

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI TORINO

COMUNE DI ARIGNANO

LOCALITA'

SP119 – BORGO CREMERA

PROGETTO:

**RICHIESTA ESAMINA P.E.C. "Dn02"  
ZONE DI INSEDIAMENTI PRODUTTIVI  
DI NUOVO IMPIANTO**

COMMITTENTE

FAVARO MARIO & C. snc

D.M. 14/01/08, D.M. 11/03/88:

**RELAZIONE  
GEOLOGICA GEOTECNICA**

IL TECNICO INCARICATO

*Dott. Geol. CHIONO Daniela*

Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte  
n. 658

TIMBRO E FIRMA



data

**MAGGIO 2013**

*Dott. Geol. CHIONO Daniela*

Sede legale: Via Costantino Nigra n. 20 10080 COLLERETTO CASTELNUOVO (TO)

Sede operativa: Via Vittorio Veneto n. 40 10020 RIVA PRESSO CHIARI (TO)

telefono 347 3043173

p.iva 09294700019

e-mail daniela.chiono@tiscali.it

# 1. Sommario

## PARTE PRIMA – RELAZIONE GEOLOGICA

2. Premessa.....	2
3. Ubicazione.....	2
4. Inquadramento Geomorfologico e Geologico.....	3
5. Caratteri Geomorfologici e Geologici in dettaglio .....	4
6. Aspetti idrologici e idrogeologici.....	5

## PARTE SECONDA – RELAZIONE GEOTECNICA

7. Studi e indagini.....	7
8. Tipologia delle opere e dati disponibili in zona .....	8
9. Normativa sismica e modellizzazione sismica.....	8
10. Caratterizzazione geotecnica del terreno.....	12
11. Considerazioni sul terreno di fondazione .....	14
12. Conclusioni.....	16

All. 1 Inquadramento geografico su Carta Tecnica Regionale e Carta Tecnica Provinciale (a) e cartografia storica IGM 1922- 1955

All. 2 Estratto Carta Geologica d'Italia F. 56 Torino e F. 156 Torino Est Carg

All. 3 Estratto Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica allegata al PRGC vigente

All. 4 Planimetria e sezioni geologiche con ubicazione prove in situ

All. 5 Profili penetrometrici e relativa elaborazione

All. 6 Documentazione fotografica

All. 7 Indagine sismica MASW

# PARTE PRIMA – RELAZIONE GEOLOGICA

## 2. Premessa

Su incarico e per conto della proprietà del lotto identificato catastalmente al F. 7 n. 240 ditta Favaro Mario & C. s.n.c., è stata condotta un'indagine geologica e geomorfologica per la verifica della compatibilità con l'intervento proposto, ovvero, realizzazione complesso artigianale, nell'ambito del territorio del Comune di Arignano, in prossimità di S.P. 119 Chieri- Castelnuovo Don Bosco (TO) km 4.250.

L'intervento prevede la realizzazione di un capannone ad uso artigianale, trattasi di costruzioni tipo 2 classe II e il Arignano è indicato come zona 4 nella classificazione sismica nell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274/03 recepita con D.G.R. 530/2003 e O.P.C.M. n° 3519/06 e confermata tale nell'aggiornamento redatto dalla Regione Piemonte di cui alla D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010. L'indagine é stata effettuata in ottemperanza al D.M. 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni” e D.M.11/03/1988 procedendo alla pianificazione di prove mirate atte a definire sia la stratigrafia sia le caratteristiche geotecniche del sito.

L'attività si è articolata nei seguenti punti:

- esame della documentazione disponibile in letteratura e presso archivi pubblici in merito al sito, alla situazione geologica generale e alla situazione stratigrafica locale;
- indagini in sito mediante rilievo geomorfologico dell'area;
- realizzazione di n. 3 prove penetrometriche dinamiche SCPT e n. 2 pozzetti esplorativi;
- acquisizione profilo sismico e caratterizzazione risposta sismica locale mediante indagine MASW;
- modellazione e caratterizzazione litologica dei terreni di fondazione;
- caratterizzazione geotecnica degli stessi terreni;
- valutazioni in merito alle tecniche fondazionali da adottare

## 3. Ubicazione

L'area oggetto di intervento si colloca a Ovest del concentrico urbano di Arignano, in Loc. Borgo Cremera, in prossimità del confine con i comuni di Marentino e Andezeno.

Dal punto di vista cartografico è compresa nel Foglio n. 156150 della Carta Tecnica Regionale del Piemonte (in all.n.1 alla scala 1:10.000) e, dal punto di vista geologico, nel

foglio n° 56 Torino scala 1:100.000 e nel Progetto CARG foglio 156 “Torino Est” scala 1:50.000 (all. n. 2).

