

# SKYMETRO

## PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO

CUP B39J22001360001 CIG 9262977270

### PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA (D.lgs. n. 36 / 2023)



#### CENSIMENTO SITI CONTAMINATI/POTENZIALMENTE CONTAMINATI Relazione Specialistica ai sensi dell'art. 242 ter

Commissa	Fase	Lotto	Disciplina	WBS	Tipo	Numero	Foglio	Rev.
MGE1	P4	LV	AMB	COM	R	011	00	A



Rev.	Descrizione	Nome		Data	Ragioni Modifica
A	Adeguamento al parere del CSLPP e altri Enti e allineamento progetto	Redatto	F. Scotti <i>Federica Scotti</i>	03/2025	
		Verificato	B. Alesse	03/2025	
		Approvato	A. Ferrari	03/2025	
		Autorizzato	P. Cucino	03/2025	
B		Redatto			
		Verificato			
		Approvato			
		Autorizzato			
C		Redatto			
		Verificato			
		Approvato			
		Autorizzato			
D		Redatto			
		Verificato			
		Approvato			
		Autorizzato			



## INDICE

<b>1.</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>DOCUMENTAZIONE UTILIZZATA</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>BREVE CRONISTORIA</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>APPLICABILITÀ DELL'ART.242TER D.LGS.152/06</b>	<b>11</b>
<b>4.</b>	<b>ASSETTO GEOLOGICO-IDROGEOLOGICO DELL'AREA</b>	<b>12</b>
<b>5.</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE DELLE MATRICI AMBIENTALI E ANALISI DI RISCHIO INERENTI LA REALIZZAZIONE DELLO SCOLMATORE</b>	<b>16</b>
<b>5.1</b>	<b>INDAGINI PREGRESSE ALLA CAMPAGNA DI INDAGINI ESEGUITA NEGLI ANNI 2022-2023 DALLA DITTA M3D</b>	<b>17</b>
<b>5.2</b>	<b>INDAGINI DELLE CAMPAGNE ESEGUITE NEGLI ANNI 2022-2023</b>	<b>17</b>
<b>5.3</b>	<b>VALUTAZIONE DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DELL'ART. 242 TER</b>	<b>18</b>
<b>5.4</b>	<b>MODELLO CONCETTUALE DELL'AREA</b>	<b>19</b>
<b>5.5</b>	<b>ESITI ANALISI DI RISCHIO</b>	<b>19</b>
<b>6.</b>	<b>VALUTAZIONE DEL RISCHIO SANITARIO AMBIENTALE AI SENSI DELL'ART.242 TER</b>	<b>20</b>
<b>6.1</b>	<b>SINTESI RISULTATI ANALITICI DI TERRENI E FALDA</b>	<b>20</b>
<b>6.2</b>	<b>RICOSTRUZIONE PIEZOMETRICA</b>	<b>21</b>
<b>6.3</b>	<b>MODELLO CONCETTUALE</b>	<b>21</b>
<b>6.4</b>	<b>RISULTANZE VALUTAZIONE DEL RISCHIO</b>	<b>22</b>
<b>7.</b>	<b>VALUTAZIONI DELL'INTERFERENZA CON MATRICI AMBIENTALI E BONIFICA</b>	<b>23</b>
<b>7.1</b>	<b>INTERFERENZA CON LE MATRICI AMBIENTALI</b>	<b>23</b>
<b>7.2</b>	<b>INTERFERENZA CON IL MODELLO CONCETTUALE</b>	<b>24</b>
<b>7.3</b>	<b>INTERFERENZA CON LE ATTIVITA' DI BONIFICA DELL'AREA</b>	<b>25</b>
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>25</b>



---

## INDICE DELLE FIGURE

<b>Figura 1.</b>	Inquadramento dell'intervento	5
<b>Figura 2.</b>	Stralcio planimetrico scolmatore Torrente Bisagno e opere in progetto (tracciato e cantieri)	6
<b>Figura 3.</b>	Stralcio planimetrico (scala 1:50) interferenza scolmatore-opera in progetto. Pianta a q.ta strada	11
<b>Figura 4.</b>	Carta Geologica PUC Comune di Genova	13
<b>Figura 5.</b>	Carta isofreatiche	15
<b>Figura 6.</b>	Stralcio planimetrico scolmatore Torrente Bisagno e ubicazione indagini eseguite	16
<b>Figura 7.</b>	Dettagli delle pile previste nelle vicinanze dell'area dello scolmatore (in giallo)	24

## 1. PREMESSA

La presente relazione costituisce il documento di supporto all'intervento di realizzazione del Progetto di fattibilità tecnico economica delle opere di prolungamento lungo la Val Bisagno della Metropolitana di Genova tratta Brignole-Molassana.

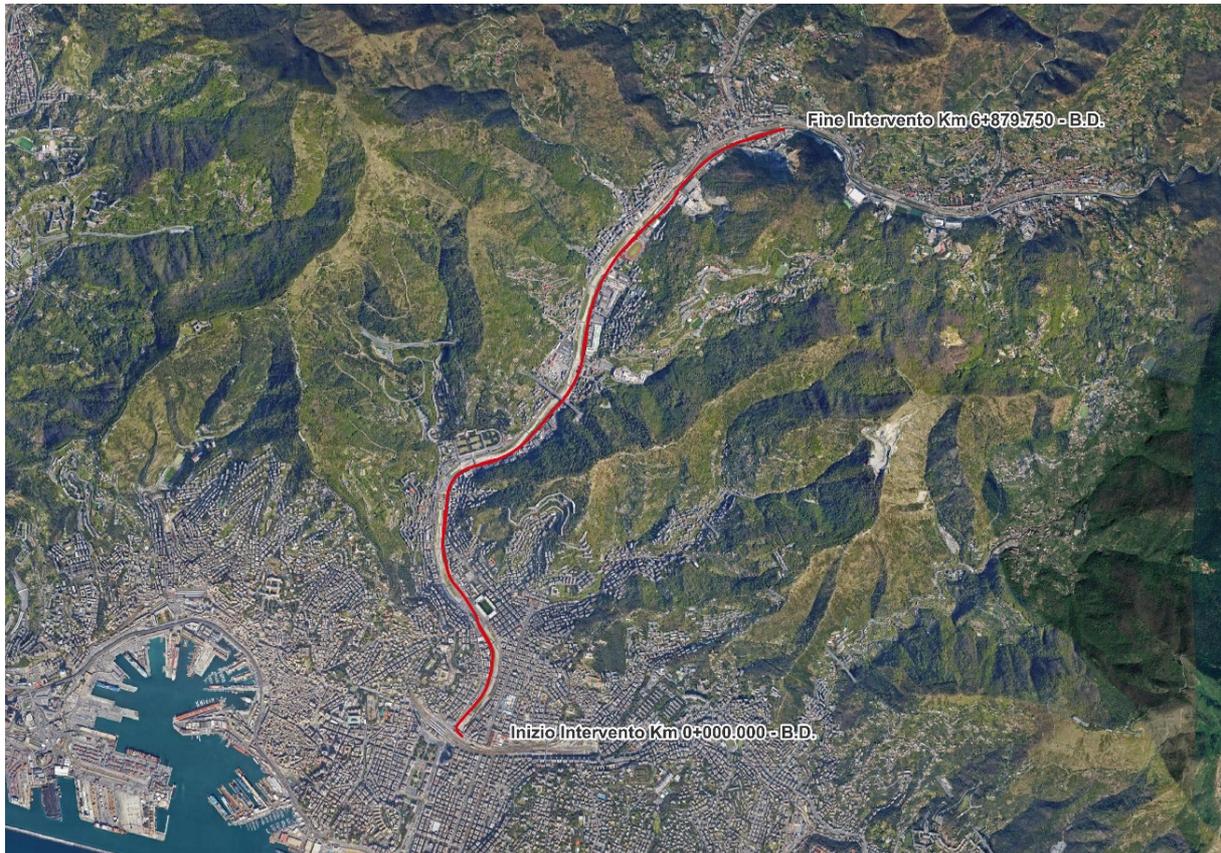


Figura 1. Inquadramento dell'intervento

Vengono di seguito presentate le valutazioni ai sensi dell'art. 242-ter del D.Lgs. 152/06 e gli esiti della valutazione delle interferenze redatta ai sensi del medesimo decreto legislativo.

Si precisa che l'area interessata dall'opera di progetto non si può definire sito, per l'assenza di confini catastali, ma un'area afferente ad una più ampia zona caratterizzata dalla medesima contaminazione che si riscontra in tutta la vallata.

In merito all'area "Scolmatore del Torrente Bisagno" (id ZF 145), l'opera in progetto ricade in adiacenza all'opera di presa dello Scolmatore. Come si può osservare più dettagliatamente nelle figure seguenti, l'intervento puntuale, oggetto del presente documento, ricade limitrofo all'opera di presa dello Scolmatore.

