

**TITOLO PROGETTO**

**RETE FOGNARIA DEL COMUNE DI FIESCO-SALVIROLA**  
**Provincia di CREMONA**

**COLLETTORE FOGNARIO INTERCOMUNALE FIESCO-SALVIROLA**

SERVIZIO	FOGNATURA	LIVELLO DI PROGETTAZIONE	DEFINITIVO
----------	-----------	--------------------------	------------

N°	DATA	EMISSIONE			CONTROLLO			APPROVAZIONE		
1	30/12/2016	EXT	ARNETTI GP.		PEP	C.TORRESANI		ING	F.GUERCILENA	
2										
3										
4										

Cod. Com.:	O-C043-I276	ELABORATO N°	TITOLO ELABORATO
Cod. Prog.:	PD048_2015_FGN_E	<b>A9</b>	APPALTO
Cod. Ato	276		RELAZIONE GEOLOGICA
Data:	30/12/2016		

<b>TIMBRO E FIRMA PROGETTISTA TITOLARE</b>	PROGETTISTA	Ing.ARNETTI GIAN PAOLO
	INDIRIZZO STUDIO	Via SANMCIHELI, 44 ORZINUOVI (BS)
	RECAPITO TELEFONICO	3497428355
	INDIRIZZO E-MAIL	parnetti@libero.it
	INDIRIZZO PEC	Gp.arnetti@pec.it
Il presente elaborato non potrà essere riprodotto, ne distribuito senza l'autorizzazione scritta di questa Società che ne detiene la proprietà.		File: A9 RELAZIONE GEOLOGICA
		Pag. 1 di 33

**ECOGIS**

studio geologico associato

Gianluca Nascimbene  
Giuseppe Zuffada

*Sede legale e Uffici :*

Via A. Moro, 5

27028 S. Martino Siccomario (PV)

Tel. 0382/1751046 - Fax 0382/1752557

Email : ecogis@ecogis.it

P.Iva/C.F. 02300900186



REGIONE: Lombardia

PROVINCIA: Cremona

COMUNE: Fiesco

**INDAGINI GEOGNOSTICHE A SUPPORTO  
DEL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI NUOVO  
COLLETTORE FOGNARIO  
FIESCO - SALVIROLA**



**RELAZIONE  
GEOLOGICA**

*A CURA DI:*

*Dott. Geol.*

**GIANLUCA NASCIMBENE**

*Iscritto all'Ordine dei  
Geologi della Lombardia  
N° 1076*



DATA:  
GENNAIO 2012

COMMITTENTE: S.C.R.P. S.p.a.

## SOMMARIO

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>2</b>
<b>2. INQUADRAMENTO DEL SITO .....</b>	<b>3</b>
2.1. ASPETTI GEOLOGICI .....	3
2.2. ASSETTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO .....	5
2.3 MOVIMENTI DELL'ACQUA NEL TERRENO .....	6
2.4 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO .....	8
<b>3. PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ GEOLOGICA .....</b>	<b>13</b>
<b>4. INDAGINI GEOLOGICHE .....</b>	<b>15</b>
<b>5. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA .....</b>	<b>16</b>
5.1 DETERMINAZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI .....	18
<b>6. INTERVENTI IN PROGETTO .....</b>	<b>19</b>
6.1. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE SULLE NUOVE FONDAZIONI .....	20
6.2 OSSERVAZIONI IDROGEOLOGICHE .....	20
<b>7 SCAVI .....</b>	<b>21</b>
<b>8 TERRE E ROCCE DA SCAVO .....</b>	<b>23</b>
8.1.1 PRESUPPOSTI PER L'UTILIZZO .....	23
8.1.2 MODALITÀ DI UTILIZZO .....	23
8.1.3 ADEMPIMENTI E DOCUMENTAZIONE .....	24
<b>9. CONCLUSIONI .....</b>	<b>26</b>
<i>Bibliografia</i>	

### **Elaborati grafici**

Tav. 1 – Planimetria – ubicazione prove  
Sezione litostratigrafica

non in scala  
scala vert. 1:100

### **Allegati**

Allegato 1 : Prove penetrometriche : Tabelle e grafici

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione geologica, richiesta della S.C.R.P. s.p.a. a supporto del progetto di costruzione di alcuni nuovi manufatti relativi al collettore fognario Fiesco-Salvirola nel Comune di Fiesco (CR), illustra le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche della porzione di territorio interessata dal nuovo tratto fognario in progetto.

Lo studio è stato pertanto finalizzato alla delineazione dell'assetto litostratigrafico e geotecnico dei terreni di fondazione al fine di fornire gli elementi per la progettazione delle strutture di base ed alla definizione delle caratteristiche geologiche dell'area per l'identificazione di elementi naturali sfavorevoli alla nuova edificazione.

Lo studio ha comportato un rilievo geomorfologico di dettaglio della zona interessata dal progetto, e di un suo significativo intorno, per la caratterizzazione geologica dell'area sono state eseguite (18 gennaio 2012) 2 prove penetrometriche statiche indicate Cpt 1 e Cpt 2.

Lo studio è stato condotto in osservanza alla normativa vigente, in particolare :

- ◆ **Decreto Ministeriale 14.01.2008** Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni .
- ◆ **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici** Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- ◆ **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici** Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007.
- ◆ **Eurocodice 8 (1998)** Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003).
- ◆ **Eurocodice 7.1 (1997)** Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . – UNI.
- ◆ **Eurocodice 7.2 (2002)** Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI.
- ◆ **Eurocodice 7.3 (2002)** Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI.

## 2. INQUADRAMENTO DEL SITO

Il territorio comunale di Fiesco (CR) risulta cartografato sul Foglio n.46 denominato "Treviglio" della Carta Geologica d'Italia in Scala 1 : 100.000 e sulla Carta Tecnica Regionale Scala 1 : 10.000 sul Foglio C6c5, dal punto di vista topografico l'area oggetto d'indagine risulta riferita ad una quota media di circa 73,6 m s.l.m. nella porzione sud del comprensorio comunale.

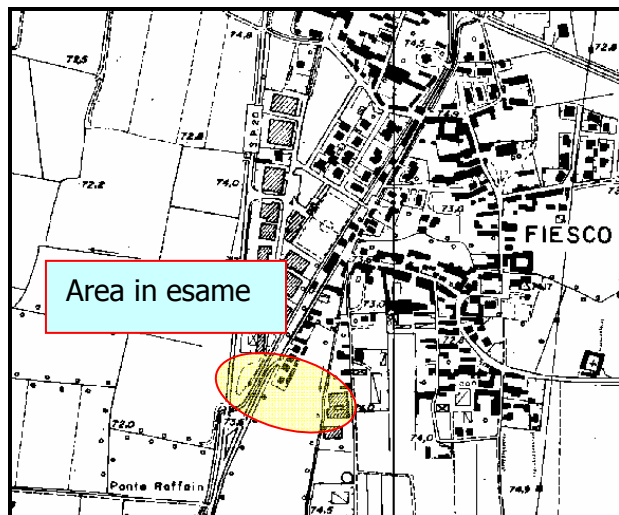


fig. 1 – Reg. Lombardia Sez. CTR C6c5



fig. 2 – Immagine satellitare

### 2.1. Aspetti geologici

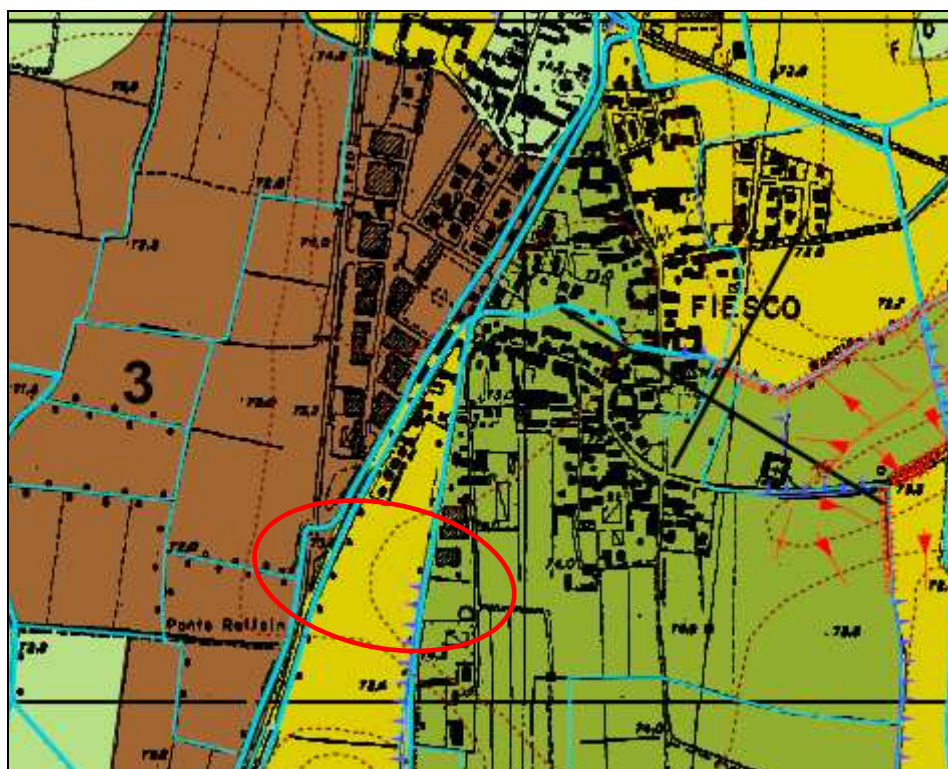
Il territorio della pianura cremonese è caratterizzato da diverse tipologie di depositi alluvionali pleistocenici (Periodo Quaternario) che poggiano direttamente su un substrato caratterizzato da sedimenti marini. La pianura cremonese è suddivisa in :

- ◆ **Alta pianura ghiaiosa** : costituita dagli ampi conoidi ghiaiosi pedemontani costituiti dagli apporti dei torrenti fluvioglaciali e successivamente rimodellati dai corsi d'acqua attuali che ne sono gli eredi . La morfologia è lievemente convessa o sub pianeggiante e formano una superficie debolmente inclinata . Questi ambienti sono presenti in piccole porzioni nella parte più settentrionale e sono racchiusi all'interno del sistema della media pianura idromorfa. Hanno composizione prevalentemente ghiaiosa e pendenza compresa tra 0,4 % e 0,8%.
- ◆ **Media pianura idromorfa** : il sottosistema è presente nella parte settentrionale sino all'altezza di Crema dove i conoidi perdono di evidenza ed i sedimenti fluvioglaciali diventano prevalentemente sabbiosi; in questa porzione della piana fluvioglaciale la riduzione granulometrica dei sedimenti determina una diminuzione di permeabilità e quindi la falda freatica emerge in superficie o permane a scarsa profondità originando intensi fenomeni di idromorfia . Questo paesaggio coincide con la fascia delle risorgive ed è delimitato a nord dalla linea ideale che congiunge i primi fontanili e termina a sud ove questi si organizzano in corsi d'acqua veri e propri.