Il lotto rientra in zona di insediamento produttivo di nuovo impianto Dn02, soggetto a procedura P.E.C. ed è classificato nella Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica allegata al vigente P.R.G.C. in parte come “*classe II A – settori in cui sussistono condizioni di moderata pericolosità geologica. Settori di pianura potenzialmente allagabili da acqua a bassa energia e tiranti modesti. Ogni nuovo intervento edilizio deve essere realizzato prevedendo l'eventuale innalzamento, sul piano campagna, del primo piano calpestabile, la cui entità è da valutarsi sulla base di specifici studi di carattere idraulico.*” e come “*classe III B2 – settori in cui sussistono condizioni di pericolosità geologica. Aree direttamente interessate dalla dinamica dei corsi d'acqua, dalle relative fasce di rispetto e/o da processi di versante; Porzioni edificate. Solo a seguito della realizzazione di interventi di sistemazione idrogeologica sarà possibile procedere a nuove edificazioni, cambi di destinazione d'uso, ampliamenti o completamenti*”.

Il sito risulta compreso all'interno della perimetrazione prevista dal PAI – Piano per l'assetto idrologico adottato dall'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO con Del. 26 Aprile 2001 n°18/01, in attuazione della L. 18 Maggio 1989 n° 183, art. 18, comma 10, in “*Fascia C – area inondabile per piena catastrofica  $Tr = 500$  anni*”. Inoltre, rientra all'interno della zonizzazione delle aree inondabili conseguente alla ipotetica rottura del corpo diga di Arignano.

Le coordinate U.T.M. dell'area sono: 45,0385 N – 7,8972 E, la quota media sul livello del mare dell'area è pari a circa 279,00 m.

#### **4. Inquadramento Geomorfologico e Geologico**

Morfologicamente il settore è inserito in un contesto collinare, con quote che si sviluppano da 300 a 500 m.s.l.m., caratterizzato dalla presenza di lunghe dorsali parallele che si sviluppano con direzione c.ca N-S.

L'area di intervento si colloca in prossimità del raccordo tra il fondovalle alluvionale creato dalla divagazione del rio del Mulino e le pendici collinari.

Come riportato nella Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 F.56 Torino e nella Carta Geologica del Progetto CARG alla scala 1:50.000 F.156 Torino Est e dai dati di letteratura, dal punto di vista geologico-regionale, l'area si localizza all'interno della propaggine più

settentrionale del Bacino Terziario Piemontese, costituito da una successione di depositi marini (sabbie, silts ed argille) e noto in letteratura come Bacino Plio-Pleistocenico di Asti.

L'area in esame è posta a Sud della Collina di Torino e dal punto di vista stratigrafico e strutturale si rileva la presenza di depositi alluvionali limoso-sabbiosi che costituiscono il fondovalle i quali ricoprono un substrato costituito da depositi sabbioso/limosi generalmente di colore giallo, con bancate ± sciolte localmente fortemente cementate, a luoghi arenacee (Pliocene con facies di "Astiano") noti in letteratura come Sabbie di Asti, passanti in profondità a depositi siltoso/argillosi (Pliocene con facies di "Piacenziano") e immergenti verso SSE con bassi angoli di inclinazione ( $5^{\circ} \div 10^{\circ}$ ) costituenti i rilievi collinari.

## 5. Caratteri Geomorfologici e Geologici in dettaglio

L'area di intervento si colloca in corrispondenza del fondovalle del Rivo del Mulino a Ovest della fascia collinare, rilevata di alcuni metri rispetto ai corsi d'acqua, su cui si sviluppa il concentrico urbano del Comune di Arignano.

Nel dettaglio, il sito si pone a ridosso di un nucleo a destinazione artigianale sorto a tergo del rilevato stradale della S.P. 119 Chieri-Castelnuovo. Tali fabbricati sono stati realizzati in rilevato e presentano sul lato opposto alla S.P. muri di contenimento di altezza variabile dell'ordine del metro e mezzo. Tale insediamento artigianale, come si può evincere dalla cartografia allegata, costituisce un corpo isolato, rilevato rispetto al piano campagna naturale, in un'area a carattere agricolo, attraversata dal rio del Mulino e fossi di scolo. A livello morfologico tale settore si presenta generalmente sub-pianeggiante debolmente pendente verso nord-ovest e localmente depresso.

Dal punto di geologico nel sito oggetto d'indagine il substrato terziario è caratterizzato dalla formazione delle Argille Azzurre (Pliocene con facies di "Piacenziano"), ovvero, silt argillosi che costituiscono il termine basale della successione pliocenica, qui completamente mascherato da uno strato di depositi alluvionali costituito da sabbie sciolte e da depositi eluvio-colluviali e coltivo.

