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	Kulhawy & Mayne (1990)	1,02
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	Kulhawy & Mayne (1990)	0,34
Strato 5	8,00	134,4	2,55	1,37	1,0	Kulhawy & Mayne (1990)	0,73

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	0,40	75,1	0,64	0,04	0,04	0,09764	0,01269
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	0,11095	0,01442
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	0,11886	0,01545
Strato 5	8,00	134,4	2,55	1,37	1,0	0,0943	0,01226

Peso unità di volume

	Prof. Strato	qc	fs	Tensione	Tensione	Correlazione	Peso unità di
--	--------------	----	----	----------	----------	--------------	---------------

	(m)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	litostatica totale (Kg/cm ²)	litostatica efficace (Kg/cm ²)		volume (t/m ³)
Strato 1	0,40	75,1	0,64	0,04	0,04	Meyerhof	1,9
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	Meyerhof	1,8
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	Meyerhof	1,8
Strato 5	8,00	134,4	2,55	1,37	1,0	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0,40	75,1	0,64	0,04	0,04	Meyerhof	2,2
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	Meyerhof	2,1
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	Meyerhof	2,1
Strato 5	8,00	134,4	2,55	1,37	1,0	Meyerhof	2,1

Liquefazione - **Accelerazione sismica massima (g)=0,2**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 1	0,40	75,1	0,64	0,04	0,04	Robertson & Wride 1997	5,527
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	Robertson & Wride 1997	2,68
Strato 5	8,00	134,4	2,55	1,37	1,0	Robertson & Wride 1997	25,504

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	0,40	75,1	0,64	0,04	0,04	Jamiolkowski et al 1985	385,30
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	Jamiolkowski et al 1985	334,60
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	Jamiolkowski et al 1985	316,23
Strato 5	8,00	134,4	2,55	1,37	1,0	Jamiolkowski et al 1985	441,77

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0,40	75,1	0,64	0,04	0,04	Piacentini- Righi 1988	1,00E-03
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	Piacentini- Righi 1988	6,73E-09
Strato 3	4,00	19,6	0,89	0,54	0,54	Piacentini- Righi 1988	7,62E-09
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	Piacentini- Righi 1988	9,15E-07
Strato 5	8,00	134,4	2,55	1,37	1,0	Piacentini-	4,65E-04

Righi 1988

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazio ne (cm ² /s)
Strato 1	0,40	75,1	0,64	0,04	0,04	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 2	1,40	41,2	1,77	0,18	0,18	Piacentini- Righi 1988	8,318403E- 04
Strato 3	4,00	19,6	0,89	0,54	0,54	Piacentini- Righi 1988	4,480859E- 04
Strato 4	5,60	32,4	1,11	0,96	0,79	Piacentini- Righi 1988	0,0889336
Strato 5	8,00	134,4	2,55	1,37	1,0	Piacentini- Righi 1988	0

PROVA CPT 2

Committente: Biopig di Cascone Luigi
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data: 18/01/2022
 Profondità prova: 8,00 mt
 Località: Bondeno (FE), via Argine Campo