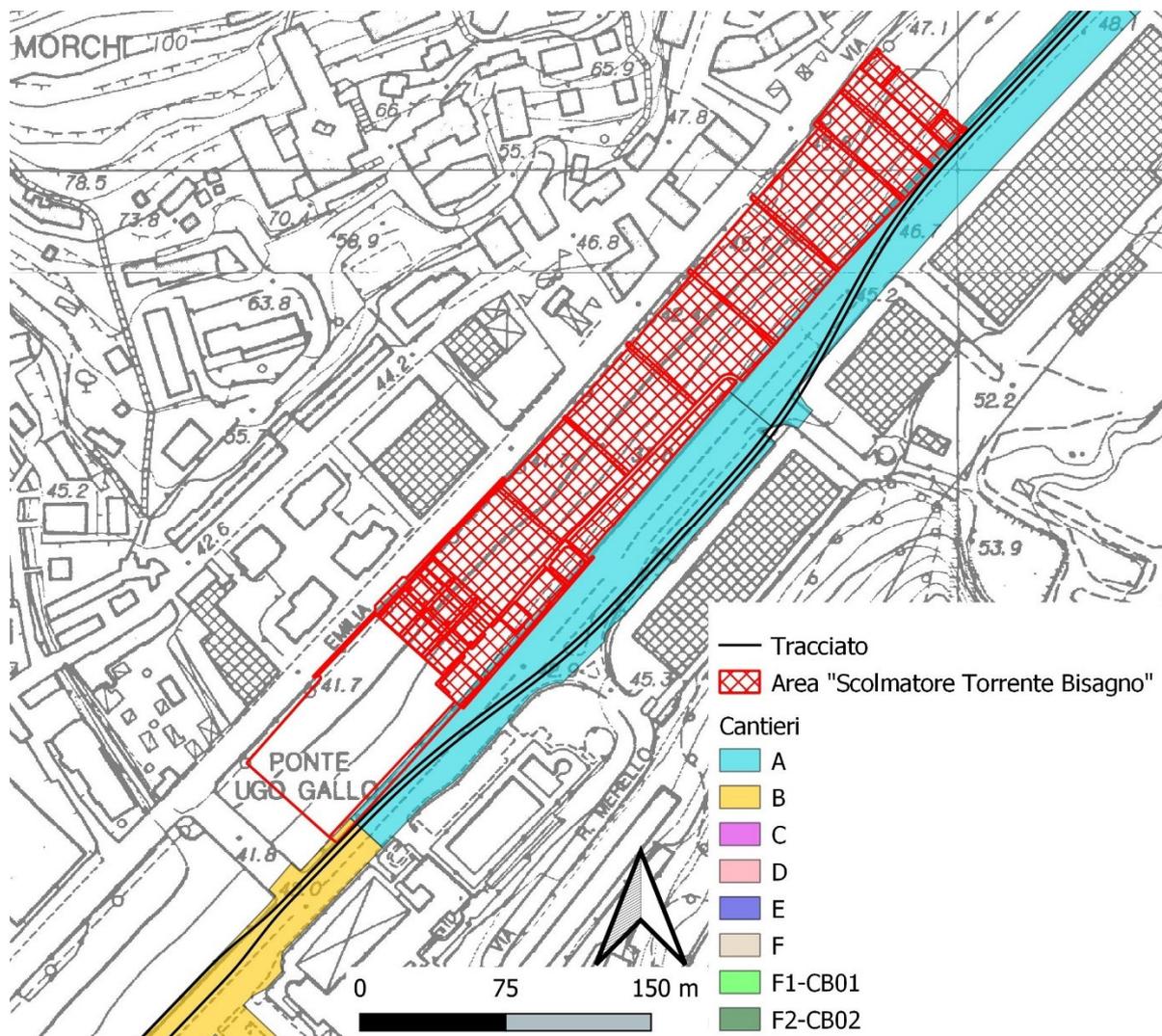


Figura 2. Stralcio planimetrico scolmatore Torrente Bisagno e opere in progetto (tracciato e cantieri)

L'area adiacente all'opera viene riportata in rosso nella figura precedente.

Quest'area è stata oggetto di indagini ambientali e geognostiche dal 1981 al 2009, ulteriori indagini sono state eseguite per la progettazione dello Scolmatore e negli ultimi anni sono state incrementate al fine di elaborare l'Analisi di Rischio e definire il modello concettuale dell'area, ed infine per la caratterizzazione dei terreni e per definirne le successive modalità di gestione. I punti di indagine si riportano nello stralcio cartografico seguente.

## 2. DOCUMENTAZIONE UTILIZZATA

Nella seguente tabella è riportato l'elenco della principale documentazione consultata ed utilizzata per l'elaborazione del presente documento.

Tabella 2-1 – Documentazione utilizzata per l'elaborazione del presente documento		
N.	Estremi documento	Oggetto
Doc. 1	ANALISI DEL RISCHIO SITO SPECIFICA	Analisi di Rischio relativa all'area dello Scolmatore
Doc. 2	RELAZIONE FINALE REV1 al 19_04_2023	Procedura per affidamento del servizio di indagini geognostiche ed idrogeologiche di caratterizzazione ambientale sulle aree di cantiere vicino, all'impianto sportivo Sciorba interessate dal progetto per la realizzazione delle opere di imbocco dello Scolmatore del Torrente Bisagno
Doc. 3	Censimento siti contaminati / potenzialmente contaminati	Analisi delle eventuali interferenze tra le opere in progetto ed i siti contaminati / potenzialmente contaminati presenti
Doc. 5	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica – SKYMETRO PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO	Relazione generale del progetto

### 2.1 BREVE CRONISTORIA

Di seguito si riporta una cronologia schematica delle indagini ambientali a disposizione:

1. A) 3088 anno 1981

Indagini geognostiche presso gli impianti Sciorba, comprensive di tre sondaggi (3088/S1, 3088/S2, 3088/S3) eseguiti a carotaggio continuo nel 1981 e spinti a profondità variabile tra i 21 e i 30 m. In questa zona le stratigrafie riportavano la presenza di riporti e terreni rimaneggiati per spessori fino a 8 m, quindi le alluvioni grossolane del T. Bisagno e, a circa 18 m dal p.c. di allora, il substrato roccioso. La falda si attestava a circa 12 m dal p.c. di allora.

2. B) 3104 anno 1984

Indagini geognostiche eseguite nell'inverno del 1984. Si tratta di tre sondaggi (3104/S1, 3104/S2, 3104/S3) a carotaggio continuo spinti a profondità tra 15 e 20 m dal p.c. I primi due sondaggi sono senz'altro ubicati lungo l'alveo del T. Bisagno. Il terzo sondaggio, invece, potrebbe risultare ubicato lungo la via Adamoli. Le tre stratigrafie confermano almeno 20 m di depositi alluvionali sostanzialmente ghiaiosi e ciottolosi.

3. C) 3007 anno 1997

Campagna geognostica eseguita nel 1997 nell'area della piscina principale del complesso della Sciorba. I cinque sondaggi (3007/S21, 3007/S22, 3007/S23, 3007/S24 e 3007/S25), spinti a profondità tra i 20 e i 30 m, sono indicati nella banca dati regionale come a carotaggio

continuo. Più verosimilmente si tratta in gran parte di stratigrafie ricostruite da sondaggi a distruzione di nucleo che confermano un potente orizzonte di materiali di riporto. Il Sondaggio 3007/S25, eseguito poco a valle dell'attuale via Merello, ha individuato il substrato fratturato a circa 7m dal p.c. Le stratigrafie segnalano nella zona delle piscine un orizzonte più limoso tra - 7 e - 11 m dal vecchio p.c.

4. D) 5266-5267 anno 1999

I due sondaggi a rotazione con carotaggio continuo vennero eseguiti in alveo nell'inverno 1999, probabilmente per la progettazione di opere di distribuzione (fognatura) e spinti a 20 m dal p.c. senza comunque raggiungere il substrato roccioso. Il primo è ubicato di fronte all'impianto della Sciorba, il secondo venne perforato immediatamente a monte della passerella pedonale di attraversamento del torrente.

5. E) 2786 e 2787 anno 2000

Si tratta di due sondaggi a rotazione e carotaggio continuo nelle aree occupate attualmente dal supermercato Lidl in sponda destra del T. Bisagno all'altezza del Ponte Gallo. Entrambe le stratigrafie testimoniano la presenza di alluvioni e depositi sciolti fino a profondità di 12m. Le alluvioni risultano sensibilmente frammiste a depositi di versante.