Nel dettaglio la stratigrafia può essere riassunta nel seguente modo:

**da p.c. a -1,50 m :** suolo limoso rimaneggiato dall'opera di aratura, con abbondante presenza di impianti radicali in decomposizione fino a c.ca -1,00 m (pz1), resti pioppeto che ha occupato in parte l'area per un certo lasso di tempo prima di essere condotto a prato.

<b>da – 1,50 m a -3,00 m:</b>	depositi alluvionali fini sabbioso limosi poco addensati legati alla dinamica fluviale del Rio del Mulino, tendenti alla saturazione in acqua in occasione di precipitazioni intense e prolungate.
<b>da –3,00 a – 7,00m:</b>	cappellaccio di alterazione del substrato siltoso argilloso costituito da limi argillosi debolmente sabbiosi moderatamente addensati appartenenti alla Formazione delle Argille Azzurre (facies “Piacenziana”) alterati nei primi metri di colore bruno con striature grigio azzurre.
<b>oltre -7,00 m</b>	substrato costituito da silt argillose addensati con intercalati corpi arenacei lenticolari appartenenti alla Formazione delle Argille Azzurre (facies “Piacenziana”). Sulla base del profilo sismico, si ipotizza il passaggio al Gruppo della Gessoso Solfifera, in particolare il Complesso caotico della Valle Versa a c.ca -12 m, costituito da blocchi di natura evaporitica – carbonatica in matrice a composizione pelitica attribuibile all’intervallo “post evaporitico” del Messiniano.

## 6. Aspetti idrologici e idrogeologici

Nell’ambito del bacino idrografico del Torrente Banna, di cui è affluente il Rio del Mulino a seguito della sua confluenza nel Rio Santena, si evidenzia la modesta pendenza media delle aste, tra l’altro poco propense all’approfondimento, nonché il limitato sviluppo del corso d’acqua principale in rapporto alla lunghezza degli affluenti. Le stesse sezioni di deflusso degli alvei appaiono generalmente piuttosto ridotte in rapporto alla dimensione dei bacini imbriferi drenati. Si tratta, principalmente di fossi drenanti, caratterizzati da portate molto limitate e spesso in secca.

L’area oggetto dell’intervento si presenta sub-pianeggiante e costituisce il fondovalle attraversato dal Rio del Mulino. Si segnala a monte la presenza di uno sbarramento in terra, recentemente oggetto di interventi di messa in sicurezza, che ha dato origine ad un bacino a fini irrigui, attualmente destinato a oasi faunistica.

All’epoca in cui il bacino irriguo era in attività, era in funzione un canale per l’irrigazione che correva parallelamente alla strada comunale che conduce alla diga a partire dalla strada provinciale, che costituisce il confine a est del lotto oggetto di intervento. Attualmente, tale canale è pressoché scomparso, quel che ne resta costituisce il fosso di raccolta delle acque meteoriche della strada comunale. In occasione di piogge intense tale fosso, congiuntamente

con il suo collegamento al rio del Mulino, hanno la tendenza alla tracimazione, provocando temporanei allagamenti dell'area oggetto di intervento, soprattutto nel tratto più depresso esistente a ridosso del muro di contenimento dell'area edificata. Nel piano regolatore, tale area è identificata quale area soggetta al rischio di esondazioni con battenti a bassa energia dell'ordine di alcune decine di centimetri, legato essenzialmente alle dimensioni degli alvei, ritenute insufficienti, secondo una valutazione qualitativa, a smaltire deflussi idrici eccezionali, nonché all'assetto morfologico locale caratterizzato dall'andamento pianeggiante del piano campagna.

Si rimanda alla relazione idraulica per una disanima più approfondita dell'aspetto idrologico e idraulico relativo all'area oggetto di intervento.

Dal punto di vista idrogeologico generale la falda freatica superficiale si riscontra all'interfaccia tra i depositi siltoso/argillosi (Pliocene in facies "Piacenziano") che costituiscono la base dell'acquicluda e i sovrastanti depositi sabbioso/limosi (Pliocene con facies di "Astiano") che formano il corpo idrico di immagazzinamento dell'acqua. In genere tale superficie di contatto è inclinata verso Sud, ricalcando l'andamento geologico generale di questa porzione della Collina di Torino, di circa 10°. Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche e dei pozzetti esplorativi, eseguiti in un periodo di forti e continue precipitazioni, è stato possibile constatare come i primi metri, costituiti da materiale fine sciolto di origine alluvionale, in superficie rimaneggiato dalle pratiche agricole, venga facilmente saturato dalle acque meteoriche, le quali tendono a concentrarsi all'interfaccia con il cappellaccio di alterazione del substrato siltoso argilloso poco permeabile, che rallenta l'infiltrazione. Tale circolazione idrica è da considerarsi, pertanto, a carattere stagionale ed effimera, molto probabilmente in comunicazione diretta con l'alveo del Rio del Mulino, che a tutti gli effetti costituisce l'asse drenante dell'area. Si sottolinea come questa tendenza alla saturazione, con accumulo in corrispondenza del passaggio tra i depositi alluvionali sabbiosi e il substrato siltoso argilloso potrebbe portare ad interferenze con le fondazioni dei muri di contenimento del rilevato.

