

COMUNE DI TRENTO

PROVINCIA DI TRENTO

**PIANO GUIDA
PROGETTO D'INDIRIZZO, D'INIZIATIVA PRIVATA, DEI
TERRENI CHE COSTEGGIANO VIA INNSBRUCK, IN ZONA
DENOMINATA "RONCAFORT", CON DESTINAZIONE L-PR3
AREE PRODUTTIVE DEL SETTORE SECONDARIO PER
CONTO DI
ARCESE IMMOBILIARE S.R.L. E FERCAM REAL S.R.L.**

RELAZIONE GEOLOGICA

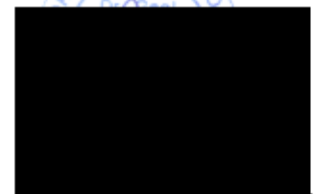


Mantova, li 24 aprile 2025

IL PROGETTISTA
Arch. Roberto Cordioli



IL GEOLOGO
Geol. Luca Zanoni



R.2

Relazione geologica, relazione geotecnica, relazione sismica e
relazione di compatibilità della pericolosità
L.P. 27 maggio 2008 n.5 – D.G.P. n.379 del 18.03.2022

Indice:

1.	<u>Generalità</u>	pag.3
1.2	Ubicazione dell'area	pag.3
1.3	Descrizione del progetto	pag.4
2.	<u>Ubicazione dell'area</u>	pag.3
3.	<u>Relazione Geologica</u>	
3.1	Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico	pag.5
3.2	Vincoli, pericolosità e penalità geologiche	pag.8
3.3	Indagini eseguite	pag.12
3.4	Modello geologico e geotecnico del sottosuolo	pag.22
4.	<u>Relazione Sismica</u>	
4.1	Caratterizzazione sismica del terreno	pag.22
4.2	Parametri dell'accelerazione di base	pag.24
4.3	Verifica potenziale di liquefazione del terreno	pag.25
5.	<u>Relazione Geotecnica</u>	
5.1	Valutazione resistenza del terreno	pag.28
5.2	Gestione acque meteoriche di deflusso	pag.29
6.	<u>Disciplina di utilizzo delle terre e rocce da scavo</u>	pag.38
7.	<u>Relazione di compatibilità della pericolosità</u>	pag.35
8.	<u>Considerazioni conclusive</u>	pag.38

Relazione geologica, relazione geotecnica, relazione sismica
e relazione di compatibilità della pericolosità
L.P. 27 maggio 2008 n.5 – D.G.P. n.379 del 18.03.2022

1. GENERALITA'

Su incarico e per conto di Arcese Immobiliare srl, Fercam Real srl, è stata eseguita un'indagine geologica, geotecnica e sismica, su un'area sita in Comune di Trento, con lo scopo di verificare la compatibilità del progetto di indirizzo di terreni con destinazione produttiva, in rapporto alle problematiche di carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico che esso può comportare.

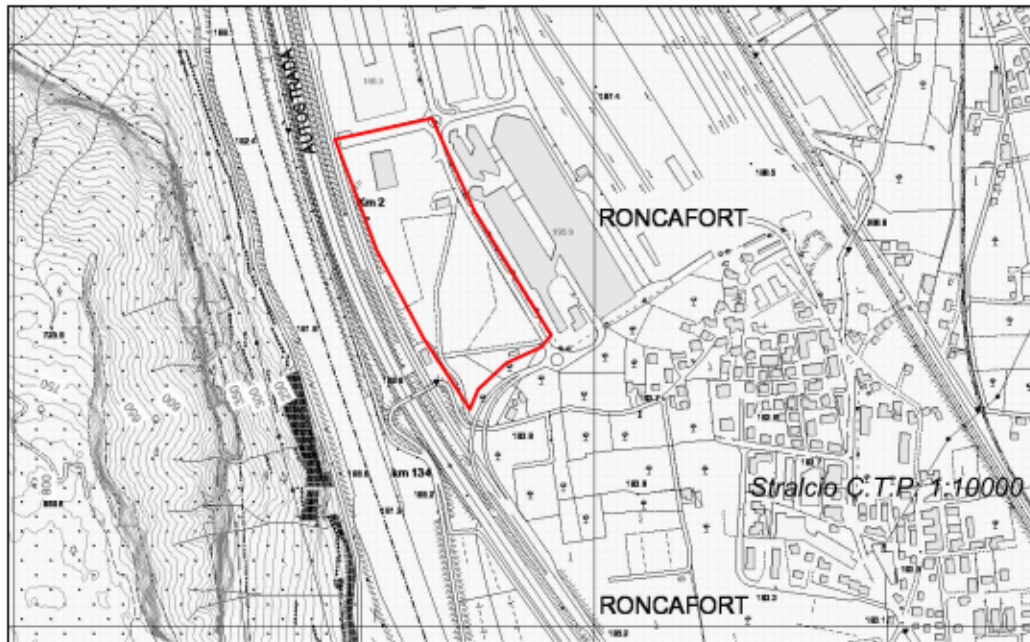
Il presente studio entrerà quindi nel merito di verificare l'idoneità della zona prescelta dal punto di vista geologico-geotecnico nella nuova situazione geostatica che si verrà a creare a lavori ultimati, e costituisce pertanto, ai sensi del D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni", della L.P 27 Maggio 2008 n.5 e della D.G.P. n.379 del 18.03.2022, il supporto geologico-geotecnico al progetto di realizzazione delle opere.

1.1 UBICAZIONE DELL'AREA

L'area d'indagine è situata in località Roncafort, tra via Innsbruck e la nuova circonvallazione in Comune di Trento, e si individua nella C.T.P. 1:10.000 sull'elemento 060060 "Lavis".

Essa si trova nel margine orientale della grande zona industriale di Spini di Gardolo, ed interessa un'area di circa 75000 mq.

L'area si attesta ad una quota media di circa 194 m slm, la morfologia è di tipo pianeggiante, ed attualmente è adibita in parte a vigneto e meleto, ed in parte risulta incolta.



1.2 BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto prevede un piano guida la costruzione di due fabbricati ad uso produttivo distribuiti su due lotti denominati lotto Nord "A" e lotto Sud "B", con i seguenti standard:

LOTTO	S.T.	STANDARD	10% di S.T.
A	32.197,00 mq	A	3.219,00 mq
B	41.924,00 mq	B	4.192,00 mq
TOTALE S.T.	74.121,00 mq	TOTALE S.T.	7.412,00 mq

	VERDE	PARCHEGGI	TOTALE
LOTTO A	690,00 mq	2.529,00 mq	3.219,00 mq
LOTTO B	1.129,00 mq	3.063,00 mq	4.192,00 mq
TOTALE	1.819,00 mq	5.592,00 mq	7.412,00 mq
SUP. STANDARD 7.412,00 ≥ 7.412,00			



3. RELAZIONE GEOLOGICA

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-IDROGEOLOGICO

La storia geologica del territorio in esame è strettamente collegata con l'evoluzione geodinamica che ha portato alla formazione delle Alpi con una storia stratigrafica che riflette gli eventi naturali passati, ed è caratterizzata per lo più dalla dinamica del Fiume Adige.

La morfologia è per lo più pianeggiante o debolmente degradante ed il sottosuolo è principalmente costituito da sedimenti alluvionali, depositati dal fiume Adige e dai suoi affluenti. Questi depositi sono composti da materiali fini, sabbie, ghiaie e ciottoli, in stretta dipendenza delle dinamiche fluvio-glaciali.

I processi erosivi e deposizionali causati dall'azione delle acque, così come le frane e le alluvioni storiche, hanno contribuito alla distribuzione attuale dei sedimenti nella pianura hanno modellato il paesaggio 'acqua

Nello specifico, l'area si trova sulla sponda sinistra del Fiume Adige tra il fiume stesso e via Innsbruck; morfologicamente l'area si presenta subpianeggiante con debole pendenza verso sudovest e si attesta ad una quota di circa 194 m. slm.

La valle dell'Adige è una tipica valle glaciale con i fianchi modellati dall'azione del ghiacciaio. Il solco vallivo pare avere una profondità di circa 100 metri, ed il suo riempimento è dovuto sia al materiale morenico di ritiro del ghiacciaio, sia ai depositi alluvionali dell'Adige e dei corsi d'acqua tributari, creando una sovrapposizione alternata di livelli che si interdigitano tra loro.

Nello specifico, il sito si trova in una zona distale del grande conoide dell'Avisio che con una forma a ventaglio con apice a Lavis, ha costretto l'Adige ad appoggiarsi alla destra orografica della Valle. I sedimenti trasportati dall'Avisio sono per lo più di natura porfirica riflettendo la composizione delle rocce della valle di provenienza e la granulometria è costituita da materiali ghiaiosi e ciottolosi con presenza di grossi trovanti, a causa della grande energia che aveva il corso d'acqua.

