

REGIONE PIEMONTE (Provincia di Cuneo)

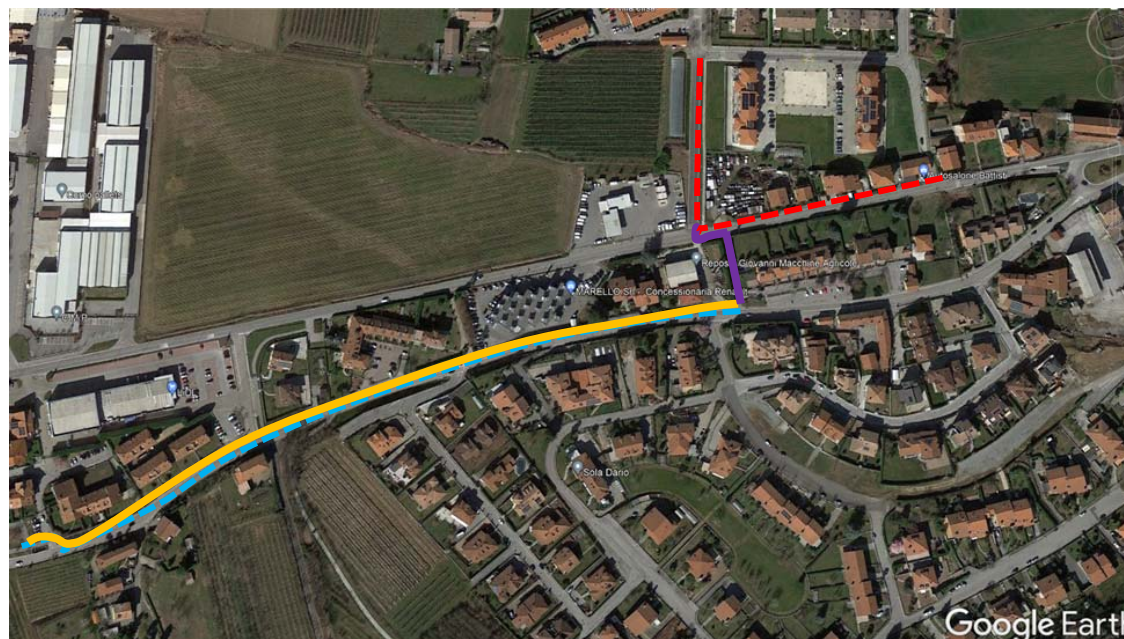


Committente:



ALPI ACQUE s.p.a.
 via S. Carello, 5 - 12038 Savigliano (CN)

**REALIZZAZIONE FOGNATURA NERA IN VIA PAGNO,
 VIA REVELLO E VIALE CLEMER
 in Comune di Saluzzo**



PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geologico-Geotecnica

CODICE DOCUMENTO

CODICE DOCUMENTO

1B - 616 - 01 - 00 . DOC



00	APR 2022	V. BARELLA	A. DENINA	M. CODO
REV.	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZAZIONE



INDICE

1. PREMESSA	1
2. INQUADRAMENTO GENERALE	2
3. ASSETTO MORFOLOGICO	3
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
4.1 Stratigrafia	5
5. ASSETTO IDROGEOLOGICO	5
6. LE INDAGINI CONDOTTE	7
6.1 Sondaggi geognostici	8
6.2 Indagine geofisica	9
7. STABILITA' DELL'AREA	10
7.1 La Banca Dati Geologica Regionale	10
7.2 La Direttiva 2007/60/CE (Direttiva alluvioni)	10
8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	11
8.1 Categoria del sottosuolo	13
8.2 Categoria topografica	14
8.3 Vita nominale e classe d'uso	14
8.4 Definizione degli spettri orizzontali e verticali	14
8.5 Calcolo dei coefficienti sismici kh e kv	15
8.6 Esclusione della verifica a liquefazione	16
9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	16
9.1 Definizione dei parametri geotecnici fondamentali	16
10. VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE	19
11. ACCORGIMENTI TECNICI ATTI A MITIGARE LE CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA	20

1. PREMESSA

La presente indagine geologica e geotecnica è svolta nell'ambito dell'incarico per "Servizi di ingegneria per la progettazione definitiva della realizzazione della fognatura nera nella zona est del Comune di Saluzzo", affidato a HYM Studio di Torino dalla società AlpiAcque S.p.A., gestore del sistema idrico integrato nel Comune di Saluzzo.

Gli interventi in progetto si sono resi necessari al fine di convogliare i reflui civili provenienti dalle abitazioni in prossimità di via Pagno, via Revello e viale Clemer, attualmente sprovviste di rete di raccolta, al depuratore di Saluzzo, collegandosi alla fognatura nera esistente all'incrocio tra viale Clemer e via Madre Teresa di Calcutta.

Tali interventi permetteranno di dismettere la stazione di sollevamento esistente in via Pagno angolo via Caduti sul Lavoro, un piccolo impianto di depurazione collinare ed una fossa Imhoff attualmente in capo al comune di Saluzzo, conseguendo risparmi gestionali, sia in termini di consumi energetici che in termini di manutenzione ordinaria e straordinaria.

In seguito ai sopralluoghi e alle indagini effettuate è stata redatta la presente relazione tecnica, condotta secondo quanto prescritto dal D.M. 14.03.1988 e dal D.M. 17.01.2018.

Nei capitoli che seguono viene illustrato il contesto morfologico e geologico interessato dagli interventi e sono analizzate le caratteristiche stratigrafiche e idrogeologiche dell'area sulla base delle indagini geognostiche reperite dallo scrivente. Inoltre, viene analizzata la stabilità dei luoghi e vengono definiti in prima approssimazione i parametri geotecnici dei terreni in cui si inseriscono le opere. Infine, è svolta la caratterizzazione sismica del sito e, con riferimento agli elaborati di progetto, vengono fornite alcune prescrizioni esecutive atte a mitigare le condizioni di pericolosità geologica locale.

2. INQUADRAMENTO GENERALE

In generale, l'area oggetto degli interventi si colloca a Ovest del concentrico principale di Saluzzo, inquadrandosi in un ambito mediamente abitato in cui si distribuiscono in egual misura aree urbanizzate e aree agricole. Il tracciato delle condotte in progetto si sviluppa essenzialmente lungo strade asfaltate comunali e lungo alcuni brevi tratti privi di urbanizzazione.

Cartograficamente è individuata nella Sezione 191140 della cartografia "BDTRE - Base Dati Territoriale di Riferimento degli Enti piemontesi" alla scala di 1:10.000, di cui si riporta uno stralcio nella Fig. 1.