## PARTE SECONDA – RELAZIONE GEOTECNICA

### 7. Studi e indagini

Il rilievo geologico-geomorfologico, l'indagine sismica MASW e le Prove Penetrometriche Dinamiche SCPT sono state effettuate in data 02/05/2013, mentre i pozzetti esplorativi in data 13/05/2013. Le Prove Penetrometriche SCPT sono state spinte sino al raggiungimento del valore di rifiuto alla penetrazione. La tabella seguente riporta le profondità dal piano campagna dell'area, mentre la stratigrafia dei pozzetti esplorativi, i diagrammi delle prove SCPT e la relativa elaborazione è illustrata negli specifici allegati (all.n. 5).

Tipo indagine	Quota in riferimento a piano quotato di progetto (m)	Differenza di quota assoluta (m)	Profondità raggiunta da p.c. (m)
SCPT 1	279,99	-0,0	-8,1
SCPT 2	279,49	-0,50	-7,5
SCPT 3	278,99	-1,00	-7,2
PZ 1	279,24	-0,75	-3,2
PZ 2	279,84	-0,15	-3,6

La prova penetrometrica dinamica SCPT consiste nell'infissione di una punta conica ( $\varnothing$  51 mm, conicità 60°) collegata ad una batteria di aste ( $\varnothing$  34 mm, peso 4.8 kg/m) tramite una massa battente di 73.5 kg con caduta libera di 75 cm; durante le prove vengono contati e poi diagrammati i colpi del maglio necessari ad infiggere di 30 cm la punta conica. L'attrezzatura usata, montata su carro semovente cingolato, è oleodinamica ed automatica in modo da garantire la costante altezza di caduta del maglio.

Vengono, inoltre, di seguito riportate le fonti delle notizie geologico-tecniche ed idrogeologiche, relative alla zona in oggetto, ritenute fondamentali alla stesura della presente relazione, desunte dalla letteratura scientifica disponibile o estratti da archivi pubblici o del nostro studio:

- documentazione bibliografica relativa alle condizioni geologiche ed idrogeologiche dell'area di Arignano: Carta geologica (precedentemente citata) e relative Note illustrative, Allegati geologici al P.R.G.C., Catasto Pozzi Provincia di Torino, Banca Dati Geotecnica di Arpa Piemonte.



## 8. Tipologia delle opere e dati disponibili in zona

L'intervento attualmente in fase di progettazione prevede la realizzazione, su un'area libera a ovest dell'abitato di Arignano, in località Borgo Cremera, a monte della S.P. 119, di un capannone prefabbricato da adibire ad attività artigianale-commerciale di dimensioni indicative pari a circa 62,45×27,00 m. Per la realizzazione dell'intervento sarà necessario rialzare il piano campagna, pertanto, verso monte verrà realizzato un muro di contenimento in c.a. a mensola con uno sviluppo di circa 100 m lineari e altezza c.a 2,50÷3,00 m.

L'attuale livello di progettazione strutturale non definisce ancora con precisione la tipologia fondazionale, comunque, per quanto riguarda il fabbricato è presumibilmente di tipo diretto con sottofondazione di almeno 3,00 m di lato e piano di posa a partire da -4,00 m dal p.c. attuale, immorsate all'interno del substrato siltoso argilloso compatto, mentre, per quanto attiene al muro di contenimento, quest'ultimo verrà realizzato con trave di fondazione con piano di imposta ad almeno -2,0 m da p.c. attuale. In sede di progettazione strutturale, sarà possibile valutare, in base ai carichi di progetto se sia più indicato l'utilizzo di fondazioni di tipo indiretto su pali, siano essi trivellati o infissi, i quali dovranno nel caso avere lunghezza tale da raggiungere il substrato compatto e non alterato presente oltre -7,00 m.

I dati di progetto forniti attribuiscono alla struttura una Vita nominale  $V_N = 50$  anni ed una Classe d'uso  $C_{VI}$ , da cui deriva una Vita di riferimento  $V_R$  di 50 anni.

## 9. Normativa sismica e modellizzazione sismica

Il territorio comunale di Arignano si caratterizza per un basso livello di sismicità.

La nuova classificazione sismica del territorio nazionale (Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n.3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell'8 maggio 2003) è articolata in quattro zone. Le prime tre corrispondono alle aree con sismicità alta, media e bassa, mentre la zona 4 è di nuova introduzione; in questo modo tutti i comuni italiani rientrano in una delle quattro categorie, eliminando l'idea comune che i territori non classificati siano certamente privi di rischi sismici, come nel caso in esame.