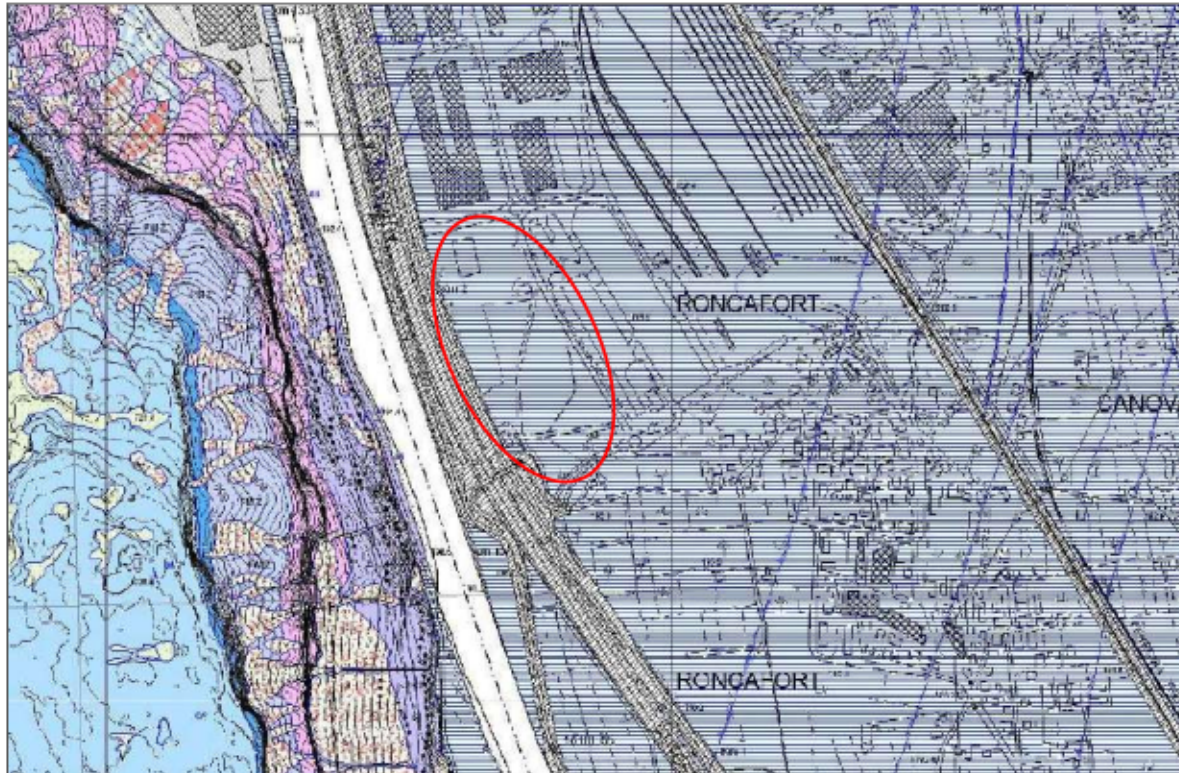
Più nel dettaglio l'area in studio appartiene ad una fascia di transizione nella quale i sedimenti grossolani del conoide dell'Avisio si interdigitano con le alluvioni del Fiume Adige, generalmente più fini.

Dal punto di vista idrogeologico, i depositi alluvionali contengono un acquifero in falda libera, con direzione principale di deflusso verso sud. Questa è però variabile nel tempo in funzione del regime dell'Adige che talora funge da elemento drenante e talora invece alimenta la falda. La permeabilità dei depositi è stimabile in $1 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-4}$ m/s per ghiaie e sabbie e $1 \cdot 10^{-6} \div 1 \cdot 10^{-7}$ m/s per limi e argille.

Come si nota dalla carta delle isofreatiche del Comune di Trento, la falda attesta il suo livello freatico alla profondità di circa 3 metri dal p.c. ma può subire oscillazioni stagionali di circa 1.5 metri.



STRALCIO CARTA GEOLOGICA DELLA PROVINCIA DI TRENTO



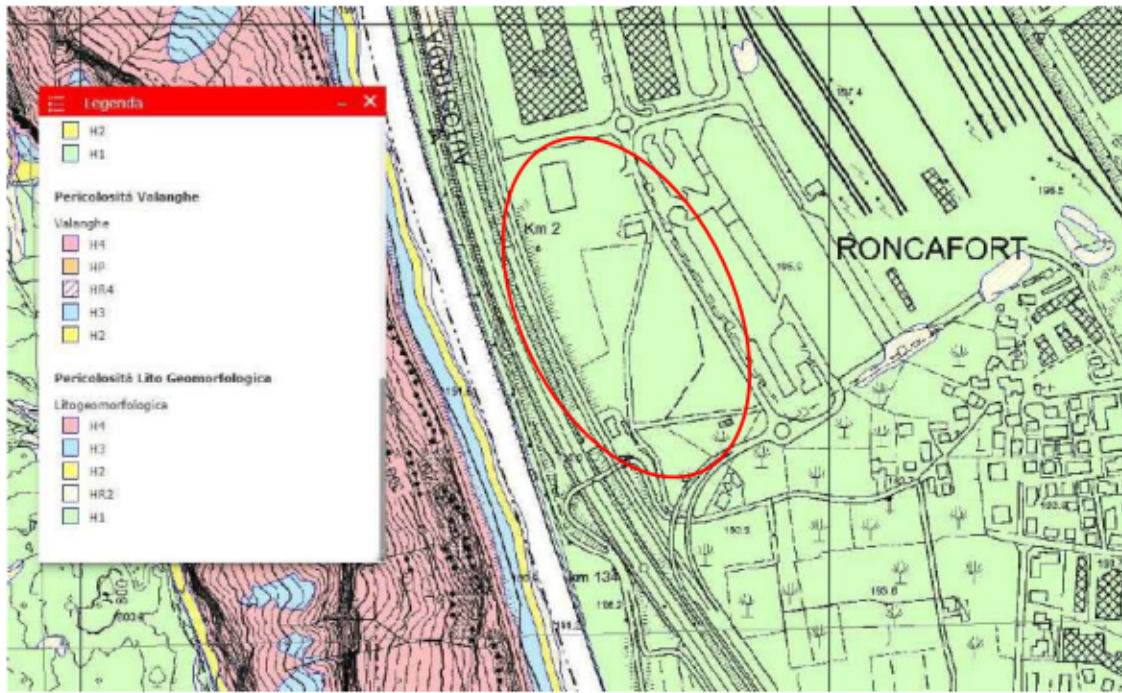
GEOLOGIA

DEPOSITI QUATERNARI

-  Deposito di versante
-  Deposito di versante a grossi blocchi
-  Cono di detrito
-  Cono di detrito a grossi blocchi
-  Deposito di frana e grossi blocchi
-  Deposito di frana
-  Deposito di frana con trasporto glaciale
-  Prodotto eluviale (alterite)
-  Deposito colluviale
-  Deposito alluvionale e/o fluvio-glaciale
-  Conoide alluvionale e/o fluvio-glaciale
-  Alluvioni terrazzate
-  Deposito di contatto glaciale
-  Deposito di debris flow
-  Conoide di debris flow
-  Deposito misto: debris flow e torrentizio alluvionale
-  Conoide misto: debris flow e torrentizio alluvionale
-  Deposito misto: debris flow e gravitativo e/o valanga
-  Conoide misto: debris flow e gravitativo e/o valanga

3.2 VINCOLI, PERICOLOSITA' E PENALITA' GEOLOGICHE

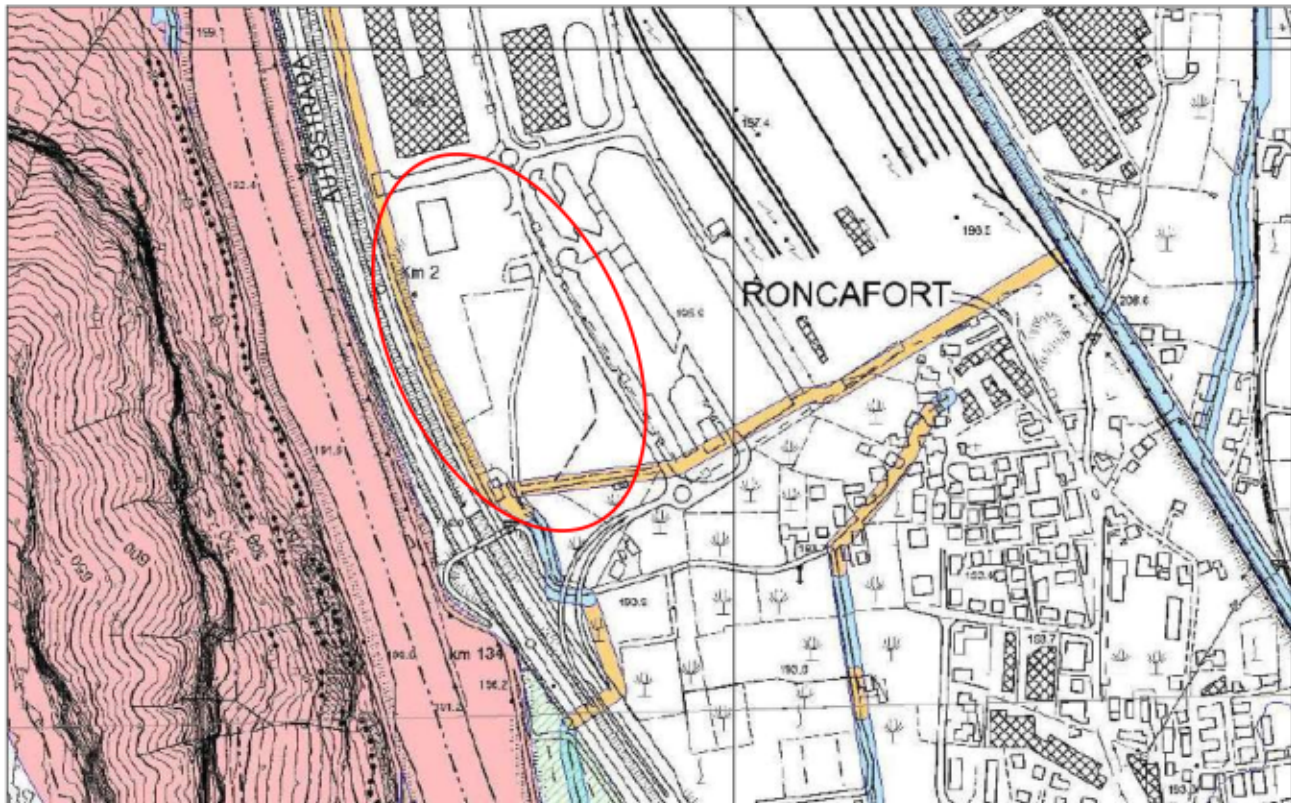
Stralcio carta della Pericolosità Geomorfologica