6. F) 3284 e 3285 anno 2000

Si tratta di due sondaggi a rotazione e carotaggio continuo realizzate per conto di Edilizia Ligure nelle aree oggi occupate da un complesso immobiliare con box seminterrato in sponda destra del T. Bisagno lungo la via Emilia. Entrambe le stratigrafie testimoniano la presenza di alluvioni e depositi sciolti fino a profondità di 13m. Negli ultimi metri vengono segnalate argille.

7. G) 5015-5019 anno 2000

Si tratta di cinque sondaggi a rotazione e carotaggio continuo realizzati per conto di Edilizia Valle Rosa nelle aree già indagate con i due sondaggi di cui alla precedente lettera E. I sondaggi hanno indagato il materasso alluvionale fino a profondità comprese tra 18 e 25 m testimoniando la presenza di alluvioni prevalentemente grossolane fino a 22 m dal p.c.. In alcune perforazioni sono state individuati orizzonti argillosi intercalati alle ghiaie e sabbie.

8. H) SnD definitivo dello scolmatore anno 2005

Nell'ambito della progettazione definitiva dello scolmatore sono stati eseguiti due sondaggi a rotazione e carotaggio continuo (S6D e S7D) lungo la viabilità compresa tra l'autolavaggio di via Adamoli e l'edificio della University Cars. Le stratigrafie riportano una quota del piano campagna di 45 m slm ed il substrato a circa 14 m di profondità, attribuendo tutto il materiale sovrastante a riporto antropico. Tracce di mattoni sono state rinvenute almeno fino a 9 m di profondità. In entrambi i sondaggi è stato installato un piezometro di tipo Norton a tubo aperto con diametro di 2 pollici. Il sondaggio S7D è stato oggetto di monitoraggio freaticometrico mensile nel periodo 2010-2012.

9. I) 5846 anno 2005

Poco a monte dell'area in studio, il Comune di Genova ha eseguito alcuni sondaggi in corrispondenza del parcheggio di interscambio antistante l'edificio della Sezione di Molassana

della Polizia municipale (area non rappresentata nella tavola 3). Nonostante si tratti di sondaggi posti a circa 500 m dalla zona di imbocco ne viene riportata una stratigrafia in allegato 2 in quanto estremamente dettagliata ed esemplificativa della sequenza sedimentaria del tratto medio alto della piana alluvionale del T. Bisagno.

10. L) SEB2 esecutivo dello scolmatore anno 2017

All'interno delle aree di pertinenza dell'impianto sportivo della Sciorba, è stato eseguito su incarico di Rocksoil un sondaggio a rotazione e carotaggio continuo, spinto a 30 m (SEB2). Immediatamente a fianco è stato perforato a distruzione di nucleo il sondaggio SEB2 bis, equipaggiato a piezometro fino a profondità di 16 m dal p.c. Nel luglio 2018 i campioni litoidi prelevati da SEB2 sono stati sottoposti ad analisi chimiche ai sensi del DPR 120/2017, senza evidenze di superi rispetto ai valori di concentrazione soglia di contaminazione di colonna A della tabella 1 dell'allegato 5 al titolo V della Parte Quarta del D.lgs. 152/06.

11. M) BIS PUT dello scolmatore anno 2018

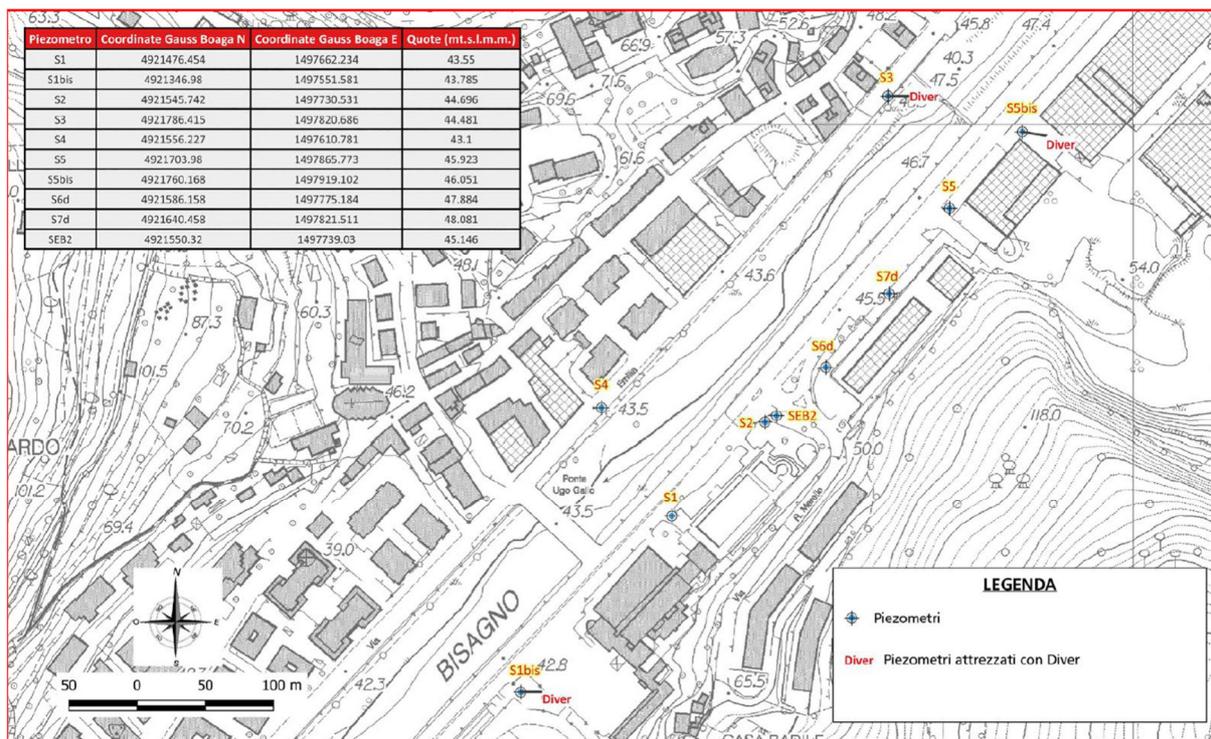
Allo scopo di effettuare una caratterizzazione preliminare dei sedimenti in alveo nel tratto oggetto di scavo per le opere d'imbocco dello scolmatore, nel giugno 2018 sono stati prelevati 14 campioni superficiali (BIS01 – BIS14). Le analisi chimiche hanno ricercato i parametri della tabella 4.1 dell'allegato 4 al DPR 120/2017 a cui sono stati aggiunti i parametri richiesti dalla DGR 1209/2016 e DGR 95/2017 per eventuale utilizzo in ripascimenti, rinvenendo locali superi dei valori limite per idrocarburi pesanti e IPA. Si è quindi proceduto ad eseguire in corrispondenza dei superi 7 pozzetti geognostici dai quali sono stati prelevati ulteriori campioni sottoposti ad analisi chimiche da confrontarsi alla normativa regionale in materia di ripascimento, rinvenendo una diffusa contaminazione da IPA e piombo che rende le alluvioni non idonee al ripascimento delle spiagge liguri.

12. N) Indagini Caratterizzazione Ambientale scolmatore anno 2022-2023

Allo scopo di effettuare una caratterizzazione sulla base del P.d.C. sono stati eseguiti N°07 sondaggi geognostici a carotaggio continuo della profondità massima di 25 ml. salvo interrompere la perforazione una volta intestati all'interno del substrato roccioso calcareo, tutti attrezzati al termine delle operazioni di terebrazione con tubazione piezometrica  $\varnothing 3''$  per il successivo campionamento e monitoraggio della falda.

Di seguito viene riportato stralcio cartografico relativo a dette indagini integrato dei N°03 ulteriori piezometri preesistenti (SEB2, S6d, S7d) per i quali il P.d.C. richiedeva il campionamento ed analisi della falda.

Tale campagna ha consentito di approfondire la verifica delle CSC delle terre ma soprattutto ha consentito di avere un quadro più diffuso delle concentrazioni delle CSC all'interno delle acque di falda che erano limitate a 3 soli punti di campionamento (Piezometri SEB2, S6D, S7D).



Con D.D. 2021-151.0.0.-26 pratica 491/BF viene approvato il Piano di Caratterizzazione ai sensi dell'art. 245 del D.Lgs.152/06 e s.m.i. del sito ZF045 (Scolmatore del Torrente Bisagno, Via Adamoli).

Le matrici potenzialmente contaminate coinvolte nel procedimento sono le acque sotterranee (contaminanti IPA e Solventi) e i sedimenti fluviali (IPA e idrocarburi).