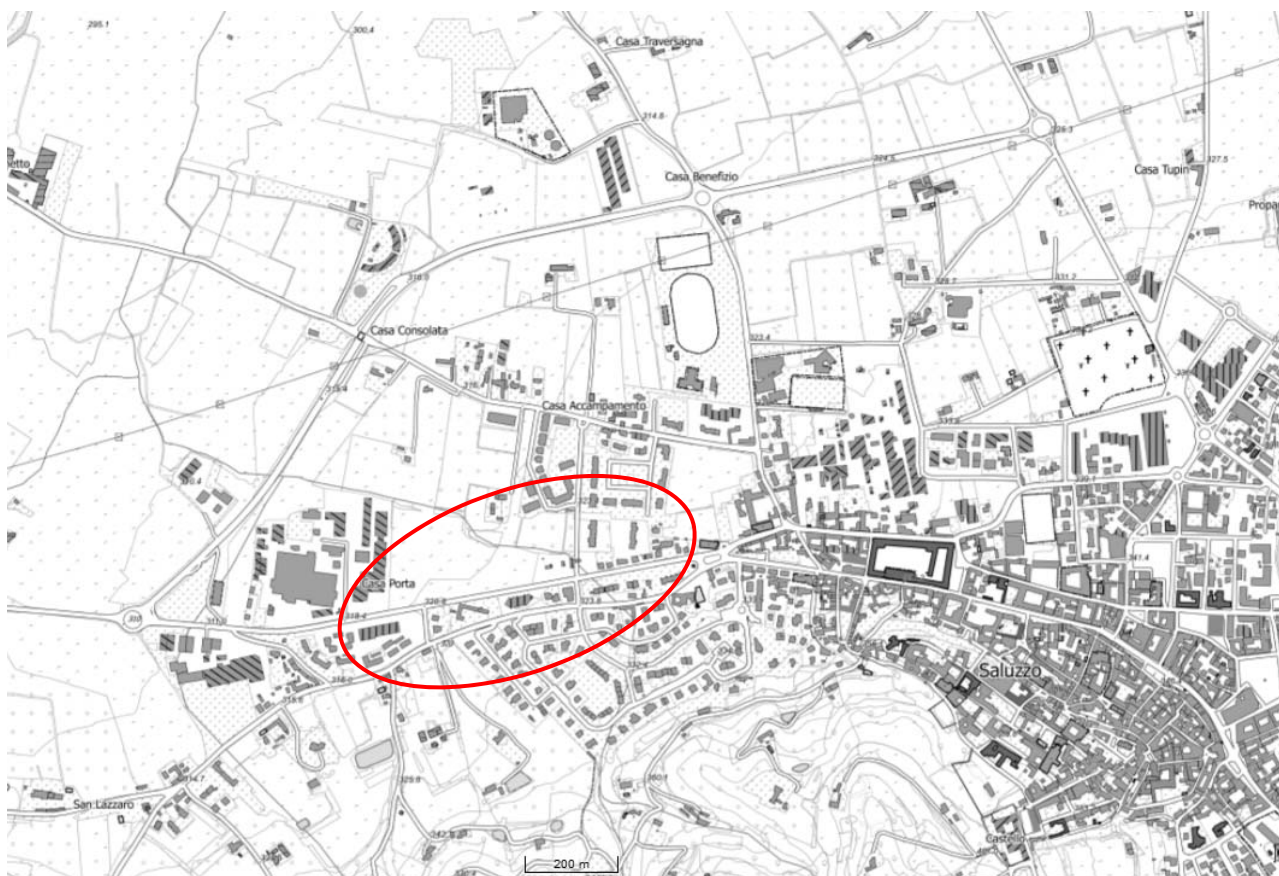


Fig. 1 - Ubicazione dell'area di intervento. Scala grafica

In particolare gli interventi si snodano lungo la seguente viabilità, come illustrato in Fig. 2 :

- via Pagno (da nodo A a nodo B - - direzione ovest-est);
- giardini di via Pagno (nodo B);
- via Pagno (da nodo B a nodo C - direzione sud-nord);
- via Revello (da nodo D a nodo C);
- viale Clemer (da nodo C a nodo E).

3. ASSETTO MORFOLOGICO

Dal punto di vista morfologico il settore di intervento è posto ad una quota altimetrica compresa tra 316 m s.l.m. (punto più a W) e 326 m s.l.m. (Punto più a E), estendendosi in un contesto riconducibile ai depositi alluvionali edificati dai corsi d'acqua in età da antica a recente nonché da alcuni depositi terrazzati di natura fluvioglaciale.

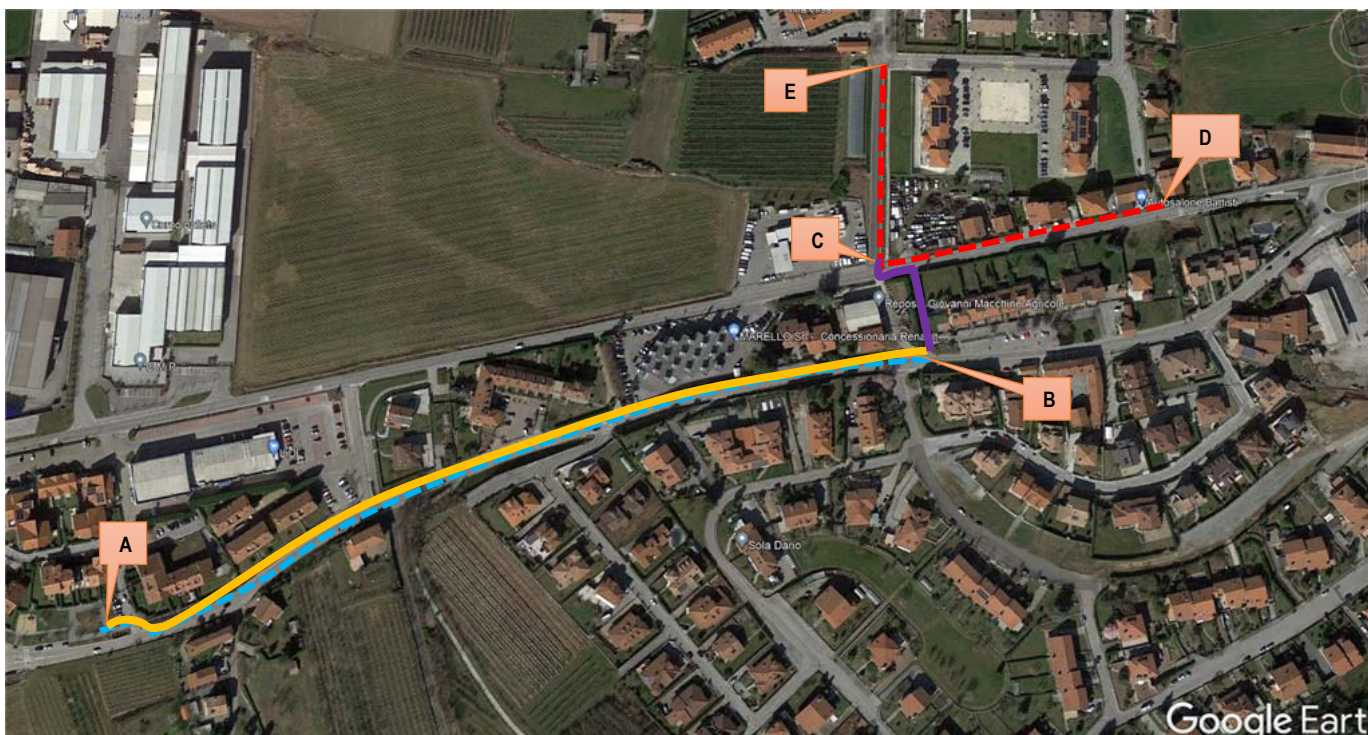


Fig. 2: Inquadramento dell'area con evidenziati i tratti di fognatura in progetto. Scala non definita.

Gli elementi morfologici caratterizzanti il contesto locale sono legati essenzialmente all'attività erosionale e deposizionale dei corsi d'acqua: la successione nel tempo di episodi caratterizzati da prevalente tendenza al deposito dei sedimenti trasportati dai corsi d'acqua ad altri in cui è prevalsa l'attività erosiva si è tradotta nel modellamento di una serie di ripiani (superfici di terrazzo) situati a quote differenti, tra loro delimitati da scarpate di erosione con altezza e pendenza variabili. Le diverse superfici di terrazzo sono tra loro distinguibili sulla base dell'età, della posizione morfologica, dell'altezza e della composizione litologica. Sul terreno le scarpate non sono sempre chiaramente evidenti, in quanto spesso obliterate dall'attività antropica che ha parzialmente cancellato o modificato le forme naturali originarie a causa degli interventi agricoli e di urbanizzazione succedutisi nel tempo.

In particolare, l'intera tratta fognaria si localizza sulla superficie di terrazzo inferiore, riconducibile ai depositi alluvionali medio recenti, sospesi di alcuni metri sugli alvei della rete idrografica attuale.