Stralcio carta della Pericolosità Idraulica del PGRA



Stralcio carta dei Tiranti Idrici con TR 100 anni - PGRA*Stralcio carta dei Tiranti Idrici con TR 300 anni - PGRA*

Stralcio Carta di Sintesi della Pericolosità**Carta di Sintesi della Pericolosità****CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'****Sintesi finale**

Aree di rispetto stazioni sismometriche

 (Art. 18)

Ambiti fluviali idraulici

 (Art. 14)
Sintesi finale
 P4 (Art. 15)

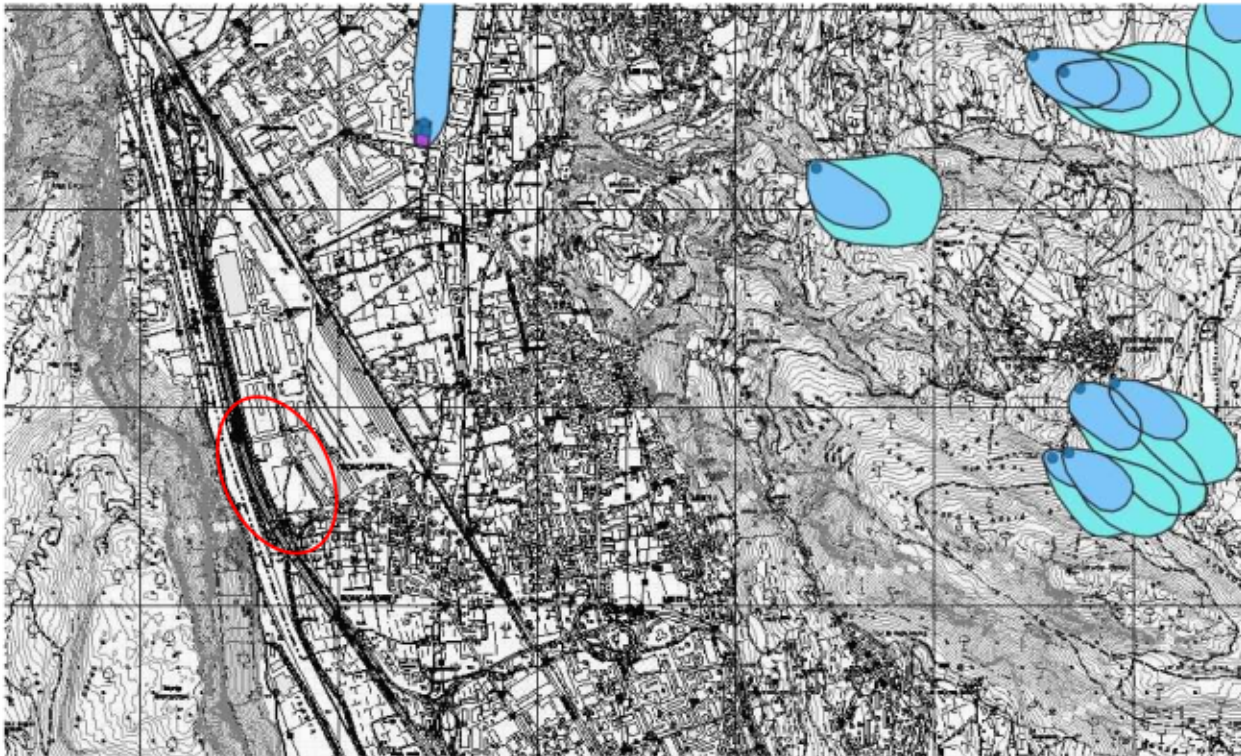
 APP (Art. 18)

 PRV (Art. 18)

 P3 (Art. 16)

 P2 (Art. 17)

 P1 (Art. 18)


Stralcio carta delle Risorse Idriche del PUP**Legenda****Zona di Tutela Assoluta**

- Sorgenti
- Sorgenti Minerali
- Acque Superficiali
- Pozzi

Zona di Rispetto Idrogeologico

- Sorgenti, Sorgenti Minerali, Acque Superficiali e Pozzi

Zona di Protezione Idrogeologica

- Sorgenti, Sorgenti Minerali, Acque Superficiali e Pozzi

* altre sorgenti non disciplinate dall'art.21 del P.U.P.

3.3 INDAGINI ESEGUITE

Il modello geologico del sito è stato desunto informazioni esistenti sulla banca dati della provincia Autonoma di Trento. In particolare si è fatto riferimento ad una serie di sondaggi geognostici con prove SPT realizzati nei dintorni dell'area in oggetto, e ritenuti significativi ai fini geologici e geotecnici.

Parimenti, la caratterizzazione sismica del sottosuolo, per la definizione della velocità delle onde sismiche, come previsto dal D.M. 17.01.2018 NTC, è stata desunta dalla Carta delle Vs elaborata dalla Provincia Autonoma di Trento.



ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAGGI					località: Gardolo, Interporto		foglio n° 1	
					opera: Interporto		coordinate	
					committente: Provincia Autonoma di Trento		x(m): 661777,87 y(m): 5108069,66	
ID sondaggio: 1963		prof. sondaggio (m): 10,7		prof. falda (m): 3,2		tipo falda: libera		
n° sondaggio: 2		bedrock (m): 0		quota pc (m): 0		inclinazione: Verticale (0°-20°)		
data: 21/01/1987								
campionatore	campione	liv. falda	profondità	stratigrafia	note: Piezometro L=9,3 m, d=80 mm, fenestrato da 4,0 a 9,0 m (a 8,4 m perdita acqua)			
					descrizione litologica			
					0	suolo		
			0,2	sabbia fine				
			2,2	sabbia molto fine				
		3,2						
			4	sabbia con ghiaia fine				
			4,5	sabbia con ghiaia				
			4,9	sabbia grossa con poca ghiaia fine				
			5,5	sabbia grossa e rara ghiaia				
			7,7	sabbia grossa di colore biancastro e rara ghiaia				
			8,4	sabbia grossa con ghiaia di natura poligenica				
			10,7					

ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAGGI					località: Gardolo, Roncafort		foglio n° 1	
					opera: Indagine geoambientale		coordinate	
					committente: Interporto S.p.A.		x(m): 661493,99 y(m): 5108092,93	
ID sondaggio: 3186		prof. sondaggio (m): 15		prof. falda (m): 0		tipo falda:		
n° sondaggio: 3		bedrock (m): 0		quota pc (m): 197		inclinazione: Verticale (0°-20°)		
data: 03/03/2000								
campionatore	campione	liv. falda	profondità	stratigrafia	note: Piczometro L=15,0 m			
					descrizione litologica			
				0	riporto (ghiaia e ciottoli calcarei con sabbia fine marrone)			
				2,3	sabbia fine di colore marrone con ghiaia e frustoli			
				2,8	sabbia fine di natura micacea di colore grigio con limo debolmente argillosa con frustoli			
				3,7	sabbia fine di colore grigio con ghiaia (d max 6 cm)			
				5,2	ghiaia grossa di natura poligenica con sabbia e ciottoli			
				10	sabbia fine con ghiaia debolmente limosa in alternanza dm con ghiaia sabbiosa			
				11	ghiaia grossa di natura poligenica con sabbia e ciottoli subarrotondati			
				12	ghiaia media di natura poligenica con sabbia media			
				13,3	cavità' (legno)			
				13,5	sabbia grossa di colore grigio			
				14	sabbia di colore grigio con torba			
				15				

ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAGGI					località: Gardolo, Interporto opera: Scalo Filzi committente: Provincia Autonoma di Trento		foglio n° 1 coordinate x(m): 661958,6 y(m): 5108091,5	
ID sondaggio: 3246 n° sondaggio: 6 data: 18/01/1975		prof. sondaggio (m): 25 bedrock (m): 0		prof. falda (m): 2,2 quota pc (m): 194,5		tipo falda: libera inclinazione: Verticale (0°-20°)		
campionatore	campione	liv. falda	profondità	stratigrafia	note:	S.P.T.		
					descrizione litologica	prof.	N°	
			0		suolo di colore marrone			
			0,3		con limo sabbioso			
					sabbia fine di colore beige			
		2,2				1,45	11 12	
			2,5		sabbia fine con limo con ghiaia arrotondata alla base			
			3,2		sabbia grossa con ghiaia e rari ciottoli (d max 10 cm)	3,55	14 12 13	
						5,4	32 38 42	
						7,1	28 34 36	
						9,1	16 17 15	
						10,6	4 7 11	
			12,2		sabbia fine di colore grigio con limo a tratti argilloso			
			14,6		sabbia di colore marrone			
						15,15	9 14 17	
			16,8		limo di colore grigio con sabbia a tratti argilloso			
			18,3		sabbia grossa con rari livelli limosi all'apice e rara ghiaia fine alla base			
			20					

ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAGGI					località: Gardolo, Interporto opera: Scalo Filzi committente: Provincia Autonoma di Trento		foglio n° 2	
ID sondaggio: 3246 n° sondaggio: 6 data: 18/01/1975								
campionatore	campione	liv. falda	profondità	stratigrafia	descrizione litologica	S.P.T.		
						prof.	N°	
			20		sabbia grossa con rari livelli limosi all'apice e rara ghiaia fine alla base	20,6	11	16
			13				16	
			22,6				16	14
			18					
			25					

ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAGGI					località: Asta dell'Adige opera: Argini dell'Adige committente: Servizio Geologico		foglio n° 1 coordinate x(m): 661438,29 y(m): 5108014,41	
ID sondaggio: 3300 n° sondaggio: 47 data: 15/10/2002		prof. sondaggio (m): 15 bedrock (m): 0		prof. falda (m): 5,47 quota pc (m): 199		tipo falda: libera inclinazione: Verticale (0°-20°)		
campionatore	campione	liv. falda	profondità	stratigrafia	note: Piezometro L=15,0 m, Lefranc m 4,75 (1,7E-2 cm/s), 10,75 (2,5E-4 cm/s)		S.P.T.	
					descrizione litologica		prof.	N°
			0		riporto (ghiaia carbonatica e sabbia limosa biancastra)			
			4,5		ciottoli di natura porfirica			
		5,47	4,7		sabbia di colore grigio debolmente limosa			
			5		ghiaia con sabbia di colore grigio e limo (d max 6 cm)			
			6,1		sabbia fine di colore grigio con limo			
			6,5		sabbia media di colore grigio con limo			
			8,7		ghiaia di natura poligenica con sabbia di colore grigio e limo ciottolosa			
			15					
							3	12 27 R(2)
							6	7 15 15
							9	4 12 15
							12	R
							15	15 31 38

ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAGGI					località: Gardolo, Roncafort opera: Centro annonario committente: Comune di Trento		foglio n° 1 coordinate x(m): 661893,06 y(m): 5107501,52		
ID sondaggio: 1379 n° sondaggio: 1 data: 06/02/1989		prof. sondaggio (m): 22 bedrock (m): 0		prof. falda (m): 2,2 quota pc (m): 194,3		tipo falda: libera inclinazione: Verticale (0°-20°)			
campionatore	campione	liv. falda	profondità	stratigrafia	note: Piezometro L=22,0 m	pocket (Kg/cmq)	torvane (Kg/cmq)	S.P.T.	
					descrizione litologica			prof.	N°
				0	suolo con sabbia limosa beige				
				1	sabbia media di colore marrone con limo				
				3	sabbia media di colore grigio con limo rara ghiaia fine				
				5,5	ghiaia con ciottoli e trovante ghiaia costituita da ciottoli clero-giaci subarrotolati e trovanti sabbiosa grossa				
				11	sabbia media di colore marrone con ghiaia fine e limo				
				15,6	limo di colore nero con sabbia a tratti torboso e organico, in alternanza con livelli di sabbia fine limosa grigio nerastro				
				18	sabbia media di colore grigio con limo in alternanza con livelli di sabbia fine grigia limosa				
				20					

ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAGGI					località: Gardolo, Roncafort		foglio n° 1	
					opera: Raccordo interporto - circonvallazione		coordinate	
					committente: Provincia Autonoma di Trento		x(m): 661638	
							y(m): 5107536,82	
ID sondaggio: 1785			prof. sondaggio (m): 10		prof. falda (m): 2,8		tipo falda: libera	
n° sondaggio: 1			bedrock (m): 0		quota pc (m): 0		inclinazione: Verticale (0°-20°)	
data: 26/09/1984								
campionatore	campione	liv. falda	profondità	stratigrafia	note: Piezometro L=9,0 m, d=60 mm		S.P.T.	
					descrizione litologica		prof.	N°
			0		riporto			
			1,3		sabbia fine con livelli di sabbia limosa			
		2,8						
			5,5		ghiaia con ciottoli e trovante prevalentemente di porfido			
			10					

ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAGGI					località: Gardolo, Roncafort		foglio n° 1	
					opera: Sovrappasso superstrada		coordinate	
					committente: Provincia Autonoma di Trento		x(m): 661789,3	
							y(m): 5107377,29	
ID sondaggio: 3236					prof. sondaggio (m): 15		prof. falda (m): 0	
n° sondaggio: 1					bedrock (m): 0		tipo falda:	
data: 01/09/1999							inclinazione: Verticale (0°-20°)	
campionatore	campione	liv. falda	profondità	stratigrafia	note: Lefranc m 3,25 (2,1E-7 cm/s), 7,25 (2,7E-6 cm/s)		S.P.T.	
					descrizione litologica		prof.	N°
			0	limo di colore marrone con sabbia e ghiaia (d max 2 cm)			1,5	10
			2,5	limo di colore marrone con argilla debolmente sabbioso				
			3	limo di colore verdastro con sabbia				
			3,8	sabbia media con ghiaia (d max 5 cm)			4,5	10
			4,85	ghiaia con sabbia (d max 5 cm)				
							6	22
							7,5	10
							9	9
			10	sabbia media con ghiaia a tratti limosa			10,5	8
							12	11
			13	sabbia grossa con ghiaia (d max 2 cm)			13,5	6
			15					

ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAGGI				località: Gardolo, Roncafort		foglio n° 1			
				opera: Centro annuario		coordinate			
				committente: Comune di Trento		x(m): 662016,95 y(m): 5107583			
ID sondaggio: 1380		prof. sondaggio (m): 20		prof. falda (m): 2,2		tipo falda: libera			
n° sondaggio: 2		bedrock (m): 0		quota pc (m): 194,3		inclinazione: Verticale (0°-20°)			
data: 09/02/1989									
campionatore	campione	liv. falda	profondità	stratigrafia	note: Profondità falda aggiunta	pocket (kg/cmq)	torvane (kg/cmq)	S.P.T.	
					descrizione litologica			prof.	N°
	R 0,5			0	suolo poco compatto con sabbia limosa beige				
		2,2		1	sabbia fine con limo di colore marrone rari frustoli sparsi	0,45 0			

3.4 MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

Le indagini eseguite hanno confermato la successione stratigrafica ipotizzata in prima analisi. Come precedentemente descritto l'area è caratterizzata da una abbondante presenza di depositi incoerenti prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi, con livello superficiale di alterazione limo-argilloso con spessore variabile tra 0.4-1m.

I sedimenti in oggetto, analizzati a grande scala, mantengono una sostanziale uniformità per tutta l'area indagata pur manifestando qualche differenziazione a carattere lenticolare.

A livello subsuperficiale sono presenti depositi prevalentemente sabbiosi fini o medio fini fino alla profondità di circa 5-6 m dal piano campagna. Seguono quindi depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi fino alla profondità di 10-15 metri e quindi di nuovo depositi sabbiosi con ghiaia fino a circa 25 metri dal p.c.

La falda freatica in zona si attesta ad una profondità di circa 2.2-2.8 m dal p.c. ma può subire oscillazioni stagionali anche di 1.5 metri.

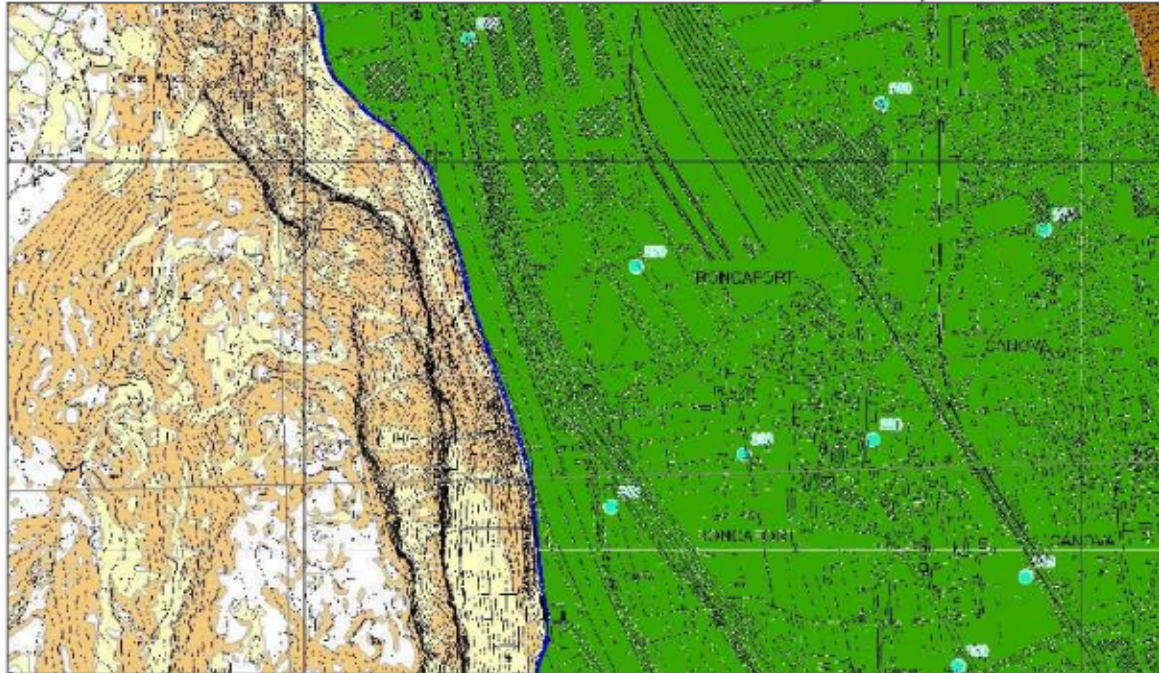
Sulla base delle indagini eseguite e delle informazioni raccolte, e con riferimento al progetto in esame, è stato elaborato il seguente modello geologico:

Prof. (m)	Litologia	γ_s (KN/m ³)
0.00–(0.5÷1.00)	Limi argillosi e limi sabbiosi	20
(0.5÷1.00)–(5.0÷6.0)	Sabbie medio fini talora limose	18.5
(5.0÷6.0)–(10.0÷15.0)	Ghiaia poligenica eterometrica in matrice sabbiosa da mediamente addensata a ben addensata	19.0
(10.0÷15.0)–25.0	Sabbia media con ghiaia mediamente addensata	18.5

4. RELAZIONE SISMICA

4.1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

La velocità delle V_{s30} come prevede il DM 17.01.2018, è stata desunta dalla carta delle V_s elaborata dalla Provincia Autonoma di Trento, di seguito riportata in stralcio.