- ◆ **Bassa pianura sabbiosa** : l'ambiente di questo sottosistema si estende a sud della fascia delle risorgive, fino alla valle del Po. E' costituita da sedimenti a composizione sabbioso-limosa e ha una pendenza quasi nulla. L'attuale carattere pianeggiante del livello fondamentale è il risultato dell'applicazione di intense tecniche di livellamento su una morfologia in origine leggermente più ondulata. Indicativa di questa attività sono le particelle agricole spesso separate da gradini.

Una modesta scarpata di terrazzo separa le *Alluvioni Attuali* dai depositi più antichi, *Fluviale würm* (Pleistocene superiore), costituiti da materiali sabbiosi - limosi - argillosi e quindi a granulometria decisamente più fine rispetto ai precedenti.

La zona in esame risulta modellata all'interno dei depositi quaternari appartenenti alla formazione del *Fluviale würm* (Pleistocene superiore) costituita da alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose, con modesta alterazione superficiale.



**Fig. 3 - Carta Geologica e Geomorfologica (Studio geologico a supporto del PGT – Geol. Giovanni Bassi – gen. 2010)**



1	Unità Cavagnolo: depressioni subcircolari, a drenaggio mediocre o lento con evidenze di fossi scolanti e baulature nei campi, fitto reticolo idrografico e marcata idromorfia con falda in prossimità del piano campagna, suoli moderatamente profondi a profondi, limitati da falda o gley, scheletro assente o scarso, tessitura da fine a moderatamente grossolana, drenaggio lento.
2	Unità Campazzo: superfici modali stabili allungate, pianeggianti o lievemente ondulate, intermedie tra le aree più rilevate e quelle depresse, ben drenate a substrato sabbioso, con suoli molto profondi, scheletro assente, tessitura media, drenaggio buono.
3	Unità Fiesco Ovest: superfici modali stabili allungate, pianeggianti o lievemente ondulate, intermedie tra le aree più rilevate e quelle depresse, con tracce di erosione idrica superficiale, con aree rilevate di alcuni metri rispetto al L.F.d.P., con suoli molto profondi, scheletro assente, tessitura media, drenaggio buono.
4	Unità Fiesco: dossi isolati a debole convessità di forma allungata, spesso dolcemente raccordati con le superfici modali per l'assenza di significative incisioni operate da corsi d'acqua, rilevati anche di alcuni metri rispetto al L.F.d.P., con suoli molto profondi, scheletro assente, tessitura media, drenaggio buono.

## 2.2. Assetto idrografico e idrogeologico

La rete idrografica principale è rappresentata dal fiume Serio che scorre a circa 6 km in direzione Ovest rispetto il centro abitato di Fiesco; in prossimità dell'area scorre la Roggia Madonna della Gaiazza che attraversa il comprensorio comunale in direzione NE-SW .

Il fiume Serio percorre un'ampia valle che occupa la parte centrale della provincia di Bergamo, da Valbodione sino allo sbocco nel fiume Adda in prossimità di Castelleone.

Dal punto di vista idrogeologico Nel territorio di Fiesco, il flusso idrico generale della falda è orientato prevalentemente in direzione N-S, risentendo dell'azione drenante congiunta del fiume Serio-Serio Morto e del Po. Tuttavia l'iterazione dell'azione drenante da sud ovest (Serio Norto) e da nord est (Valle del Morbasco-Po) crea in corrispondenza del territorio di Fiesco la testata di uno spartiacque idrogeologico che si sviluppa verso sud est lungo la direttrice Casalbuttano.

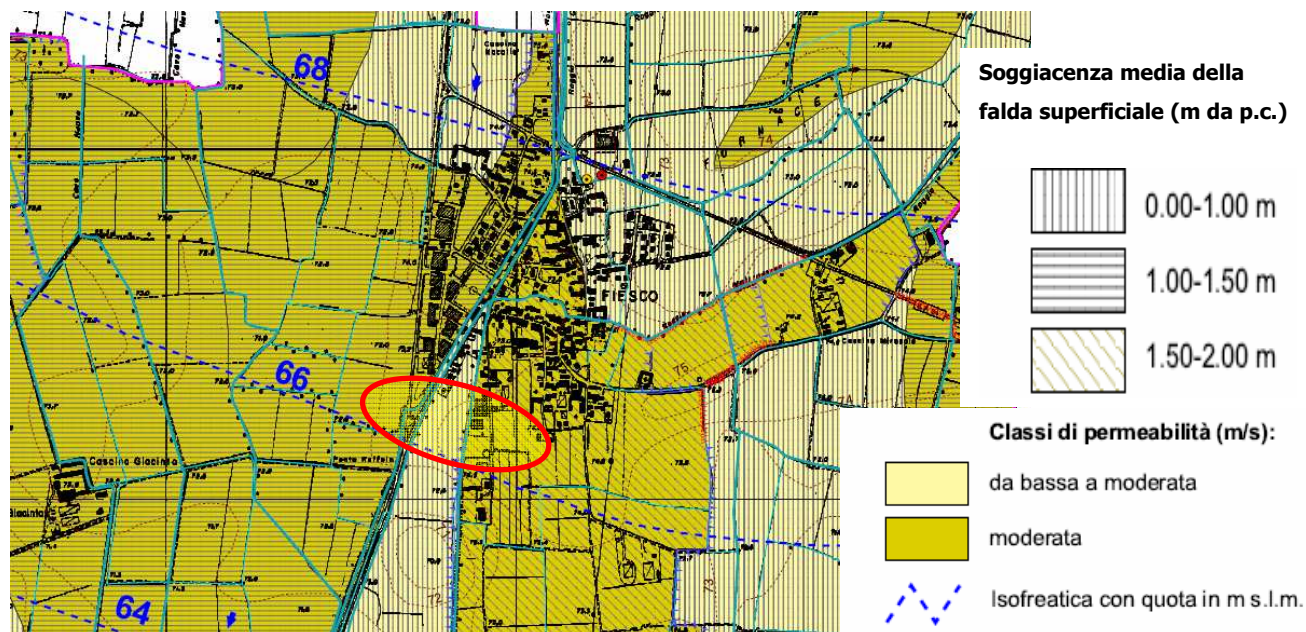
Il flusso idrico, evidenziato nella Carta Idrogeologica dettaglia l'andamento dell'alimentazione della falda.

Il gradiente idraulico medio, misurato per l'acquifero freatico, è 0.2%, in linea con i valori medi di questo settore di pianura.

Il modello idrogeologico di riferimento, eseguito su scala comunale e ricostruito sulla base dei dati a disposizione, individua due distinte litozone :

- ◆ **Litozona superficiale (S):** è l'acquifero in cui ha sede la falda libera e si sviluppa da piano campagna fino a profondità da 15 m ad un massimo di 30-35 m. Essa è costituita in prevalenza da strati ghiaiosi e sabbiosi, con intercalazioni di strati argillosi di spessore ridotto. Gli strati ghiaiosi prevalgono nei primi 30-40 m. La permeabilità della litozona superficiale è generalmente elevata, l'alimentazione dell'acquifero avviene per infiltrazione di acque meteoriche o da corpi idrici superficiali e pertanto è caratterizzata da un'elevata vulnerabilità.
- ◆ **Litozona profonda (P):** si sviluppa dal letto della litozona precedente fino alla massima profondità indagata di circa 215 m da p.c. (pozzi di Castelleone); da un punto di vista litologico è caratterizzata in prevalenza da strati a granulometria fine costituiti da depositi

argillosi (potenza massima 30-40 m), talora con torba e subordinati strati sabbiosi e sabbioso argillosi. Sono rare le intercalazioni di livelli sabbioso-ghiaiosi, in genere di spessore ridotto. I singoli strati non sono direttamente correlabili a causa della estrema variabilità dell'ambiente di deposizione.



**Fig. 4 - Carta idrogeologica (Studio geologico a supporto del PGT – Geol. Giovanni Bassi – gen. 2010)**

Le indagini eseguite hanno permesso di rilevare un livello acquifero alla profondità indicativa di circa 2,50 m dal piano di esecuzione delle prove penetrometriche (piano campagna).

Dalla consultazione dei dati riportati nello studio geologico a supporto del PGT del comune di Fiesco, l'area indagata risulta caratterizzata da una soggiacenza media di circa 1,50-2,00 m dal p.c.

### 2.3 Movimenti dell'acqua nel terreno

La definizione esatta nello spazio della circolazione sotterranea delle acque di infiltrazione efficace è molto complessa e può essere sintetizzata secondo due tipologie di movimento principali:

- ✓ *sub-orizzontali* : sono legati al moto di deflusso delle acque della falda, hanno direzione di flusso prevalentemente orizzontale dalle zone di alimentazione alle zone di recapito o emergenza;
- ✓ *sub-verticali* : assumono una direzione essenzialmente verticale ed un verso che può essere di tipo discendente durante il moto di percolazione verso la falda, ascendente nelle fasi di risalita capillare o misto durante le oscillazioni del livello piezometrico, con alternanze di movimenti ascendenti e discendenti.

La percolazione verso la falda è quel processo attraverso il quale le acque di infiltrazione efficace sotto l'azione della forza di gravità si muovono verso il basso attraverso i meati intercomunicanti del terreno (roccia, substrato roccioso, sedimenti di copertura ecc) lungo percorsi più o meno lunghi e articolati.



La velocità del movimento verso la falda è in funzione del diametro dei meati e del tipo di comunicazione esistenti tra loro, infatti si può osservare come a parità di quantità di acqua defluente attraverso una data sezione di terreno (acquifero) nell'unità di tempo e a parità di altri fattori condizionanti, le resistenze dovute all'attrito tra le particelle e l'acqua sono inversamente proporzionali alla dimensione dei meati, con un progressivo aumento della velocità con l'aumentare delle dimensioni dei vuoti intergranulari.