Per la naturale conformazione della superficie terrazzata, l'ambito di intervento è privo di particolari evidenze morfologiche, essendo unicamente caratterizzato da una superficie sub-pianeggiante molto uniforme, con debole inclinazione verso N. Unici, modesti, elementi morfologici presenti sono riconducibili al reticolo idrografico superficiale, qui rappresentato da alcune modeste incisioni secondarie approfondite di circa 1 m nel piano campagna.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'assetto geologico e stratigrafico è stato ricostruito facendo riferimento ai rilievi di terreno condotti, a studi geologici eseguiti in passato dallo scrivente in aree prossime a quella in esame e nello stesso contesto litostratigrafico e sulla base delle risultanze di alcuni sondaggi geognostici reperiti dallo scrivente presso la Banca Dati Geotecnica Regionale (cfr. Cap. 6.0). I dati scaturiti sono stati confrontati con gli elementi forniti dalla cartografia geologica ufficiale, in particolare dal "Foglio 80 Cuneo" della Carta Geologica d'Italia alla scala di 1:100.000, di cui si riporta uno stralcio nella sottostante Fig. 3.

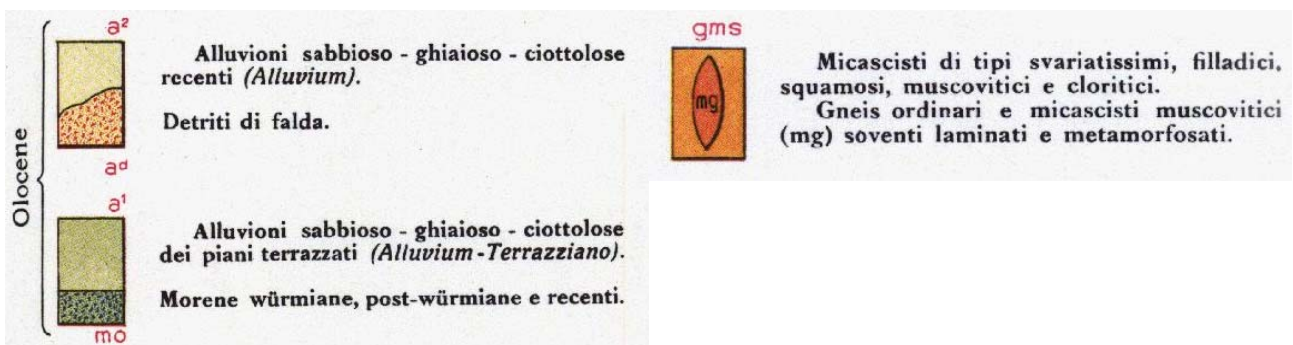


Fig. 3 - Stralcio della C.G.I., Foglio 80 Cuneo e relativa Legenda. In rosso è evidenziata l'area di intervento. Scala non definita.

Dal punto di vista geologico l'area si inquadra in un contesto caratterizzato da depositi di tipo continentale di età olocenica, riconducibili all'attività dei corsi d'acqua, in particolare del T. Varaita. Tali depositi, di natura alluvionale, sono cronologicamente riferibili alle "Alluvioni medio recenti" della Carta Geologica d'Italia.

Tali alluvioni litologicamente presentano una composizione essenzialmente ghiaioso-sabbiosa, con frazione fine sabbioso-limosa più o meno abbondante. Sono frequenti locali intercalazioni di sabbie più o meno pure, in forma di lenti o di livelli di spessore e superficie variabile: si origina così una stratificazione di tipo lenticolare, con sviluppo di eteropie e digitazioni. In profondità sono sporadicamente presenti livelli cementati che formano conglomerati la cui estensione e continuità sono limitate. La potenza della coltre alluvionale raggiunge 80-100 metri.

Al tetto della sequenza si estende uno strato di potenza mediamente decimetrica, a granulometria fine e di colore grigio-bruno, di natura essenzialmente limoso-sabbiosa, geneticamente riconducibile a processi di inondazione e di deposito da parte di correnti fluviali caratterizzate da bassa energia. Tale livello superficiale è localmente assente, specie nell'ambito urbano, in quanto asportato e sostituito da terreno di riporto di origine antropica, la cui natura e potenza è estremamente variabile.

4.1 Stratigrafia

Per la ricostruzione stratigrafica del sito si è fatto riferimento all'assetto litostratigrafico sopra descritto e alla stratigrafia di un sondaggio eseguito in prossimità dell'area (cfr. Cap. 6.0).

Dall'esame della stratigrafia è stato possibile ricostruire l'assetto stratigrafico locale.

Procedendo dai termini più recenti ai più antichi (ossia, dai più superficiali ai più profondi), si rileva la seguente successione.

- Alla quota del piano campagna e per una profondità dell'ordine di 0.5÷1.0 m si rileva il terreno vegetale, localmente sostituita dalla fondazione stradale, dal pacchetto di asfalto e da materiale di riporto antropico in generale.
- Inferiormente si estende un complesso essenzialmente sabbioso-limoso con rara ghiaia
- Al di sotto si rileva la presenza di ghiaie in matrice sabbiosa, localmente prevalente rispetto lo scheletro litoide (Alluvioni medio recenti) presente almeno fino a 25 m di profondità.

In sintesi, la successione stratigrafica sopra descritta può essere riassunta e schematizzata come segue:

- Terreno vegetale
- Sabbia limosa
- Ghiaia sabbiosa e sabbia

5. ASSETTO IDROGEOLOGICO

I depositi alluvionali sono caratterizzati da una permeabilità per porosità di grado da medio a medio-elevato, corrispondente ad un valore del coefficiente di permeabilità K dell'ordine di 10^{-3} m/s. Tali depositi costituiscono nel complesso un unico, continuo e potente sistema acquifero contenente una falda freatica, ossia non limitata superiormente, molto produttiva, specie in corrispondenza dei livelli caratterizzati da granulometria più grossolana. L'alimentazione della falda è riconducibile principalmente all'infiltrazione diretta delle acque di precipitazione meteorica e, in seconda misura, dalle perdite di subalveo della rete idrografica di superficie.

L'infiltrazione delle acque meteoriche è in generale favorita dalla permeabilità dei depositi alluvionali; dove invece sono presenti suoli impermeabili o ambiti cementati antropici posti a copertura di tali depositi, l'infiltrazione superficiale risulta essere drasticamente ridotta.

Sulla base dei dati idrogeologici disponibili, si individua una direzione principale di deflusso delle acque sotterranee orientata in senso SW-NE, anche se localmente è possibile riscontrare variazioni di direzione legate

a fattori litologici. Tale direzione di flusso è in accordo sia con l'andamento morfologico dominante, sia con gli abbondanti dati bibliografici reperibili in letteratura.

La Fig. 4 riporta l'andamento delle isopieze in prossimità dell'area di intervento e la direzione dei principali deflussi sotterranei, tratto dal Geoportale di Arpa Piemonte, tema *"Idrogeologia della pianura piemontese"*.

Per quanto riguarda la soggiacenza della falda freatica, non è stato possibile effettuare una misura diretta di tale parametro in corrispondenza dell'area per la mancanza di punti accessibili.

Per la valutazione della profondità a cui si livella la falda freatica, sono stati quindi consultati i seguenti documenti e cartografie:

- Provincia di Torino - Area Ambiente, Parchi, Risorse Idriche e Tutela della Fauna - *"La soggiacenza della falda freatica nell'ambito provinciale"*;
- Regione Piemonte, Direzione Pianificazione Risorse Idriche - *"Idrogeologia della Pianura Piemontese, 2005"*.
- Regione Piemonte, Direzione Pianificazione Risorse Idriche *"Carta delle isopiezometriche della falda idrica a superficie libera relativa al territorio di pianura della Regione Piemonte alla scala 1:250.000"*.