Secondo la suddetta classificazione il comune di Arignano rientra nel grado più basso, denominato **Zona sismica n. 4** (ex zona *non sismica*): a tale classificazione corrisponde un

valore dell'accelerazione orizzontale massima del suolo (frazione dell'accelerazione di gravità con probabilità di superamento del 10 % in 50 anni)  $a_g/g$  pari a 0.05g.

Un maggior dettaglio sulla **Pericolosità sismica di base** si ottiene utilizzando la normativa recentemente entrata in vigore, compresa nelle "Norme tecniche per le costruzioni" (D.M. 14/1/08) che, sulla base dei parametri di input quali le Coordinate geografiche del sito (per agganciarsi a 4 punti del reticolo di riferimento nazionale), Vita nominale, Classe d'uso e Vita di riferimento (sopra riportati), consente di ricavare i valori dei parametri sismici di base per i diversi Stati limite previsti.

Le indagini indirette sono state condotte anch'esse il giorno 02 maggio 2013 nella direzione del lato maggiore dell'area di PEC e sono consistite in un'indagine geofisica con metodologia MASW, con lo scopo di verificare la risposta sismica del suolo sulla superficie ove è prevista l'edificazione delle strutture ed in particolare di rilevare la velocità delle onde superficiali, in modo da poter definire il parametro  $V_{s30}$ , secondo quanto definito nell'OPCM 3274 del 20 marzo 2003 e successivamente nel nuovo Testo Unico Norme Tecniche per le costruzioni, tramite la prova MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Per l'esecuzione dell'indagine sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- sismografo modello SARA DoReMi con interfaccia RS232 collegato a p.c., dotato di geofono starter utile alla valutazione di  $t_0$ ;
- stendimento con 12 geofoni a frequenza 4,5 Hz, con spaziatura 4 m.

Gli scoppi sono stati effettuati mediante colpi su piastra F220 mm con mazza da 10 kg. Sono stati realizzati tre gruppi di scoppi agli estremi della catena di geofoni con interdistanza 2 m al fine di interfacciare i sismogrammi ottenuti e portare l'acquisizione a 24 geofoni con spaziatura di 2 m. In fase di elaborazione è stato utilizzato il programma Geostru – Easy Masw versione 2011.

Come illustrato nell'allegato n.7, il profilo delle velocità delle onde di taglio (grafico delle velocità delle onde di taglio verso profondità) evidenzia dal punto di vista sismo-stratigrafico una sequenza litotipica composta verosimilmente da:

1. un livello superficiale, fino a circa 3 m dal p.c., costituito da depositi poco addensati ( $V_s = 170$  m/s);
2. un sottostante strato di terreni a maggior grado di addensamento, ad una profondità compresa tra circa -3 e -12 metri dal piano campagna, con  $V_s$  media pari a circa 360 m/s;

3. depositi a grado di addensamento crescente si individuano a partire da 12 m di profondità, con  $V_s$  che aumentano a partire da 585 m/sec fino a circa 700 m/s.

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

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

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo (si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso), ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s,30}$  di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Quindi, essendo ipotizzate fondazioni impostate a -4,00 m, il primo livello non è stato preso in considerazione. Il valore medio calcolato sullo spessore di 30m ( $V_{s30}$ ) è risultato pari a 526,40 m/s: tale valore equivale ad un suolo di classe "B".

Si segnala, comunque, come il profilo evidenzi un netto aumento della velocità dovuta alla prossimità del substrato alla superficie, ricoperto da materiale con velocità rientranti nella categoria C. Tale comportamento sarebbe più assimilabile a terreni di tipo E anziché di tipo B, anche se la velocità rilevata nel substrato roccioso, presumibilmente costituito da brecce e materiale caotico fratturato in matrice pelitica, risulta inferiore a quella stabilita per questa categoria ( $V_s 30 > 800$  m/s), pertanto, si rimanda al progettista se applicare in sede di calcolo strutturale la categoria più cautelativa. Nel prosieguo, sarà mantenuta la categoria "B".

Sulla base dell'indagine sismica MASW e della stratigrafia riscontrata dai dati stratigrafici a disposizione e con un valore del Coefficiente tipografico ST pari a 1.0 (T1), la tabella della pericolosità sismica di base viene completata con i parametri di S (spettro di risposta elastico) Tb (periodo inizio tratto spettro accelerazione costante), Tc (periodo inizio tratto spettro velocità costante), TD (periodo inizio tratto spettro spostamento costante) e Fv (fattore amplificazione verticale) di seguito riportati:

Sito in esame. latitudine:45,0385 longitudine:7,8972 Classe:2 Vita nominale: 50

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 % Tr: 30 [anni] ag: **0,019 g**

