

A.T.A.P. S.p.a.

STUDIO DI FATTIBILITA' PROGETTO PRELIMINARE PER LA REALIZZAZIONE DISTRIBUTORE CARBURANTI METANO LNG E/O CNG DA REALIZZARSI PRESSO SEDE DI BIELLA

ITALIA

REGIONE
PIEMONTE

PROVINCIA DI
BIELLA

COMUNE DI
BIELLA

OGGETTO DELL'ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA

CODICE GENERALE ELABORATO

ID COMMITTENZA

COMMESSA

AREA PROGETTAZIONE

LIVELLO PROGETTO

NUMERO ELABORATO

REVISIONE

AR

PRE

00

IDENTIFICAZIONE FILE :

REVISIONE	DATA	OGGETTO	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	19/10/2021	1° emissione	Dott. Geol. Andrea Scaglia		
1					
2					
3					



IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Andrea Scaglia

TIMBRI - FIRME



GIAS S.R.L.
Via Cosmo 17/b - 10131 Torino
Tel. +39 011.81.98.393 - Fax +39 011.81.98.393
info@giasr.com - P.IVA 11601860015

Questo elaborato è di proprietà della società GIAS S.R.L., Via Cosmo 17/b - 10131 Torino.
Qualsiasi divulgazione o riproduzione anche parziale deve essere espressamente autorizzata.

INDICE

PREMESSA.....	1
1) NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	1
2) LOCALIZZAZIONE - TIPOLOGIA INTERVENTO IN PROGETTO – VINCOLISTICA D'ORDINE GEOLOGICO.....	1
3) SEZ. A - RELAZIONE GEOLOGICA.....	5
3-1) INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE.....	5
3-2) MODELLO MORFOLOGICO E STRATIGRAFICO ALLA SCALA DELL'AREA D'INTERVENTO.....	5
3-3) IDROGEOLOGIA.....	6
3-4) SISMICITA'.....	7
3-4 a) Pericolosità sismica.....	7
3-4 b) Accelerazione massima attesa al sito.....	8
3-5) PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA.....	10
4) SEZ. B - RELAZIONE GEOTECNICA.....	12
4-1) MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO.....	12
4-2) ATTRIBUZIONE PARAMETRI GEOTECNICI.....	12
4-2 a) Livello litotecnico 1 (argille limose).....	12
4-2 b) Livello litotecnico 2 (ghiaie sabbiose limose).....	13
4-3) RESISTENZA DI PROGETTO TERRENI DI FONDAZIONE.....	15
4-4) PERICOLO LIQUEFAZIONE TERRENI DI FONDAZIONE SOTTO L'AZIONE SISMICA.....	17
5) NOTE DI SINTESI - VALUTAZIONI CONCLUSIVE – ASPETTI PRESCRITTIVI.....	19

PREMESSA

Nel presente documento sono esposti i risultati dell'indagine geologica e della caratterizzazione geotecnica svolte a supporto del progetto di fattibilità tecnico economica relativo alla realizzazione di un impianto di distribuzione di Gas Naturale Liquefatto (GNL) in corrispondenza della sede centrale e deposito dell' A.t.a.p (Azienda Trasporti Automobilistici Pubblici) ubicata in C.so G. Rivetti 8/a nella città di Biella .

In ottemperanza alla normativa vigente in materia di interventi interagenti con suolo e sottosuolo sono stati definiti e presi in esame:

- inquadramento morfologico e geologico generale;
- assetto litostratigrafico locale;
- situazione idrogeologica e schema relativo alla circolazione idrica sotterranea;
- sismicità;
- pericolosità geomorfologica dell'area;
- caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione.

Finalità dell'indagine, articolata attraverso acquisizione di informazioni bibliografiche e documentazione cartografica ufficiale in materia di pianificazione territoriale, esecuzione di sopralluoghi, interpretazione dei risultati di indagini geognostiche/geotecniche strumentali a supporto di interventi realizzati nel significativo intorno di cui è stata reperita documentazione, è la verifica della fattibilità geologica e geotecnica dell'intervento in progetto.

Si puntualizza che conformemente a quanto indicato nelle Norme Tecniche Costruzioni 2018 (NTC 2018) gli argomenti di carattere geologico e geotecnico sono stati trattati separatamente in due distinte sezioni:

- Sez. A - Relazione Geologica (Modellazione geologica sottosuolo, secondo il § 6.2.1 delle NTC 2018).
- Sez. B - Relazione Geotecnica (Caratterizzazione fisico-meccanica sottosuolo, secondo il § 6.2.2 delle NTC 2018).

1) NORMATIVA DI RIFERIMENTO

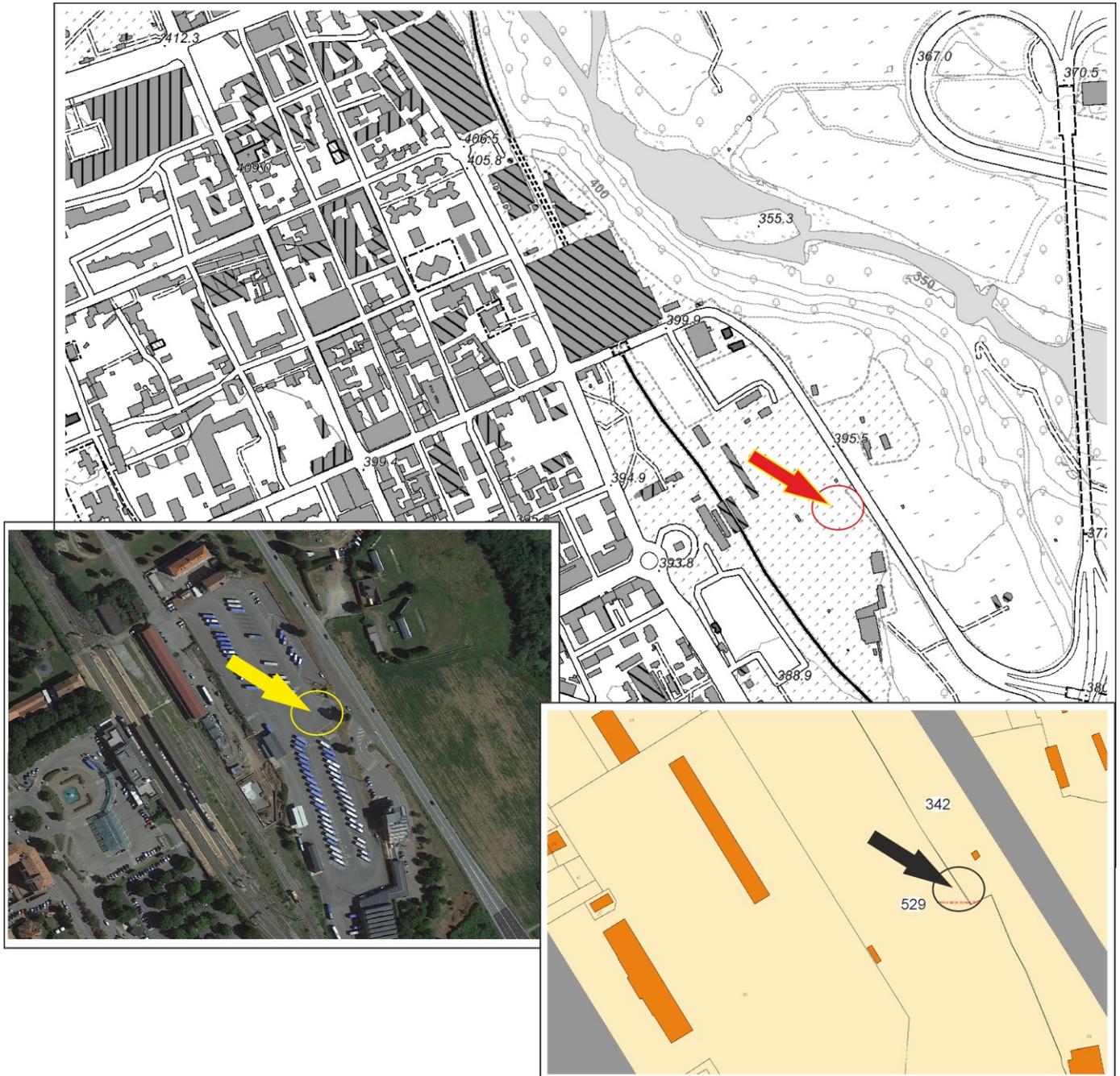
- D.G.R 30 dicembre 2019, n. 6-887. Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 "Istruzioni per l'aggiornamento delle « Norme tecniche per le costruzioni » di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- DM 17/01/2018 (NTC 2018) - Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".
- Nuova Classificazione sismica del Piemonte 12/02/2010.
- DM. 14/01/ 2008 "Norme Tecniche sulle costruzioni".
- Circolare Cons. Sup. Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14/01/2008 – Bozza aggiornata al 7 Marzo 2008.
- Circolare Cons. Sup. Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14/01/2008 – Bozza aggiornata all'11 Aprile 2008.
- OPCM n 3274 del 20/03/2003 – "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