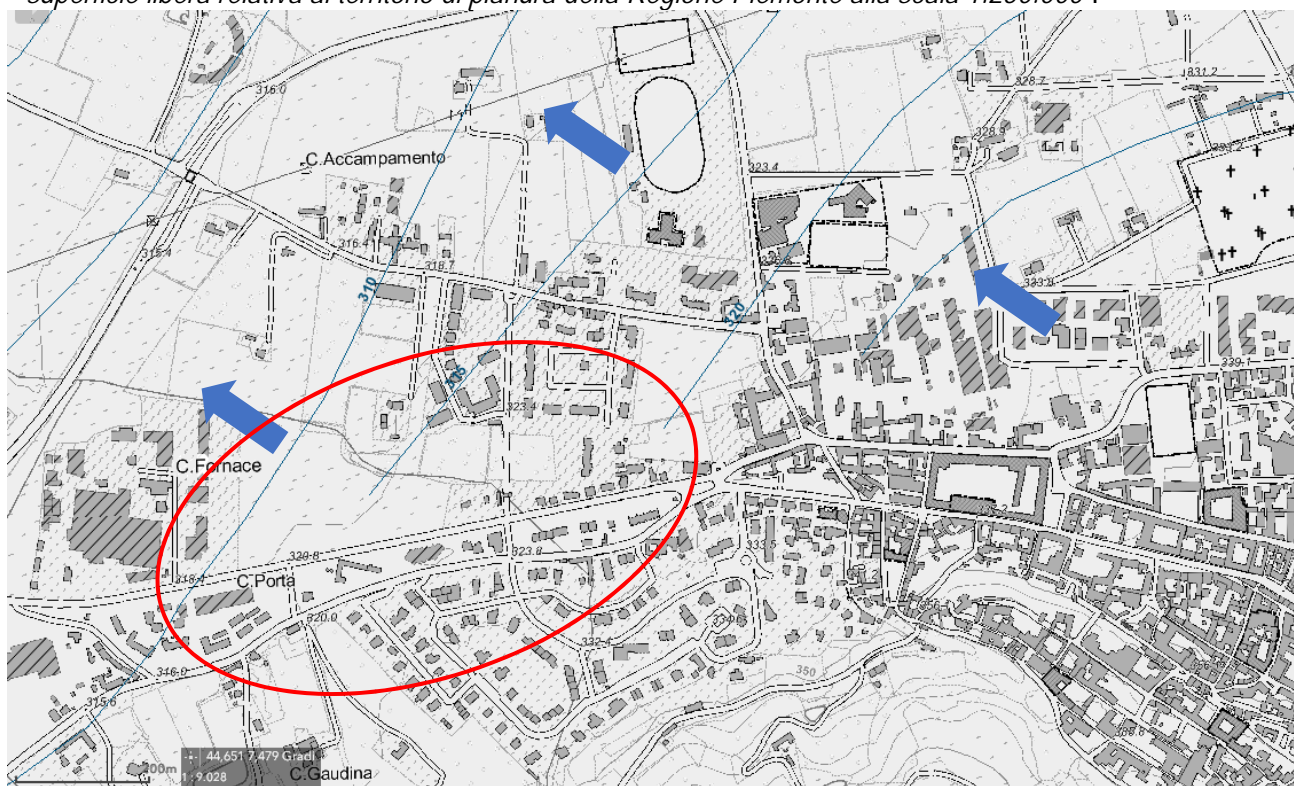


Fig. 4 - Isopiezometriche. Geoportale Arpa Piemonte. Le frecce blu indicano la direzione principale dei deflussi sotterranei, In rosso l'area di intervento. Scala grafica.

I dati bibliografici citati sono concordi nell'individuare una soggiacenza della falda freatica nell'areale di interesse dell'ordine di dell'ordine di 5÷10m dal piano campagna.

Tale valore è suscettibile di variazioni a seconda del ciclo stagionale di ricarica o svuotamento del sistema acquifero. Infatti, il periodo invernale è caratterizzato da una scarsa ricarica dell'acquifero e quindi dal suo progressivo svuotamento, a cui corrispondono valori di soggiacenza più elevati. Nel periodo tardo primaverile, invece, si registra una naturale risalita del livello piezometrico, coincidente con il ciclo di ricarica del sistema, regolato dagli apporti delle precipitazioni meteoriche che caratterizzano tale stagione e allo scioglimento delle nevi in montagna.

I valori di 5÷10 m indicati rappresentano quindi il livello minimo e massimo della soggiacenza, corrispondenti alle naturali oscillazioni del livello piezometrico. In occasione dei periodi di ricarica del sistema, ci si deve aspettare quindi una risalita del livello della falda freatica prossima a 5 m dal p.c., come anche indicato nella cartografia redatta dall'ARPA Piemonte - *"Idrogeologia nella pianura piemontese"*, di cui si riporta uno stralcio nella Fig. 5.



Fig. 5 - La soggiacenza della falda nell'area di interesse, evidenziata dal cerchio rosso e relativa legenda. Scala grafica.

6. LE INDAGINI CONDOTTE

Ai fini del presente studio sono state analizzate alcune indagini geognostiche e geofisiche eseguite in prossimità dell'area di intervento, reperibili presso la Banca Dati Geotecnica dell'Apra Piemonte. In particolare sono state prese in considerazione le seguenti indagini:

- sondaggio geognostico S3 (Cod. perforazione 103730), ubicato 2.1 km a ENE di via Pagno in corrispondenza dell'attraversamento della Linea F.S. Saluzzo-Savigliano sul Rio Tagliata

- sondaggio geognostico S4 (Cod. perforazione 103731), ubicato 2.5 km a NE di via Pagno in corrispondenza dell'attraversamento della S.S. n. 63 sul Rio Tagliata
- indagine geofisica mediante MASW, effettuata 100 m a Est di via Revello, in località N.S. della Consolata (scuola Musso).

L'ubicazione delle indagini è riportata in Fig. 6.

6.1 Sondaggi geognostici

I sondaggi geognostici S3 ed S4 sono stati entrambi realizzati nel mese di novembre 1992, raggiungendo rispettivamente la profondità di 20 m e di 25 m dal p.c.

Le perforazioni sono state condotte a rotazione con carotaggio continuo del terreno attraversato, permettendo la ricostruzione stratigrafica dei primi metri del sottosuolo, raggiungendo e indagando anche i terreni alluvionali profondi.



Fig. 6 - Ubicazione delle indagini geognostiche e geofisiche. Il cerchio rosso indica l'area oggetto di intervento. Scala non definita.

In sintesi, la sequenza stratigrafica dei due sondaggi è riportata nelle tabelle seguenti.

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
S3	Saluzzo	CN	Linea F.S. Saluzzo-Savigliano attraversamento Rio Tagliata
Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione	
103730	0.40	terreno vegetale	
103730	1.60	limo e sabbia fine con rari clasti ghiaiosi	

103730	2.20	ghiaia sabbioso limosa con rari ciottoli
103730	5.40	ghiaia ciottolosa con sabbia e debole matrice limosa
103730	10.00	ghiaia ciottolosa in matrice limoso argillosa
103730	12.00	sabbia fine limosa con rari ciottoli e clasti ghiaiosi a volte alterati e sfatti
103730	13.20	ghiaia ciottolosa in matrice sabbioso limosa clasti alterati
103730	15.60	ciottoli e ghiaia in matrice fine limoso sabbiosa
103730	16.80	ghiaia e ciottoli con matrice limosa a volte sabbiosa
103730	20.00	ciottoli e ghiaia con abbondante matrice limoso sabbiosa con presenza di clasti alterati

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
S4	Saluzzo	CN	S.S. n. 663 attraversamento Rio Taglata
Profondità (m)	Descrizione		
0.50	terreno vegetale		
2.10	sabbia limosa con rari clasti ghiaiosi e/o ciottolosi		
5.00	ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa a volte limosa a tratti abbondante		
6.60	ghiaia ciottoloso limosa con sabbia con presenza di clasti alterati		
8.00	ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa debolmente limosa		
10.00	ghiaia e ciottoli in abbondante matrice sabbioso argillosa		
11.70	ghiaia ciottolosa in matrice sabbiosa a tratti limosa compatta		
13.90	sabbia limosa con ciottoli e trovanti		
15.00	ghiaia limoso sabbiosa con rari ciottoli		
16.50	ghiaia ciottolosa in abbondante matrice limoso sabbiosa		
17.00	sabbia debolmente ghiaioso ciottolosa in abbondante limo		
18.60	ghiaia ciottoloso limosa con sabbia		
23.40	ghiaia e ciottoli in matrice sabbioso limosa con presenza di passate sabbiose e di passate limose		
25.00	ghiaia ciottolosa in matrice limoso sabbiosa		

6.2 Indagine geofisica

L'indagine geofisica tipo MASW ha permesso di stimare il parametro V_{seq} , necessario per la caratterizzazione sismica locale (cfr. Cap. 8.0).