Stralcio della Carta delle Velocità delle onde di Taglio nei primi 30 m**Pericolosità sismica locale**Effetti locali sulla base di studi quantitativi di
Microzonazione Sismica

-  aree suscettibili di alte amplificazioni
-  aree suscettibili di medie amplificazioni
-  aree suscettibili di basse amplificazioni
-  aree non suscettibili di amplificazioni o deamplificazioni
-  aree suscettibili di deamplificazioni

Legenda**Pericolosità sismica di base**

Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006

0,05"	0,02"	$a_g(g)$
		0,025-0,050
		0,050-0,075
		0,075-0,100
		0,100-0,125
		0,125-0,150
		0,150-0,175

Valori di accelerazione orizzontale massima del
suolo su griglie con passo 0,05" e passo 0,02"Effetti locali sulla base di studi qualitativi di
Microzonazione Sismica

-  aree suscettibili di amplificazioni stratigrafiche ed eventualmente anche topografiche
-  aree suscettibili solamente di amplificazioni topografiche
-  aree interessate da studi quantitativi di Microzonazione Sismica
-  aree interessate dalla determinazione delle categorie di sottosuolo
-  punti di misura del parametro $V_{s,30}$ con valori in m/s
-  stazione sismometrica della rete sismica provinciale con codici identificativi
-  stazione sismometrica di altre reti sismiche con codici identificativi

Effetti locali sulla base delle categorie di sottosuolo

-  aree potenzialmente suscettibili di alte amplificazioni stratigrafiche
-  aree suscettibili di medie amplificazioni stratigrafiche
-  aree suscettibili di basse amplificazioni stratigrafiche
-  aree non suscettibili di amplificazioni stratigrafiche

La Carta evidenzia velocità delle onde di taglio nei primi 30 m, variabili tra 250-270 m/s, quindi in riferimento al D.M. 17.01.2018, e sulla base dei parametri elaborati, il sottosuolo del sito in esame è da classificare in categoria "C":

“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Le condizioni topografiche del sito sono da classificare in *Categoria T1* (coefficiente di amplificazione topografica = 1).

4.2 PARAMETRI DI ACCELERAZIONE DI BASE

Al fine di determinare il coefficiente sismico k_{hk} è necessario stimare il valore a_g (accelerazione massima orizzontale al piano di posa delle fondazioni), con la seguente relazione:

$$a_g = S_s S_t a_{bedrock}$$

dove $a_{bedrock}$ è l'accelerazione sismica orizzontale al bedrock che, secondo quanto disposto dal D.M. 17/01/2018, va ricavato direttamente dall'allegato relativo alla pericolosità sismica del decreto.

Per il sito in oggetto, con:

Vita nominale della costruzione in anni $V_n = 50$

Coefficiente d'uso della costruzione $C_u = 1$

Periodo di riferimento per la costruzione in anni $V_R = 50$

I valori dei parametri a_g , F_0 , T_c , valgono:

Stato Limite	T_r	a_g	F_0	T_c
SLO	30	0.027	2.495	0.191
SLD	50	0.033	2.514	0.213
SLV	475	0.067	2.688	0.330
SLC	975	0.082	2.730	0.354

Il valore di a_g deve essere moltiplicato per un fattore correttivo S_s (amplificazione stratigrafica) e per un fattore S_t (amplificazione topografica), facilmente determinabili dalle tabelle 3.2.III, e 3.2.IV, sulla base alle condizioni geologiche del sito.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tab. 3.2.IV – *Espressioni di S_s e di C_c*

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

4.3 VERIFICA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) (punto 7.11.3.4.2), indicano una griglia di casi per i quali il sito non presenta possibilità di liquefazione dei terreni. Quindi evidenziano che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al p.c. in campo libero, minori di 0.1g
2. Profondità media stagionale della falda dal p.c. superiore a 15 m.
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata N_{60} maggiore di 30, oppure $q_c N > 180$.
4. Distribuzione granulometrica esterna a determinati fusi granulometrici.

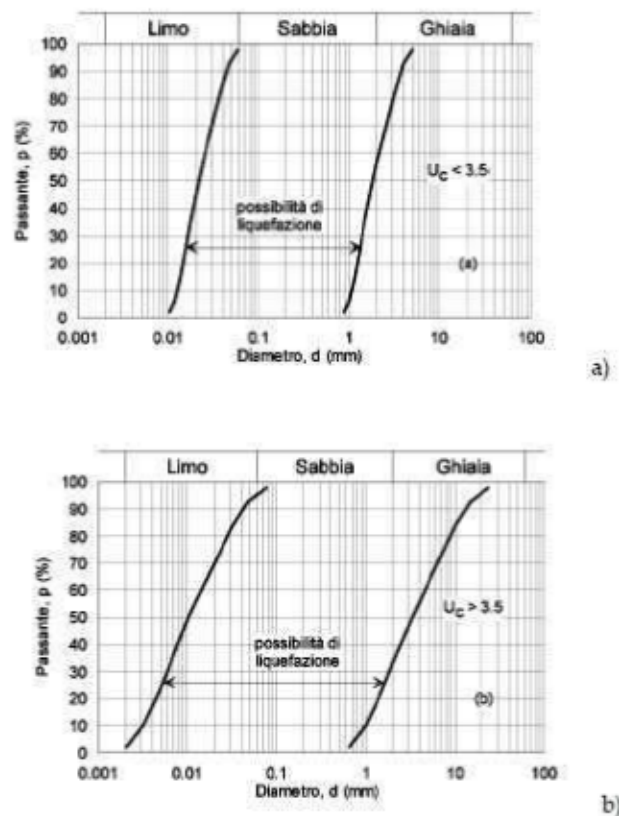


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Non sussistendo nemmeno uno dei requisiti richiesti, si è proceduto alla verifica a liquefazione.

Per quanto riguarda l'amplificazione topografica, essendo l'area d'intervento in pianura (cat. top. T1), il valore di $S_T = 1$; per quanto riguarda S_s , essendo il suolo di categoria C si avrà:

$$S_s = 1,70 - (0,60 \times 2,688 \times 0,067) < 1.5$$

Da quanto sopra il valore di a_g opportunamente adeguato agli effetti dell'amplificazione sismica e topografica sarà il seguente:

$$a_g = 0,067 \times 1.5 = 0,1005$$

Per verificare il rischio di liquefazione è possibile procedere in maniera speditiva, come segue:

Essendo la falda a profondità variabile tra 2-5-3 m dal p.c. la verifica a liquefazione è stata eseguita a 3-5-10-15-20 m di profondità dal p.c.

$$CSR = \sigma_e / \sigma' = 0,65 \times a_g \times S \times (\sigma_e / \sigma') \times r_d =$$

dove:

a_g - coefficiente di sismicità dell'area a p.c. (a_g / g) = 0,1

S - coefficiente di profilo stratigrafico = 1,2 (con strato alluvionale di spessore da 5 - 20 m)