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	14,0	17,00	14,1	0,93	15,161	6,6
0,40	16,0	30,00	16,1	1,33	12,105	8,3
0,60	16,0	36,00	16,1	1,73	9,306	10,7
0,80	18,0	44,00	18,1	1,8	10,056	9,9
1,00	18,0	45,00	18,1	1,73	10,462	9,6
1,20	21,0	47,00	21,3	1,47	14,49	6,9
1,40	19,0	41,00	19,3	1,27	15,197	6,6
1,60	16,0	35,00	16,3	1,2	13,583	7,4
1,80	11,0	29,00	11,3	0,87	12,989	7,7
2,00	15,0	28,00	15,3	0,53	28,868	3,5
2,20	13,0	21,00	13,4	0,47	28,511	3,5
2,40	9,0	16,00	9,4	0,47	20,0	5,0
2,60	8,0	15,00	8,4	0,4	21,0	4,8
2,80	11,0	17,00	11,4	0,47	24,255	4,1
3,00	10,0	17,00	10,4	0,53	19,623	5,1
3,20	23,0	31,00	23,6	0,93	25,376	3,9
3,40	17,0	31,00	17,6	1,73	10,173	9,8
3,60	11,0	37,00	11,6	0,2	58,0	1,7
3,80	27,0	30,00	27,6	0,33	83,636	1,2
4,00	46,0	51,00	46,6	0,2	233,0	0,4
4,20	44,0	47,00	44,0	2,0	22,0	4,5
4,40	40,0	70,00	40,7	1,93	21,088	4,7
4,60	70,0	99,00	70,7	1,6	44,188	2,3
4,80	75,0	99,00	75,7	1,73	43,757	2,3
5,00	78,0	104,00	78,7	1,73	45,491	2,2
5,20	79,0	105,00	79,8	2,47	32,308	3,1
5,40	106,0	143,00	106,8	2,47	43,239	2,3
5,60	121,0	158,00	121,8	2,67	45,618	2,2
5,80	113,0	153,00	113,8	2,6	43,769	2,3
6,00	108,0	147,00	108,8	2,4	45,333	2,2
6,20	106,0	142,00	107,0	1,87	57,219	1,7
6,40	104,0	132,00	105,0	1,87	56,15	1,8
6,60	87,0	115,00	88,0	1,4	62,857	1,6
6,80	99,0	120,00	100,0	1,53	65,359	1,5
7,00	99,0	122,00	100,0	2,0	50,0	2,0
7,20	121,0	151,00	122,1	1,93	63,264	1,6
7,40	115,0	144,00	116,1	1,93	60,155	1,7
7,60	102,0	131,00	103,1	1,93	53,42	1,9
7,80	109,0	138,00	110,1	1,87	58,877	1,7
8,00	98,0	126,00	99,1	1,5	66,067	1,5

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1,60	17,4	1,43	1,97	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
3,00	11,4	0,53 1,87		Coesivo	Argilla inorganica compatta
3,40	20,6	1,33 1,97		Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
4,00	28,6	0,24 1,87		Incoerente	Sabbie
5,20	64,9	1,91 2,16		Incoerente- Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
8,00	107,3	2,0 2,07		Incoerente	Sabbie addensate o cementate

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

Committente: Biogig di Cascone Luigi
Canliere: caratterizzazione strade esistente
Località: Bondeno (FE), via Argine Campo