I risultati della MASW sono riportati nella tabella seguente.

Codice indagine	Località	Comune	Provincia	Data indagine	Tipo indagine
SALUZZO_Scuola_Musso-MASW	N.S.della Consolata	Saluzzo	CN	9/5/2018	MASW

Profondità (m)	Vs
1.00	264.00000
2.30	280.00000
4.00	303.00000
6.00	379.00000
8.50	511.00000
11.70	600.00000
15.70	648.00000
20.70	669.00000
26.90	655.00000
33.60	821.00000

In sintesi, i risultati dell'indagine sono così riassumibili:

- il sismostrato caratterizzato da $V_s > 800$ m/s in corrispondenza del sito è stato rilevato nei primi 30 m di profondità dal piano campagna (26.90 m)
- il parametro V_{seq} è pari a 510 m/s, considerando come riferimento il piano campagna
- secondo il D.M. 17.01.2018 - Tab. 3.2.II, il sito rientra nella categoria di sottosuolo B (Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.).

7. STABILITA' DELL'AREA

Per la sua naturale conformazione il sito di intervento non è coinvolgibile in fenomeni dissestivi legati alla dinamica di versante. Sono invece possibili processi di instabilità legati alla dinamica fluviale o a fenomeni di risalita della falda freatica fino in prossimità del piano di campagna

A conferma di quanto sopra, sono stati consultati i documenti relativi alla dissestabilità presenti negli allegati tecnici dei P.R.G.C. di Saluzzo

7.1 La Banca Dati Geologica Regionale

E' stata consultata la Banca Dati Regionale presente sul Geoportale della Regione Piemonte, relativamente ai fenomeni alluvionali identificati e cartografati dai diversi competenti Enti regionali e nazionali.

Gli elaborati consultati permettono di accertare l'assenza di fenomeni di dissesto lungo la tratta interessata dal canale in progetto, anche in occasione dei gravosi eventi alluvionali del novembre 1994 e dell'ottobre 2000 e del novembre 2016.

Inoltre, le aree oggetto di intervento non sono interessate dalle perimetrazioni delle Fasce Fluviali individuate dal Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

7.2 La Direttiva 2007/60/CE (Direttiva alluvioni)

La Direttiva 2007/60/CE, recepita con D.lgs. 49/2010, ha imposto alle Autorità di bacino distrettuali di redigere i Piani di gestione del rischio di alluvioni (PGRA), al fine di evidenziare il rischio per la salute umana, il territorio, l'ambiente e le attività economiche e sociali, derivanti dalle alluvioni. Nell'ambito dei Piani di gestione sono affrontati, a scala di distretto idrografico, gli aspetti legati ai fenomeni alluvionali, definendo il quadro della

pericolosità e del rischio, gli interventi (strutturali e non) da attuare sul territorio per la riduzione del rischio, nonché le misure per la gestione delle emergenze da rischio idraulico ai fini di protezione civile.

La Fig. 7 riporta lo scenario di pericolosità legata alla presenza di conoidi stabilizzati, caratterizzata da una bassa probabilità di riattivazione.

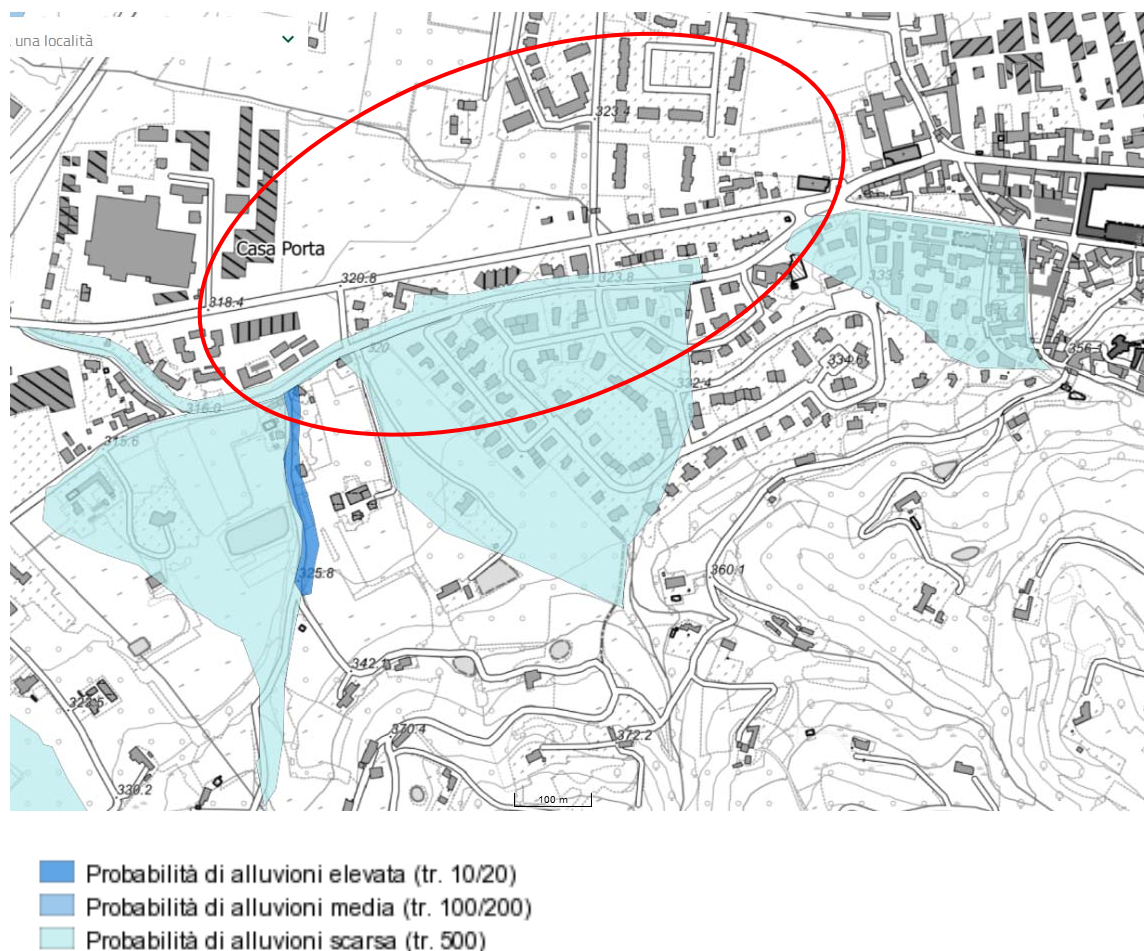


Fig. 7 - Scenari Alluvioni - Pericolosità. Il cerchio rosso indica l'area in esame e relativa legenda. Scala grafica.

La Fig. 8, alla pagina seguente, riporta lo scenario di rischio.

8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite che si prendono in considerazione, viene definita dal D.M. 17.01.2018 partendo dalla "pericolosità di base" del sito di interesse, che è appunto l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Le pericolosità sismica di base di un sito è descritta dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo ("periodo di riferimento" V_R espresso in anni) nel sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" P_{VR} .

La pericolosità sismica è definita:

- in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su un sito di riferimento rigido (categoria A), con superficie topografica orizzontale (categoria T1);

- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .



- R1 - Rischio moderato
- R2 - Rischio medio
- R3 - Rischio elevato
- R4 - Rischio molto elevato

Fig. 8 - Scenari di rischio e relativa legenda. Il cerchio rosso indica l'area in esame. Scala grafica.