Al contrario l'ascensione capillare anch'essa funzione del diametro dei vuoti, è massima nei terreni con meati di piccolo diametro (limi e argille), nei quali le forze di adesione che si generano tra ogni singola molecola d'acqua e quelle adiacenti poste entro un dato raggio d'influenza sono più elevate rispetto a quanto succede nei vuoti di grosso diametro (sabbie e ghiaie). La seguente tabella fornisce indicazione di carattere qualitativo sulle altezze di risalita capillare per diversi tipi di terreni omogenei (Silin Beckurin, 1958).

**Tabella – Altezze di risalita capillare per diversi tipi di terreno**

Litologia	Risalita capillare (cm)
Sabbia grossolana	2 ÷ 5
Sabbia	12 ÷ 35
Sabbia fine	35 ÷ 70
Limo	70 ÷ 150
Argilla	150 ÷ 400

Dall'analisi della tabella precedente risulta che il terreno individuato al piano di posa delle fondazioni dei fabbricati in esame (sabbia limosa), permette una risalita capillare dell'acqua dell'ordine di circa 35 ÷ 70 cm dal livello superficiale della falda freatica.

Le oscillazioni del livello piezometrico nel tempo sono continue, anche se a volte possono risultare impercettibili e sono regolate sia da cause naturali, sia da cause artificiali.

Le condizioni climatiche padane sono sostanzialmente di tipo continentale, con inverni rigidi ed estati calde, elevata umidità specie nelle zone con più ricca idrografia, nebbie frequenti specie in inverno, piogge piuttosto limitate e relativamente ben distribuite durante tutto l'anno; la ventosità è ridotta e frequenti sono gli episodi temporaleschi estivi.

In complesso la distribuzione annuale delle precipitazioni nell'area a clima padano presenta due massimi, uno principale in autunno (intorno ad ottobre-novembre) ed uno secondario in primavera (intorno a maggio - giugno).

Le principali cause naturali dell'innalzamento del livello freatico sono da ricercare negli apporti idrici dovuti alle precipitazioni atmosferiche e nei rapporti idrogeologici con i livelli dei fiumi e dei laghi. Le più importanti variazioni dovute a cause artificiali sono attribuibili all'utilizzazione e/o ricarica delle falde da parte dell'uomo (per uso umano, agricolo, industriale).

## 2.4 Classificazione sismica del territorio

La normativa sismica (D.M. 16 Gennaio 1996) in Italia, anteriormente al Marzo 2003, suddivideva il territorio nazionale in tre categorie di pericolosità (elevata, media e bassa). Per ciascuna categoria si assegnavano un grado di sismicità (S) ed un coefficiente di intensità sismica ( $C=(S-2)/100$ ). Lo spettro di progetto  $S_a(T)$  si otteneva moltiplicando il coefficiente C (pari a 0.10g - 0.07g - 0.04g in ordine decrescente di pericolosità sismica) per una forma spettrale  $R(T)$  indipendente dalle condizioni del sottosuolo. Queste normative sismiche non considerano il ruolo del terreno sulla modifica di forme ed ordinate spettrali, se non con la moltiplicazione dello spettro per il coefficiente di fondazione  $\varepsilon = 1$ , salvo che per "terreni particolarmente compressibili" per i quali si consiglia di incrementare  $\varepsilon$  fino a 1.3.

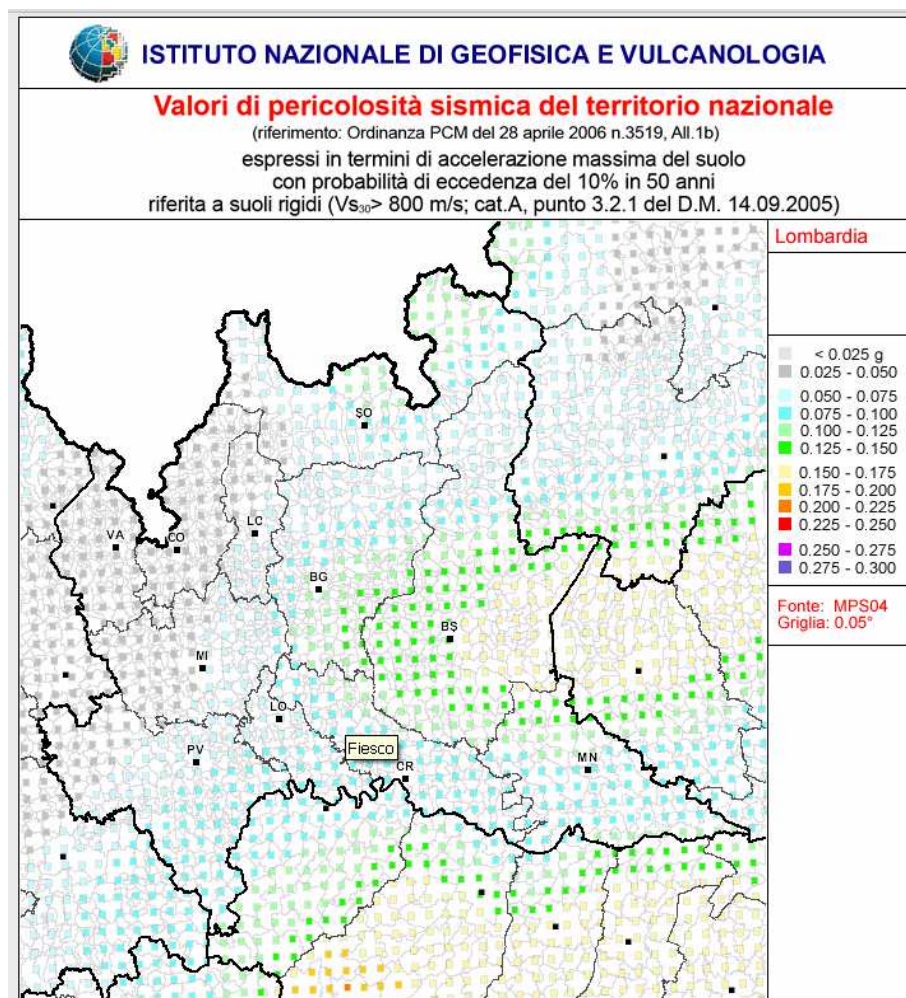
L'Ordinanza PCM n° 3274 del 20/03/03 e Norme Tecniche allegate, che inserisce il territorio di **FIESCO** in zona sismica 4, fa riferimento a metodologie più recenti in cui il moto sismico è caratterizzato anche in relazione alle condizioni locali.

Secondo l'OPCM 3274/03, i territori nazionali vengono suddivisi in zone sismiche in funzione della pericolosità locale, descritta in termini di accelerazione orizzontale massima attesa alla superficie di un sito rigido di riferimento ( $a_g$ ). I valori di accelerazione massima fissati nella nuova ordinanza per le zone 1, 2, 3 e 4 (rispettivamente 0.35g - 0.25g - 0.15g - 0.05g) recepiscono la proposta del G.N.D.T. (1985) e risultano maggiori di quelli della precedente normativa. La normativa allegata all'OPCM 3274/03 richiede alle Regioni di eseguire la valutazione di  $a_g$  sul proprio territorio e quindi di assegnarli ad una delle zone della nuova classificazione.

La Regione Lombardia con D.G.R. 7/14964 del 7/11/03 ha fornito alcune disposizioni preliminari per l'attuazione dell'OPCM 3274/03, confermando la classificazione dei territori comunali lombardi riportata nell'Ordinanza e l'adeguamento alle norme tecniche allegate.

In ogni caso la normativa sismica ed i parametri relativi a ciascun territorio risultano in veloce e continua revisione, soprattutto nell'ambito della convenzione tra INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) e DPC (Dipartimento Protezione Civile) che prevede l'assistenza per il completamento e la gestione della "mappa di pericolosità sismica" prevista dall'OPCM 3274.

Già l'Ordinanza PCM 3519 del 27/04/06 fornisce una revisione dei valori di  $a_g$  sul territorio nazionale ed inserisce il territorio di FIESCO, in particolare nella sottozona caratterizzata da valori di  $a_g$  compresi tra 0.075 e 0.100 g (accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).



**Fig. 5 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale**

Secondo **Decreto Ministeriale 14.01.2008** Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni, ai fini della definizione dell' azione sismica di progetto, sono definite 5 categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

Suolo	Descrizione	$V_{s,30}$ (m/s)	$C_{u,30}$ (kPa) (terreni a grana fine)	$N_{spt,30}$ (terreni a grana grossa)
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m	$V_{s,30} > 800$		
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	$360 < V_{s,30} < 800$	$C_{u,30} > 250$	$N_{spt,30} > 50$

<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	$180 < V_{s,30} < 360$	$70 < C_{u,30} < 250$	$15 < N_{spt,30} < 50$
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	$V_{s,30} < 180$	$C_{u,30} < 70$	$N_{spt,30} < 15$
<b>E</b>	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento	$V_{s,30} > 800$		
<b>S1</b>	Depositi di terreni che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche	$V_{s,30} < 100$ m/s	$10 < C_{u,30} < 20$	
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti			

**Tabella : CATEGORIE DI SUOLO**

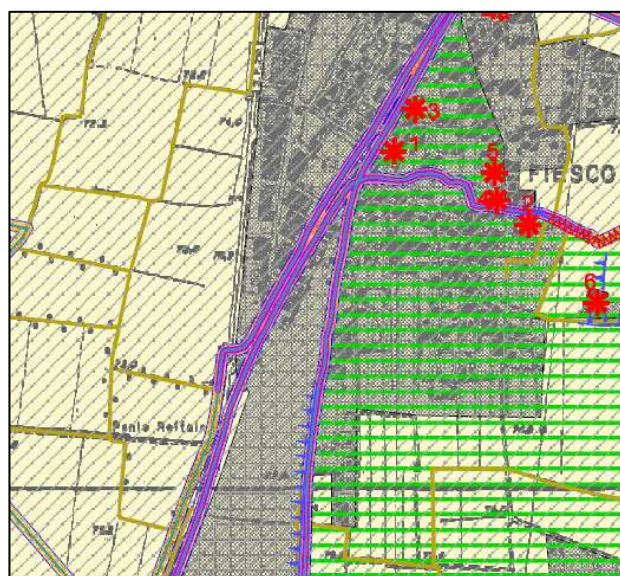
Nelle definizioni precedenti  $V_{s,30}$  è la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità.