2) LOCALIZZAZIONE - TIPOLOGIA INTERVENTO IN PROGETTO – VINCOLISTICA D'ORDINE GEOLOGICO

Il sito si localizza nell'ambito del concentrico urbano della città di Biella in corrispondenza del piazzale della sede centrale e deposito automezzi dell'A.t.a.p in Corso Guido Albero Rivetti. I riscontri cartografici sono forniti da:

- sezione 135120 della Carta Tecnica Regionale;
- particelle catastali n°529 e 342 del foglio n° 57.

Fig.1) Localizzazione dell'area d'intervento. Carta tecnica regionale alla scala 1:10.000, foto aerea alla scala 1:5.000 e mappa catastale alla scala 1: 3.000

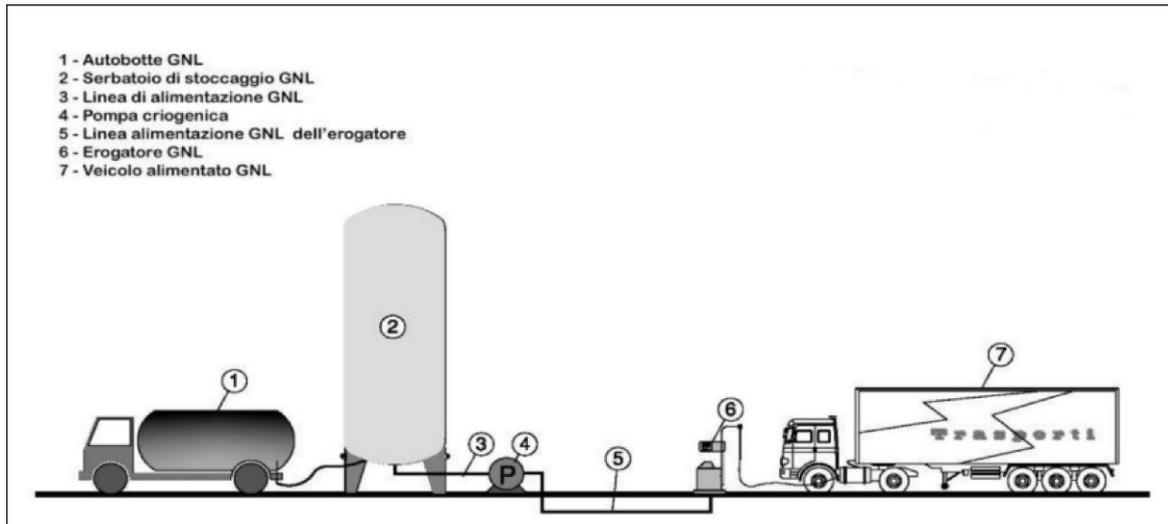


La realizzazione dell'impianto di distribuzione comporta l'installazione:

- di un serbatoio di stoccaggio fuori terra con capienza ancora da definire;
- linea di alimentazione GNL dell'erogatore + la pompa criogenica
- linea di alimentazione GNL dell'erogatore;
- pensilina ed erogatore GNL:

Il serbatoio verrà installato su di una piastra di fondazione.

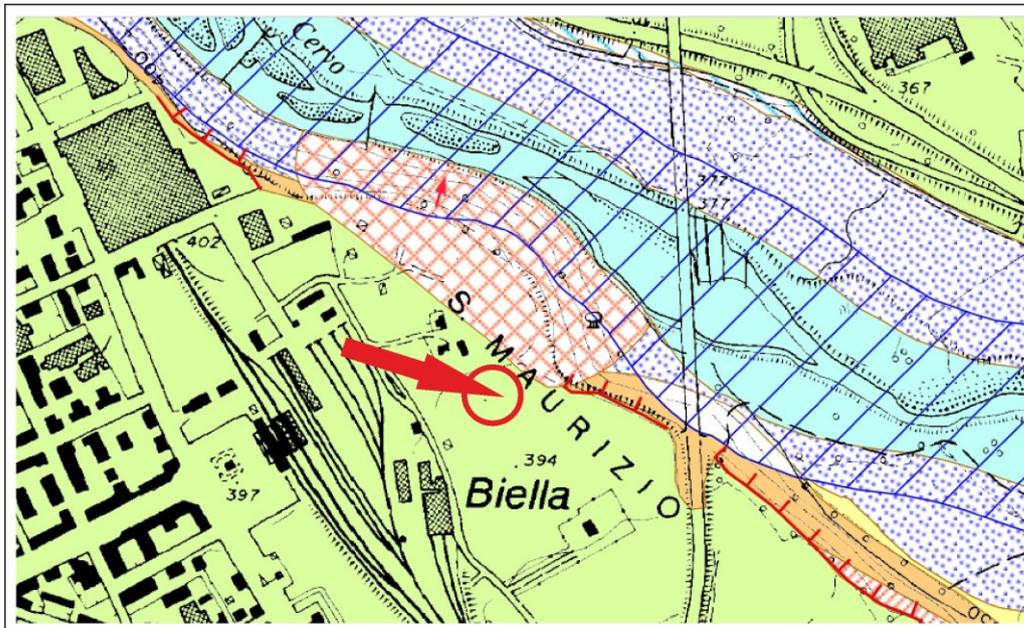
Fig. 2) Rappresentazione schematica relativa alle principali attrezzature delle stazioni di distribuzione GNL

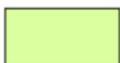


Rispetto alla vincolistica d'ordine geologico tecnico, il sito rientra:

- in classe I) della "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell' idoneità all' utilizzo urbanistico" a supporto del PRGC vigente (variante d' adeguamento al PAI) ovvero in "porzioni di territorio, edificate e non, dove le condizioni di pericolosità geologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche. Corrispondono all' alto terrazzo del fluvioglaciale Rissiano di aperta pianura, ed alle aree sub pianeggianti inframoreniche dell' apparato collinare". In tale aree gli interventi sia pubblici che privati sono consentiti nel rispetto delle disposizioni del DM.14.01.2008 (ora DM.17 /01/2018)

Fig. 3) Estratto Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell' idoneità all' utilizzo urbanistico a supporto PRGC vigente Scala 1:10.000