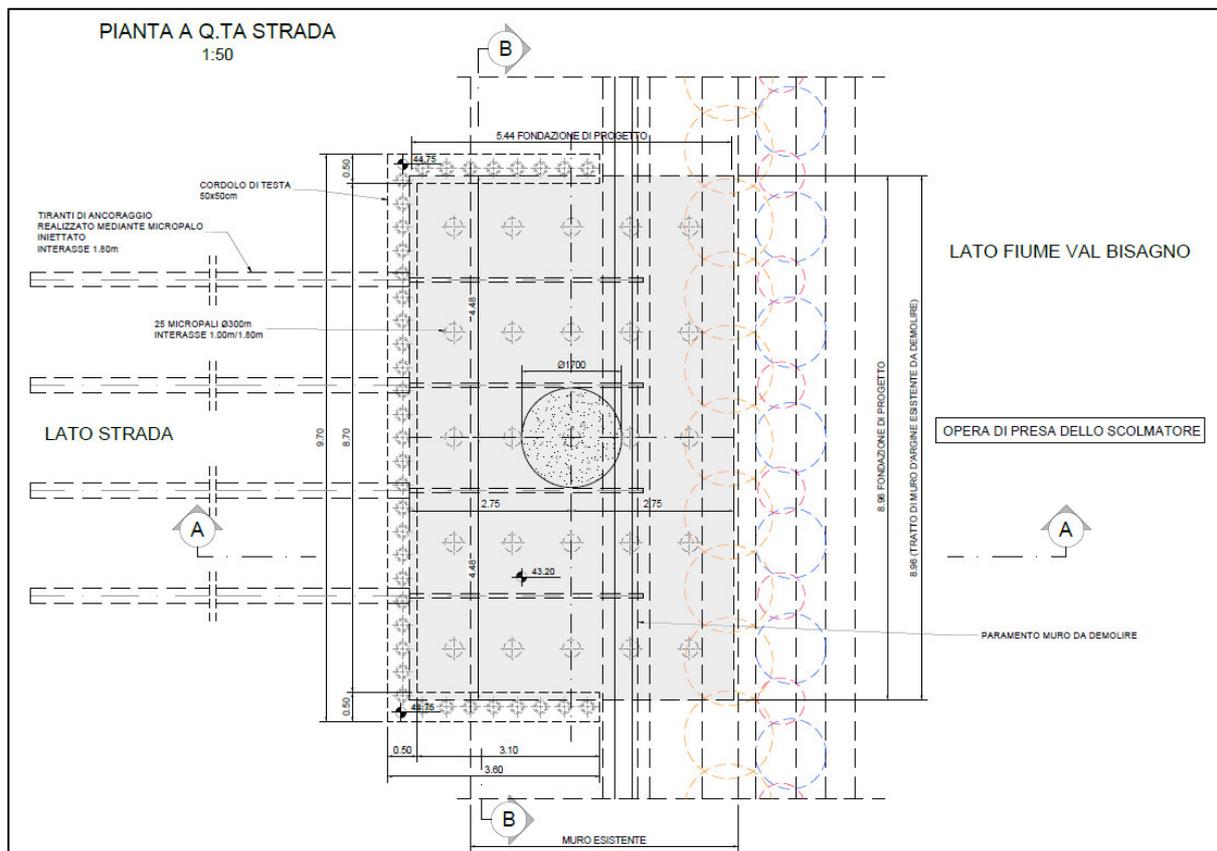


Figura 3. Stralcio planimetrico (scala 1:50) interferenza scolmatore-opera in progetto. Pianta a q.ta strada

### 3. APPLICABILITÀ DELL'ART.242TER D.LGS.152/06

La progettazione del viadotto si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica per il progetto di prolungamento lungo la Val Bisagno della Metropolitana di Genova tratta Brignole-Molassana.

È stato pertanto elaborato il presente documento finalizzato alla verifica della compatibilità tra la progettazione prevista ed il procedimento principale in cui essa si inserisce.

Più precisamente, come previsto dal comma 1 dell'art. 242 ter del D.Lgs. 152/06, lo studio di seguito descritto è stato condotto per valutare che le modalità e le tecniche realizzative delle opere non pregiudichino e non interferiscano con l'esecuzione e il completamento della bonifica, né determinino rischi per la salute dei lavoratori e degli altri fruitori dell'area.

Nel caso specifico come si evince dagli stralci planimetrici e dai documenti presentati per la progettazione, l'opera è adiacente all'area dello Scolmatore che non è soggetta ad una procedura di bonifica. Pertanto, questo documento, ha lo scopo di valutare, sulla falsa riga di quanto sancito dal



---

art.242 ter, gli eventuali rischi relativi ad un'area caratterizzata da una contaminazione diffusa delle acque di falda.

A tal proposito è stata considerata una destinazione d'uso commerciale/industriale su tutta l'area dello scolmatore presa in considerazione (Tabella 1B, Allegato 5, Titolo V, parte IV, D.Lgs. 152/06).

#### **4. ASSETTO GEOLOGICO-IDROGEOLOGICO DELL'AREA**

Dal punto di vista geologico il substrato della zona in esame è costituito da rocce di età cretacea medio-superiore dell'Unità tettonica Antola, appartenenti alla Formazione del Monte Antola. La Formazione del Monte Antola è una sequenza torbiditica calcareo-marnosa e comprende marne e marne calcaree e, in subordine, argilliti talora scistose in strati decimetrici e bancate calcareo arenacee. Nell'ambito in esame prevale la componente calcarea e calcareo marnosa (70-80%), che si presenta in strati di spessore da sub metrico a metrico, di colore grigio. Le litologie eterogenee che compongono il Flysch hanno comportamenti deformativi diversi, essendo più rigidi i calcari arenacei e i calcari e progressivamente più duttili le marne e le argilliti. Anche lo stato fessurativo varia, come il grado di alterazione per esposizione agli agenti meteorici.