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [\text{m/s}]$$

$h_i$  = spessore in metri dello strato i-esimo

$V_{s,i}$  = velocità dell'onda di taglio i-esima

$N$  = numero di strati



Scenario di pericolosità sismica locale

Z4a : Zona di fondovalle e di pianura con depositi alluvionali granulari e/o coesivi

Effetti : amplificazioni litologiche e geometriche

**Fig. 6 - Carta PSL**



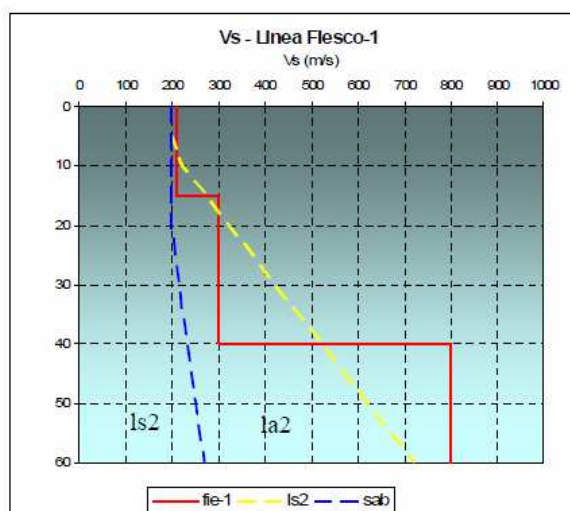
### Calcolo delle Vs30

A supporto dello studio geologico comunale è stato effettuato in prossimità di loc. Abbazia l'approfondimento sismico con l'utilizzo di un microtremore che ha consentito di misurare le velocità delle onde di taglio (onde Vs30) nel sottosuolo.

L'elaborazione dei risultati persegue la finalità di ricostruire il periodo naturale dei siti e determinare il fattore di amplificazione sismica locale, come indicato dalla L.R. 12/2005 e dai criteri attuativi geologici, idrogeologici e sismici. I dati di velocità e profondità dei singoli strati (profondità in m e velocità in m/s) sono riportati nella tabella seguente, e il modello interpretativo delle Vs, relativo alla linea sismica, è riportato in Figura seguente.

Linea	Strato 1		Strato 2		Strato 3	
	H1	Vs1	H2	Vs2		Vs3
fie-1	15	210	40	300		800

Tab. 1 – distribuzione verticale delle Vs



Va sottolineato che l'analisi sismica mediante microtremori fornisce distribuzioni di velocità monodimensionali. In altri termini i dati raccolti lungo la sezione contribuiscono a generare un modello valido in corrispondenza del centro dello stendimento e che non prevede variazioni né in senso longitudinale né in senso trasversale.

I risultati si sintetizzano come qui segue:

- ◆ Il modello delle Vs prescelto è a 3 strati, con velocità crescenti in profondità;
- ◆ I suoli sismici, definiti in base alla Vs30 (velocità medie delle Vs tra 0 e 30 m di profondità), sono di tipo **C**: "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti –  $180 < Vs_{30} < 360$  m/s (**247 m/s** velocità rilevata)";
- ◆ Il primo strato ha potenza di almeno 15 m e velocità 210 m/s. Il secondo strato non è nettamente definibile, ma poiché sullo spettro velocità-frequenza non si individuano trend crescenti a media profondità, è ipotizzata la velocità medio-bassa di 300 m/s. Tali valori di Vs



sono tipici di terreni sabbiosi molto addensati. Il substrato veloce non è rilevabile ma, operando con modelli diretti, se ne stima la profondità minima non inferiore a 40 m di profondità;

- ◆ Date le caratteristiche rilevate, la scheda litologica con la distribuzione delle Vs più simile a quella riscontrata è la scheda "sabbie";
- ◆ La curva utilizzata per il calcolo del periodo (T) è la curva 2, scelta sulla base dello spessore e della velocità del primo strato. Per gli edifici con periodo inferiore a 0.5 s, la formula utilizzata per il calcolo di Fa (periodo proprio del sito inferiore di 0.45 s) è quella relativa al tratto logaritmico ( $0.45 < T_p < 0.80$  s);
- ◆ Con tali parametri i valori calcolati di Fa sono risultati inferiori ai valori soglia per i suoli di tipo **C** per entrambe le classi di edifici ( $T \leq 0.5s$  -  $T > 0.5s$ ).

Nella Tabella seguente sono sintetizzati i valori di Vs<sub>30</sub>, il tipo di suolo sismico, il periodo proprio del sito (Tp) calcolato dalle Vs ed i valori calcolati del Fattore di Amplificazione sismica locale (Fa) per i due tipi di edifici:  $0.1 < T \leq 0.5s$  e  $T > 0.5s$ . Nell'ultima riga sono riportati i valori soglia (di riferimento) forniti dalla Regione Lombardia.

Linea	Vs <sub>30</sub>	Periodo (Tp)	Fa (T=01-0.5 s)	Fa (T>0.5 s)
fie-1	247	0.60	1.3	2.0
<b>Suolo sismico</b>			<b>C</b>	<b>C</b>
<b>Fa di riferimento Regione Lombardia Comune di Fiesco</b>			<b>1.8</b>	<b>2.4</b>

Tab. 2 – Vs<sub>30</sub>, Terreno di Fondazione, Tp e Fa

Il risultato definitivo è che i valori di Fa calcolati sono inferiori a quelli forniti dalla Regione Lombardia, sia per edifici con periodo compreso tra 0.1 e 0.5 s sia per quelli con periodo superiore.

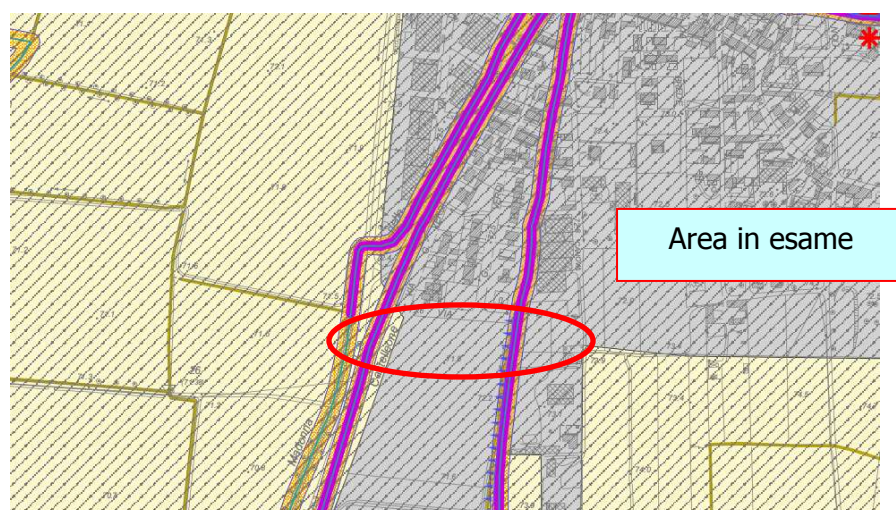
Pertanto nell'area indagata si adotteranno, per entrambe le tipologie di edifici, gli spettri di norma relativi **ai suoli sismici di tipo C:** " *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza*, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri. Tale categoria è caratterizzata da valori di Vs<sub>30</sub> compresi tra **180 e 360 m/sec** ( $15 < N_{SPT} < 50$ ,  $70 < Cu < 250$  kPa).".

### 3. PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Dall'analisi della carta di fattibilità geologica (redatta dal dott. geol. Giovanni Bassi) allegata al PGT del Comune di Fiesco l'area in esame risulta in classe 2 fattibilità con modeste limitazioni ed in parte in classe 3 sottoclasse 3c-d (corsi d'acqua e fasce di rispetto)

#### CLASSE 2 - Fattibilità con modeste limitazioni

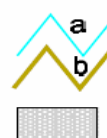
In questa classe sono compresi i terreni appartenenti alle unità geomorfologiche Campazzo (2), Fiesco Ovest (3) e Fiesco (4) e la parte centro orientale dell'unità Cavagnolo (1), rappresentanti aree stabili pianeggianti lievemente ondulate del Livello Fondamentale della Pianura, caratterizzate da vulnerabilità idrogeologica bassa, con copertura prevalentemente sabbiosa e sabbioso limosa, con caratteristiche geotecniche da mediocri a buone e con soggiacenza della falda in genere superiore compresa tra 0.50 a 2.00 m da p.c.



#### LEGENDA








##### CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA:

- Classe 2: fattibilità con modeste limitazioni:**  
Porzione centrale ed orientale del territorio comunale, con superfici prevalentemente stabili, vulnerabilità idrogeologica da bassa a media.
- Classe 3: fattibilità con consistenti limitazioni:**  
Porzione occidentale del territorio comunale, con superfici prevalentemente ribassate, vulnerabilità idrogeologica medio alta.



Corso d'acqua principale (a), secondario (b)

Area urbanizzata o urbanizzabile

- 3b  Zona umida e fascia rispetto (50 m)
- 3c  Corso d'acqua e fascia di rispetto vigente (10 m)
- 3d  Corso d'acqua in area urbana e fascia di rispetto vigente (10 m) e proposta (5 m)
- 3e  Fascia di rispetto pozzo pubblico (10 m)
- 3f  Discontinuità morfologica (H<2m)
- Classe 4: fattibilità con forti limitazioni:**
- 4a  Zona di tutela assoluta pozzo pubblico (10 m)
- 4b  Orlo di scarpata morfologica naturale o di origine antropica (2m<H<3 m)

**Fig. 7 - Carta di fattibilità geologica (Studio geologico a supporto del PGT – Geol. Giovanni Bassi – gennaio 2010)**

### **Sottoclasse 3c-3d, corsi d'acqua e relative fasce di rispetto.**

I corsi d'acqua, individuati in Carta dei vincoli, sono oggetto di particolare tutela poiché costituiscono un elemento paesistico ambientale essenziale della pianura cremonese.

Essendo tutti i corsi d'acqua dichiarati pubblici dalla Legge 36/94 si applica il disposto del R.D. 25.7.1904 n. 523, art. 93 e successivi, pertanto non si edificherà nella fascia di 10 m, misurati in orizzontale dal ciglio superiore della sponda, né si modificherà la funzionalità della rete idrica.

La distanza regolamentare di inedificabilità degli edifici di 10 m sarà ridotta in area urbana a 5 m, alla comunicazione di assenso da parte della Regione.

Tutti i corsi d'acqua vanno salvaguardati nel loro percorso, mantenuti nella piena funzionalità idraulica ed integrati nel contesto paesistico ambientale in cui scorrono, ne è vietata la tombinatura (D. LGS.152/99 art. 21 e successive modificazioni ed integrazioni, Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, art. 21 Norme di Attuazione, D.P.C.M.8.8.01).

Il Codice Civile definisce, all'art. 891, le distanze che gli scavi devono osservare, da canali e rogge è pari alla profondità massima di scavo, misurata dall'orizzontale e dal ciglio superiore di scavo, come chiarito dalla Sentenza S.C. Sezione III° del 27.2.76 n. 648.