CLASSE I -FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI. Ricadono in questa classe le porzioni di territorio ove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni particolari alle scelte urbanistiche; gli interventi possono di norma essere attuati senza particolari problemi nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni". Si tratta di aree sub-pianeggianti o a debolissima acclività, generalmente contraddistinte da buone caratteristiche geotecniche del substrato di fondazione e con assenza di interferenze tra falda e primo sottosuolo. Ricadono in buona parte nella porzione di pianura dell'abitato principale di Biella. L'edificazione risulta in genere attuabile senza l'adozione di particolari interventi ed accorgimenti cautelativi. Solo localmente sono presenti vincoli non severi, essenzialmente dovuti o a eterogeneità latero-verticali delle caratteristiche geomeccaniche del substrato di fondazione, o a vicinanza con classi meno idonee, o alla presenza di coltri d'alterazione superficiali più o meno potenti dotate di scadenti caratteristiche geomeccaniche; tali vincoli possono comunque essere individuati con precisione attraverso l'esecuzione di puntuali ed opportune indagini geognostiche e superabili generalmente con l'adozione di normali accorgimenti costruttivi. Gli studi geologici e geotecnici da redigere ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 dovranno essere principalmente finalizzati alla definizione della profondità, morfologia e consistenza del substrato di fondazione, previa esecuzione di idonee indagini geognostiche. L'utilizzo come substrato di fondazione delle coltri d'alterazione superficiali, in genere sconsigliato, è comunque subordinato alla definizione, sulla base di specifiche indagini geologiche e geotecniche, dei parametri geomeccanici caratteristici, da utilizzare per il corretto dimensionamento delle strutture fondazionali, con verifiche geotecniche finalizzate al calcolo della capacità portante e dei cedimenti in relazione ai carichi di progetto. All'interno di questa unità sono presenti locali situazioni, non perimetrabili in dettaglio e di cui si dovrà tenere conto, ove si possono rinvenire caratteristiche geotecniche scadenti o, in occasione di eccezionali eventi meteorologici, possono verificarsi allagamenti, prevalentemente dovuti all'ineguatezza del sistema di smaltimento delle acque e/o a alla presenza di situazioni topografiche a drenaggio centripeto (i puntuali casi noti sono evidenziati in TAV. 7.1.2). Nella fascia di ampiezza di 10 m (non raffigurabile per problemi di scala) dagli orli di scarpata che delimitano i pianalti (evidenziati indicativamente con apposito segno grafico in funzione della scala qui adottata, che dovranno essere individuati con precisione sulla base di rilievi di dettaglio alla scala di progetto) e/o dai confini con classi di fattibilità peggiori appartenenti alla categoria delle unità a potenziale pericolosità o rischio geomorfologico e/o idraulico come di seguito definite (ivi comprese le zone adiacenti ad elementi puntuali o lineari non perimetrati di dissesto), valgono le prescrizioni dettate per la sottoclasse IIa.



IIIa.RSU (*): ex discariche di RSU. Esclusiva possibilità di realizzazione di opere d'interesse pubblico riguardanti le infrastrutture lineari o a rete e relative opere accessorie riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, secondo quanto indicato per la CLASSE III, previa esecuzione di studi specialistici (chimici, geotecnici, idrogeologici, ecc.) finalizzati a verificare la mineralizzazione dei rifiuti, l'esaurimento delle emissioni e dell'assestamento dei rifiuti, nonché l'assenza di ogni impatto conseguente con il passato utilizzo dell'area come discarica di rifiuti. Per le aree all'interno delle Fasce A e B vale quanto prescritto nelle N.d.A. del PAI relative a tali Fasce.

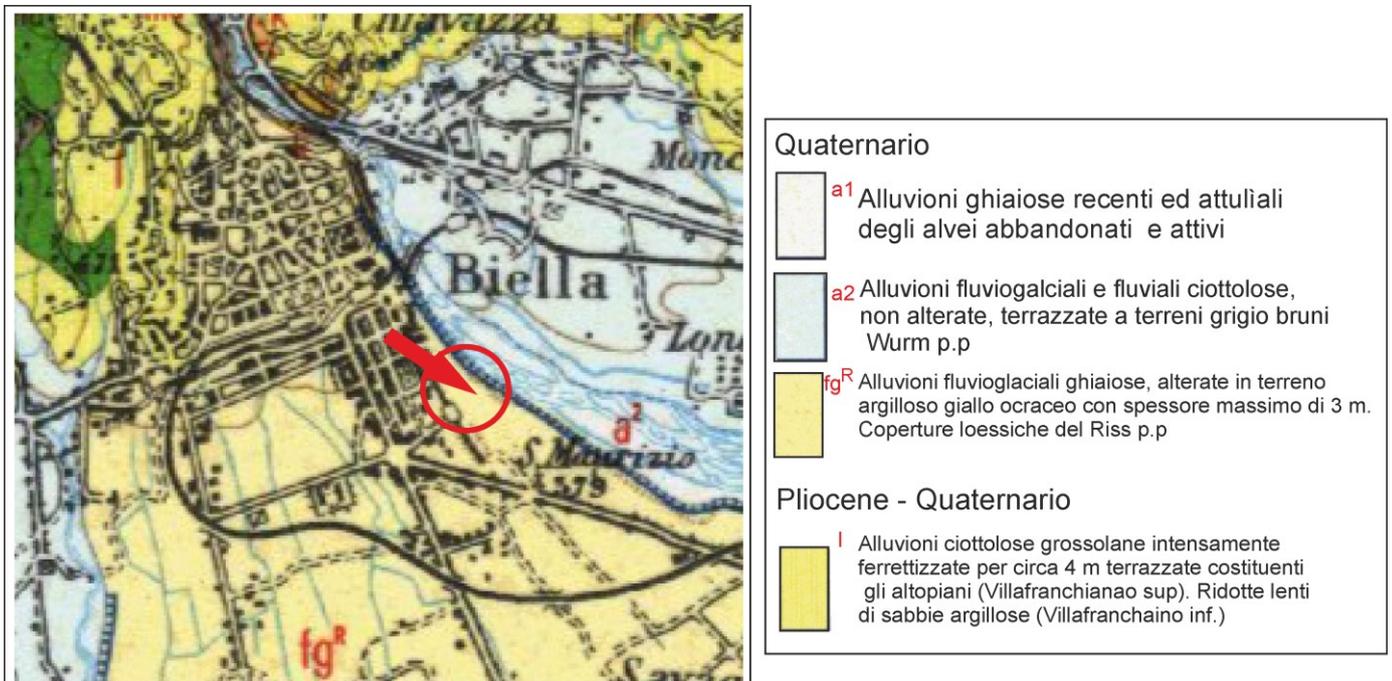
3) SEZ. A - RELAZIONE GEOLOGICA

3-1) INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE

Gran parte del concentrico urbano della città di Biella (in particolare il settore ovest), in cui rientra in sito in esame, insiste a quote altimetriche comprese tra 420 e 380 m s.l.m. sulla porzione apicale della paleoconoide pleistocenica del torrente Elvo, in sinistra orografica del T. Cervo, rispetto al cui alveo attivo risulta sopraelevata di 40 – 50 m e delimitata da una netta scarpata morfologica. L'ambito risulta caratterizzato in generale da debole pendenza verso sud.

Sotto il profilo propriamente geologico stratigrafico, secondo quanto riportato su F° 43 della "Carta Geologica d'Italia" di cui nella figura seguente si riporta l'estratto, l'area è impostata su depositi fluvioglaciali ghiaiosi ciottolosi con al tetto paleosuolo d'alterazione limoso argilloso di potenza variabile da pluridecimetrica a plurimetrica, cui succedono con l'approfondimento sedimenti plio – pleistocenici in facies sabbiosa e argillosa d'ambiente deposizionale di transizione tra il continentale e il marino (villafranchiano).