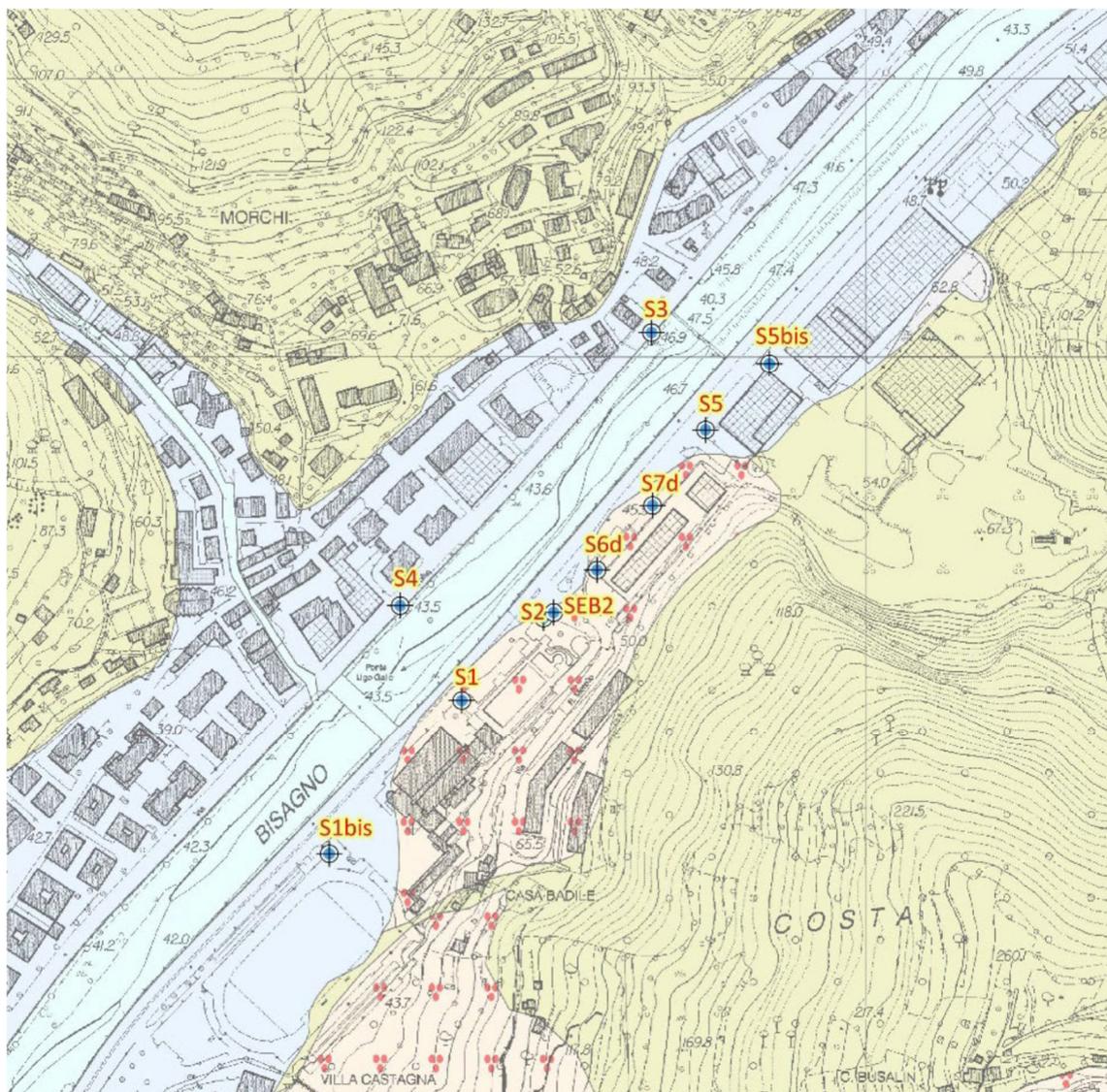


Figura 4. Carta Geologica PUC Comune di Genova

In corrispondenza dell'area oggetto di studio il substrato roccioso è ricoperto dai depositi alluvionali del T. Bisagno, superficialmente rimaneggiati e frammisti a riporti. Lo spessore dei depositi in sponda sinistra del T. Bisagno parte da 7 mt in corrispondenza del sondaggio S5bis e aumenta spostandosi verso valle fino a superare i 25 mt in corrispondenza del sondaggio S1bis. In sponda destra del T. Bisagno, dove si presume passi il paleo alveo, gli spessori risultano maggiori partendo dai 20 mt in corrispondenza del sondaggio S3, fino a superare i 25 mt, spostandosi verso valle, in corrispondenza del sondaggio S4.

I depositi alluvionali antichi e recenti che caratterizzano dal punto di vista stratigrafico l'area in esame, risultano localmente, nelle zone marginali, interdigitati o sottoposti alle coltri eluvio colluviali di deposizione pedemontana e mostrano una granulometria piuttosto uniforme sull'intero spessore,



data da ghiaie eterometriche con ciottoli, mediamente elaborati e arrotondati, con basse percentuali di frazione fine limosa o limoso-argillosa.

Dal punto di vista mineralogico le alluvioni sono costituite prevalentemente da carbonati di calcio e magnesio e in minor parte da minerali delle argille sia primarie che secondarie e quarzo. Tale composizione mineralogica imprime alle acque di falda una composizione spiccatamente carbonatico-terrosa.

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici relativi alla circolazione delle acque sotterranee, i depositi alluvionali, a granulometria prevalentemente grossolana, con percentuali variabili di matrice fine, sono caratterizzati da permeabilità primaria medio-alta, con coefficienti che, sulla base di indagini geognostiche effettuate e di dati reperiti in letteratura, possono essere stimati variabili tra 10-3 mt/sec÷10-5 mt/sec.

Il substrato roccioso può essere considerato, a grande scala, permeabile per fratturazione e caratterizzato da un grado di carsismo, ove presente, estremamente blando e superficiale. Le componenti calcarea e arenacea presentano permeabilità variabile in funzione del diverso grado di fratturazione e i circuiti idrici sono condizionati dall'andamento (orientazione e densità) e dalla persistenza delle discontinuità. Le discontinuità sono però spesso cementate o riempite di materiale fine argilloso, e in tal caso la permeabilità dell'ammasso si riduce sensibilmente.

In base a riferimenti bibliografici al Flysch di Monte Antola viene normalmente attribuita una permeabilità media isotropa variabile fra 10-7 e 10-8 m/sec, che risulta in linea con quanto ottenuto da prove Lugeon eseguite nelle diverse fasi progettuali dello scolmatore.

I depositi alluvionali, dotati di buona trasmissività, costituiscono un acquifero a falda libera, essenzialmente unica e continua, con oscillazioni di livello dipendenti direttamente dai regimi pluviometrici.

Il livello di base dell'acquifero è rappresentato dal substrato roccioso calcareomarnoso.

L'alimentazione avviene essenzialmente grazie all'infiltrazione diretta e agli apporti del corso d'acqua principale (alveo disperdente) e dei suoi affluenti. Non a caso i pozzi presenti in Val Bisagno sono ubicati entro le alluvioni e sono più frequenti procedendo da monte verso valle (dove lo spessore del materasso alluvionale è maggiore) e si trovano spesso in corrispondenza della confluenza dei vari corsi d'acqua laterali con il Bisagno.

Il regime della falda, che potrebbe significativamente influenzare le direzioni di flusso di dettaglio dell'area in esame, è strettamente collegato ai sistemi di ricarica della stessa, che in ordine di importanza posso essere così considerati:

- apporti di acque superficiali;
- flusso di sub alveo proveniente dalle zone di monte, predominante in corrispondenza dei periodi più siccitosi;
- apporti laterali di versante, anch'essi dipendenti dal regime piovoso.
- piogge dirette sulla zona di divagazione attuale dell'alveo confinata dai sistemi spondali artificiali
- possibili apporti dal substrato, anche se le indagini pregresse individuano maggiori carichi in corrispondenza del sistema alluvionale rispetto alla circolazione esistente nel substrato.

Le piogge possono quindi essere considerate come il fattore predominante sulla ricarica dell'acquifero.

Misure pregresse pluriennali di soggiacenza della falda mostrano infatti innalzamenti del livello di falda quasi sempre correlabili con la piovosità. La Carta delle isofreatiche, realizzata utilizzando un modello matematico a maglie triangolari, a partire dai dati ricavati dalle letture della soggiacenza della falda all'interno dei piezometri in data 17/01/2023 al fine di ricostruire le superfici piezometriche, mostra una direzione media di falda pressochè parallela all'asse fluviale.

In data 17/01/2023 è stato effettuato il rilievo del pelo libero dell'acqua lungo l'alveo del T. Bisagno, attraverso la georeferenziazione di 23 punti in sponda destra sinistra del corso d'acqua.

E' da sottolineare e tenere in considerazione, nell'interpretazione dei dati, il disturbo sia sull'andamento del pelo libero dell'acqua lungo l'alveo che, potenzialmente, del livello di falda, rappresentato, al momento delle misurazioni effettuate, dalla presenza del cantiere di lavoro per lo scoltatore e dalle opere già realizzate in corrispondenza delle sponde del T. Bisagno che hanno stravolto il naturale assetto dell'alveo (foto sottostante) e sicuramente costituiscono interferenza alla circolazione sub superficiale pre-esistente vista la presenza di paratie di pali secanti e del consolidamento del terreno operato mediante jetgrouting.