#### 4. INDAGINI GEOLOGICHE

Al fine di ottenere utili informazioni tecniche destinate ad una corretta interpretazione delle caratteristiche reologiche dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame, si è proceduto alla verifica delle proprietà litostratigrafiche e geotecniche mediante l'esecuzione, in data 18 gennaio 2012, di n.2 prove penetrometriche statiche (Cpt 1÷2), utilizzando un penetrometro statico/dinamico Pagani modello "Emilia TG 63-200" avente una spinta di infissione di 20 t (punta statica: manicotto sup. 150 mm<sup>2</sup>, punta diam. 36 mm, aste lunghe 1,00 m), un maglio di 73,0 Kg , volata 75 cm( punta dinamica: angolo di apertura di 60°, aste lunghe 0,90 m).

La prova penetrometrica statica (CPT) consiste nello spingere nel terreno, ad una velocità costante di 2 cm/sec, una serie di aste cilindriche con un cono alla base (punta meccanica Begemann) e misurarne continuamente o ad intervalli non superiori a 20 cm la resistenza alla penetrazione.

La resistenza viene misurata nel momento in cui manicotto e punta conica sono spinti verso il basso mentre gli altri elementi del penetrometro rimangono fermi.

- Resistenza alla punta conica  $q_c$ :

la resistenza al cono è letta direttamente sul display della cella di carico montata sul gruppo di spinta dell'attrezzatura:

$$q_c = R_p$$

misurata in kg/cm<sup>2</sup>.

- Attrito laterale o locale  $f_s$ :

l'attrito unitario locale che si ottiene sottraendo al valore di  $R_l$  (resistenza laterale letta sul display) il valore di  $R_p$ , diviso per la superficie laterale del manicotto ( $S_l$ ):

$$f_s = (R_l - R_p) / S_l$$



**Fig. 8 - Prova penetrometrica Cpt 2**

## 5. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA

### Natura dei terreni

Le indagini, eseguite in corrispondenza dei punti di intervento consentono di caratterizzare dal punto di vista litostratigrafico e geotecnico i terreni interessati dalle opere in progetto; l'elaborazione dei dati ha permesso di evidenziare al di sotto del terreno vegetale la presenza di una successione stratigrafica composta da una prima litozona (orizzonte B) mediamente addensata ( $Q_c = 30-90 \text{ Kg / cm}^2$ ) sabbiosa localmente ghiaiosa seguita da un orizzonte C sabbioso con ghiaia più addensato ( $Q_c = 60-252 \text{ Kg / cm}^2$ ).

### Modello litostratigrafico-geomeccanico

Sulla base delle evidenze riscontrate dalle indagini, è stato possibile riassumere la successione dei depositi in 3 orizzonti principali che rappresentano il modello geologico di riferimento per il sito in esame:

Cpt 1	Cpt 2	MODELLO LITOSTRATIGRAFICO	MODELLO GEOMECCANICO	Qc medio Kg / cm <sup>2</sup>
PROFONDITA' (m da p.c.)				
da 0.00 a 0.80	da 0.00 a 1.00	terreno riporto/vegetale	orizzonte A	30
da 0.80 a 4.20	da 1.00 a 3.20	sabbia loc. limosa con rara ghiaia	orizzonte B	58
da 4.20 a 7.60	da 3.00 a 5.40	sabbia e ghiaia	orizzonte C	140

### Parametri geotecnici

I parametri geotecnici degli orizzonti in esame sono stati ricavati utilizzando le correlazioni riportate in letteratura ed in particolare da : *Atti del corso di aggiornamento "Esplorazione geologico-tecnica" organizzato dalla Scuola d'Ingegneria del Canton Ticino e da "Fondazioni" di Joseph e.Bowles.*

**Peso dell'unità di volume  $\gamma$ :** è stato assunto sulla base dei valori tipici indicati in letteratura

**Densità relativa  $D_r$ :** è un parametro che indica il grado di addensamento di un deposito incoerente e quindi la sua compressibilità. E' stata calcolata con la correlazione di Skempton il quale propone la seguente correlazione:  $D_r = ((N1)_{60})/60)^{0,5}$

Dove  $((N1)_{60})$  si riferisce al sistema di battitura pari a 60% tenendo conto della tensione verticale efficace in Kpa.

**Angolo di attrito  $\phi'$ :** l'angolo di attrito esprime la resistenza al taglio dei terreni considerando nulla la coesione; il valore è stato ottenuto con la correlazione di Schmertmann (1977) in base alla densità relativa ed alla pressione efficace.



All'interno del *range* di riferimento è possibile identificare il valore medio, considerato come valore medio spaziale ovvero : la media dei valori relativi ad un determinato volume di terreno (esempio: volume di terreno interessato dal cuneo di rottura o da una superficie di scivolamento).

PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI FONDAZIONE			
Orizzonte A – TERRENO VEGETALE-RIPORTO			
Orizzonte B – SABBIA LIMOSA CON RARA GHIAIA			
CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE	Simbolo	Unità di misura	Valore
Classificazione			incoerente
Spessore		m	~ 2.00-3.00
Densità relativa	Dr	%	40-60
Addensamento			medio
PESI	Simbolo	Unità di misura	Valore
Peso di volume	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	18,0-19,0
Peso di volume immerso	$\gamma_{wet}$	kN/m <sup>3</sup>	/
PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO	Simbolo	Unità di misura	Valore
Angolo di attrito efficace	$\phi$	°	29-31
Coesione efficace	C'	KPa	-
Coesione non drenata	Cu	KPa	-
PARAMETRI ELASTICI	Simbolo	Unità di misura	Valore
Modulo edometrico	M	Kg/cm <sup>2</sup>	-
Modulo elastico	E	Kg/cm <sup>2</sup>	120-200
coefficiente di Poisson	$\mu$	-	0,30
Orizzonte C – SABBIA E GHIAIA			
CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE	Simbolo	Unità di misura	Valore
Classificazione			incoerente
Spessore		m	n.d.
Densità relativa	Dr	%	50-80
Addensamento			
PESI	Simbolo	Unità di misura	Valore
Peso di volume	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	19,0-20,0
Peso di volume immerso	$\gamma_{wet}$	kN/m <sup>3</sup>	9,0-10,0
PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO	Simbolo	Unità di misura	Valore
Angolo di attrito efficace	$\phi$	°	33-36
Coesione efficace	C'	KPa	-
Coesione non drenata	Cu	KPa	-
PARAMETRI ELASTICI	Simbolo	Unità di misura	Valore
Modulo edometrico	M	Kg/cm <sup>2</sup>	-
Modulo elastico	E	Kg/cm <sup>2</sup>	200-350
coefficiente di Poisson	$\mu$	-	0,30

### 5.1 Determinazione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici

Il valore caratteristico di un parametro geotecnico è considerato come stima ragionata e cautelativa del valore del parametro stesso nello stato limite considerato.

Nel caso specifico, è stato identificato, come parametro geotecnico appropriato ai fini progettuali per le verifiche al collasso per capacità portante agli **SLU**, **l'angolo di attrito efficace  $\phi$** .

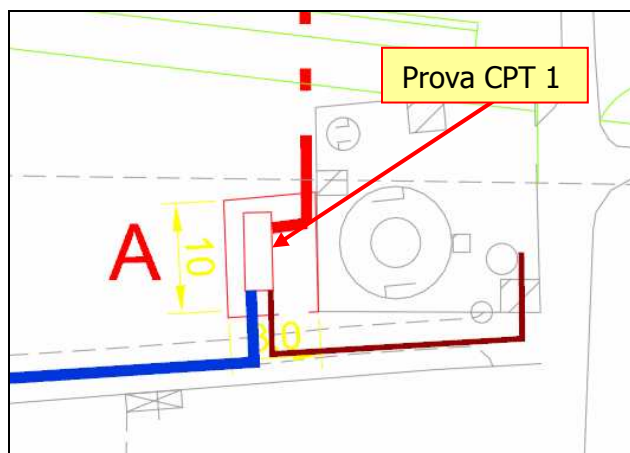
Nelle considerazioni relative al raggiungimento degli **SLE** del terreno i valori di progetto devono essere assunti uguali ai valori caratteristici.

Nella seguente tabella, viene riportato per ogni orizzonte individuato il valore medio, il valore caratteristico e il valore di progetto di resistenza al taglio :

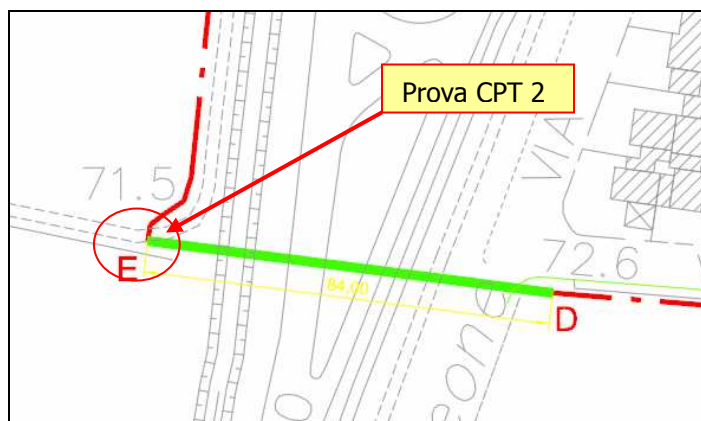
ORIZZONTE B			
Parametro	Valore medio $\phi_m$	Valore Caratteristico $\phi_k$	Valore di progetto* $\phi_d$
Angolo di resistenza al taglio	30	30	24.8°
ORIZZONTE C			
Parametro	Valore medio $\phi_m$	Valore Caratteristico $\phi_k$	Valore di progetto* $\phi_d$
Angolo di resistenza al taglio	34	34	28.4°
* Questo valore è da utilizzare esclusivamente nell' <i>approccio 1 - combinazione 2</i>			

## 6. Interventi in progetto

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo tratto di collettore fognario (vd. Fig. 10) e di una nuova vasca interrata per il rilancio delle acque (vd. Fig. 6) situata in prossimità del depuratore comunale esistente.