Ai fini del D.M. 17.01.2018 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri spettrali, validi per un sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g : accelerazione orizzontale massima al sito (g è l'accelerazione di gravità)

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T^*C : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Partendo dalle seguenti coordinate del comune di Saluzzo:

Long. (°)	Latit. (°)
7.493	44.646

e in relazione alle informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nella Tab. 1 dell'Allegato B del D.M. 14.01.2008, così come previsto dal Cap. 3.2 del D.M. 17.01.2018, sono stati determinati i seguenti parametri spettrali per i 9 periodi di ritorno T_R di riferimento:

Media dei valori dei parametri dei 4 punti per la località in esame	T_R	a_g	F_0	T^*c
	[anni]	[g/10]	[adm]	[s]
	30	0.358	2.47	0.20
	50	0.465	2.46	0.22
	72	0.551	2.48	0.23
	101	0.640	2.49	0.24
	140	0.739	2.48	0.25
	201	0.858	2.48	0.25
	475	1.190	2.48	0.27
	975	1.513	2.51	0.27
2475	1.999	2.53	0.29	

Come già detto, i valori dei parametri a_g , F_0 e T^*C determinati sono relativi a situazioni geologiche corrispondenti ad un sito con assenza di effetti locali dei terreni, ossia con presenza di substrato sismico affiorante o subaffiorante ed in condizioni morfologiche pianeggianti. In mancanza di determinazioni specifiche finalizzate alla valutazione della risposta sismica locale, è necessario modificare la forma spettrale calcolata attraverso i seguenti coefficienti di amplificazione: S_S (coeff. stratigrafico), S_T (coeff. topografico) e C_C che modifica il valore del periodo T_C . Tali coefficienti dipendono a loro volta dalla categoria del sottosuolo e da quella topografica del sito (vedi § 8.1 e § 8.2).

Per la definizione degli spettri di risposta è inoltre necessario definire anche la "vita nominale" (V_N) e la "classe d'uso" dell'opera strutturale. La vita nominale V_N dipende dal "tipo di costruzione" ed è intesa come il numero di anni nel quale la struttura deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata; la classe d'uso è relativa alla tipologia di utilizzo e alle conseguenze di un eventuale interruzione dello stesso.

8.1 Categoria del sottosuolo

In assenza di misure dirette della risposta sismica locale, la categoria di sottosuolo può essere ricavata mediante un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_{Seq} . Tale parametro si ottiene calcolando la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione. Nel caso di profondità del substrato (definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s) superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{Seq} è definita dal parametro V_{S30} .

I valori di V_{Seq} possono essere ottenuti mediante specifiche prove oppure, limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite adeguate relazioni empiriche con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche.

Nel caso in esame, gli elementi distintivi dell'unità litologica costituente il piano di fondazione delle opere (complesso alluvionale) sono così riassumibili, sulla base dei risultati dell'indagine sismica MASW a cui si è fatto riferimento (cfr. Cap. 6.0):

- terreni a grana grossa addensati
- valore di V_{Seq} riferita al piano di campagna pari a 510 m/s
- profondità del substrato sismico inferiore a 30 m

In base a quanto riportato nella Tab. 3.2.II del D.M. 17.01.2018, i terreni in esame appartengono alla **CATEGORIA B** (*“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”.*).

8.2 Categoria topografica

In caso di condizioni topografiche lineari la categoria del sito si determina in base alle indicazioni riportate nella Tab. 3.2.IV del D.M. 17.01.2018. Nel caso in esame, il sito appartiene alla **CATEGORIA T1**, corrispondente a *“superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <15°”.*

8.3 Vita nominale e classe d'uso

Le opere in progetto possono essere classificate tra le costruzioni di **TIPO 2** a cui appartengono le *“Costruzioni Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale”* (Tab. 2.4.I del D.M. 17.01.2018). A tale tipologia di opera corrisponde una $V_N \geq 50$ anni. La classe d'uso si ritiene essere la **CLASSE II**, che individua le *“costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti”.*

8.4 Definizione degli spettri orizzontali e verticali

Per la definizione degli spettri di risposta elastici si è utilizzato il foglio di calcolo “Spettri-NTC ver. 1.0.3”, che ha permesso di calcolare il valore dei parametri di cui sopra, riportati nelle tabelle che seguono.

§ 2.4 - D.M. 17.01.2018		
V_N	100	[anni]
Classe	II	
C_U	1.0	[adm]
V_R	100	[anni]

Stratigrafia - Topografia		
Cat. sottosuolo	B	
Cond. topografia	T1	
S_T	1,0	[adm]

Dissipaz. convenz.	
ξ	η
[adm]	[adm]
5,0%	1,00

Valori costanti per spettro verticale			
$S_{s,v}$	$T_{B,v}$	$T_{c,v}$	$T_{D,v}$
[adm]	[s]	[s]	[s]
1,0	0,05	0,15	1,00

Valori per spettro in spostamento	
T_E	T_F
[s]	[s]
6,0	10,0

§ 3.2.1 - D.M. 17.01.2018			
		P_{VR}	T_R
		[adm]	[anni]
SLE	SLO	81%	60
	SLD	63%	101
SLU	SLV	10%	949
	SLC	5%	1950

Valori interpolati		
a_g	F_0	T_c^*
[g/10]	[adm]	[s]
0.506	2.47	0.23
0.640	2.49	0.24
1.499	2.51	0.28
1.861	2.53	0.29

Valori ricavati da a_g , F_0 , e T_c^*						
S_s	C_c	S	T_B	T_c	T_D	F_v
[adm]	[adm]	[adm]	[s]	[s]	[s]	[adm]
1.20	1.48	1.20	0.11	0.34	1.80	0.75
1.20	1.46	1.20	0.12	0.35	1.86	0.85
1.20	1.42	1.20	0.13	0.40	2.20	1.31
1.20	1.41	1.20	0.14	0.41	2.34	1.47

Dove tutti simboli sono già stati definiti ad eccezione di:

C_U : coefficiente d'uso, legato a V_R e V_N dalla relazione $V_R = V_N \cdot C_U$

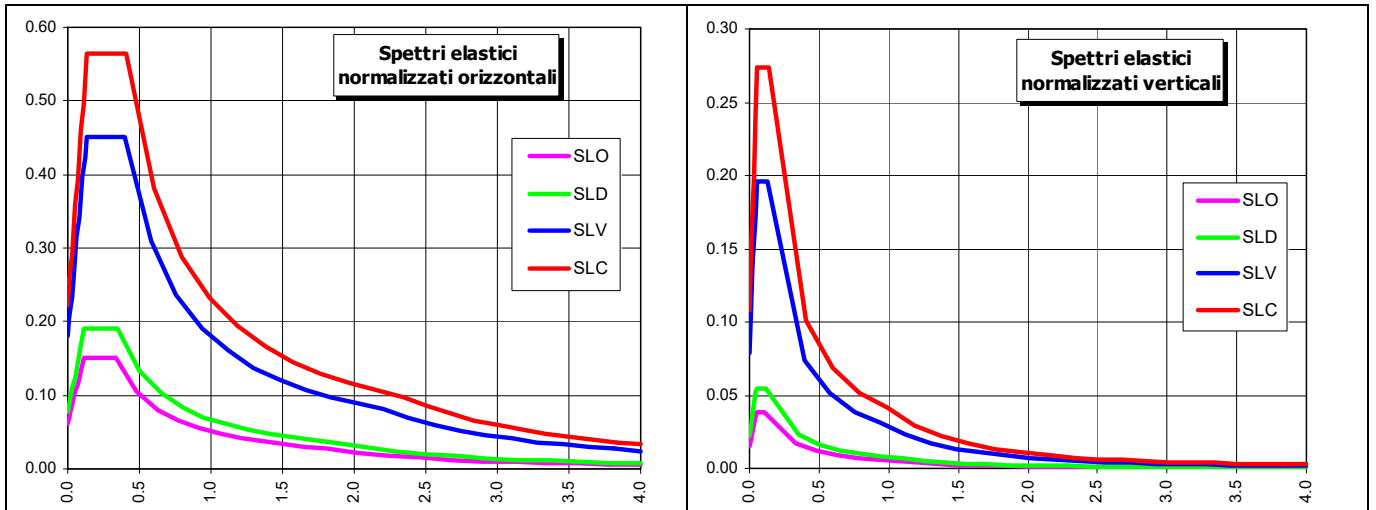
S_T : è il coefficiente di amplificazione topografica