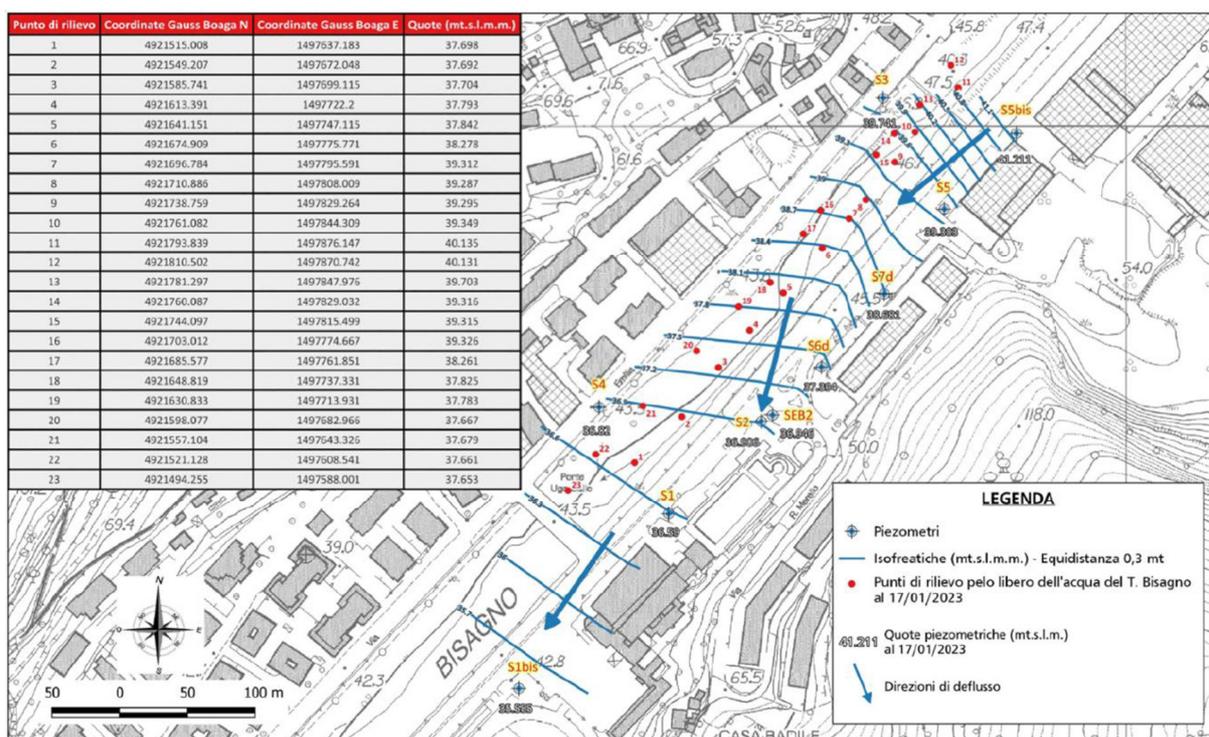


Figura 5. Carta isofreatiche

## 5. CARATTERIZZAZIONE DELLE MATRICI AMBIENTALI E ANALISI DI RISCHIO INERENTI LA REALIZZAZIONE DELLO SCOLMATORE

Come già riportato in precedenza (capitolo 2) l'area in esame è stato oggetto di diverse indagini geognostiche e ambientali. Il SIRA Sondaggi e stratigrafie riporta i risultati di otto campagne geognostiche svolte nell'area tra il 1981 e il 2009. Ulteriori indagini sono state svolte per la progettazione dello scolmatore e per la predisposizione del relativo Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo. I punti di indagine sono di seguito rappresentati nello stralcio cartografico:

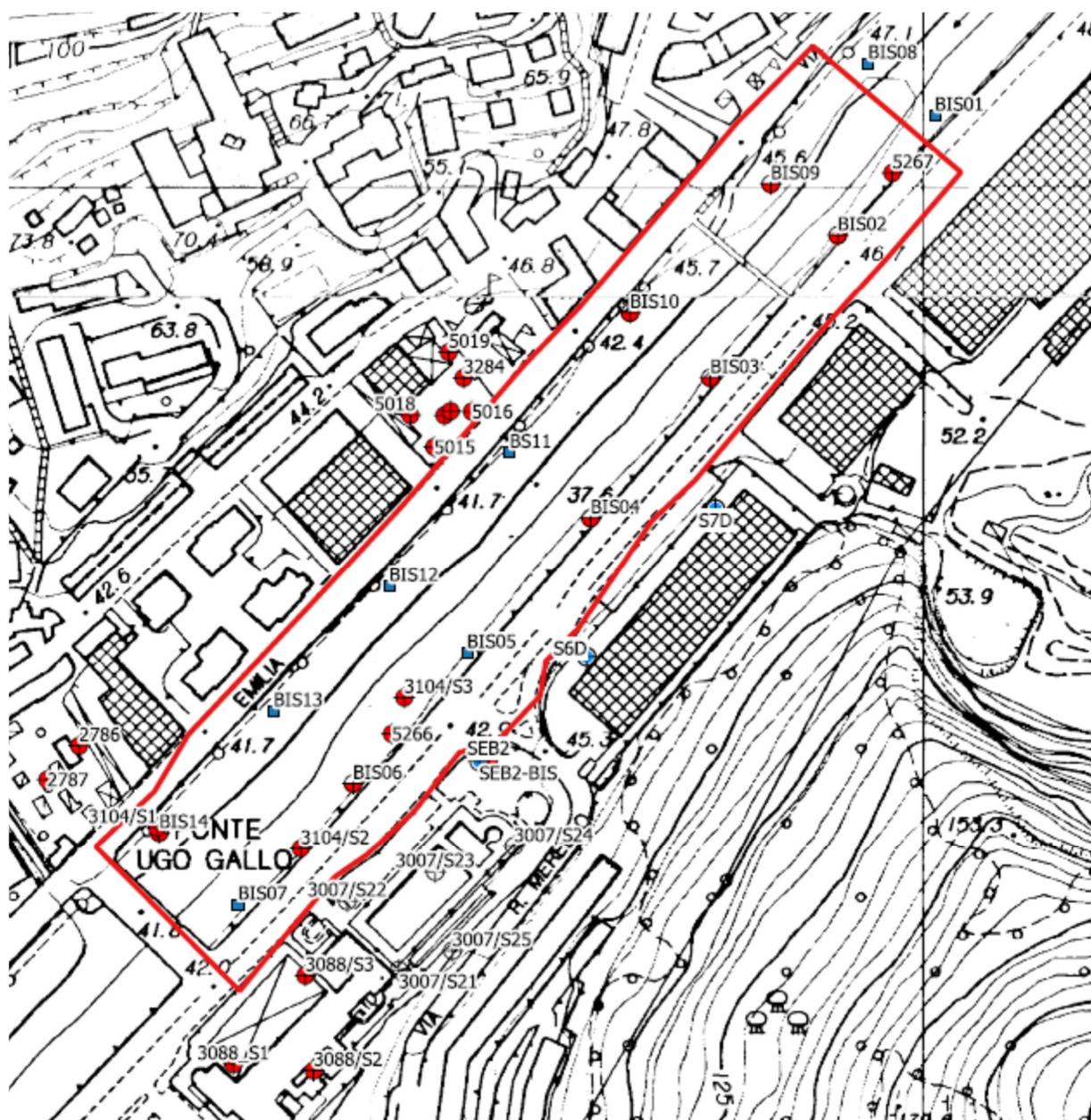


Figura 6. Stralcio planimetrico scolmatore Torrente Bisagno e ubicazione indagini eseguite

Data la prossimità delle opere in progetto, saranno presi in considerazione solamente i dati relativi ai n. 3 punti di indagine più vicini alle aree di nostro interesse, in particolare i sondaggi geognostici attrezzati a piezometro SEB2/SEB2-BIS, S6D e S7D.

Tali punti di indagine, oltre ad essere i più vicini alle aree di intervento, sono stati realizzati a livello della sede stradale e quindi maggiormente coerenti con la tipologia di opere previste in progetto.

Di seguito viene comunque esposto l'esito delle indagini ambientali più recenti eseguite su tutta l'area dello scolmatore.

### **5.1 INDAGINI PREGRESSE ALLA CAMPAGNA DI INDAGINI ESEGUITA NEGLI ANNI 2022-2023 DALLA DITTA M3D**

Le analisi chimiche sui campioni di acque sotterranee prelevate nei piezometri, realizzati per la progettazione dello scolmatore, avevano riscontrato la presenza del bromodichlorometano (BDCM) in concentrazioni doppie rispetto al limite di legge. Altri solventi clorurati erano risultati presenti in concentrazioni al di sotto dei limiti della tabella 2 dell'allegato 5 alla Titolo V della Parte Quarta del d.lgs. 152/06. In particolare, nel piezometro SEB2 (il più a valle dei tre sondaggi eseguiti per lo scolmatore), il BDCM era stato ritrovato con concentrazione pari a 0.29 µg/l (contro un limite di 0.17 µg/l indicato nella relativa CSC). Erano inoltre presenti il Tetracloroetilene (PCE), il Tricloroetilene, l'Esaclorobutadiene. Il Bromodichlorometano risultava ancora presente in concentrazioni, sempre modeste, ma eccedenti le CSC per le acque sotterranee nel piezometro S6D, insieme a tracce di tetracoloroetilene (PCE). Nel Piezometro S7D, il più settentrionale dei tre sondaggi eseguiti per il progetto dello scolmatore, erano presenti solo tracce di Tetracloroetilene (PCE). In tutti e tre i piezometri era emersa una modesta contaminazione da benzo(a)pirene.

Per quanto riguarda le analisi dei terreni, eseguite su campioni prelevati prettamente all'interno di pozzetti esplorativi scavati in alveo, era stata evidenziata la presenza di superi per Idrocarburi pesanti C>12 e in un solo caso per IPA rispetto alla Tabella 1A, dell'allegato 5 alla Titolo V della Parte Quarta del d.lgs. 152/06 e pertanto conferme al rispetto della Tabella 1B, dell'allegato 5 alla Titolo V della Parte Quarta del d.lgs. 152/06.

### **5.2 INDAGINI DELLE CAMPAGNE ESEGUITE NEGLI ANNI 2022-2023**

Le analisi chimiche, eseguite sui campioni di acque sotterranee prelevati all'interno di tutti i piezometri, hanno evidenziato, nelle due recenti campagne, la presenza di Dichloroetilene e Triclorometano. Il solo piezometro S5bis ha evidenziato anche un supero di Tetracloroetilene (PCE) e per Idrocarburi totali.

Per quanto riguarda i suoli, sempre tenendo conto della destinazione d'uso dell'area di interesse, commerciale/industriale, non sono presenti superamenti della Tabella 1B, dell'allegato 5 alla Titolo V della Parte Quarta del d.lgs. 152/06.