**Fig. 9 - Planimetria – Intervento in progetto (vasca di rilancio)**



**Fig. 10 - Planimetria – Intervento in progetto (tubazione interrata di sottopasso stradale)**

In questo paragrafo si intendono illustrare le problematiche inerenti i possibili effetti legati alle interazioni tra le nuove opere in progetto e gli aspetti geologici-idrogeologici e geotecnici rilevati:

1. interazione tra le nuove strutture e il terreno di fondazione
2. interferenza tra le opere di scavo e la circolazione idrica sotterranea

## 6.1. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE SULLE NUOVE FONDAZIONI

In prossimità dell'abitato di Fiesco il progetto prevede la realizzazione di una struttura interrata (stazione di sollevamento) con scavo fino alla profondità di circa -3,00 m dal p.c.

Dalla sezione litostratigrafica interpretativa elaborata si evidenzia al piano di posa delle fondazioni la presenza di un orizzonte sabbioso loc. limoso con rara ghiaia (**orizzonte B**) mediamente addensato.

L'apertura degli scavi di sbancamento consentirà la verifica in continuo delle caratteristiche geotecniche del terreno adeguando, se del caso, i criteri tecnici sopra esposti, si raccomanda al D.L. di verificare l'omogeneità litologica e geotecnica dei terreni su tutta l'area interessata dagli scavi prevedendo di approfondire il piano di posa e/o l'asportazione di eventuali strati sciolti e la loro successiva sostituzione con cls magro e/o inerte compattato.

## 6.2 OSSERVAZIONI IDROGEOLOGICHE

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche eseguite in data 18/01/'12 è stata misurata la falda superficiale alla profondità di circa - **2,50 m** dal piano campagna, all'interno del foro della prova Cpt1 spinta alla profondità di circa 7,40 m.

Dalla consultazione dei dati riportati nello studio geologico a supporto del PGT del comune di Fiesco, l'area indagata risulta caratterizzata da una soggiacenza media di circa 1,50-2,00 m dal p.c.

Per quanto concerne le previsioni sul comportamento della falda nell'area di progetto, considerando sia l'escursione stagionale che la risalita capillare, pare lecito concludere che vi saranno rischi di interferenze con le opere e gli scavi approfonditi fino a circa -3,0 m dal piano campagna.

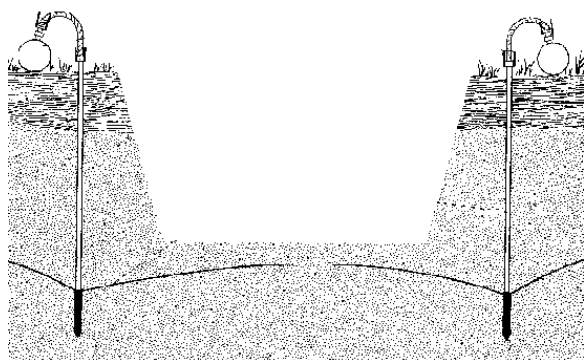
In fase progettuale si consiglia di :

- drenare la falda superficiale tramite la realizzazione di idonei sistemi tipo wellpoint.

Nella sua forma più schematica, l'impianto wellpoint è costituito da una serie di micropozzi di diametro variabile (generalmente 1"1/2 o 2") e lunghezza adeguata alle specifiche esigenze, connessi ad una pompa centrifuga autoadescante mediante una serie di collettori, raccordi e giunti di collegamento.

Il principio di funzionamento dell'impianto wellpoint si basa sull'accelerazione e la deviazione del flusso di falda verso i wellpoint collegati alla pompa autoadescante.

Si stabilisce così un moto di filtrazione dell'acqua, diretto ai wellpoint, testimoniato dall'abbassamento del livello della falda nel terreno.



**Fig. 11 - well point**

- valutare l'eventuale interferenza delle strutture con la stagionale circolazione idrica sotterranea entro i primi livelli del sottosuolo mediante idonei interventi di impermeabilizzazione delle strutture interrate.

## 7 SCAVI

In considerazione del fatto che il progetto prevede sbancamenti di terreno per la posa delle fondazioni si rende necessaria (oltretutto obbligatoria per Norma) la protezione degli sbancamenti aventi altezza del fronte di scavo superiore a  $1,00\div 1,50$  m, tale accorgimento impedirà che possano verificarsi cedimenti nei terreni sul fronte di scavo e permetterà di poter lavorare all'interno dello scavo in assoluta sicurezza, come previsto dal *Decreto Legislativo 9 aprile 2008, num. 81 Attuazione dell'Art. 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro e del Decreto Ministeriale 14 gennaio 08 "Norme tecniche sulle costruzioni"*.

dei quali si riportano gli articoli più significativi.

- *D.Lgs 81/2008, art. 118: Nei lavori di spleamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere una inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di m  $1,00\div 1,50$ , e' vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete. Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all'armatura o al consolidamento del terreno.*
- *D.Lgs 81/2008, art. 118: Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di m  $1,00\div 1,50$ , quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilita', anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, alla applicazione delle necessarie armature di sostegno.*



- *D.Lgs 81/2008, art. 120: E' vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature.*

*DM 14 01 08 "Norme tecniche sulle costruzioni", 6.8.6. (fronti di scavo): Per scavi trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m, nei quali sia prevista la permanenza di operai, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una armatura di sostegno delle pareti di scavo.*

In generale, quando si deve realizzare uno scavo, sulla scorta di tutte le indicazioni riportate nei capitoli precedenti, occorre prima verificare se necessitano opere di sostegno.

Quando si effettua uno sbancamento (o scavo a cielo aperto) di larghezza superiore rispetto all'altezza, in materiali a comportamento granulare, il sistema di protezione è necessario solo se l'inclinazione della parete dello scavo è maggiore dell'angolo di attrito interno del terreno, o se si supera l'altezza critica in materiali coesivi.

Nel caso di scavi a sezione obbligata, in cui la profondità è maggiore della larghezza, occorre necessariamente armare lo scavo per evitare crolli e franamenti delle pareti.

Quando la collocazione dello scavo o la sua profondità non consentono di realizzare le pareti secondo l'angolo d'attrito interno del terreno, o si supera l'altezza critica caratteristica del materiale, è necessario armare lo scavo.

Al fine di evitare il franamento e/o spostamento dei terreni superficiali e conseguente cedimento è possibile ricorrere ad una delle seguenti soluzioni da dimensionare in fase progettuale :

- scavo tradizionale con angolo di sbancamento adeguato tale da garantire le condizioni di massima sicurezza (*le scarpate non dovranno avere pendenze superiori a 29°*);
- opere di sostegno tradizionali (armature, contrafforti e puntelli ).

L'armatura deve essere tale da resistere alle sollecitazioni indotte da:

- ◆ pressione del terreno;
- ◆ strutture adiacenti;
- ◆ carichi addizionali e vibrazioni (attrezzature, traffico veicolare, materiale di stoccaggio, ecc).

Le strutture di sostegno devono essere installate a diretto contatto con la facciata dello scavo e, ove necessario, deve essere inserito del materiale di rinalzo tra la facciata dello scavo e l'armatura, per garantire la continuità del contrasto.

L'armatura deve comunque rispettare sempre le seguenti tre condizioni:

1. essere realizzata in modo da evitare il rischio di seppellimento:

- ◆ • in un terreno incoerente la procedura dovrà consentire di disporre armature parziali tali da permettere di raggiungere in sicurezza la profondità richiesta nel terreno;
  - ◆ • in un terreno dotato di coesione, in cui lo scavo può essere realizzato in avanzamento continuo fino alla profondità desiderata, la procedura dovrà prevedere la collocazione di una gabbia di protezione prima che i lavoratori addetti accedano allo scavo.
2. essere sufficientemente resistente da opporsi, senza deformarsi o rompersi, alla pressione esercitata dal terreno sulle pareti dello scavo;
  3. essere realizzata in modo da poter sopportare, senza deformarsi, anche carichi asimmetrici del terreno.

## 8 Terre e rocce da scavo

Per l'utilizzo di terre e rocce da scavo, si applica l'art. 186 del decreto legislativo 3 aprile 2006 n.152 come modificato dall'articolo 2 comma 23 del decreto legislativo 16 gennaio 2008 n.4 .

Il paragrafo si propone di fornire indirizzi operativi per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo; le indicazioni riportate di seguito sono valide per la gestione delle terre da scavo indipendentemente dal volume movimentato.

### 8.1.1 Presupposti per l'utilizzo

Le terre e rocce da scavo :

- non devono provenire dall'interno della perimetrazione di siti contaminati o sottoposti ad interventi di bonifica ai sensi del Titolo V della parte quarta del D. lgs 152/2006
- devono garantire, fin dalla fase di produzione, il rispetto dei requisiti di qualità ambientale
- il loro utilizzo non deve richiedere la necessità di preventivo trattamento o trasformazioni preliminari, inclusa la miscelazione se ha come effetto la diluizione di inquinanti per soddisfare i requisiti di qualità ambientale e i requisiti merceologici di cui all'art. 186 comma 1 lettera c) del D. lgs 3 aprile 2006. Non sono considerate operazioni di preventivo trattamento o di trasformazione preliminare la riduzione volumetrica, la macinatura e la vagliatura, finalizzate all'adeguamento delle caratteristiche geotecniche del materiale, a condizione che siano sempre verificati e rispettati i requisiti di qualità ambientale e merceologici
- non siano contenuti elementi estranei alle terre e rocce da scavo, quali ad esempio, rifiuti o materiali derivanti da operazioni di demolizione.

### 8.1.2 Modalità di utilizzo

Le terre e rocce da scavo possono essere utilizzate per reinterri, riempimenti, rimodellazioni e rilevati purché:

- a) siano impiegate direttamente nell'ambito di opere o interventi preventivamente individuati e definiti;
- b) sin dalla fase della produzione vi sia certezza dell'integrale utilizzo;
- c) l'utilizzo integrale della parte destinata a riutilizzo sia tecnicamente possibile senza necessità di preventivo trattamento o di trasformazioni preliminari per soddisfare i requisiti merceologici e di qualità ambientale idonei a garantire che il loro impiego non dia luogo a emissioni e, più in generale, ad impatti ambientali qualitativamente e quantitativamente diversi da quelli ordinariamente consentiti ed autorizzati per il sito dove sono destinati ad essere utilizzati;
- d) sia garantito un elevato livello di tutela ambientale;

- e) sia accertato che non provengono da siti contaminati o sottoposti ad interventi di bonifica ai sensi del titolo V della parte quarta del D.lgs 4/2008
- f) le loro caratteristiche chimiche e chimico-fisiche siano tali che il loro impiego nel sito prescelto non determini rischi per la salute e per la qualità delle matrici ambientali interessate ed avvenga nel rispetto delle norme di tutela delle acque superficiali e sotterranee, della flora, della fauna, degli habitat e delle aree naturali protette. In particolare deve essere dimostrato che il materiale da utilizzare non è contaminato con riferimento alla destinazione d'uso del medesimo, nonché la compatibilità di detto materiale con il sito di destinazione;
- g) la certezza del loro integrale utilizzo sia dimostrata.