σ - pressione di confinamento

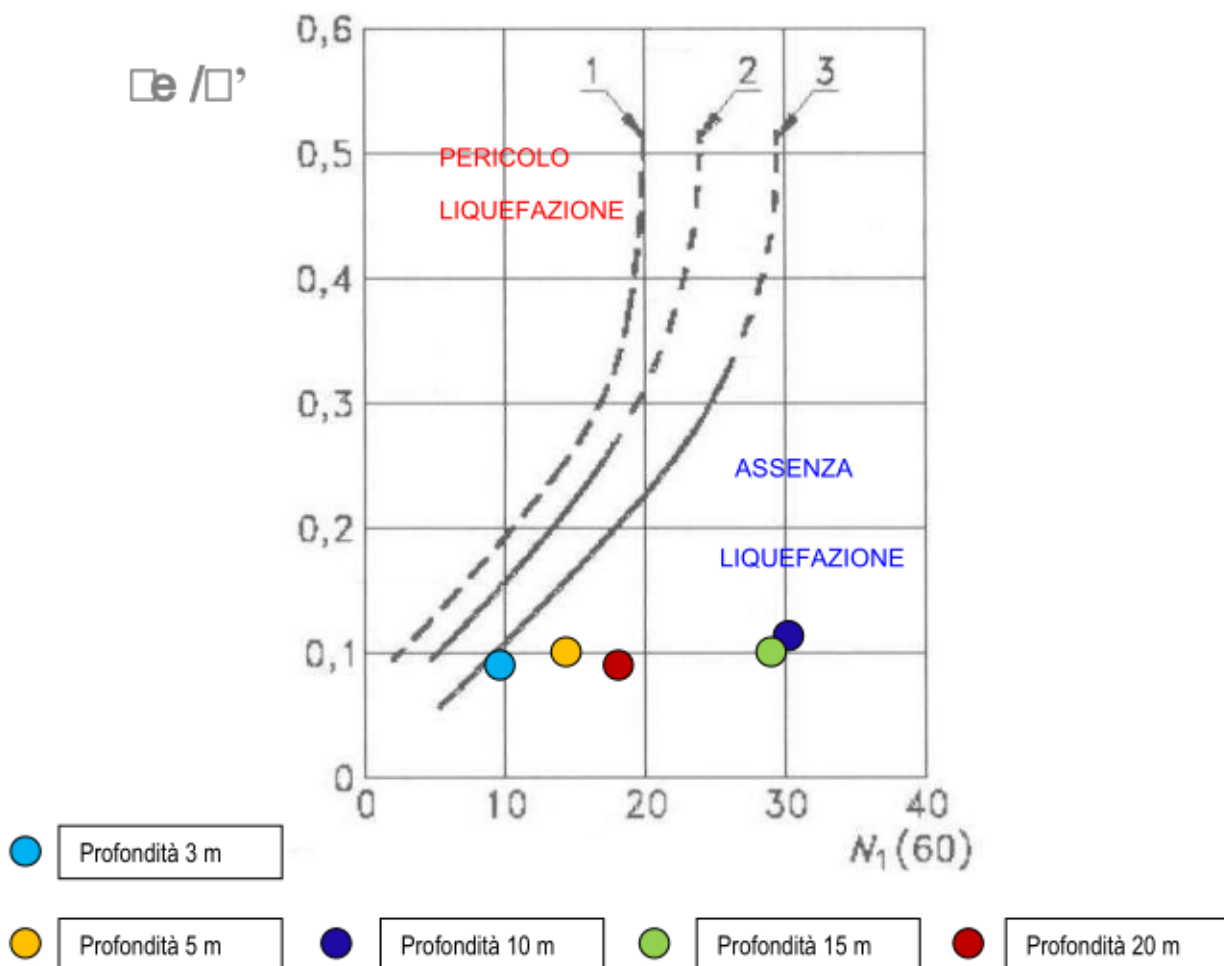
σ' - pressione effettiva di confinamento

r_d - fattore riduttivo della profondità (variabile da 1 al p.c. a 0,9 a $\geq 10,0$ m da p.c.)

$N_1(60) = 11$ (3 m); $N_1(60) = 15$ (5 m); $N_1(60) = 30$ (10 m); $N_1(60) = 28$ (15 m)

$N_1(60) = 19$ (20 m)

Il pericolo di liquefazione si può determinare impiegando modelli grafici le cui variabili sono i valori calcolati di σ_e / σ' e di $N_1(60)$; il grafico proposto di seguito indica i comportamenti dei terreni in funzione dei sedimenti presenti in corrispondenza del piano di posa delle fondazioni; il grafico contempla tre diverse percentuali di materiale fine all'interno delle sabbie (curva 1 = 35%, curva 2 = 15%, curva 3 = 5%) ed è stato elaborato per terremoti con Magnitudo 7,5.



I valori calcolati di $N1(60)$ e $\frac{C_u}{\sigma'}$ collocano il caso in esame nel campo di assenza di rischio di liquefazione; a questo si aggiunga che nel territorio in esame sono improbabili terremoti di Magnitudo $>7,5$ gradi della scala Richter; in effetti la magnitudo indicata nelle zone sismo genetiche (Linee Guida del Gruppo di Lavoro MS 2008, paragrafo 2.8.2) facendo riferimento alla zonazione sismogenetica ZS9, che suddivide il territorio italiano in 36 zone sismogenetiche, indica una magnitudo di riferimento $M = 6.6$.

Numero ZS	Zone ZS	Mw (max)
918, 919, 910	Medio Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza-Sanremo	6,37
905, 906, 915, 930	Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Ionica	6,60
924,925,931	Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	6,83
923,927	Appennino Abruzzese, Sannio-Irpinia-Basilicata	7,06
929, 935	Calabria Tirrenica, Monti Iblei	7,29

5. RELAZIONE GEOTECNICA

5.1 MODELLO GEOTECNICO

I parametri geotecnici sono stati calcolati utilizzando i dati delle prove SPT dei sondaggi proposti al paragrafo 3.3, utilizzando per l'angolo di attrito la relazione proposta da Sowers:

$$\phi = 28 + 0.28 N_{spt}$$

Prof. (m)	Litologia	σ_k (KN/m ³)	ϕ_k (°)	Cu_k (KPa)	E (Kg/cm ²)
0.00–(0.5+1.00)	Limi argillosi e limi sabbiosi	20	-	60	70-80*
(0.5+1.00)–(5.0+6.0)	Sabbie medio fini talora limose	18.5	29-30	-	250*
(5.0+6.0)–(10.0+15.0)	Ghiaia poligenica eterometrica in matrice sabbiosa da mediamente addensata a ben addensata	19.0	35-38	-	400*
(10.0+15.0)–25.0	Sabbia media con ghiaia mediamente addensata	18.5	32-33	-	300*

* valori stimati da bibliografia

Il valore dei parametri caratteristici è stato valutato come stima ragionata e cautelativa dei valori più probabili per lo stato considerato, come peraltro evidenziato al par. 6.2.2 del D.M. 17.01.2018, Circolare n.7 del 21.01.2019.

Si tratta comunque di una parametrizzazione di tipo indicativo, che dovrà essere meglio accertata prima della progettazione esecutiva, attraverso specifiche indagini geotecniche.

5.2 GESTIONE ACQUE METEORICHE DI DEFLUSSO

Non essendoci in zona una rete fognaria di acque bianche, la gestione delle acque meteoriche di deflusso dovrà essere attuata attraverso la dispersione al suolo.

Come evidenzia la Carta delle Risorse Idriche del PUP, il sito d'indagine non interferisce con le zone di rispetto idrogeologiche, pertanto, le acque meteoriche di dilavamento di piazzali, strade e coperture dei fabbricati, potranno essere scaricate al suolo attraverso opportuni sistemi dispersori, mantenendo comunque un franco dalla falda di 1 metro.

Come già evidenziato, la falda freatica si trova alla profondità di circa 2.2-2.8 m di profondità dal P.C. che comunque verrà elevato di circa 1-1.5 m. In questo caso comunque, il sistema più idoneo è costituito da trincee disperdenti.

Le acque di deflusso delle zone adibite a parcheggio prima di essere immesse nelle trincee drenanti dovranno subire un apposito trattamento di depurazione.

Le trincee saranno dimensionate sulla base delle precipitazioni efficaci, dell'estensione delle superfici di deflusso e del coefficiente di permeabilità dei terreni. Indicativamente potranno essere realizzate delle trincee di larghezza pari a 2 metri ed altezza 1.5 m con tubazione di scarico non inferiore a 300 m di diametro.

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1

A_f [mq] = superficie netta di infiltrazione = $(b + 2H) \cdot L$

La verifica della trincea avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

cioè la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità Wpt di immagazzinamento della trincea.

Detta At l'area trasversale della trincea, Wpt viene calcolato tramite la seguente relazione:

$$Wpt [mc] = [At \cdot n + Ac \cdot (1 - n)] \cdot L$$

In particolare, il coefficiente di permeabilità K dei terreni dovrà essere accertato attraverso prove di permeabilità in sito.

A titolo di esempio è stata calcolata la lunghezza totale delle trincee drenanti considerando un $K = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$, una larghezza di 2 metri, un'altezza di 1.5 m ed una tubazione invasabile di 500 mm.

DETERMINAZIONE SUPERFICIE DI DEFLUSSO

L'intervento interessa un'area di complessivi 6446,84 mq, che sarà costituita dalle seguenti superfici di deflusso:

LOTTO A - TIPO DI SUPERFICIE	AREA mq	C.D.	SUPERFICIE DI DEFLUSSO mq
Piazzali	16213.1	0.85	13781.13
Parcheggi	2957.59	0.85	2513.95
Coperture	12550	0.9	11295
Verde	238.31	0.17	40.51
Totale	31959	0.86	27630.59

LOTTO B - TIPO DI SUPERFICIE	AREA mq	C.D.	SUPERFICIE DI DEFLUSSO mq
Piazzali	25283.9	0.85	21491.31
Parcheggi	3941.1	0.85	3349.93
Coperture	13966	0.9	12569.4
Verde	420	0.17	71.4
Totale	43611	0.86	37482.05

INDIVIDUAZIONE PRECIPITAZIONI DI RIFERIMENTO

Come precipitazione di riferimento è stata usata la seguente curva di pioggia:

$$H = 43.1 \times t^{0.382}$$

VERIFICA LOTTO A

Dati portata meteorica (utilizzo del metodo cinematico)

Curva di possibilità pluviometrica adottata:

$a \text{ [mm/ora}^n] = 43.100$

$n = 0.3820$

$Cd \text{ (coef. di deflusso)} = 0.86$

$S \text{ (superficie scolante) [mq]} = 31,959.000$

La portata meteorica viene calcolata con il metodo cinematico secondo la seguente formula:

$$Qp = Cd \cdot S \cdot a \cdot tp^{n-1}$$

essendo tp la durata della precipitazione.