Fig. A-1) Estratto Carta Geologica d'Italia. F°43 "Biella". Ingrandimento alla scala 1:35.000



3-2) MODELLO MORFOLOGICO E STRATIGRAFICO ALLA SCALA DELL'AREA D'INTERVENTO

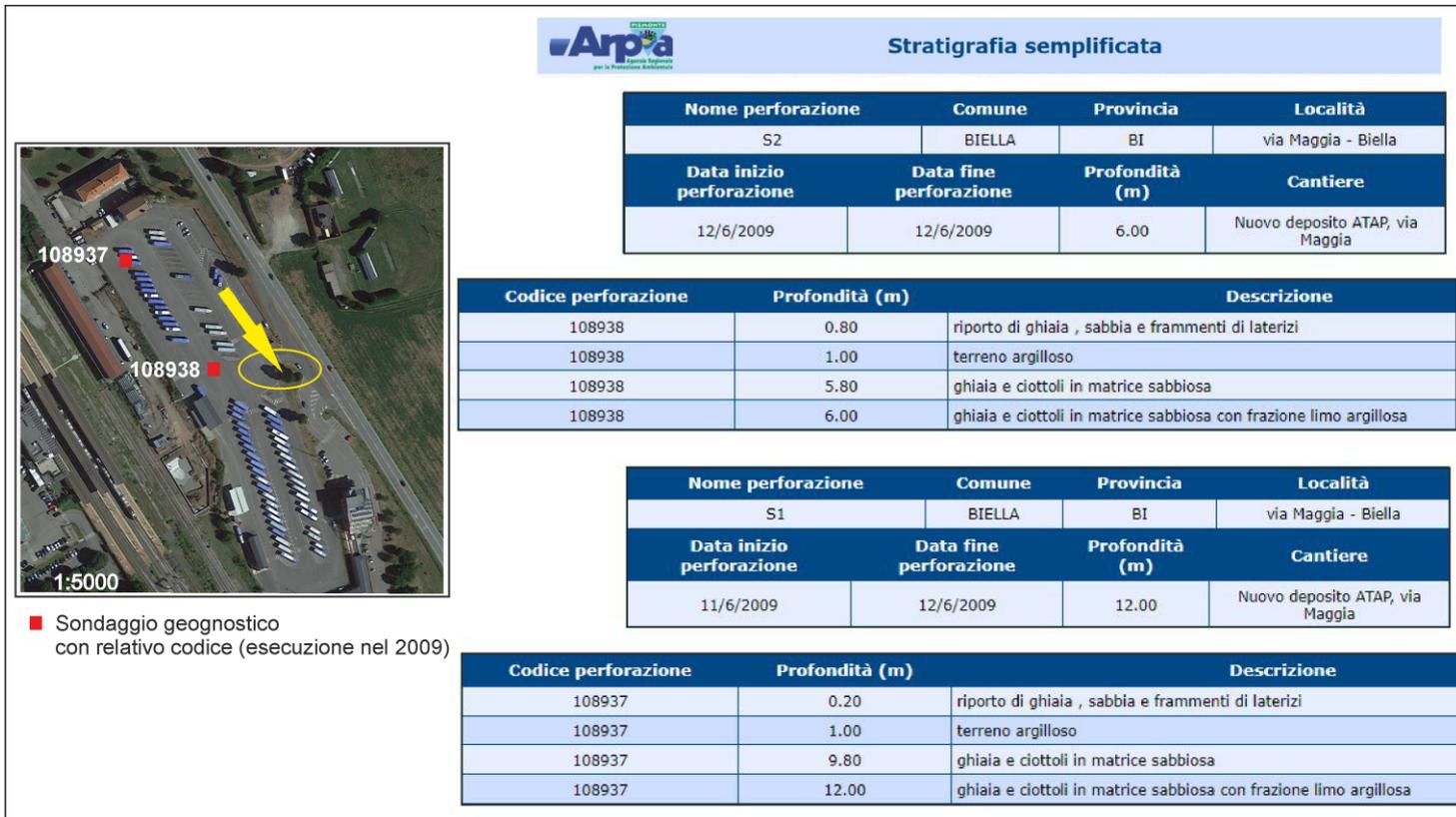
Il sito insiste a quota 395 m s.l.m. circa in un ambito morfologico sub pianeggiante caratterizzato da debole pendenza verso sud (sommità del terrazzo fluvioglaciale rissiano su cui è impostata gran parte della città).

L'assetto litostratigrafico locale, definito sulla base della documentazione acquisita dalla Banca Dati Geotecnica Regionale (Arpa Piemonte) riguardante n°2 sondaggi geognostici, con prove penetrometriche SPT contestuali, realizzati in passato (2009) in prossimità del sito di installazione dell'impianto (50 m circa a ovest e 100 m a nord dal sito) di cui nella figura seguente si riportano i dati principali unitamente alla planimetria con l'ubicazione, è così schematizzabile:

- da p.c. a – 1,0 m circa = argille limose, con spessore variabile da 0,20 a 0,80 m (livello stratigrafico 1). Al tetto terreno riporto con pavimentazione stradale;
- da – 1,0 a -12,00 m (fondo foro sondaggi) = ghiaie e ciottoli in matrice sabbiose. Con l'approfondimento aumento della frazione limosa (livello stratigrafico 2)

E' inteso che gli intervalli di profondità sopra indicati relativamente ai terreni più superficiali hanno valore puramente indicativo in quanto i sondaggi cui si è fatto riferimento sono stati realizzati nel 2009 (è verosimile che l'area sia stata modificata a livello planoaltimetrico mediante livellamenti e riporti).

Fig. A-2) Stratigrafie sondaggi geognostici realizzati nell'ambito dell'area A.t.a.p e relativa ubicazione



3-3) IDROGEOLOGIA

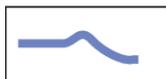
Ad eccezione dei terreni del livello superficiale formati in prevalenza da argille (stratigrafico 1) pressoché impermeabili, il sottosuolo dell'area, costituito da ghiaie sabbiose con potenza plurimetrica, risulta caratterizzato da terreni con conducibilità idraulica per porosità (permeabilità primaria) elevata ($10^{-2} > K < 10^{-1} \text{ m/s}$) in cui è ospitata la falda libera con soggiacenza nella zona a - 25/30 m dal piano campagna, tenuto conto che il livello piezometrico medio è a 365 - 370 m s.l.m. e che il piano campagna è attestato a quote assolute di 395 m s.l.m. (Carta delle isofreatiche – Arpa Piemonte).

Tab. A-1) Coefficienti di permeabilità indicativi dei terreni

Grado di permeabilità	Coefficiente di permeabilità m/s	Terreni
alto	$K > 10^{-2}$	ghiaie
medio	$10^{-2} > K > 10^{-4}$	sabbie
basso	$10^{-4} > K > 10^{-9}$	silts
impermeabile	$10^{-9} > K$	argille

La direzione di deflusso avviene lungo la direttrice sud ovest nord est, con gradiente idraulico medio relativamente elevato dell'ordine del 6 % per effetto dell'azione drenante operata da parte del torrente Cervo.

Fig. A-3) Estratto Carta delle isofreatiche – Arpa Piemonte. Base cartografica alla scala 1:10.000



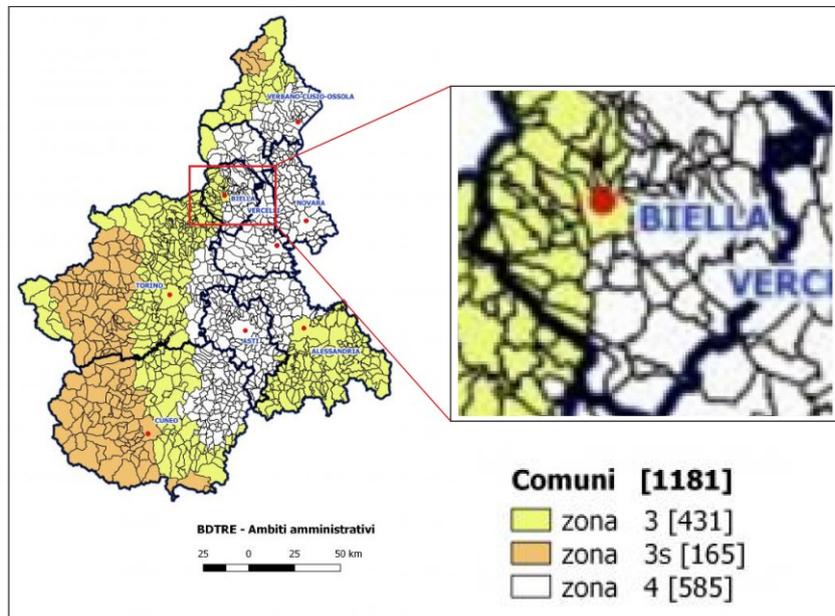
Isofreatiche con quota assoluta in metri sul livello del mare

3-4) SISMICITA'

3-4 a) Pericolosità sismica

Il sito d'intervento e più in generale il territorio comunale della città di Biella rientrano in Zona 3 (Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti) dell' "Aggiornamento della Classificazione sismica del territorio regionale" approvata da parte della Giunta Regionale il 30 dicembre 2019.