Fo: 2,618 Tc\*: 0,160 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 % Tr: 50 [anni] ag: **0,023 g**

Fo: 2,609 Tc\*: 0,188 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 % Tr: 475 [anni] ag: **0,045 g**

Fo: 2,727 Tc\*: 0,277 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 % Tr: 975 [anni] ag: **0,053 g**

Fo: 2,779 Tc\*: 0,296 [s]

Coefficienti Sismici

SLO: Ss: 1,200 Cc: 1,590 St: 1,000 Kh: 0,005

Kv: 0,002 Amax: 0,224 Beta: 0,200

SLD: Ss: 1,200 Cc: 1,540 St: 1,000 Kh: 0,006

Kv: 0,003 Amax: 0,276 Beta: 0,200

SLV: Ss: 1,200 Cc: 1,420 St: 1,000 Kh: 0,011

Kv: 0,005 Amax: 0,526 Beta: 0,200

SLC: Ss: 1,200 Cc: 1,400 St: 1,000 Kh: 0,013

Kv: 0,006 Amax: 0,619 Beta: 0,200

(Le coordinate espresse sono in ED50 Elaborazione Geostru software - [www.geostru.com](http://www.geostru.com))

Ai sensi delle “Norme tecniche per il progetto di opere di fondazione e di sostegno dei terreni” la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Pertanto, non si ritiene che il terreno di fondazione possa essere suscettibile di liquefazione in quanto, sulla base della Disaggregazione dati Metodologia di valutazione delle Magnitudo INGV (da <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>), anche se sono attesi eventi sismici di magnitudo  $M$  superiore a 5 (sulla base della Disaggregazione dati Metodologia di valutazione delle Magnitudo INGV Valore medio Magnitudo= 5.14 a 78,5 km di distanza), le accelerazioni attese sono inferiori a 0,1 g.

## **10. Caratterizzazione geotecnica del terreno**

Ai sensi delle N.T.C. per valore caratteristico di un parametro geotecnico si intende una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato, mentre, per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche fisico- meccanica dei terreni nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico.

Nell'analisi tradizionale della precedente normativa, il fattore di sicurezza è inteso come una riduzione del valore di resistenza ultima o inteso come rapporto tra momenti resistenti e

momenti agenti, ovvero, rappresenta, un fattore che include implicitamente tutte le fonti di variabilità e incertezza inerenti all'analisi geotecnica, senza una quantificazione di dette variabilità e incertezze.

Ai sensi della normativa vigente, le variabili di progetto sono adottate con la loro variabilità, ovvero, non esiste più un valore unico, ma un insieme di valori per ogni variabile. Il valore caratteristico è una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite, ossia di una determinata superficie di rottura o di un cedimento maggiore di una certa soglia. La stima cautelativa consiste nel 5° percentile del valore in oggetto (in genere il valore medio della proprietà), ovvero, il valore caratteristico è ricavato con metodi statistici in maniera tale che la probabilità calcolata di valori più sfavorevoli, che determinano la manifestazione dello stato limite, non sia maggiore del 5%.

L'area è stata indagata mediante la realizzazione di n.3 prove penetrometriche dinamiche (SCPT) spinta fino a rifiuto con penetrometro superpesante standard tipo MEARDI – AGI, montato su carro semovente cingolato con maglio da 73 kg, altezza di caduta cm 75 diametro punta 51 mm, angolo di apertura 60°.

Durante il sopralluogo effettuato si è posta particolare attenzione ai fabbricati presenti nelle immediate circostanze del sito oggetto dell'intervento. Da tale indagine è emersa l'assenza di lesioni imputabili a cedimenti differenziali del terreno di fondazione, il che testimonia a favore della buona qualità geotecnica del substrato. Inoltre, la definizione dei parametri geotecnici rappresentativi del sottosuolo dell'area è possibile sulla base di dati di archivio o di letteratura.

Al fine di determinare i principali parametri geotecnici del terreno naturale, a partire dal dato penetrometrico  $N_{SCPT}$  si è ricavato il valore  $N_{SPT}$ , più frequentemente utilizzato per la parametrizzazione dei terreni: si è utilizzata in favore di sicurezza un valore del rapporto  $N_{SCPT}/N_{SPT}$  pari a 1.

Al fine di stimare i principali parametri geotecnici del terreno e di valutarne la capacità portante ed ai sensi del recente Testo unico sulle Costruzioni, è stato quindi preso in considerazione per ogni livello il valore caratteristico  $N_k SPT$ , utilizzato più frequentemente per la parametrizzazione dei terreni, effettuando un'analisi statistica con distribuzione normale R.C. dei valori per singolo strato. Tale valore è stato corretto ( $N'_{SPT}$ ) per tener conto della Pressione verticale efficace ( $s_{vo}$ ), secondo il metodo di normalizzazione di Jamiolkowski et al. (1985), ed ha permesso di determinare, per i livelli presenti inferiormente allo strato di

terreno agricolo, i parametri meccanici caratteristici: angolo d'attrito interno ( $\phi$ ), peso di volume ( $\gamma$ ) e la densità relativa ( $D_r$ ).