ξ e η : fattori dipendenti dal terreno di fondazione

T_B, T_C, T_D, T_E, T_F : periodi corrispondenti ai diversi tratti dello spettro

S : coefficiente relativo alla categoria del sottosuolo e della topografia ($S = S^S \cdot S^T$)

F_V : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima



8.5 Calcolo dei coefficienti sismici k_h e k_v

I coefficienti sismici orizzontale (K_h) e verticale (K_v) sono determinati con le seguenti relazioni:

$$K_h = \beta_s \cdot (a_{max}/g) \quad K_v = \pm 0.5 \cdot K_h$$

Essendo:

$$a_{max} = ag(m/s^2) \cdot S \quad \text{dove: } ag(m/s^2) = ag(g) \cdot 9.81$$

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, ricavabile dalla

Tabella 7.11.I (D.M. 17.01.2018), di seguito riportata:

Valori di β_s - Tab. 7.11.I

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

La tabella seguente riporta i dati utilizzati e la soluzione dei calcoli:

		ag	ag	S^*	ag	a max	β_s	K_h	K_v
		[g/10]	[g]	[adm]	[m/s ²]	[m/s ²]	[adm]	[adm]	[adm]
SLE	SLO	0.506	0.0506	1.20	0.496	0.596	0.24	0.015	0.007
	SLD	0.640	0.0640	1.20	0.628	0.753	0.24	0.018	0.009
SLU	SLV	1.499	0.1499	1.20	1.471	1.765	0.24	0.043	0.022
	SLC	1.861	0.1861	1.20	1.826	2.191	0.24	0.054	0.027

8.6 Esclusione della verifica a liquefazione

Per tale verifica si è fatto riferimento al § 7.11.3.4.2 del D.M. 17.01.2018, che individua i motivi di esclusione dalla verifica a liquefazione dei terreni, che può essere omessa se interviene almeno una delle circostanze indicate. Nel caso in esame interviene la seguente circostanza:

- accelerazioni massime “ag” attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1 g

Appurato ciò, **la verifica alla liquefazione non è necessaria.**

9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La caratterizzazione geotecnica dei terreni presenti è stata svolta rifacendosi ad un modello geotecnico monostrato; nell’analisi non si è considerato infatti il suolo superficiale che verrà asportato in seguito alle operazioni di scavo per la posa in opera delle condotte fognarie, che saranno impostate nell’ambito del complesso alluvionale profondo. Ci si è quindi riferiti unicamente al complesso ghiaioso-sabbioso sottostante la coltre superficiale. Per la definizione dei parametri geotecnici fondamentali (peso di volume γ , angolo di attrito φ , coesione c , densità relativa D_r , modulo elastico E si è fatto ricorso ai risultati dei sondaggi già descritti al Cap. 6.0 e ad alcune indagini geotecniche condotte in passato dal sottoscritto in un’area prossima al sito in esame e nello stesso contesto litostratigrafico, nonché basandosi sui dati presenti negli elaborati tecnici del PRG di Fossano e sugli abbondanti dati riguardanti i litotipi presenti reperibili in letteratura (LAMBE & WHITMAN, 1969; NAVFAC, 1971; LANCELOTTA, 1987).

Considerata l’ordinarietà delle opere in progetto, non sono state condotte specifiche indagini geotecniche di dettaglio. A tale proposito si sottolinea che i valori indicati dei parametri geotecnici sono da intendersi esclusivamente come indicativi. Qualora fosse necessario, nelle successive fasi progettuali i parametri geotecnici indicati potranno essere confermati tramite opportune indagini geognostiche e prove geotecniche appositamente realizzate nell’ambito del sito di intervento.

9.1 Definizione dei parametri geotecnici fondamentali

La tendenza di un materiale granulare (un “terreno” in senso geotecnico) ad opporsi alla deformazione è nota come “resistenza al taglio”; il criterio descrittivo più in uso del comportamento di un terreno sottoposto a sforzo è quello esplicitato dall’equazione di COULOMB (1773):

$$\tau = c + (\sigma - u) * \tan \varphi$$

che lega la resistenza al taglio τ disponibile lungo una superficie di scorrimento al valore della tensione normale σ agente sul piano medesimo (al netto dell’eventuale spinta idrostatica u) e al valore assunto da due parametri caratteristici del terreno stesso: la coesione “ c ” e l’angolo di resistenza al taglio “ φ ”.

I materiali presenti sono da considerare granulari, per cui le analisi sono state svolte in termini di tensioni efficaci in ambito di coesione nulla ($c=0$).

Il valore dell’angolo di resistenza al taglio (φ') è derivabile dalla densità relativa (D_r) del materiale, a sua volta correlabile al valore N_{SPT} .

Inoltre, per quanto riguarda l’angolo di resistenza al taglio, in problemi che comportino il raggiungimento di deformazioni significative (spinta passiva delle terre, capacità portante dei terreni di fondazione), con innesco di fenomeni di rottura progressiva, la resistenza disponibile mobilitabile non è già quella che compete all’angolo di

resistenza al taglio di "picco" (φ'), più elevato, ma a quello a "volume costante" (φ_{cv}), la cui determinazione avviene attraverso opportune formule di conversione (tra le quali quella di VESIC). In ambito fondazionale, a favore di sicurezza, è quindi consigliabile usare il valore di φ_{cv} .

Per la determinazione dei parametri geotecnici fondamentali sono state prese in considerazione le seguenti relazioni:

- **Peso di volume γ**

<p>BOWLES (1982) Presenza della falda</p>	$\gamma = \frac{1}{a - b \cdot N_{SPT}}$ <p>dove: $N_{SPT} < 18$: $a = 0.5449$, $b = 0.0025$ $N_{SPT} \geq 18$: $a = 0.59$, $b = 0.0056$</p>
---	---

<p>MEYERHOF (1965)</p>	$\gamma = 1.29968 + 0.05291 \cdot N_{SPT_{corr}} + 0.00106 \cdot (N_{SPT_{corr}}^2 + 7.58E-06 \cdot N_{SPT_{corr}}^3)$
------------------------	--

- **Densità relativa D_r**

<p>GIBBS & HOLTS (1957)</p>	$D_r = \left\{ \left[1.5 \left(\frac{N}{F} \right)^{0.222} \right] - 0.6 \right\}$ <p>con $F = 0.0065 \cdot \sigma_{v0}^2 + 1.68 \cdot \sigma_{v0} + 14$ dove σ_{v0}: tensione verticale totale (t/m²)</p>
---------------------------------	---

<p>MEYERHOF (1957)</p>	$D_r = 21 \sqrt{\frac{N_{SPT}}{\sigma'_v + 0.7}}$ <p>dove σ'_v: tensione verticale efficace (kg/cm²)</p>
------------------------	---

<p>BAZARAA (1967)</p>	<p>Per $\sigma'_v \leq 0.732$ kg/cm²: $D_r = \sqrt{\frac{N_{SPT}}{20 \cdot (1 + 4.1 \cdot \sigma'_{v0})}}$</p> <p>Per $\sigma'_v > 0.732$ kg/cm²: $D_r = \sqrt{\frac{N_{SPT}}{20 \cdot (3.24 + 1.024 \cdot \sigma'_{v0})}}$</p> <p>dove:</p>
-----------------------	---

	σ'_v : tensione verticale efficace (kg/cm ²) σ_{v0} : tensione verticale totale
--	--