Fig. A-4) Aggiornamento della Classificazione sismica della regione Piemonte del dicembre 2019



Nelle tabelle seguenti sono indicati i parametri sulla base dei quali viene attuata la zonazione sismica a scala nazionale e della regione Piemonte, ossia i valori di accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag) con tempo di ritorno $T_r = 475$ anni.

Tab. A-2)

CRITERI NAZIONALI		Zone Piemonte	
ZONE	PGA 475 (ag)	ZONE	PGA 475 (ag)
1	$0,25g < ag \leq 0,35g$	3s	$0,125g < ag \leq 0,150g$
2	$0,15g < ag \leq 0,25g$	3	$0,05g < ag \leq 0,125g$
3	$0,05g < ag \leq 0,15g$	4	$\leq 0,05g$
4	$\leq 0,05g$		

3-4 b) Accelerazione massima attesa al sito

La stima dei parametri spettrali necessari per il calcolo dell'azione sismica di progetto deve essere effettuata secondo l'approccio "sito dipendente".

Più precisamente, i valori dei parametri spettrali ag (accelerazione espressa in g/10 dove g è l'accelerazione di gravità), F0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T*C (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), propri del sito in esame, vengono calcolati, secondo la procedura semplificata, mediante la media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni delimitanti l'area tramite la seguente formula:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{P_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

P= valore dei parametri d'interesse nel punto in esame;
 P_i= valore del parametro d'interesse nell'iesimo punto della maglia elementare contenete il punto in esame;
 d_i= distanza del punto in esame dall'i-esimo punto della maglia suddetta.

Il parametro d'interesse "P_i" si calcola sulla base della tabella dell'allegato B del DM 2008, mentre i valori della distanza del punto in esame "d_i" si ottengono misurando le distanze tra ognuno dei quattro nodi della griglia e il sito in esame.

Nello specifico caso l'elaborazione è stata effettuata mediante l'impiego di apposito software, inserendo latitudine e longitudine del sito in esame nonché gli altri parametri necessari per il calcolo, ovvero: vita nominale e classe d'uso del manufatto in progetto, amplificazione stratigrafica (S_s) e topografica (S_t). A tal riguardo si precisa che le opere sono state ascritte alla Classe d'uso III) e che i parametri di risposta sismica sono stati calcolati per una "Vita Nominale (VN)" di 50 anni e un coefficiente d'uso (cu) pari a 1,5.

In dettaglio i parametri considerati per il calcolo risultano:

- Latitudine e longitudine del sito di costruzione in valori decimali (ED 50), rispettivamente di 45,558508 e 8,070284.
- Classe d'uso III (Costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente omissis) cui corrisponde un coefficiente d'uso (Cu)= 1, 5.
- Vita Nominale (Numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere utilizzata). Per il calcolo è stato considerata una vita nominale (VN) ≥50 anni.
- Periodo di riferimento per l'azione sismica VR = VN*cu= 50*1,5= 75 anni.
- Categoria del "profilo di suolo".

In assenza di prove geofisiche specifiche, atte a determinare la velocità delle onde di taglio equivalenti (V_{S30}), nello specifico caso i terreni di fondazione, sono correlati, a favore della cautela al "profilo C" (suolo sismico di normativa) ovvero a "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

- Essendo il sito in ambito subpianeggiante si correla la categoria topografica "T1" della tabella 3.2.III del DM 17/01/2018 pertanto il coefficiente d'amplificazione topografica (S_t)= 1,0

Dall'elaborazione effettuata per la categoria "Fondazioni", il cui tabulato è riportato di seguito, risulta un'accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido di riferimento (a_g) pari a 0,046 g per $T_r=475$ anni (SLV: stato limite salvaguardia vita).

Tenuto conto che nello specifico caso i fattori d'amplificazione stratigrafica e topografica sono rispettivamente $S_s= 1,5$ e $S_t= 1,0$, si ottengono per lo SLV i seguenti parametri sismici:

- accelerazione massima attesa al sito (a_{max})= $S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,046 \text{ g} = 0,069 \text{ g}$ ($0,67 \text{ m/sec}^2$);
- coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (β) = $0,200$;
- coefficienti sismici orizzontale (K_h)= $(a_{max}/g) \cdot \beta = 0,069 \cdot 0,200 = 0,014$ e verticale (K_v)= $K_h/2 = 0,014/2 = 0,007$.

Di seguito si riporta il tabulato di calcolo dei parametri spettrali e dell'accelerazione sismica attesa al sito.

Tab. A-3) Calcolo accelerazione massima attesa al sito e coefficienti sismici.

Parametri sismici				
Tipo di elaborazione:		Fondazioni - Stabilità dei pendii		
Muro rigido:		0		
Sito in esame.				
latitudine:		45,558508		
longitudine:		8,070284		
Classe:		3		
Vita nominale:		50		
Siti di riferimento				
Sito 1	ID: 11579	Lat: 45,5635	Lon: 8,0672	Distanza: 599,563
Sito 2	ID: 11580	Lat: 45,5666	Lon: 8,1384	Distanza: 5376,188
Sito 3	ID: 11802	Lat: 45,5167	Lon: 8,1429	Distanza: 7318,276
Sito 4	ID: 11801	Lat: 45,5136	Lon: 8,0718	Distanza: 5000,454
Parametri sismici				
Categoria sottosuolo:		C		
Categoria topografica:		T1		
Periodo di riferimento:		75anni		
Coefficiente c_u :		1,5		
Operatività (SLO):				
Probabilità di superamento:		81	%	
Tr:		45	[anni]	
ag:		0,020 g		
Fo:		2,578		
Tc*:		0,181	[s]	
Danno (SLD):				
Probabilità di superamento:		63	%	
Tr:		75	[anni]	
ag:		0,024 g		
Fo:		2,649		
Tc*:		0,194	[s]	
Salvaguardia della vita (SLV):				
Probabilità di superamento:		10	%	
Tr:		712	[anni]	
ag:		0,046 g		
Fo:		2,712		
Tc*:		0,295	[s]	