Data: 18/01/2022

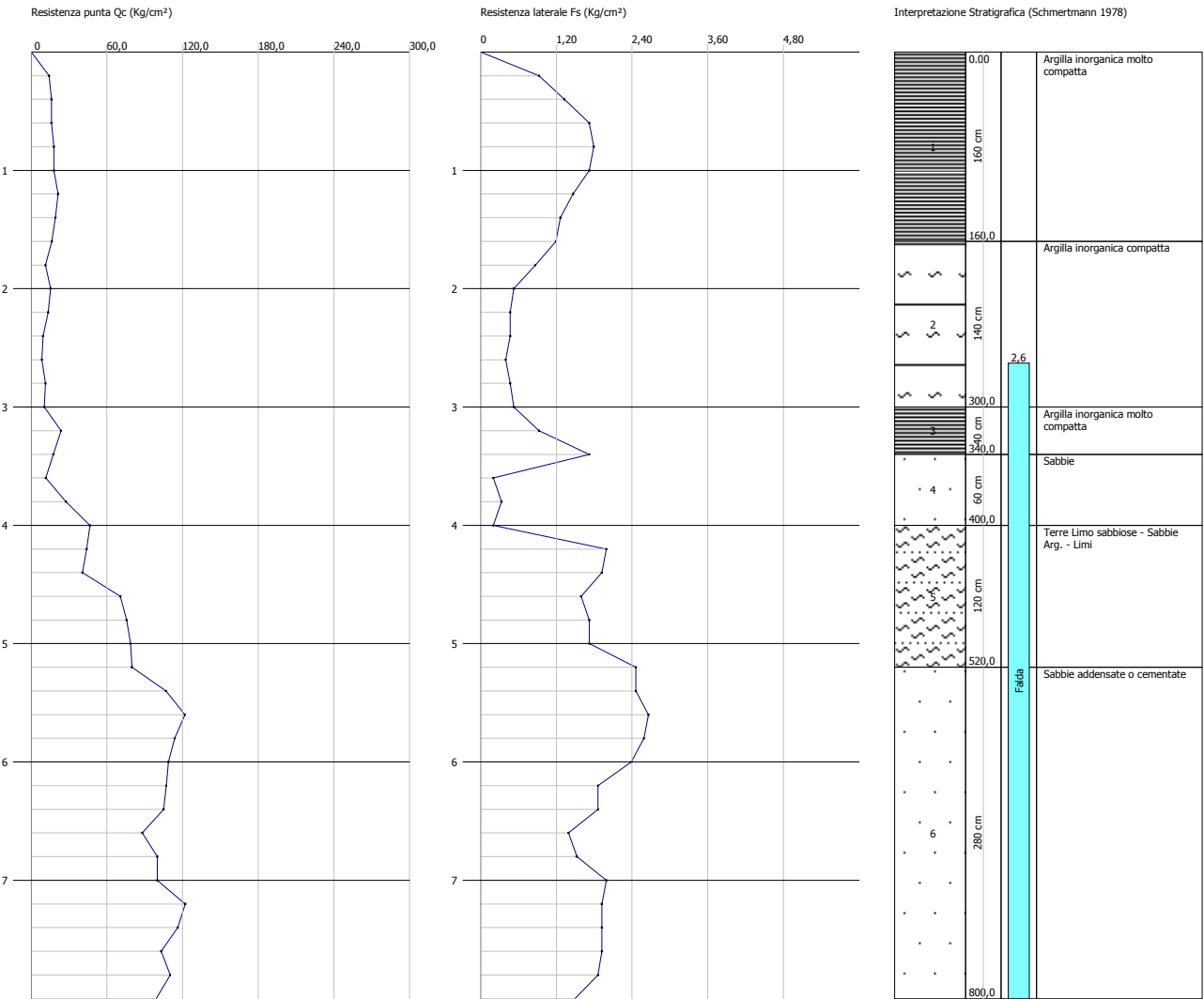
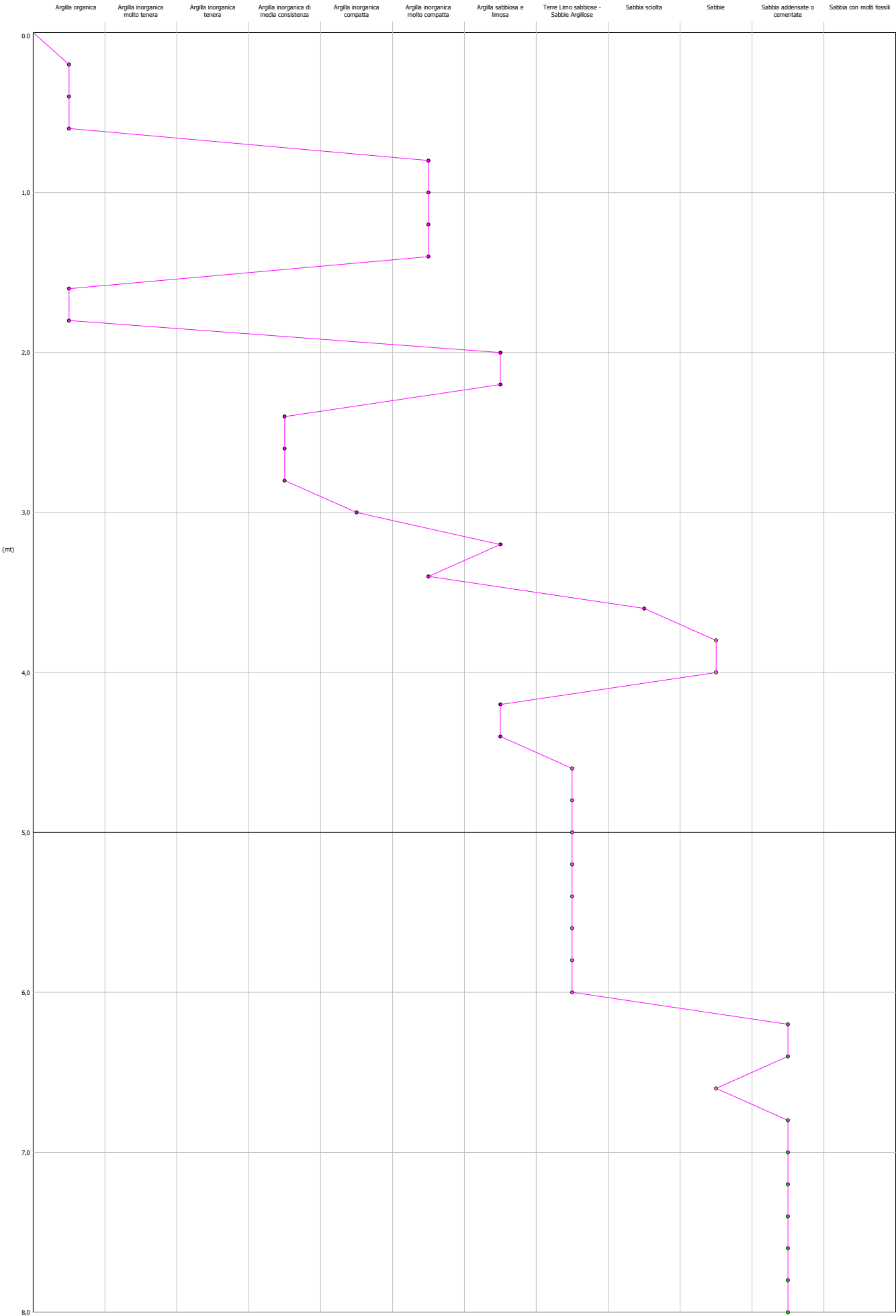