L'impiego di terre e rocce da scavo nei processi industriali come sottoprodotti, in sostituzione dei materiali di cava, è consentito nel rispetto delle condizioni fissate dall'art. 183 comma 1 lettera p).

### 8.1.3 Adempimenti e documentazione

L'articolo 186, ai commi 2, 3 e 4 prevede che la sussistenza dei requisiti stabiliti al comma 1 del medesimo articolo debba essere dimostrata in modo diverso a seconda del tipo di intervento dal quale deriva la produzione di terre e rocce da scavo, ed in particolare:

a) per le opere sottoposte a V.I.A. e/o ad A.I.A.:

- la sussistenza dei requisiti, nonché i tempi dell'eventuale deposito in attesa di utilizzo (che non possono superare di norma un anno), devono risultare da un apposito progetto che è approvato dall'autorità titolare del relativo procedimento;
- nel caso in cui il riutilizzo delle terre e rocce da scavo sia previsto dal progetto nell'ambito della medesima opera, i tempi dell'eventuale deposito possono essere quelli della realizzazione prevista dal progetto, purché in ogni caso non superino i tre anni;

b) per le opere soggette a permesso a costruire o a denuncia di inizio attività (D.I.A.):

- la sussistenza dei requisiti, nonché i tempi dell'eventuale deposito in attesa di utilizzo (che non possono superare un anno), devono essere dimostrati e verificati nell'ambito della procedura per il permesso di costruire o secondo le modalità della denuncia di inizio attività (D.I.A.);

c) per lavori pubblici non soggetti né a V.I.A., né a permesso a costruire, né a denuncia di inizio attività (D.I.A.):

- la sussistenza dei requisiti, nonché i tempi dell'eventuale deposito in attesa di utilizzo (che non possono superare un anno), devono risultare da idoneo allegato al progetto dell'opera, sottoscritto dal progettista;
- nel caso in cui il riutilizzo delle terre e rocce da scavo sia previsto dal progetto nell'ambito della medesima opera, i tempi dell'eventuale deposito possono essere quelli della realizzazione prevista dal progetto, purché in ogni caso non superino i tre anni.

Alla luce delle nuove normative, emerge quindi la necessità di disciplinare alcuni aspetti documentali e procedurali in modo che, sia i soggetti che realizzano le opere dalle quali derivano le terre e rocce da scavo, sia gli enti chiamati a rilasciare le necessarie autorizzazioni, sia le autorità di controllo, siano nelle condizioni di svolgere le rispettive attività nel pieno rispetto della ratio della disciplina. A questo fine, appare opportuno riprendere alcuni dei criteri guida che, come detto in precedenza, hanno caratterizzato la disciplina regionale precedente.

È necessario comunque chiarire che la presentazione della documentazione prevista dall'art. 186 è facoltativa in quanto necessaria esclusivamente al fine di qualificare i materiali di scavo quali sottoprodotti, pertanto:

- 1) in caso di mancanza della documentazione prescritta il materiale dovrà essere gestito come rifiuto, ai sensi di quanto espressamente previsto dal comma 5 dell'articolo 186;
- 2) la presentazione della suddetta documentazione non interferisce in alcun modo con le procedure di rilascio (e/o di formazione del silenzio assenso) dei provvedimenti autorizzativi in materia edilizio/urbanistica relativi a opere o interventi dai quali deriva la produzione di terre e rocce di scavo, che tendono alla verifica di tali aspetti;
- 3) nessuna prescrizione riguardante l'utilizzo del materiale di scavo può essere contenuta nei provvedimenti amministrativi in materia edilizio/urbanistica del punto precedente.

Inoltre, è opportuno precisare che:

- le disposizioni relative alle terre e rocce da scavo si applicano ai materiali di scavo naturali e non ai materiali di origine antropica quali ad esempio: detriti da demolizione, residui di scarifica stradale, calcestruzzi, ecc.;

- per la realizzazione di reinterri, riempimenti, rimodellazioni e rilevati, anche con l'utilizzo di terre e rocce provenienti da altri siti, deve essere comunque acquisito lo specifico provvedimento amministrativo che la legge, a seconda della tipologia di intervento, prevede per consentirne la realizzazione; i provvedimenti relativi alle opere dalle quali derivano i suddetti materiali, infatti, non costituiscono titolo abilitativo per la realizzazione delle opere ove possano essere utilizzati;

- le eventuali lavorazioni effettuate sui materiali di scavo finalizzate ad ottimizzarne l'utilizzo (quali, ad esempio: la vagliatura, il lavaggio, la riduzione volumetrica, l'essiccazione mediante stendimento al suolo ed evaporazione e la stabilizzazione geotecnica mediante trattamento a calce o cemento) non incidono sulla classificazione come sottoprodotto degli stessi in quanto non costituiscono "*trattamenti o trasformazioni preliminari*" indicati all'art. 186, comma 1, lett. c), bensì lavorazioni che consentono di rendere maggiormente produttivo e tecnicamente efficace l'utilizzo di tali materiali (in sostanza si tratta delle stesse lavorazioni che si praticano sui materiali di cava proprio per ottimizzarne l'utilizzo), ferma restando la compatibilità delle frazioni ottenute con i siti di destinazione e l'integrale utilizzo della parte dei materiali destinati a riutilizzo.

Il soggetto che presenta una DIA o fa richiesta di Permesso di costruire, deve presentare in aggiunta alla documentazione già prevista in relazione al tipo di procedimento, la seguente documentazione:

- un "modulo" di richiesta di utilizzo di terre e rocce da scavo. Questo allegato dovrebbe contenere alcune informazioni significative quali: il cantiere di origine, la quantità prevista, gli estremi della ditta esecutrice degli scavi e il/i sito/i di prevista destinazione con le relative autorizzazioni all'uso del materiale;
- il/i certificato/i analitico/i attestante/i l'idoneità delle terre e rocce da scavo in relazione destinazione prevista.

Il Comune (o altro Ente titolare del procedimento) valuta, tenendo anche conto della pregressa "storia" del sito di origine del materiale, la necessità o meno di richiedere integrazioni alla richiesta presentata, compresa la eventuale necessità di acquisire ulteriori analisi chimiche sui terreni finalizzate a verificare la conformità degli stessi con riferimento ai limiti fissati per la destinazione d'uso del sito nel quale si prevede il loro riutilizzo.

## 9. CONCLUSIONI

La relazione geologica redatta su incarico della SCRP s.p.a., nel comune di Fiesco (CR), a supporto del progetto di "costruzione di una vasca di rilancio e della nuova condotta fognaria di sottopasso stradale", ha permesso di caratterizzare sotto un profilo geologico i terreni di fondazione delle opere previste.

I risultati geologici, idrogeologici, geotecnici e sismici sono di seguito riassunti:

- ◆ La zona in esame risulta modellata all'interno dei depositi quaternari appartenenti alla formazione del **Fluviale würm** (Pleistocene superiore) costituita da alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose, con modesta alterazione superficiale.
- ◆ Dall'analisi dello studio geologico comunale (dicembre 2009) l'area in esame ricade in classe **2** di fattibilità geologica ed in parte in classe **3** sottoclasse **3c-d** corsi d'acqua e relative fasce di rispetto
- ◆ Le indagini eseguite hanno permesso di rilevare un livello acquifero alla profondità indicativa di circa 2,50 m dal piano di esecuzione delle prove penetrometriche (piano campagna). Dalla consultazione dei dati riportati nello studio geologico a supporto del PGT del comune di Fiesco, l'area indagata risulta caratterizzata da una soggiacenza media di circa 1,50-2,00 m dal p.c.
- ◆ Il territorio comunale di Fiesco, nella classificazione sismica nazionale è inserito in **Zona 4**;  
- il sottosuolo è da assumere in categoria **C** (Tab. 3.2.II delle NTC); le condizioni morfologiche sono da inserire nella categoria **T1**.
- ◆ Le indagini eseguite ci consentono di caratterizzare dal punto di vista litostratigrafico e geotecnico i terreni interessati dall'opera in progetto; l'elaborazione dei dati ha permesso di evidenziare una successione stratigrafica composta principalmente da una litozona superficiale in prevalenza sabbiosa loc. limosa seguita da un orizzonte sabbioso con ghiaia più addensato.



Cpt 1	Cpt 2	MODELLO LITOSTRATIGRAFICO	MODELLO GEOMECCANICO	Qc medio Kg / cm <sup>2</sup>
PROFONDITA' (m da p.c.)				
da 0.00 a 0.80	da 0.00 a 1.00	terreno riporto/vegetale	orizzonte A	30
da 0.80 a 4.20	da 1.00 a 3.00	sabbia limosa con rara ghiaia	orizzonte B	58
da 4.20 a 7.60	da 3.00 a 5.40	sabbia e ghiaia	orizzonte C	140

Al fine di non alterare l'attuale equilibrio dell'area investigata nonché la stabilità dell'area circostante, si raccomanda di:

- impostare il piano di posa delle fondazioni al di sotto dell'orizzonte superficiale A (terreno di riporto/vegetale) soggetto alle variazioni stagionali del contenuto d'acqua;
- valutare l'interferenza delle strutture interrato con la circolazione idrica stagionale mediante idonei interventi di impermeabilizzazione e di drenaggio
- proteggere eventuali sbancamenti con fronte di scavo avente altezza superiore a 1,5 m, utilizzando opportune strutture di sostegno (scavo a campione, scavo tradizionale con pendenza adeguata); tale accorgimento impedirà che possano verificarsi cedimenti nei terreni sul fronte di scavo e permetterà di poter lavorare all'interno dello scavo in assoluta sicurezza, come previsto dal *Decreto Legislativo 9 aprile 2008, num. 81 Attuazione dell'Art. 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro e del Decreto Ministeriale 14 gennaio 08 "Norme tecniche sulle costruzioni"*.

Al fine di evitare il franamento e/o spostamento dei terreni superficiali e conseguente cedimento è possibile ricorrere ad una delle seguenti soluzioni da dimensionare in fase progettuale :

1. scavo tradizionale con angolo di sbancamento adeguato tale da garantire le condizioni di massima sicurezza (*le scarpate non dovranno avere pendenze superiori a 29°*);
2. opere di sostegno tradizionali (armature, contrafforti e puntelli).