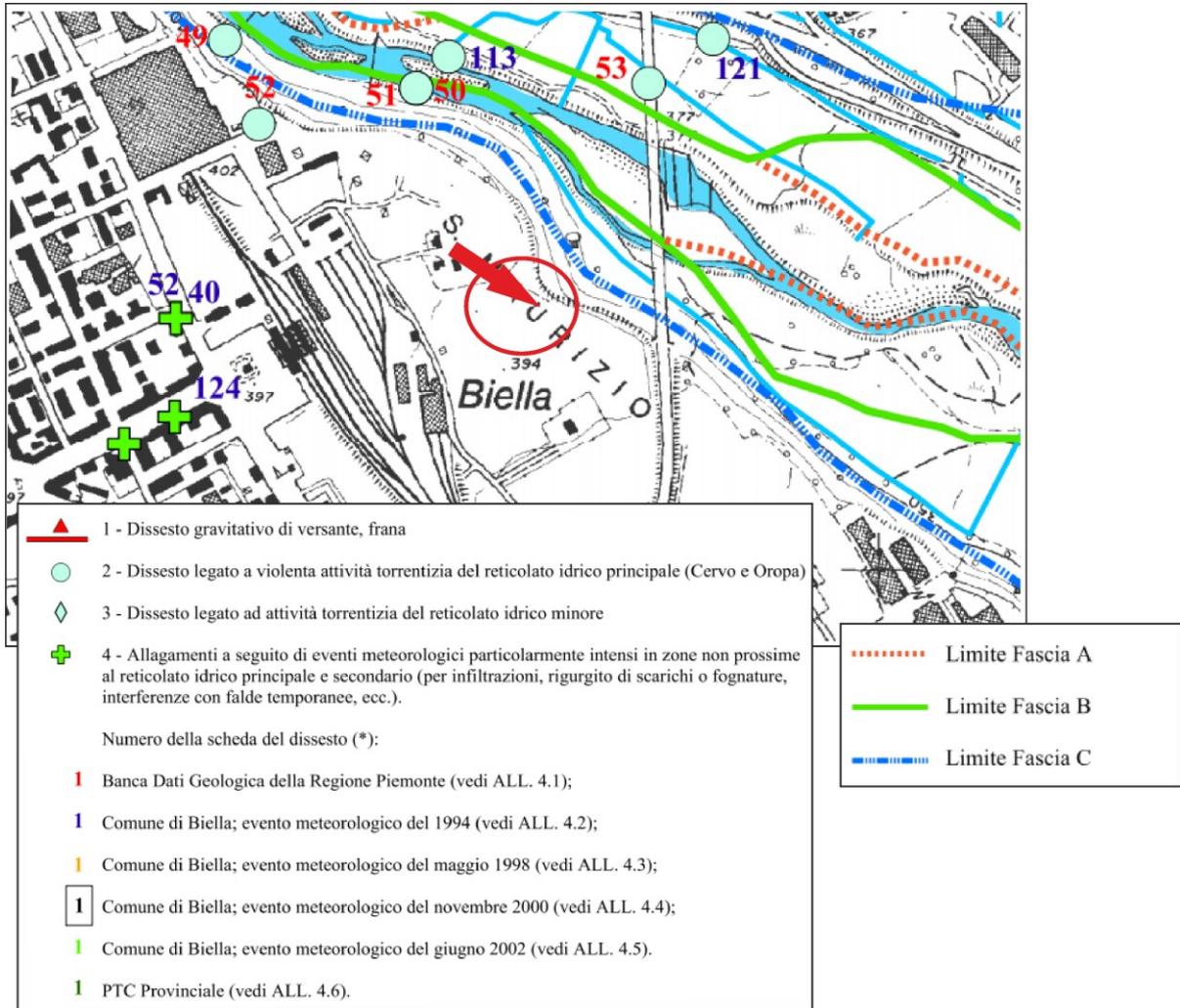
Prevenzione dal collasso (SLC):	
Probabilità di superamento:	5 %
Tr:	1462 [anni]
ag:	0,054 g
Fo:	2,794
Tc*:	0,312 [s]
Coefficienti Sismici Fondazioni e Stabilità dei pendii	
SLO:	
Ss:	1,500
Cc:	1,850
St:	1,000
Kh:	0,006
Kv:	0,003
Amax:	0,291
Beta:	0,200
SLD:	
Ss:	1,500
Cc:	1,800
St:	1,000
Kh:	0,007
Kv:	0,004
Amax:	0,355
Beta:	0,200
SLV:	
Ss:	1,500
Cc:	1,570
St:	1,000
Kh:	0,014
Kv:	0,007
Amax:	0,671
Beta:	0,200
SLC:	
Ss:	1,500
Cc:	1,540
St:	1,000
Kh:	0,016
Kv:	0,008
Amax:	0,790
Beta:	0,200
Le coordinate espresse in questo file sono in ED50	
Geostru	
Coordinate WGS84	
latitudine:	45.557565
longitudine:	8.069198

3-5) PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Il sito è caratterizzato dall'assenza di problematiche connesse alla dinamica di versante e fluviale in ragione dello specifico ambito morfologico in cui esso rientra. Infatti la sommità del paleocoide pleistocenico, risultando sopraelevata di alcune decine di metri rispetto all'alveo attivo del T. Cervo, è esente da fenomeni di esondazione e processi erosivi nel corso degli stati di piena. Inoltre la distanza di 150 m circa dal ciglio della scarpata, che delimita a est la superficie terrazzata, è di assoluta sicurezza rispetto ai potenziali fenomeni di dissesto gravitativo che si possono innescare lungo il pendio.

A riguardo del sito e del suo significativo inoltre non sono segnalati processi d'allagamento indotti dal sistema fognario nel corso dei venti meteorici intensi, contrariamente a quanto risulta per altri settori della città come riportato sulla "Carta geomorfologica e dei dissesti" a supporto del PRGC vigente.

Fig. A-5) Estratto "Carta Geomorfologica e dei dissesti a supporto del PRGC vigente". Scala 1:10.000



4) SEZ. B - RELAZIONE GEOTECNICA

4-1) MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

Alla specifica situazione stratigrafica si correla un modello geotecnico del sottosuolo dell'area, schematizzato nella tabella seguente, caratterizzato da n°2 livelli litotecnici principali (livelli 1÷2), costituiti da terreni con caratteristiche granulometriche, stato d'addensamento/consistenza e valori dei parametri geomeccanici differenziati.

Tab. B-1) Assetto litotecnico terreni di fondazione

UNITÀ LITOTECNICHE	PROFONDITÀ	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE/GRANULOMETRICHE	CONSISTENZA/DENSITÀ RELATIVA
Livello litotecnico 1	Da p.c. a - 0,80/1,0 circa	Argille limose con materiali di riporto al tetto + pavimentazione stradale	Poco addensati/consistenti
Livello litotecnico 2	Da - 0,80/1,00 m	Ghiaie sabbiose limose con ciottoli	Da mediamente a molto addensati

4-2) ATTRIBUZIONE PARAMETRI GEOTECNICI

Ai fini della stima delle caratteristiche fisiche (stato addensamento/consistenza) e geotecniche dei terreni, si è fatto riferimento ai risultati delle prove SPT (Standard Penetration Test) contestuali ai sondaggi pregressi realizzate nell'ambito dell'area A.t.a.p e di cui si è acquisita documentazione dalla Banda Dati Geotecnica di Arpa, nonché a indicazioni bibliografiche. Si rimarca che, nello specifico caso, i valori medi (X_m) dei parametri geotecnici cui si perviene sono assimilati ai valori caratteristici (X_k) in quanto la normativa del DM 17/01/2018 consente tale approssimazione qualora nello "stato limite" considerato sia coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità (ad esempio fondazioni dirette continue).

4-2 a) Livello litotecnico 1 (argille limose)

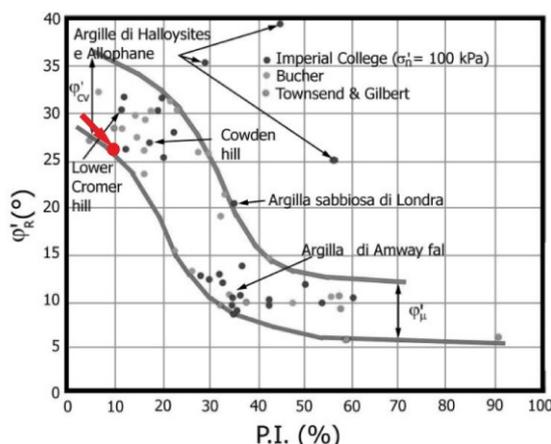
I terreni di tale livello sono ascritti ai gruppi ML e CL del sistema classificativo U.S.C.S (cfr. figura seguente) in ragione delle caratteristiche granulometriche; si tratta infatti limi argillosi e argille come indicato nelle stratigrafie di sondaggio acquisite.

Fig. B -1) Classificazione USCS (Unified Soil Classification System)

Major Divisions (1)	(2)	Letter (3)	Symbols		Name (6)
			Hatching (4)	Color (5)	
Coarse-Grained Soils	Gravel and Gravelly Soils	GW		Red	Well-graded gravels or gravel-sand mixtures, little or no fines
		GP		Red	Poorly graded gravels or gravel-sand mixtures, little or no fines
		GM		Yellow	Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures
		GC		Yellow	Clayey gravels, gravel-sand-clay mixtures
	Sand and Sandy Soils	SW		Red	Well-graded sands or gravelly sands, little or no fines
		SP		Red	Poorly graded sands or gravelly sands, little or no fines
		SM		Yellow	Silty sands, sand-silt mixtures
		SC		Yellow	Clayey sands, sand-silt mixtures
Fine-Grained Soils	Silts and Clays LL < 50	ML		Green	Inorganic silts and very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands or clayey silts with slight plasticity
		CL			Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays
		OL		Organic silts and organic silt-clays of low plasticity	
	Silts and Clays LL ≥ 50	MH		Blue	Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sandy or silty soils, elastic silts
		CH			Inorganic clays of high plasticity, fat clays
		OH			Organic clays of medium to high plasticity, organic silts
Highly Organic Soils		Pt		Orange	Peat and other highly organic soils

A riguardo dei parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate, correlando un indice di plasticità dell'ordine del 10 % tipico dei terreni argillosi limosi della zona, nel diagramma seguente si valuta un angolo d'attrito interno (ϕ) di 26° . Il peso di volume (γ) è stimato in 16 -18 KN/mc.