• **Angolo di resistenza al taglio (φ)**

SHIOI & FUKUNI J.N.R. (1982) - [JNR]	$\varphi = 0.3 \cdot N_{SPT} + 27$
---	------------------------------------

SCHMERTMANN (1975)	$\varphi = \text{tg}^{-1} \left[\frac{N_{SPT}}{\left(12.2 + 20.3 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)} \right]^{0.34}$ σ_{v0} : tensione verticale totale (t/m ²) p_a : pressione atmosferica
--------------------	---

SCHMERTMANN (1978)	$\varphi = a + b \cdot Dr$ <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td>Sabbia fine uniforme:</td> <td style="text-align: right;">a = 28</td> <td style="text-align: right;">b = 0.14</td> </tr> <tr> <td>Sabbia media uniforme o fine ben gradata:</td> <td style="text-align: right;">a = 31.5</td> <td style="text-align: right;">b = 0.10</td> </tr> <tr> <td>Sabbia grossa uniforme o media ben gradata:</td> <td style="text-align: right;">a = 34.5</td> <td style="text-align: right;">b = 0.10</td> </tr> <tr> <td>Ghiaietto uniforme o sabbie e ghiaie poco limose:</td> <td style="text-align: right;">a = 38</td> <td style="text-align: right;">b = 0.08</td> </tr> </table>	Sabbia fine uniforme:	a = 28	b = 0.14	Sabbia media uniforme o fine ben gradata:	a = 31.5	b = 0.10	Sabbia grossa uniforme o media ben gradata:	a = 34.5	b = 0.10	Ghiaietto uniforme o sabbie e ghiaie poco limose:	a = 38	b = 0.08
Sabbia fine uniforme:	a = 28	b = 0.14											
Sabbia media uniforme o fine ben gradata:	a = 31.5	b = 0.10											
Sabbia grossa uniforme o media ben gradata:	a = 34.5	b = 0.10											
Ghiaietto uniforme o sabbie e ghiaie poco limose:	a = 38	b = 0.08											

La soluzione dei calcoli secondo le diverse metodologie proposte dagli autori sopra citati, ha permesso di determinare i valori dei parametri geotecnici, i quali sono stati mediati, ottenendo i risultati riportati nella seguente tabella.

Parametri geotecnici	Depositi alluvionali
Peso di volume (γ)	18 ÷ 19 kN/m ³
Coesione (c)	0 kPa
Angolo di res. al taglio di picco (φ')	27° ÷ 29°
Ang. res. al taglio a vol. cost. (φ_{cv})	23° ÷ 25°
Densità relativa (Dr)	≈ 30 %

10. VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE

Il calcolo della capacità portante del terreno di fondazione della condotta fognaria è stato condotto unicamente al fine di fornire una valutazione preliminare ed indicativa di tale parametro, in relazione alle opere in progetto.

Inoltre, considerato che:

- i carichi di progetto sui terreni di posa delle tubazioni fognarie sono minimi e non significativi
- i terreni di fondazione sono naturalmente consolidati vista la profondità di scavo
- la rimozione del terreno per la posa della tubazione comporta una diminuzione dei carichi rispetto allo stato attuale ante operam

Non sono state svolte le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) e di esercizio (SLE), ritenendo tale determinazione superflua.

Per la valutazione preliminare della capacità portante dei piani di posa delle tubazioni si è fatto riferimento al caso di una fondazione diretta assimilabile ed equivalente ad una tubazione avente \varnothing 300 mm, impostata nell'ambito del terreno ghiaioso-sabbioso sottostante la coltre superficiale.

Nell'analisi sono inoltre state assunte le seguenti condizioni:

- il contesto tensionale è riferito a condizioni drenate
- è presente una falda idrica livellata a 5 m dal p.c.
- la base della fondazione è orizzontale
- l'eccentricità dei carichi è nulla
- i parametri geotecnici sono quelli riportati nel Cap. 9.0

Per la determinazione della capacità portante limite (Q_{lim}) si è fatto riferimento alla seguente espressione, proposta da BRINCH HANSEN (1961,1970), che costituisce un'estensione dell'equazione di MEYERHOF (1951):

$$Q_{lim} = 0.5 * \gamma' * B * N_{\gamma} * S_{\gamma} + c' * N_c * S_c * D_c + \sigma_v * N_q * S_q * D_q$$

dove:

γ	=	peso di volume del terreno
B	=	larghezza della fondazione
$N_{\gamma}N_cN_q$	=	fattori di capacità portante, funzione di φ
$S_{\gamma}S_cS_q$	=	fattori di forma della fondazione
D_cD_q	=	fattori di profondità del piano di posa
σ_v	=	pressione efficace sul piano di fondazione

Nel caso specifico, a favore di sicurezza, non si è considerato il contributo stabilizzante dovuto all'incremento di resistenza al taglio per effetto dell'incastro della fondazione (ossia, si è assunto D_c e $D_q = 1$).

Svolgendo il calcolo e applicando i coefficienti di sicurezza previsti dal D.M. 17.01.2018 per l'Approccio 2 (STR) si ottengono i valori di capacità portante riportati nelle seguenti tabelle, che elencano il valore dell'angolo di resistenza al taglio, del peso di volume alleggerito, della coesione efficace, del sovraccarico alleggerito e dei fattori e coefficienti introdotti nel calcolo della capacità portante.

La seguente tabella elenca il valore dell'angolo di resistenza al taglio, del peso di volume alleggerito, della coesione efficace, del sovraccarico alleggerito, e dei fattori e coefficienti introdotti nel calcolo della capacità portante.

Caso	γ_ϕ	γ_γ	ϕ [°]	γ' [daN/cm ³]	N_γ	s_γ	d_γ	$i_{b\gamma}$	$i_{l\gamma}$	b_γ	g_γ	$q'_{lim,\gamma}$ [daN/cm ²]
STR	1.00	1.00	27	0.00102	14.47	1.07	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.97
Caso	γ_c'	c' [daN/cm ²]	N_c	s_c	d_c	i_{bc}	i_{lc}	b_c	g_c	$q'_{lim,c}$ [daN/cm ²]		
STR	1.00	0	23.94	1.13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0		
Caso	q' [daN/cm ²]	N_q	s_q	d_q	i_{bq}	i_{lq}	b_q	g_q	$q'_{lim,q}$ [daN/cm ²]			
STR	0	14.80	1.07	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0			
Caso	$\gamma_{R,v}$	q'_{lim} [daN/cm ²]										
STR	2.30	0.8										

In altri termini, il carico massimo trasmissibile al terreno di appoggio non deve superare il valore riportato (**0.8 daN/cm²**) affinché non si verifichino fenomeni genericamente detti "di rottura".

11. ACCORGIMENTI TECNICI ATTI A MITIGARE LE CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA

Nel seguito sono indicate alcune prescrizioni di carattere generale a cui ci si dovrà attenere sia in fase esecutiva che dopo la realizzazione degli interventi, finalizzate a tutelare le condizioni di stabilità locale.

- Essendo la profondità di scavo per la posa delle condotte fognarie superiore a 1.5 m, i fronti di scavo dovranno essere sostenuti da casseri metallici a scatola chiusa o da analoghi sistemi provvisori, in grado di garantire in ogni caso la stabilità delle pareti dello scavo e permettere al personale di cantiere di lavorare in piena sicurezza all'interno.
- Eventuali riporti di terreno, anche temporanei, non potranno avere fronte con angolo di scarpa superiore a 35°, qualora non opportunamente sostenuto.
- Il risarcimento degli scavi dovrà essere condotto riutilizzando il materiale di risulta o materiale di qualità adeguata in relazione alla destinazione d'uso del sito.
- Il ripristino stradale dovrà essere condotto secondo le regole dell'arte, rullando e costipando adeguatamente il materiale di riempimento in modo da rendere trascurabile il cedimento del medesimo.
- Il terreno di risulta non riutilizzato dovrà essere smaltito in discarica o riutilizzato in conformità ai disposti di legge (D.P.R. n. 120/2017).