Dati i superi delle CSC in aree classificabili come commerciale e industriale e nelle acque sotterranee, risulta necessario procedere all'analisi del rischio sito specifica.

Nel caso particolare, è stata già presentata un'analisi del rischio per lo Scolmatore che non riguarda un sito ma una porzione di città dove sono in corso delle attività di cantiere per la realizzazione dell'opera di presa e l'imbocco della Galleria scolmatrice del torrente Bisagno. Tale area riguarda l'alveo e le sponde destra e sinistra del torrente. In relazione alla documentazione presentata, relativamente alla contaminazione da organoalogenati nella falda, presenti sia a monte che a valle dell'area indagata, si concorda sull'impossibilità di indentificare un POC. Infatti, l'Allegato 1 alla Parte IV del d.lgs 152/06 indica che *"il punto di conformità deve essere di norma fissato non oltre i confini del sito contaminato oggetto di bonifica e la relativa CSR per ciascun contaminante deve essere fissata equivalente alle CSC di cui all'Allegato 5 della parte quarta del presente decreto"* e il confine dell'area indagata non è identificabile in quanto la stessa non coincide con un sito potenzialmente contaminato. Inoltre, tale contaminazione è diffusa su tutta la falda del torrente Bisagno, in base a uno studio eseguito da parte di ARPAL, sulla contaminazione diffusa di Tetracloroetilene, Tricloroetilene, 1,2 Dicloroetilene, Bromodichlorometano, Triclorometano nella bassa Val Bisagno.

Tali inquinanti hanno una densità maggiore di quella dell'acqua, andandosi ad accumulare nell'ambiente sul fondo della falda costituendo una fase non solubile in acqua DNAPL e rilasciando, lentamente e nel tempo, piccoli quantitativi in soluzione, dando luogo a minime concentrazioni per lungo tempo e su aree molto estese.

Questo tipo di contaminazione è riconducibile ai prodotti usati nel tempo presso le attività produttive e industriali presenti sia nel territorio della Val Bisagno, come quello della Val Polcevera o altri del Ponente Genovese.

Date le premesse, nella presente valutazione, è stato valutato il rischio per la falda relativamente all'inalazione di vapori Indoor, in via cautelativa, e Outdoor (in-site e off-site).

### **5.3 VALUTAZIONE DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DELL'ART. 242 TER**

A seguito dell'accertato superamento della CSC, individuate le caratteristiche specifiche del sito, viene applicata la procedura di analisi di rischio sanitario ambientale sito-specifica (in seguito denominata semplicemente "Analisi di Rischio"), ai sensi dell'art. 242 ter, comma 4 del D.lgs. 152/06 e secondo i criteri di cui all'Allegato 1 al Titolo V, Parte IV del D.lgs. 152/06 per la determinazione dei valori di concentrazione pari alla soglia di rischio (CSR). Si rende pertanto necessario valutare se le concentrazioni rinvenute nel sito (eccedenti le CSC) costituiscano rischio per la salute e/o l'ambiente e, quindi, se sia necessario un intervento di bonifica individuando, in tale caso, gli obiettivi quantitativi di bonifica nell'area di intervento.

L'analisi di rischio costituisce lo strumento più indicato per supportare le strategie di gestione della contaminazione e per quantificare i rischi legati alla presenza di sostanze in concentrazioni superiori a quelle previste dalla normativa vigente.

Tra le procedure operative adottate per l'effettuazione di un'analisi di rischio, la procedura RBCA (Risk Based Corrective Action) della ASTM (American Society for Testing and Materials) è quella maggiormente utilizzata per guidare gli interventi di risanamento su siti contaminati e costituisce il criterio decisionale basato sull'analisi di rischio più nota a livello internazionale. La norma RBCA descrive il processo decisionale che, attraverso l'applicazione dell'analisi di rischio, porta alla

definizione degli interventi di risanamento del sito in modo efficace dal punto di vista della protezione dai rischi.

#### 5.4 MODELLO CONCETTUALE DELL'AREA

Relativamente alla matrice acque sotterranee, il modello concettuale prevede la valutazione del rischio per la falda relativamente all'inhalazione di vapori Indoor, in via cautelativa, e Outdoor (in-site e off-site).

- Gennaio 2023

<b>Concentrazioni superiori al limite Tabella 2, D.Lgs.152/06</b>	<b>SEB2</b>	<b>S6D</b>	<b>S7D</b>	<b>S5</b>	<b>S5bis</b>
Dicloroetilene (1,1)	<b>2,9</b>	<0,005	<0,005	<b>0,56</b>	<b>0,72</b>
Tetracloroetilene	<b>2,9</b>	<0,005	<0,005	<b>0,59</b>	<b>1,3</b>
Idrocarburi totali	<35	<35	<35	<35	<b>515</b>

- Marzo 2023

<b>Concentrazioni superiori al limite Tabella 2, D.Lgs.152/06</b>	<b>SEB2</b>	<b>S6D</b>	<b>S7D</b>	<b>S5</b>	<b>S5bis</b>
Dicloroetilene (1,1)	<b>0,046</b>	<b>0,076</b>	<b>0,15</b>	<b>0,098</b>	<b>0,36</b>
Triclorometano	<b>3,9</b>	<b>3,7</b>	<b>9,5</b>	<b>5,4</b>	<b>2,2</b>
Tetracloroetilene	0,23	<0,10	<0,10	0,42	<b>2,6</b>

#### 5.5 ESITI ANALISI DI RISCHIO

Le analisi del rischio sito specifiche, sia per quel che riguarda le aree pavimentate che per quelle non pavimentate, hanno escluso la presenza di rischi derivanti dalle sorgenti, suolo superficiale, suolo profondo e falda. Le relative CSR, individuabili negli allegati Risk-net, sono risultate superiori alle CRS determinate nella campagna d'indagine. Non trattandosi l'area caratterizzata di un sito, non è stato possibile individuare un POC. Questo viene nella prassi fissato al confine catastale del sito dove è presente la sorgente secondaria che ha generato o che genera la contaminazione della falda. Questo, al fine di garantire che le acque sotterranee che fuoriescono dalla proprietà, il sito, abbiano caratteristiche qualitative idonee a tutelare la risorsa idrica e la salute della popolazione. Che sia inoltre onere di chi ha inquinato, o del proprietario del sito, adottare adeguati interventi per renderle conformi. In ogni caso, trattasi di un inquinamento da organoalogenati diffuso in tutta la vallata, da monte alla foce del torrente. Inoltre, all'interno dell'area indagata, non è stato osservato un



incremento delle concentrazioni di organoclorurati nelle acque sotterranee, tra monte e valle, tale da far ipotizzare la presenza di una sorgente, primaria o secondaria, all'interno della stessa. Inoltre, non sono stati riscontrati superi delle CSC per organoalogenati nei suoli analizzati. Questo a ulteriore esclusione della possibile presenza di una sorgente secondaria all'interno dell'area. Alla luce delle considerazioni fatte, l'area risulterebbe non contaminata. Non sono pertanto necessari interventi di bonifica o di messa in sicurezza.

## 6. VALUTAZIONE DEL RISCHIO SANITARIO AMBIENTALE AI SENSI DELL'ART.242 TER

Data la prossimità delle opere in progetto, saranno presi in considerazione solamente i dati relativi ai n. 3 punti di indagine più vicini alle aree di nostro interesse, in particolare i sondaggi geognostici attrezzati a piezometro SEB2/SEB2-BIS, S6D, S7D, S5 e S5bis.

Tali punti di indagine, oltre ad essere i più vicini alle aree di intervento, sono stati realizzati a livello della sede stradale e quindi maggiormente coerenti con la tipologia di opere previste in progetto.

### 6.1 SINTESI RISULTATI ANALITICI DI TERRENI E FALDA

I risultati analitici relative alla caratterizzazione dei terreni per i sondaggi attrezzati a piezometro presi in considerazione per la valutazione in oggetto sono risultati tutti conformi alle CSC di cui alla colonna B, Tabella 1, Allegato 5 al Titolo V della Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

Le acque di falda analizzate per i piezometri di interesse hanno presentato i seguenti superamenti delle CSC di cui alla Tab.2 Allegato 5 al Titolo V della Parte IV del d.lgs 152/06 e s.m.i:

#### CAMPIONAMENTO 17 Gennaio 2023

- SEB2: 1,1-Dicloroetilene; Tetracloroetilene
- S6d: Nessun supero
- S7d: Nessun supero
- S5: 1,1-Dicloroetilene; Tetracloroetilene
- S5bis: 1,1-Dicloroetilene, Tetracloroetilene, Idrocarburi totali

#### CAMPIONAMENTO 29 Marzo 2023

- SEB2: 1,1- Dicloroetilene; Triclorometano
- S6d: 1,1- Dicloroetilene; Triclorometano
- S7d: 1,1- Dicloroetilene; Triclorometano
- S5: 1,1- Dicloroetilene; Triclorometano
- S5bis: 1,1- Dicloroetilene; Triclorometano, Tetracloroetilene

## 6.2 RICOSTRUZIONE PIEZOMETRICA

Durante le campagne di monitoraggio è stata misurata la freaticimetria che ha permesso di stimare la soggiacenza media della falda che si attesta a 6,5 m da pc. La falda presenta localmente direzione di deflusso prevalentemente da NW-SO.