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA: CPT 2



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - CPT 2

TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	1,60	17,4	1,43	0,16	0,16	Terzaghi	0,87
Strato 2	3,00	11,4	0,53	0,45	0,45	Terzaghi	0,57
Strato 3	3,40	20,6	1,33	0,62	0,56	Terzaghi	1,03
Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7	Terzaghi	3,25

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	1,60	17,4	1,43	0,16	0,16	Metodo generale del modulo Edometrico	46,72
Strato 2	3,00	11,4	0,53	0,45	0,45	Metodo generale del modulo Edometrico	46,04
Strato 3	3,40	20,6	1,33	0,62	0,56	Metodo generale del modulo Edometrico	41,2
Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7	Metodo generale del modulo Edometrico	129,8

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	1,60	17,4	1,4	0,16	0,16	Cancelli 1980	646,59
Strato 2	3,00	11,4	0,5	0,45	0,45	Cancelli 1980	410,77
Strato 3	3,40	20,6	1,3	0,62	0,56	Cancelli 1980	751,52
Strato 5	5,20	64,9	1,9	0,9	0,7	Cancelli 1980	2407,48

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione e a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	1,60	17,4	1,43	0,16	0,16	Imai & Tomauchi	160,37
Strato 2	3,00	11,4	0,53	0,45	0,45	Imai & Tomauchi	123,86
Strato 3	3,40	20,6	1,33	0,62	0,56	Imai &	177,8

Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7	Tomauchi Imai & Tomauchi	358,46
----------	------	------	------	-----	-----	--------------------------------	--------

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1,60	17,4	1,43	0,16	0,16	P.W.Mayne 1991	8,2
Strato 2	3,00	11,4	0,53	0,45	0,45	P.W.Mayne 1991	5,2
Strato 3	3,40	20,6	1,33	0,62	0,56	P.W.Mayne 1991	9
Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7	P.W.Mayne 1991	9

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1,60	17,4	1,43	0,16	0,16	Meyerhof	1,95
Strato 2	3,00	11,4	0,53	0,45	0,45	Meyerhof	1,87
Strato 3	3,40	20,6	1,33	0,62	0,56	Meyerhof	1,97
Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7	Meyerhof	2,17

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	1,60	17,4	1,43	0,16	0,16	0,14344	0,01865
Strato 2	3,00	11,4	0,53	0,45	0,45	0,18367	0,02388
Strato 3	3,40	20,6	1,33	0,62	0,56	0,13156	0,0171
Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7	0,10006	0,01301

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1,60	17,4	1,43	0,16	0,16	Meyerhof	2,03
Strato 2	3,00	11,4	0,53	0,45	0,45	Meyerhof	1,95
Strato 3	3,40	20,6	1,33	0,62	0,56	Meyerhof	2,05
Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7	Meyerhof	2,25

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1,60	17,4	1,43	0,16	0,16	Jamiolkowsk i et al 1985	234,90
Strato 2	3,00	11,4	0,53	0,45	0,45	Jamiolkowsk i et al 1985	215,94
Strato 3	3,40	20,6	1,33	0,62	0,56	Jamiolkowsk i et al 1985	242,92

Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7	Jamiolkowski et al 1985	305,24
----------	------	------	------	-----	-----	-------------------------	--------