Fig. B -2) Correlazione angolo d'attrito interno e indice di plasticità



In merito al modulo di deformazione (E) in letteratura vengono indicati valori medi dell'ordine di 5 MPa per terreni limoso argillosi poco consistenti. Si consideri tuttavia che tale valore è sottostimato a favore della cautela in quanto l'ambito in esame è urbano e che pertanto i terreni relativamente più superficiali (primo metro di profondità dal piano campagna) nello specifico caso risultano compattati artificialmente.

Su tali basi i valori caratteristici (X_k) dei parametri geotecnici del Livello stratigrafico 1 sono schematizzati nella tabella seguente.

Tab. B -1) Valori caratteristici (X_k) parametri geotecnici del livello litotecnico 1

Peso di volume (γ_k)	Coesione (c_k)	Angolo d'attrito interno (ϕ_k)	Modulo di deformazione (E_k)
17 KN/mc	0 KN/mq	26°	5 MPa

4 -2 b) Livello litotecnico 2 (ghiaie sabbiose limose)

Dal punto di vista granulometrico i terreni di tale livello litotecnico consistono in ghiaie inglobate in matrice sabbiosa limosa correlabili ai gruppi GW e SW del sistema classificativo USCS riportato in figura B-1 (Unified Soil Classification System). Lo stato d'addensamento è valutato, a favore della cautela, in medio elevato (crescente con l'approfondimento), nonostante le prove SPT contestuali a sondaggi realizzati nel significativo intorno (sondaggio 108903 della Banca Dati Arpa Piemonte) abbiano registrato rifiuto all'avanzamento (RF), a dimostrazione di geomateriali molto addensati (stato addensamento elevato).

Fig. B -3) Numero di colpi (N) di prove SPT contestuali ai sondaggi pregressi eseguiti nell'ambito dell'area ATAP (Banca Dati Geotecnica – Arpa Piemonte)

Prove SPT in foro					
Nome perforazione	Comune	Provincia	Località		
S2	BIELLA	BI	via Maggia - Biella		
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere		
12/6/2009	12/6/2009	6.00	Nuovo deposito ATAP, via Maggia		
Codice Perforazione	Profondità (m)	N1	N2	N3	NSPT
108938	2.00	15	-999	0	-999
108938	4.00	17	-999	0	-999

NOTA: il valore -999 indica un rifiuto.

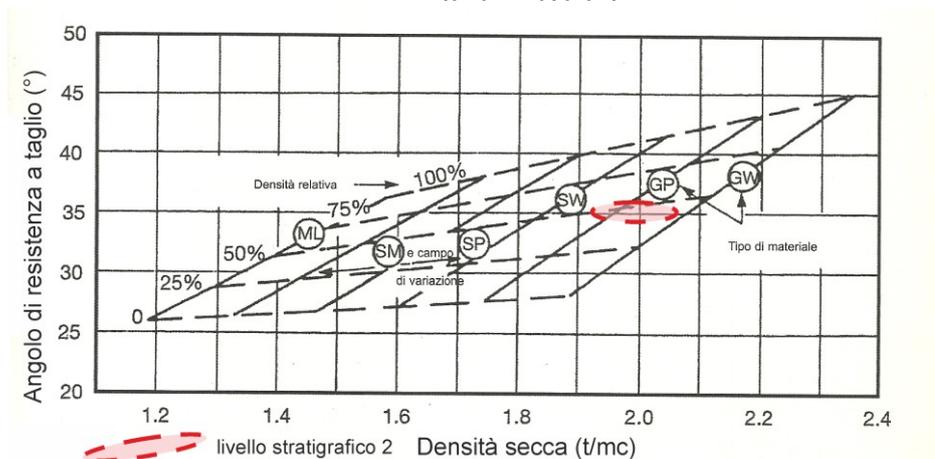
Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
S1	BIELLA	BI	via Maggia - Biella
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
11/6/2009	12/6/2009	12.00	Nuovo deposito ATAP, via Maggia

Codice Perforazione	Profondità (m)	N1	N2	N3	NSPT
108937	2.00	13	-999	0	-999
108937	4.00	15	-999	0	-999
108937	6.00	14	-999	0	-999
108937	8.00	16	-999	0	-999
108937	10.00	20	-999	0	-999
108937	12.00	22	-999	0	-999

NOTA: il valore -999 indica un rifiuto.

In termini di resistenza al taglio, con l'utilizzo del diagramma "Navfac manual" della figura B-4) considerato uno stato di addensamento medio elevato, si correlano valori dell'angolo d'attrito interno (ϕ) compresi tra 34° e 36° . La coesione in condizione drenate (c') è nulla. I valori del peso di volume (γ) e del modulo di deformazione (E) sono stimati rispettivamente in 18 KN/mc e in 20 MPa sulla base di quanto riportato in letteratura tecnico scientifica per terreni granulari similari dotati di stato d'addensamento da medio a elevato.

Fig. B - 4) Navfac Manual. Correlazione angolo d'attrito interno e stato d'addensamento dei principali gruppi di terreni incoerenti



Pertanto su tali basi i valori caratteristici (X_k) del livello litotecnico 2 cui fare riferimento sono schematizzati nella tabella seguente.

Tab. B-2) Valori caratteristici (X_k) del livello litotecnico 2

Peso di volume (γ_k)	Coesione (c_k)	Angolo d'attrito interno (ϕ_k)	Modulo di deformazione (E_k)
18 KN/mc	0 KN/ mq	35°	20 MPa

4-3) RESISTENZA DI PROGETTO TERRENI DI FONDAZIONE

La stima preliminare della resistenza di progetto dei terreni (RD) di fondazione è stata effettuata mediante specifico software di calcolo (Load Cap) nelle ipotesi di:

- modello stratigrafico/litotecnico e valori caratteristici (x_k) parametri geotecnici delineati nei paragrafi precedenti;
- accelerazione massima attesa al sito di 0,067g (in presenza di sisma);
- piastra di fondazione con lato corto (B)= 5,0 m;
- intradosso fondazione a - 1,0 m da piano campagna (esistente).

Il calcolo è stato effettuato secondo l'approccio 2 combinazione 1 (A1+M1+R3) del DM 17/01/2018, con l'impiego della soluzione analitica di Brinch Hansen (cfr. relazione seguente). Il valore di RD cui si perviene in condizioni dinamiche risulta di 269 KN/mq circa (527 KN/mq).

Relazione analitica utilizzata per il calcolo:

$$q_{ult} = c' N_c' s_c' d_c + g' D' N_q' s_q' d_q + 0.5' g' B' N_g' s_g' d_g$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \tan^2(45 + \varphi / 2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\varphi)$$

$$s_c = 1 + 0.2k_p \frac{B}{L} \quad \text{per } \varphi > 10$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1k_p \frac{B}{L} \quad \text{per } \varphi = 0$$

$$d_c = 1 + 0.2\sqrt{k_p} \frac{D}{B}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1\sqrt{k_p} \frac{D}{B} \quad \text{per } \varphi > 10$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \varphi = 0$$

$$i_c = i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{90}\right)^2$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{\varphi}\right)^2 \quad \text{per } \varphi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \varphi = 0$$

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \varphi/2);$$

θ = Inclinazione della risultante sulla verticale.