I dati ottenuti dalle indagini sono state implementate tramite l'ausilio del software Dynamic Probing di Geostru ed il report completo dei risultati con l'elaborazione in base alle correlazioni si diversi autori è riportato nell'allegato 5. I dati così ottenuti sono stati sottoposti ad un'ulteriore valutazione statistica, in particolare, per quanto riguarda l'angolo di attrito interno.

Considerato che nel materiale esistono tensioni intergranulari, peraltro mal quantificabili, che nella realtà simulano una sorta di "pseudocoazione" ed offrono un contributo alle forze resistenti e che, in caso di condizioni di assenza di drenaggio, tali forze intergranulari possono venire meno, in via cautelativa, si è considerato la coesione assente.

Pertanto per garantire la sicurezza del cantiere si possono assumere i seguenti parametri geotecnici caratteristici da ritenere cautelativi:

LIVELLO	NSPT	ANGOLO DI ATTRITO INTERNO		PESO DI VOLUME (g/cm <sup>3</sup> )	Modulo di Poisson	Densità Relativa %	Modulo edometrico MPa	Coesione kPa	Coesione non drenata Cu <sub>k</sub> kPa
		Ø <sub>k</sub>	Ø <sub>d</sub>						
livello 1 Terreno agricolo	1	19°	15°	1.4	0,35	10	-	0	-
livello 2 alluvioni	5	25°	21°	1.6	0,34	30	3,70	0	-
livello 3 Cappellaccio alterazione	20	31°	26°	1.9	0,31	60	20,00	-	137
livello 4 Argille Azzurre	>30	35°	29°	2.0	0,29	80	35,00	-	217

## 11. Considerazioni sul terreno di fondazione

Il complesso delle indagini geognostiche effettuate e delle informazioni disponibili mostrano una situazione omogenea che vede la presenza, al di sotto di circa 1,5 m di terreno di terreno vegetale molto alterato e dalle caratteristiche geomeccaniche scadenti, depositi fluviali sabbioso limosi, passanti in profondità al substrato costituito dalle Argille Azzurre.

In sintesi si possono rilevare i seguenti dati indispensabili alle verifiche:

- le scelte fondazionali non saranno condizionate dalla presenza della falda, non si esclude, tuttavia, che si possano manifestare venute di acqua in corrispondenza di lenti a tenore maggiormente sabbioso e, considerata la scarsa permeabilità dei terreni, ristagni in seguito ad eventi meteorologici di una certa intensità;
- considerando le scadenti caratteristiche geomeccaniche fino a circa 1,50 m di profondità e, data la necessità di realizzare un rilevato, si consiglia di prevedere allo scotico del coltivo per almeno 100 cm e, successivamente, di procedere ad una adeguata compattazione del terreno riportato mediante rullaggio; il terreno che verrà riportato dovrà essere di buona qualità, preferibilmente stabilizzato o riciclato con caratteristiche geomeccaniche certificate. Si sconsiglia l'impiego di terreni provenienti da scavi in terreni limosi quali quelli propri dell'Altopiano di Poirino;
- considerata la stratigrafia riscontrata in sito, le fondazioni probabilmente saranno di tipo diretto con sottoplinti di lato  $>3,0$  m immorsate ad almeno -4,0 m da p.c. attuale. In sede di progettazione strutturale sarà possibile valutare in alternativa fondazioni di tipo indiretto mediante pali infissi o trivellati con lunghezza tale da raggiungere il substrato inalterato a c.ca -7,00 m dal p.c. attuale. La fondazione dei muri di contenimento del terrapieno dovranno essere di tipo continuo con lato di almeno 1,5 m e con piano di imposta a quota almeno di -2,0 m da p.c..
- essendo prevista la realizzazione di un rilevato con muri di contenimento in c.a a mensola, per la definizione dei coefficienti di spinta a riposo  $K_0$  e di spinta attiva  $K_a$ , si potrà fare riferimento ai parametri geotecnici definiti nei paragrafi precedenti. Si tenga presente che in occasione di precipitazioni intense e prolungate, all'interfaccia tra i depositi alluvionali sabbiosi e il substrato limoso argilloso è possibile la formazione di falde temporanee che potrebbero interferire con le strutture. Sarà possibile, in sede esecutiva, una volta definiti i carichi agenti sul rilevato effettuare verifiche di stabilità.
- si raccomanda la realizzazione un adeguato drenaggio a monte dei muri, onde evitare spinte idrostatiche che potrebbero pregiudicare la stabilità degli stessi. Inoltre, dovrà essere predisposta un'adeguata rete di smaltimento delle acque meteoriche da collegare alla rete comunale esistente e assolutamente evitati scarichi di pluviali liberi che potrebbero dare luogo a cedimenti del rilevato.