*Il quadro geologico-geomorfologico-idrogeologico definito dall'indagine non evidenzia particolari controindicazioni per l'attuazione dell'intervento in oggetto.*

gennaio '12

dott. geol. Gianluca Nascimbene  
ordine dei geologi della Lombardia n.1076



## **BIBLIOGRAFIA**

1. Regione Lombardia - Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 - Fogli C6c4-C6c5
2. Colombo P. "Elementi di Geotecnica", Zanichelli – Bologna.
3. Servizio geologico d'Italia, Roma - Carta Geologica d'Italia in scala 1 : 100.000. – F° n° 46 "Treviglio"
4. "Fondazioni" di Joseph e.Bowles.

PROVA PENETROMETRICA STATICA					CPT 1
DIAGRAMMA DI RESISTENZA					
- commitente: S.C.R.P.s.p.a.		- data: 18/01/2012			
- lavoro: Costruzione collettore Fiesco - Salvirola		- quota inizio: da p.c.			
- località: Fiesco (CR)		- prof. falda:			
Valori di resistenza					
Prof	LP	LL	RP=qc	RL=fs	Rf=fs/qc
m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	%
0,20					
0,40	46	55	46	0,6	1,30
0,60	25	44	25	1,3	5,07
0,80	19	33	19	0,9	4,91
1,00	31	42	31	0,7	2,37
1,20	58	67	58	0,6	1,03
1,40	84	96	84	0,8	0,95
1,60	66	85	66	1,3	1,92
1,80	78	97	78	1,3	1,62
2,00	68	79	68	0,7	1,08
2,20	66	81	66	1,0	1,52
2,40	80	101	80	1,4	1,75
2,60	90	104	90	0,9	1,04
2,80	77	114	77	2,5	3,20
3,00	33	46	33	0,9	2,63
3,20	49	59	49	0,7	1,36
3,40	80	91	80	0,7	0,92
3,60	64	82	64	1,2	1,88
3,80	34	55	34	1,4	4,12
4,00	58	64	58	0,4	0,69
4,20	20	40	20	1,3	6,67
4,40	188	205	188	1,1	0,60
4,60	170	192	170	1,5	0,86
4,80	109	125	109	1,1	0,98
5,00	155	190	155	2,3	1,51
5,20	222	273	222	3,4	1,53
5,40	120	155	120	2,3	1,94
5,60	104	139	104	2,3	2,24
5,80	130	158	130	1,9	1,44
6,00	151	184	151	2,2	1,46
6,20	144	174	144	2,0	1,39
6,40	179	205	179	1,7	0,97
6,60	63	94	63	2,1	3,28
6,80	60	83	60	1,5	2,56
7,00	150	180	150	2,0	1,33
7,20	176	220	176	2,9	1,67
7,40	190	223	190	2,2	1,16
7,60	DISANCORATO				
PENETROMETRO STATICO-DINAMICO PAGANI "Emilia TG 63-200" da 20t-Velocità Avanzamento punta di 2 cm/s Punta meccanica tipo Begemann $\phi=35,7$ mm (area punta 10 cm <sup>2</sup> -apertura 60°) - Manicotto laterale (superficie 150 cm <sup>2</sup> )					

# **PROVA PENETROMETRICA STATICA** **DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

**CPT 2**

- commitente: S.C.R.P.s.p.a.

- data: 18/01/2012

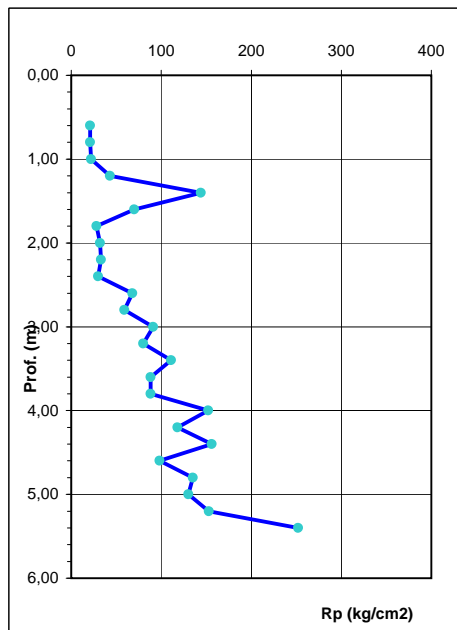
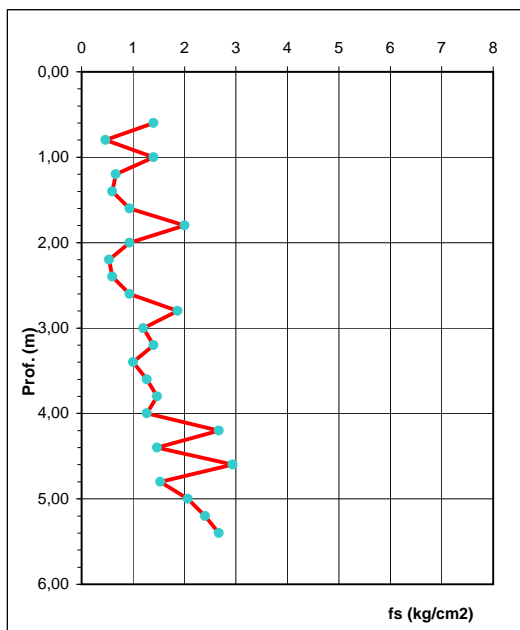
- lavoro: Costruzione collettore Fiesco - Salvirola

- quota inizio: da p.c.

- località: Fiesco (CR)

- prof. falda:

Valori di resistenza					
Prof	LP	LL	RP=qc	RL=fs	Rf=fs/qc
m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	%
0,20					
0,40					
0,60	21	42	21	1,4	6,67
0,80	21	28	21	0,5	2,22
1,00	22	43	22	1,4	6,36
1,20	43	53	43	0,7	1,55
1,40	144	153	144	0,6	0,42
1,60	70	84	70	0,9	1,33
1,80	28	58	28	2,0	7,14
2,00	32	46	32	0,9	2,92
2,20	33	41	33	0,5	1,62
2,40	30	39	30	0,6	2,00
2,60	68	82	68	0,9	1,37
2,80	59	87	59	1,9	3,16
3,00	91	109	91	1,2	1,32
3,20	80	101	80	1,4	1,75
3,40	111	126	111	1,0	0,90
3,60	88	107	88	1,3	1,44
3,80	88	110	88	1,5	1,67
4,00	152	171	152	1,3	0,83
4,20	118	158	118	2,7	2,26
4,40	156	178	156	1,5	0,94
4,60	98	142	98	2,9	2,99
4,80	135	158	135	1,5	1,14
5,00	130	161	130	2,1	1,59
5,20	153	189	153	2,4	1,57
5,40	252	292	252	2,7	1,06



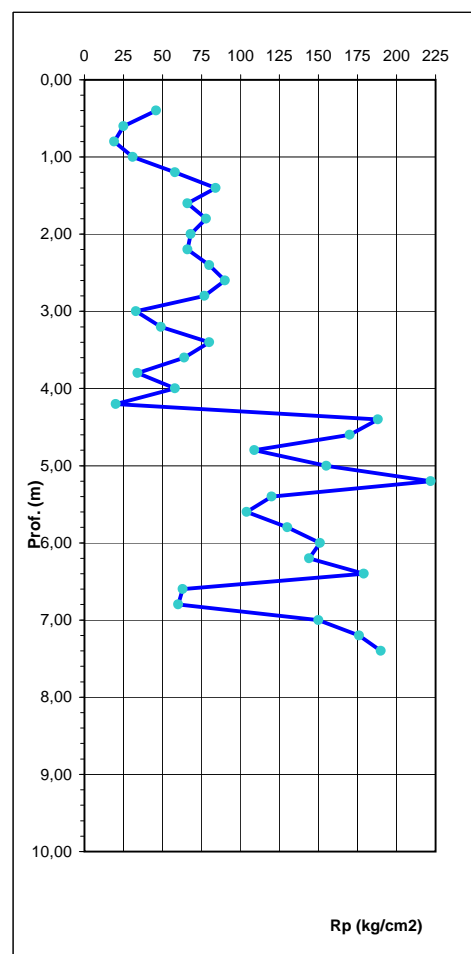
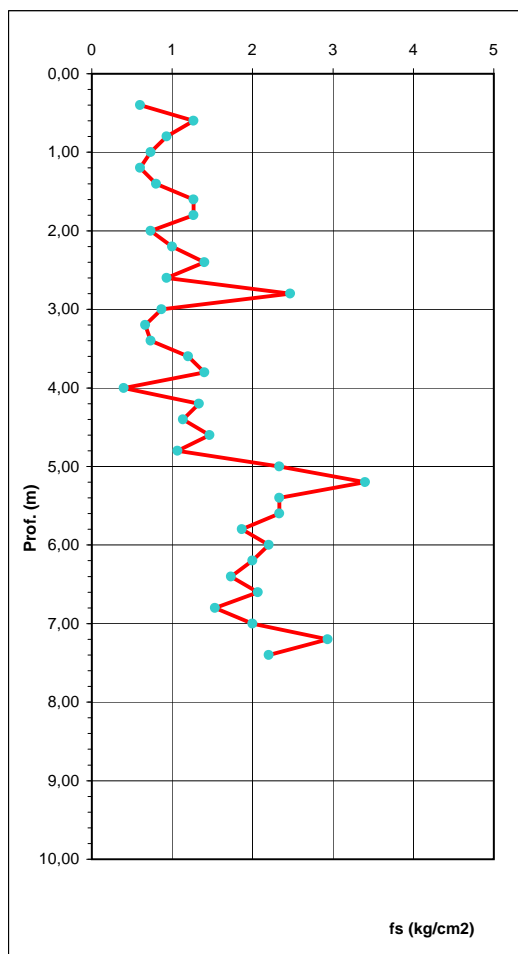
PENETROMETRO STATICO-DINAMICO PAGANI "Emilia TG 63-200" da 20t-Velocità Avanzamento punta di 2 cm/s  
Punta meccanica tipo Begemann  $\phi=35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup>-apertura 60°) - Manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

# **PROVA PENETROMETRICA STATICA** **DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

**CPT 1**

- committente: SCRP  
 - lavoro: Costruzione collettore Fiesco - Salvirola  
 - località: Fiesco (CR)

- data: 18/01/2012  
 - quota inizio: da p.c.  
 - prof. falda:



PENETROMETRO STATICO-DINAMICO PAGANI "Emilia TG 63-200" da 20t-Velocità Avanzamento punta di 2 cm/s  
 Punta meccanica tipo Begemann  $\phi=35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup>-apertura 60°) - Manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)