L'effetto dell'azione sismica sul carico limite della fondazione è conteggiato introducendo sui tre termini della capacità portante i fattori parziali z di correzione così determinati:

$$z_q = (1 - k_h / \tan \varphi)^{0.35}$$

$$z_c = 1 - 0.32k_h;$$

$$z\gamma = Zq;$$

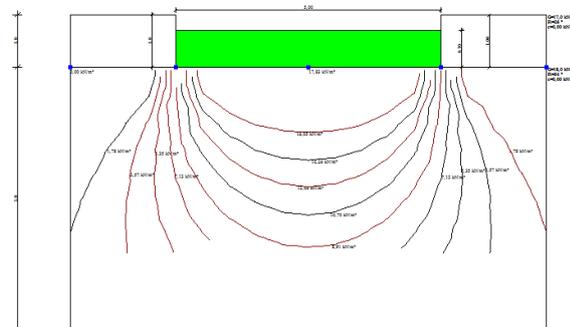
Tabulato calcolo resistenza di progetto

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2018
Larghezza fondazione	5,0 m
Lunghezza fondazione	5,0 m
Profondità piano di posa	1,0 m
Profondità falda	25,0

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0,067
Effetto sismico secondo	Paolucci e Pecker (1997)
Coefficiente sismico orizzontale	0,015



STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [kN/m³]	Gams [kN/m³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m²]	c Corr. [kN/m²]	cu [kN/m²]	Ey [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Ni	Cv [cmq/s]	Cs
1,0	17,0	17,0	26,0	26	0,0	0,0	0,0	5000,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5,0	18,0	18,0	35,0	35	0,0	0,0	0,0	20000,0	0,0	0,0	0,0	0,0

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult]	483,94 kN/m²
Resistenza di progetto [Rd]	268,85 kN/m²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	--

A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	18,88
Fattore [Nc]	40,07
Fattore [Ng]	38,37
Fattore forma [Sc]	1,58
Fattore profondità [Dc]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,56
Fattore profondità [Dq]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,7
Fattore profondità [Dg]	1,0

Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite	1213,53 kN/m ²
Resistenza di progetto	527,62 kN/m ²

Sisma

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	10,23
Fattore [Nc]	25,99
Fattore [Ng]	15,43
Fattore forma [Sc]	1,51
Fattore profondità [Dc]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,47
Fattore profondità [Dq]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,7
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0,99
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,99
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite	483,94 kN/m ²
Resistenza di progetto	268,85 kN/m ²

4-4) PERICOLO LIQUEFAZIONE TERRENI DI FONDAZIONE SOTTO L'AZIONE SISMICA

Con il termine "liquefazione" s'intende la diminuzione della resistenza al taglio causata, in un terreno sabbioso saturo durante le sollecitazioni sismiche, da un aumento delle pressioni neutre tale da produrre deformazioni significative o addirittura l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno. Esprimendo la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$t = c + (P_{tot} - U) \tan j$$

con
 c = coesione del terreno;
 P_{tot} = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine ;
 U = pressione interstiziale dell'acqua;
 j = angolo di resistenza al taglio del terreno;

risulta evidente che la grandezza $\langle t \rangle$ si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni in $c = 0$ e $(P_{tot} - U) = 0$.

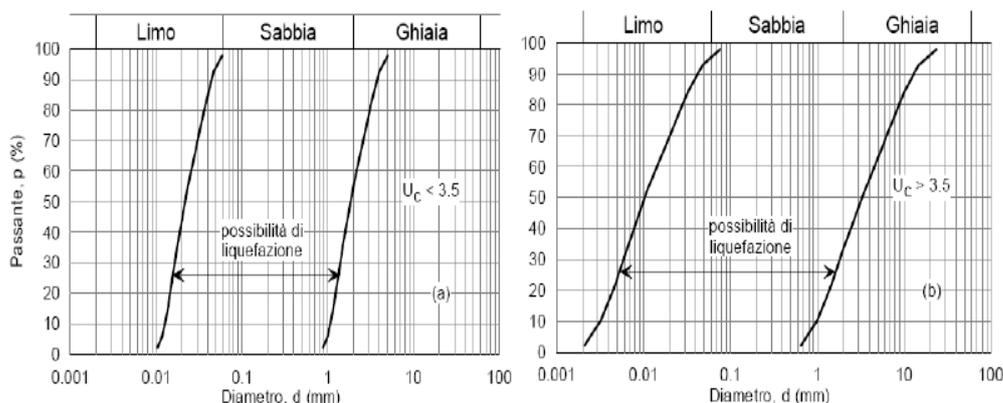
Il fenomeno della liquefazione non avviene in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa oppure con abbondanti ghiaia e ciottoli. La condizione b) si verifica quando la pressione interstiziale eguaglia la pressione totale esercitata a una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in

superficie ($P_{tot} = U$). Pertanto il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti superficiali non coesivi, posti sotto falda, in seguito a eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

Secondo il DM 17/01/2018 (§ 7.11.3.4.2), la verifica alla liquefazione può essere omessa al verificarsi di almeno una delle seguente condizioni:

- 1) Accelerazioni massime attese al piano campagna in situazioni di campo libero minori di 0.1g;
- 2) Profondità media della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub orizzontale e fondazioni superficiali;
- 3) Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura seguente: a) nel caso di terreni con coefficienti di uniformità $U_c < 3,5$; b) nel caso di terreni con coefficienti di uniformità $U_c > 3,5$.

Fig.B-5) Curve granulometriche di normativa



- 4) Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc1N > 180$, dove: $(n1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata a una tensione efficace verticale di 100 kPa; $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche normalizzate a una tensione efficace verticale di 100 KPa.

Da quanto sopra, nello specifico caso non risulta necessaria la verifica della suscettibilità alla liquefazione poiché si rientra contemporaneamente in n° 2 delle quattro condizioni illustrate:

- l'accelerazione massima attesa al sito ha valore di 0,067 g, pertanto inferiore a 0,1g;
- la falda freatica si attesta a profondità dell'ordine di - 25/30 m da piano campagna.

5) NOTE DI SINTESI - VALUTAZIONI CONCLUSIVE – ASPETTI PRESCRITTIVI

- L'ambito morfologico in cui rientra il sito d'installazione dell'impianto di distribuzione di GNL in progetto, è contraddistinto da condizioni di stabilità idrogeologica in quanto esterno ad aree interessate da problematiche connesse alla dinamica fluvio-torrentizia e di versante.
- Dal punto di vista litotecnico l'area è impostata su depositi d'origine fluvioglaciale, costituiti da ghiaie sabbiose localmente limose (livello stratigrafico/litotecnico 2) da mediamente addensate ad addensate caratterizzate da discrete proprietà geotecniche in termini di resistenza al taglio e deformazione, con al tetto un orizzonte di argille limose e materiali di riporto urbano (livello stratigrafico/litotecnico 1) di potenza decimetrica.
- La falda freatica, intesa quale orizzonte acquifero spazialmente continuo e a regime permanente, si attesta a profondità di - 25/ -30 m da p.c.
- In merito agli aspetti propriamente sismici, l'accelerazione massima attesa al sito riferita allo stato di salvaguardia della vita (SLV) risulta pari a $0,067 \cdot g$ nell'ipotesi, a favore della cautela, di un profilo di suolo sismico di normativa di tipo "C" e di una classe d'uso III) dell'impianto in progetto.
- Le fondazioni delle strutture da installare in progetto dovranno essere attestate entro il livello ghiaioso sabbioso (Livello stratigrafico/litotecnico 2) in modo da oltrepassare i terreni più superficiali (materiali di riporto e argille limose) e trasferire pertanto i carichi a un mezzo geotecnico idoneo in termini di resistenza al taglio e deformabilità.
- In conformità alla normativa del DM 17/01/2018, all'atto dell'esecuzione degli scavi di fondazione è necessaria una verifica e controllo delle ipotesi stratigrafiche e litotecniche formulate nel presente documento.

Da quanto sopra si conferma la fattibilità geologica e geotecnica dell'intervento in progetto nonché la sua compatibilità con le condizioni geomorfologiche esistenti