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 4	4,00	28,6	0,24	0,71	0,6	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	37,46
Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	58,66
Strato 6	8,00	107,3	2,0	1,32	0,92	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	69,08

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 4	4,00	28,6	0,24	0,71	0,6	Caquot	28,93
Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7	Caquot	32,26
Strato 6	8,00	107,3	2,0	1,32	0,92	Caquot	33,4

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 4	4,00	28,6	0,24	0,71	0,6	Robertson & Campanella 1983	57,2
Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7	Robertson & Campanella 1983	129,8
Strato 6	8,00	107,3	2,0	1,32	0,92	Robertson & Campanella 1983	214,6

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 4	4,00	28,6	0,24	0,71	0,6	Robertson & Campanella da Schmertman n	38,32
Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7	Robertson & Campanella da Schmertman n	61,1
Strato 6	8,00	107,3	2,0	1,32	0,92	Robertson &	73,68

Campanella
da
Schmertman
n

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 4	4,00	28,6	0,24	0,71	0,6	Imai & Tomauchi	217,27
Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7	Imai & Tomauchi	358,46
Strato 6	8,00	107,3	2,0	1,32	0,92	Imai & Tomauchi	487,37

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ocr
Strato 4	4,00	28,6	0,24	0,71	0,6	Piacentini Righi 1978	6,83
Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 6	8,00	107,3	2,0	1,32	0,92	Piacentini Righi 1978	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ko
Strato 4	4,00	28,6	0,24	0,71	0,6	Kulhawy & Mayne (1990)	0,37
Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7	Kulhawy & Mayne (1990)	0,58
Strato 6	8,00	107,3	2,0	1,32	0,92	Kulhawy & Mayne (1990)	0,67

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	C	Crm
Strato 4	4,00	28,6	0,24	0,71	0,6	0,1135	0,01476
Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7	0,10006	0,01301
Strato 6	8,00	107,3	2,0	1,32	0,92	0,0941	0,01223

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 4	4,00	28,6	0,24	0,71	0,6	Meyerhof	1,9

Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7	Meyerhof	1,8
Strato 6	8,00	107,3	2,0	1,32	0,92	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

Peso unità di volume saturo	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	
	Strato 4	4,00	28,6	0,24	0,71	0,6	Meyerhof	2,2
	Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7	Meyerhof	2,1
	Strato 6	8,00	107,3	2,0	1,32	0,92	Meyerhof	2,1

Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0,2

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 4	4,00	28,6	0,24	0,71	0,6 Robertson & Wride 1997	0,931
Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7 Robertson & Wride 1997	14,42
Strato 6	8,00	107,3	2,0	1,32	0,92 Robertson & Wride 1997	15,506

Velocità onde di taglio.

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 4	4,00	28,6	0,24	0,71	0,6 Jamiolkowski i et al 1985	307,09
Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7 Jamiolkowski i et al 1985	372,31
Strato 6	8,00	107,3	2,0	1,32	0,92 Jamiolkowski i et al 1985	419,00

Permeabilità

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1,60	17,4	1,43	0,16	0,16 Piacentini- Righi 1988	1,00E-11
Strato 2	3,00	11,4	0,53	0,45	0,45 Piacentini- Righi 1988	8,59E-09
Strato 3	3,40	20,6	1,33	0,62	0,56 Piacentini- Righi 1988	1,00E-11
Strato 4	4,00	28,6	0,24	0,71	0,6 Piacentini- Righi 1988	1,00E-03
Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7 Piacentini- Righi 1988	4,90E-06
Strato 6	8,00	107,3	2,0	1,32	0,92 Piacentini- Righi 1988	5,93E-04

Coefficiente di consolidazione

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazio ne
---------------------	-----------------------------	-----------------------------	--	--	--------------	--

							(cm ² /s)
Strato 1	1,60	17,4	1,43	0,16	0,16	Piacentini- Righi 1988	5,22E-07
Strato 2	3,00	11,4	0,53	0,45	0,45	Piacentini- Righi 1988	2,936077E- 04
Strato 3	3,40	20,6	1,33	0,62	0,56	Piacentini- Righi 1988	6,18E-07
Strato 4	4,00	28,6	0,24	0,71	0,6	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 5	5,20	64,9	1,91	0,9	0,7	Piacentini- Righi 1988	0,9535893
Strato 6	8,00	107,3	2,0	1,32	0,92	Piacentini- Righi 1988	0