Dati trincea drenante

Forma trincea: RETTANGOLARE

$L \text{ (lunghezza) [m]} = 250.000$

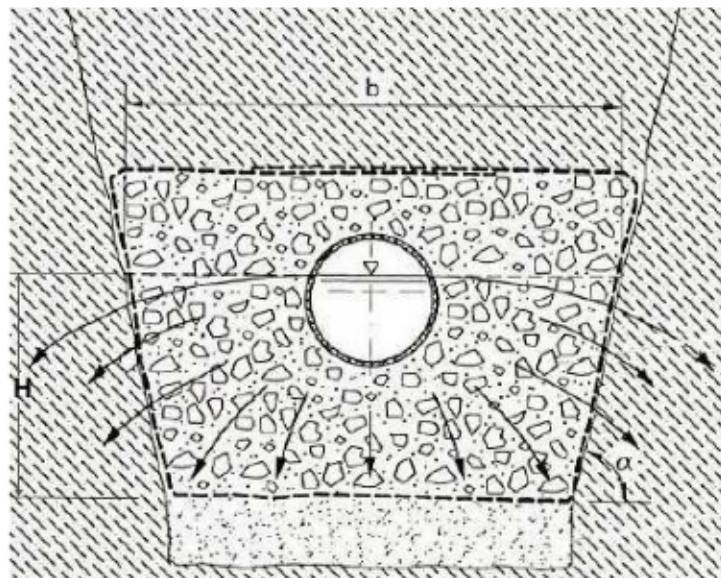
$H \text{ (altezza riferita a "b") [m]} = 1.500$

$b \text{ (larghezza liquida) [m]} = 2.000$

$K \text{ (permeabilità del terreno) [m/s]} = 0.000500$

$Ac \text{ (area invasabile dal tubo drenante) [mq]} = 0.196$

$n \text{ (porosità del materiale di riempimento della trincea)} = 0.250$



Verifica della trincea drenante

La portata infiltrata Q_f viene valutata tramite la seguente formula:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f \cdot 1000.0$$

in cui:

Q_f è espresso in [l/s]

J [m/m] = cadente piezometrica = 1 nell'ipotesi di tirante idrico sulla superficie filtrante molto minore dell'altezza dello strato filtrante e di superficie piezometrica della falda convenientemente al di sotto del fondo disperdente.

A_f [mq] = superficie netta di infiltrazione = $(b + 2H) \cdot L$

La verifica della trincea avviene mediante la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t - W_{pt} = \Delta W < 0$$

cioè la differenza tra il volume meteorico entrante e il volume infiltrato uscente dovrà risultare inferiore alla capacità W_{pt} di immagazzinamento della trincea.

Detta A_t l'area trasversale della trincea, W_{pt} viene calcolato tramite la seguente relazione:

$$W_{pt} [mc] = [A_t \cdot n + A_c \cdot (1 - n)] \cdot L$$

Verifica svuotamento pozzo drenante

Si verifica che lo svuotamento della trincea avvenga in un tempo inferiore a quello medio stimato fra due eventi meteorici successivi (non superiore a 4 giorni, pari a 345600 secondi):

$$T_{sv} = W_{tp} \cdot 1000.0 / Q_f < 345600 \text{ sec}$$

La seguente tabella riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

Δt [min]	Q_p [l/s]	Q_f [l/s]	W_p [mc]	W_f [mc]	W_{pt} [mc]	ΔW [mc]	Verifica ΔW	T_{sv} [sec]	Verifica T_{sv}
10	995.78	625.00	597.469	375.000	224.250	-1.781	OK	359	OK
15	775.07	625.00	697.561	562.500	224.250	-89.189	OK	359	OK
20	648.82	625.00	778.590	750.000	224.250	-195.660	OK	359	OK
30	505.01	625.00	909.024	1,125.00	224.250	-440.226	OK	359	OK
45	393.08	625.00	1,061.31	1,687.50	224.250	-850.440	OK	359	OK

VERIFICA LOTTO B

Dati portata meteorica (utilizzo del metodo cinematico)

Curva di possibilità pluviometrica adottata:

$a \text{ [mm/ora}^n] = 43.100$

$n = 0.3820$

$C_d \text{ (coef. di deflusso)} = 0.86$

$S \text{ (superficie scolante) [mq]} = 43,611.000$

La seguente tabella riassume i risultati di calcolo e l'esito delle verifiche.

$\Delta t \text{ [min]}$	$Q_p \text{ [l/s]}$	$Q_f \text{ [l/s]}$	$W_p \text{ [mc]}$	$W_f \text{ [mc]}$	$W_{pt} \text{ [mc]}$	$\Delta W \text{ [mc]}$	Verifica ΔW	$T_{sv} \text{ [sec]}$	Verifica T_{sv}
10	1,358.84	875.00	815.301	525.000	313.950	-23.649	OK	359	OK
15	1,057.65	875.00	951.886	787.500	313.950	-149.564	OK	359	OK
20	885.38	875.00	1,062.45	1,050.00	313.950	-301.493	OK	359	OK
30	689.14	875.00	1,240.44	1,575.00	313.950	-648.503	OK	359	OK
45	536.39	875.00	1,448.25	2,362.50	313.950	-1,228.19	OK	359	OK

6. DISCIPLINA DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

La gestione delle terre e rocce da scavo seguirà le indicazioni del D.P.R. 120 del 13. Giugno 2017: *“Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'art.8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n.133, convertito, con modificazioni, dalla Legge 11 Novembre 2014, n.164”*.

L'area in oggetto appartiene alla macroarea del Monte Calisio, una delle macroaree interessate dal possibile superamento per fenomeni naturali delle concentrazioni soglia di contaminazione.

Nel caso in cui il sito potenzialmente contaminato sia ubicato in un'area interessata da fenomeni antropici o naturali che abbiano determinato il superamento di una o più concentrazioni soglia di contaminazione, queste ultime si assumono pari al valore di fondo esistente per tutti i parametri superati.

La macroarea di Monte Calisio considera le aree oggetto di coltivazione per l'estrazione di solfuri e argento in epoca medievale. Nell'area si osserva una presenza diffusa di Piombo talvolta associato ad Arsenico.

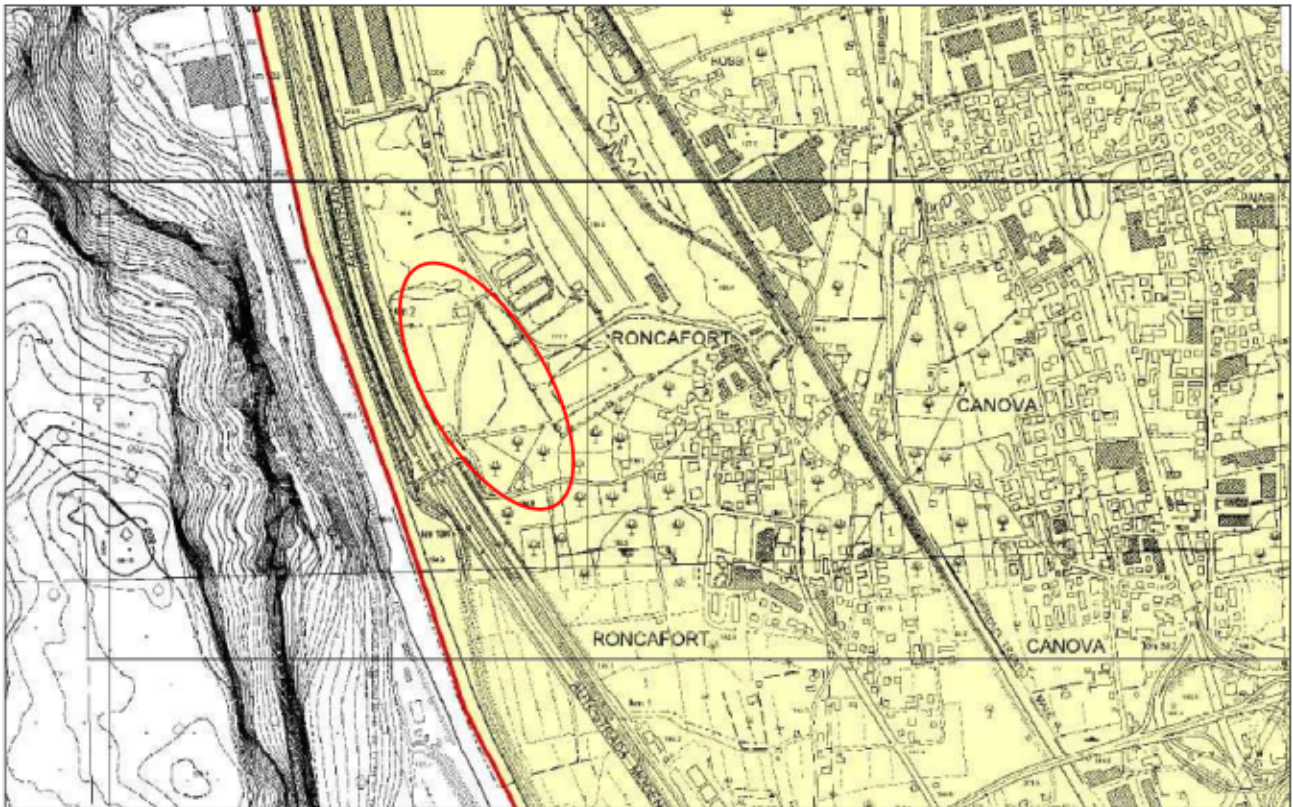
Più in generale comunque si posso osservare concentrazioni più elevate delle soglie di Legge, dei seguenti elementi: Piombo, Rame, Zinco, Stagno, Arsenico, Cadmio, Selenio, Cobalto, Tallio, Berillio.