## 12. Conclusioni

Il complesso degli studi e delle indagini geognostiche effettuate ha consentito di rilevare i seguenti dati, indispensabili per effettuare alcune considerazioni geologico-tecniche generali sulle opere attualmente in fase di progettazione:

- non è stata riscontrata la presenza di una falda freatica superficiale stabile fino alla quota indagata, ovvero fino a quota  $-8,10$  m da p.c.; si segnala, comunque, come il terreno naturale sia soggetto a ristagni idrici con conseguente saturazione degli strati superficiali in caso di eventi meteorici intensi e/o protratti nel tempo che possono dare luogo a una falda a carattere temporaneo all'interfaccia tra i depositi sabbiosi e il substrato limoso argilloso;
- secondo la vigente normativa sismica il sito in esame, come in generale il comune di Arignano rientra tra quelli a minore sismicità: il valore dell'accelerazione orizzontale massima del suolo  $a_g$  sono quelli tabellati per i diversi stati limite nel paragrafo sopra riportato;
- si raccomanda la realizzazione un adeguato drenaggio a monte dei muri, onde evitare spinte idrostatiche che potrebbero pregiudicare la stabilità degli stessi. Inoltre, dovrà essere predisposta un'adeguata rete di smaltimento delle acque meteoriche da collegare alla rete comunale esistente e assolutamente evitati scarichi di pluviali liberi che potrebbero dare luogo a cedimenti del rilevato;
- essendo prevista la realizzazione di un rilevato con muri di contenimento in c.a a mensola per la definizione dei coefficienti di spinta a riposo  $K_0$  e di spinta attiva per quantificare le spinte sui muri di contenimento del rilevato, si potrà fare riferimento ai parametri geotecnici definiti nei paragrafi precedenti. Si tenga presente che in occasione di precipitazioni intense e prolungate, all'interfaccia tra i depositi alluvionali sabbiosi e il substrato limoso argilloso è possibile la formazione di falde temporanee che potrebbero interferire con le strutture. Sarà possibile, in sede esecutiva, una volta definiti i carichi agenti sul rilevato effettuare verifiche di stabilità.
- la stratigrafia del terreno di fondazione è generalmente costituita da terreno vegetale fino a  $-1,50$  m e a profondità inferiori materiale costituito da depositi fluviali sabbioso limosi, passanti in profondità, oltre  $-3,00$  m, al substrato costituito dalle Argille Azzurre con il suo cappellaccio di alterazione.

Ciò premesso e considerato, dal punto di vista tecnico le fondazioni ottimali delle future strutture, ancora in fase di definizione, è consigliabile siano del tipo diretto, con sottoplinti di

lunghezza almeno 3,00m e immorsati ad almeno quota -4,00 m da p.c. attuale. In sede di progettazione strutturale sarà possibile valutare in alternativa fondazioni di tipo indiretto mediante pali infissi o trivellati con lunghezza tale da raggiungere il substrato inalterato a c.ca -7,00 m dal p.c. attuale. La fondazione dei muri di contenimento del terrapieno dovranno essere di tipo continuo con lato di almeno 1,5 m e con piano di imposta a quota almeno di -2,0 m da p.c..

Si rimanda alla relazione strutturale e ai relativi calcoli, le verifiche di stabilità delle fondazioni agli Stati limite ultimo (SLU) e di esercizio (SLE) ai sensi delle "Norme tecniche per le costruzioni", recentemente entrate in vigore, che dovranno essere effettuate tenendo conto della stratigrafia e dei parametri caratteristici e di progetto sopra riportati.

Nel caso di fronti di scavo a sezione libera, si consiglia di adottare in prima analisi un angolo di scarpa che presenti un rapporto unitario tra lunghezza e altezza, in modo da garantire la sicurezza delle maestranze.

Lo scavo dovrà essere eseguito ad opera d'arte e nel rispetto della normativa in merito alla sicurezza delle maestranze al lavoro (T.U. Sicurezza - D. Lgs. 09/04/2008 n. 81).

In sede di attuazione occorrerà comunque verificare lo stato di fatto incontrato con le indagini e la persistenza delle condizioni ipotizzate nella presente relazione.

L'esame condotto nei capitoli precedenti permette quindi di esprimere un giudizio positivo circa la fattibilità degli interventi in progetto, fatti salvi i risultati e le prescrizioni riportate nella presente relazione.

Eventuali considerazioni non contemplate in questa relazione potranno essere oggetto di apposito sopralluogo.

Maggio 2013

IL TECNICO

Dott. Geol. CHIONO Daniela