Al momento non è ancora chiaro quali saranno i quantitativi da gestire di terre e rocce da scavo, in quanto l'area prevede il riporto di terreno per allineare alla quota stradale tutto l'ambito.

In gran parte dell'area è già stato effettuato il riempimento per un cantiere temporaneo delle Ferrovie e quindi rimarrà da effettuare il riporto di terreno sulla parte nord-nordovest.

Di fatto quindi le terre e rocce da scavo che saranno prodotte, saranno riferibili sostanzialmente allo scavo dei plinti di fondazione dei fabbricati.

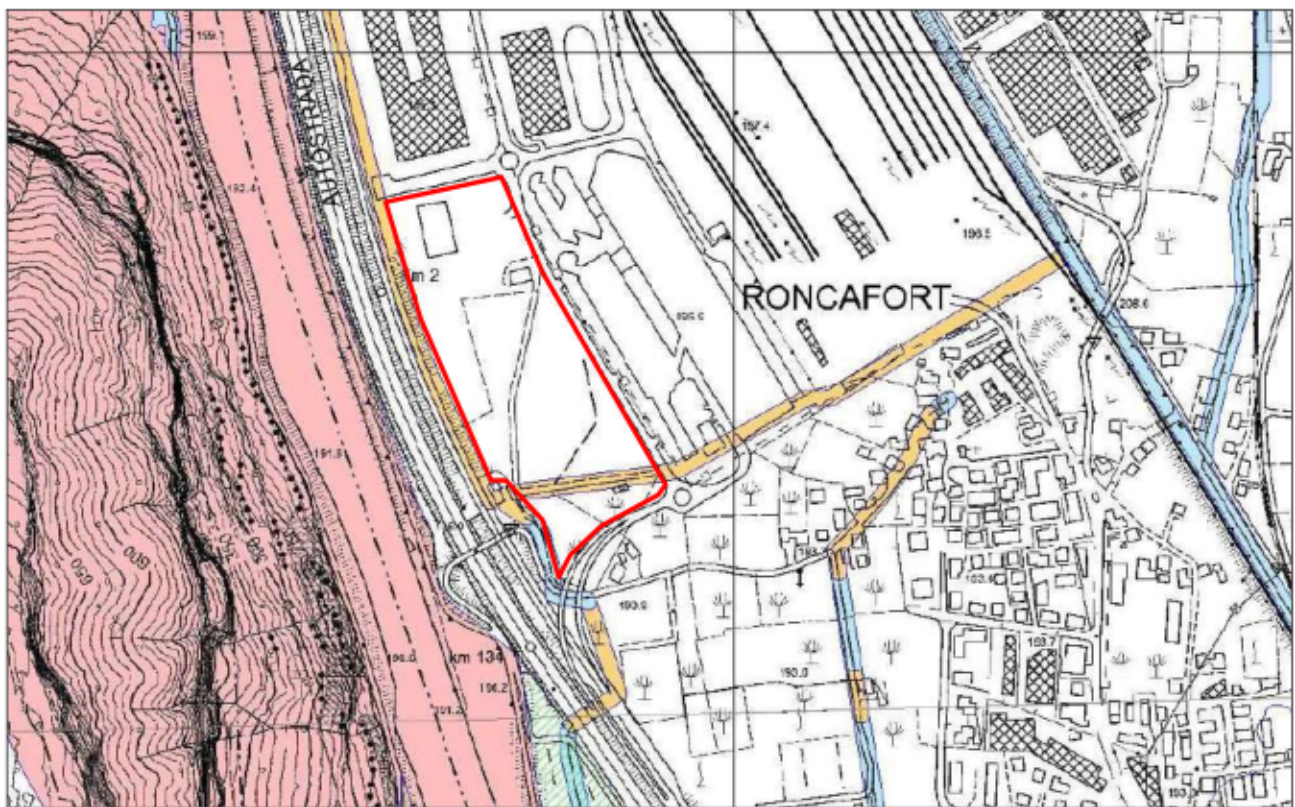
Il materiale che sarà escavato pertanto non dovrebbe avere alcun problema di contaminazione in quanto è lo stesso terreno con cui è stato costituito il terrapieno, quindi completo di certificazione di qualità.



7. RELAZIONE DI COMPATIBILITA' DELLA PERICOLOSITA'

Come già evidenziato, la zona in oggetto non è gravata da condizioni di pericolosità particolarmente gravose. La zona è già urbanizzata ed il contesto geologico risulta stabile e non sarà sostanzialmente modificato. Dal punto di vista idraulico l'area si trova al riparo da esondazioni e non è inserita in aree alluvionabili dal PGRA.

La Carta di Sintesi della Pericolosità, indica nella parte sud del lotto e lungo il perimetro Ovest, pericolosità da Approfondire (APP art.18).



Si tratta di due fosse di Bonifica, la Fossa Interporto Ramo nord, e la Fossa Interporto Ramo Est. La prima riceve le acque di drenaggio della zona produttiva di Spini di Gardololo e si diparte dalla Fossa Lavisotto in via Kempton.

La fossa passa sotto la ferrovia e percorre il perimetro meridionale dell'area intermodale in località Roncafort fino all'idrovora Interporto.

Da qui le acque attraverso la Fossa Interporto Ramo Est che è intubata, ritornano nella Fossa Lavisotto lungo via Aichner.



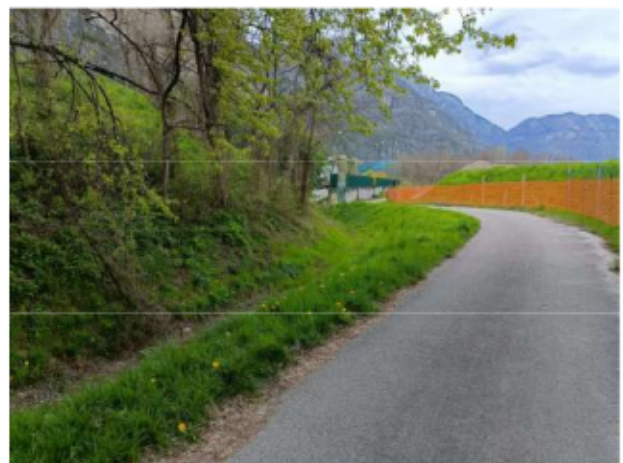
Presa di scarico del Lavisotto su Fossa Interporto Ramo Nord lungo via Kempton



Scarico della Fossa Interporto Ramo Est sul Lavisotto, lungo via Aichner



Idrovora Interporto



Verso l'idrovora

In realtà il Ramo Est, ha la duplice funzione di alimentatore e scaricatore infatti, in condizioni di criticità idraulica, ossia quando si teme la piena del Lavisotto, esso funge da scaricatore, alleggerendo la fossa stessa convogliando le acque verso l'idrovora Interporto che le scaricherà in Adige assieme a quelle provenienti dal Ramo Nord.

L'idrovora Interporto è dotata di 5 pompe da 1250 l/s per una portata complessiva di 6.25 mc/s, ben maggiore di quella potenzialmente in arrivo.



Quindi, in merito alla penali  torrentizia (APP) indicata sulla Carta di Sintesi della Pericolosit ,   ragionevole ritenere che gli interventi idraulici messi in opera dal Consorzio di Bonifica Trentino, garantiscano la sicurezza idraulica dell'area.

Inoltre per garantire una maggiore sicurezza il piano campagna portato alla quota della strada (186 m slm.).

Per concludere, l'area non risulta vulnerabile dal punto di vista idraulico e non sarà necessario quindi provvedere alla realizzazione di opere di mitigazione.



Lavori di innalzamento del p.c.



Lavori di innalzamento del p.c.

7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

E' stato eseguito lo studio geologico, la modellazione geotecnica, la caratterizzazione sismica e la verifica di compatibilità della pericolosità di un'area sita in via Innbruck, Località Roncafort, nel comune di Trento, con lo scopo di verificare la compatibilità del progetto di un piano Guida per la costruzione di due fabbricati ad uso produttivo, in rapporto alle problematiche di ordine geologico, geotecnico, sismico ed idraulico che si verranno a creare a lavori ultimati.

Sulla base delle indagini eseguite e dalle considerazioni esposte ai paragrafi precedenti, si conclude quanto segue:

- L'assetto geologico-geomorfologico appare stabile e non sarà sostanzialmente modificato,
- non esistono movimenti gravitativi potenziali o in atto,
- non saranno influenzati assi di drenaggio o sorgenti,
- la falda freatica si attesta alla profondità di circa 2.2-2.8 m dal p.c. attuale, ma non potrà interferire con le opere in progetto,
- dal punto di vista geotecnico, le fondazioni dei fabbricati insisteranno su terreni dotati di buone caratteristiche geotecniche e bassa compressibilità,
- dal punto di vista sismico l'area risulta stabile ma suscettibile di media amplificazione sismica.

Quindi, considerato quanto sopra riportato, si può ragionevolmente affermare che le opere in progetto risultano compatibili con l'assetto geologico, geomorfologico, geotecnico, sismico ed idraulico della zona.