## 6.3 MODELLO CONCETTUALE

Si dettaglia di seguito il modello concettuale del sito al fine di descrivere sorgente, le vie di migrazione della contaminazione e bersagli adottati per l'Analisi del Rischio, ai sensi del D.Lgs. 152/06 e smi.

Nel modello concettuale dell'Analisi del Rischio sito specifica, verrà valutato il rischio per la falda relativamente all'inalazione di vapori Outdoor (in-site) e non la protezione della risorsa idrica in quanto, come già specificato, non risulta individuabile un POC.

Per l'implementazione dello studio delle interferenze sono stati considerati i valori di concentrazione più conservativi, ovvero più elevati, tra quelli rilevati nel corso delle indagini di caratterizzazione.

In via cautelativa, la valutazione dell'interferenza è basata sulla rielaborazione dell'Analisi di Rischio a partire da quella presentata in sede di progettazione dello Scolmatore presentata nel mese di maggio 2024 su incarico della Presidenza del Consiglio dei ministri per il contrasto del dissesto idrogeologico nella Regione Liguria.

### • POTENZIALE SORGENTE DI CONTAMINAZIONE ACQUE SOTTERRANEE (GW)

Come anticipato nei precedenti capitoli, cautelativamente sono stati considerati i valori di concentrazione più elevati tra quelli rilevati nel corso delle indagini di caratterizzazione, nello specifico:

- 1,1 Dicloroetilene con concentrazione di 2,9 µg/L per il campione di acqua di falda del piezometro SEB2 per la campagna di gennaio 2023;
- Tetracloroetilene con concentrazione di 2,9 µg/L per il campione di acqua di falda del piezometro SEB2 per la campagna di gennaio 2023;
- Triclorometano con una concentrazione di 9,5 µg/L per il campione di acqua di falda del piezometro S7D per la campagna di marzo 2023;
- Idrocarburi totali con concentrazione di 515 µg/L per il campione di acqua di falda del piezometro SE5bis per la campagna di gennaio 2023.

### • CARATTERISTICHE SPECIFICHE DEL SITO

Data la variabilità del sottosuolo e dei depositi alluvionali del torrente Bisagno, alcuni valori sitospecifici sono stati assunti tra quelli di default del software Risknet 3.1.1. Pro più cautelativi.

Sono stati invece inseriti parametri ricavati sperimentalmente per:

- estensione della sorgente nella direzione principale del vento pari a 400m;
- soggiacenza della falda pari a 6,5 m da pc

- Velocità del vento a 10 m dal suolo pari a 3,17 m/s, rilevata tra il 2007 e il 2013 dalla centralina ARPAL Centro Funzionale alla Foce.

#### 6.4 RISULTANZE VALUTAZIONE DEL RISCHIO

L'analisi di rischio in oggetto è stata svolta in modalità diretta per il calcolo del Rischio.

Sono quindi riportati i risultati relativi in modalità diretta per la matrice acque di falda.

In **ALLEGATO 1** si riportano i file eseguibili del software RiskNet 3.1.1 utilizzato per le simulazioni.

Per quanto riguarda la sorgente acque di falda le determinazioni hanno escluso la presenza di rischio sanitario.

Tabella 6-1 – Esiti valutazione del rischio

Rischio dalla Falda							
Contaminante	CRS	f	CRS/f	Sol	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW)
	µg/L	-	µg/L	µg/L	-	-	-
Dicloroetilene (1,1)	2.90e+0		2.90e+0	2.42e+6	-	1.96e-6	-
Tetracloroetilene	2.90e+0		2.90e+0	2.06e+5	1.69e-11	4.54e-6	-
Triclorometano	9.50e+0		9.50e+0	7.95e+6	2.59e-9	3.22e-6	-
Alifatici C13-C18	<b>5.15e+2</b>		<b>5.15e+2</b>	1.00e+1	-	-	-
Alifatici C19-C36	<b>5.15e+2</b>		<b>5.15e+2</b>	1.50e-3	-	-	-
Alifatici C5-C8	5.15e+2		5.15e+2	1.10e+4	-	1.39e-2	-
Alifatici C9-C12	<b>5.15e+2</b>		<b>5.15e+2</b>	1.00e+1	-	1.55e-2	-
Aromatici C9-C10	5.15e+2		5.15e+2	5.10e+4	-	9.60e-4	-
Aromatici C11-C12	5.15e+2		5.15e+2	5.80e+3	-	3.18e-4	-
Aromatici C13-C22	5.15e+2		5.15e+2	5.80e+3	-	-	-
<b>Cumulato Outdoor (On-site)</b>					<b>2.61e-9</b>	<b>3.07e-2</b>	
<b>Cumulato Indoor (On-site)</b>					-	-	
<b>Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - MADEP</b>							-
<b>Cumulato Outdoor (Off-site)</b>					<b>7.59e-10</b>	<b>8.93e-3</b>	
<b>Cumulato Indoor (Off-site)</b>					-	-	
<b>Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - MADEP (Off-site)</b>							-

Non avendo a disposizione la speciazione MADEP, per il rischio cumulato prendiamo a riferimento la classe MADEP con un rischio più alto che in questo caso è rappresentato dalla classe Alifatici C9-C12.

CSR cumulative per la Falda									
Contaminante	CRS	CSRind	f	CSRcum	CSC	Sol	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW)
	µg/L	µg/L	-	µg/L	µg/L	µg/L	-	-	-
Dicloroetilene (1,1)	2.90e+0	1.48e+6	4	<b>370402</b>	5.00e-2	2.42e+6	-	2.50e-1	-
Tetracloroetilene	2.90e+0	171999	4	<b>43000</b>	1.10e+0	2.06e+5	2.50e-7	6.73e-2	-
Triclorometano	9.50e+0	3669	4	<b>917</b>	1.50e-1	7.95e+6	2.50e-7	3.11e-4	-
Alifatici C9-C12	<b>5.15e+2</b>	33234	4	<b>8308</b>	3.50e+2	1.00e+1	-	2.50e-1	-



Cumulato Outdoor (On-site)	5.00e-7	5.68e-1	
Cumulato Indoor (On-site)	-	-	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - MADEP	-	-	-
Cumulato Outdoor (Off-site)	1.46e-7	1.65e-1	
Cumulato Indoor (Off-site)	-	-	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - MADEP (Off-site)	-	-	-

## 7. VALUTAZIONI DELL'INTERFERENZA CON MATRICI AMBIENTALI E BONIFICA

### 7.1 INTERFERENZA CON LE MATRICI AMBIENTALI

Nelle adiacenze dell'area dello scolmatore, sul lato corrispondente a via Gelasio Adamoli, saranno impostate alcune pile a sostegno dell'opera e saranno realizzati scavi per la realizzazione dei relativi plinti di fondazione. La realizzazione dei plinti comporterà l'asportazione dell'intero volume di suolo insaturo dove ricadono le diverse pile. Ciò nonostante, le modalità e tecniche realizzative dello stesso saranno volte a non creare fenomeni di cross-contamination. Il materiale soggetto a scavo sarà asportato e gestito nel regime dei rifiuti. Le trincee di scavo verranno ripristinate con materiale vergine di cava.

Al di fuori degli scavi puntuali previsti per ogni singola pila, non si prevede nessun altro tipo di movimentazione terra o di asportazione della pavimentazione esistente. In ogni caso, eventuale materiale soggetto a scavo/scotico sarà asportato e gestito nel regime dei rifiuti.

Confrontando le planimetrie dell'opera in progetto con le planimetrie progettuali dello Scolmatore, si osserva che le fondazioni dei piloni verranno installate alla quota della strada e non andranno ad interferire con i sedimenti fluviali e con l'opera di presa dello scolmatore.

Con riferimento alla matrice acque sotterranee, come riportato nella Relazione Geologica di progetto, il livello piezometrico si attesta ad una profondità di circa 4,00-5,00 m dalla quota della strada durante la stagione invernale, è ad una profondità tra 6,0 m e 10,0 m durante la stagione estiva.

La profondità di scavo per l'installazione delle fondazioni dei piloni si attesta a circa 3,25 m dalla quota stradale, non andando quindi ad intercettare il livello di falda.

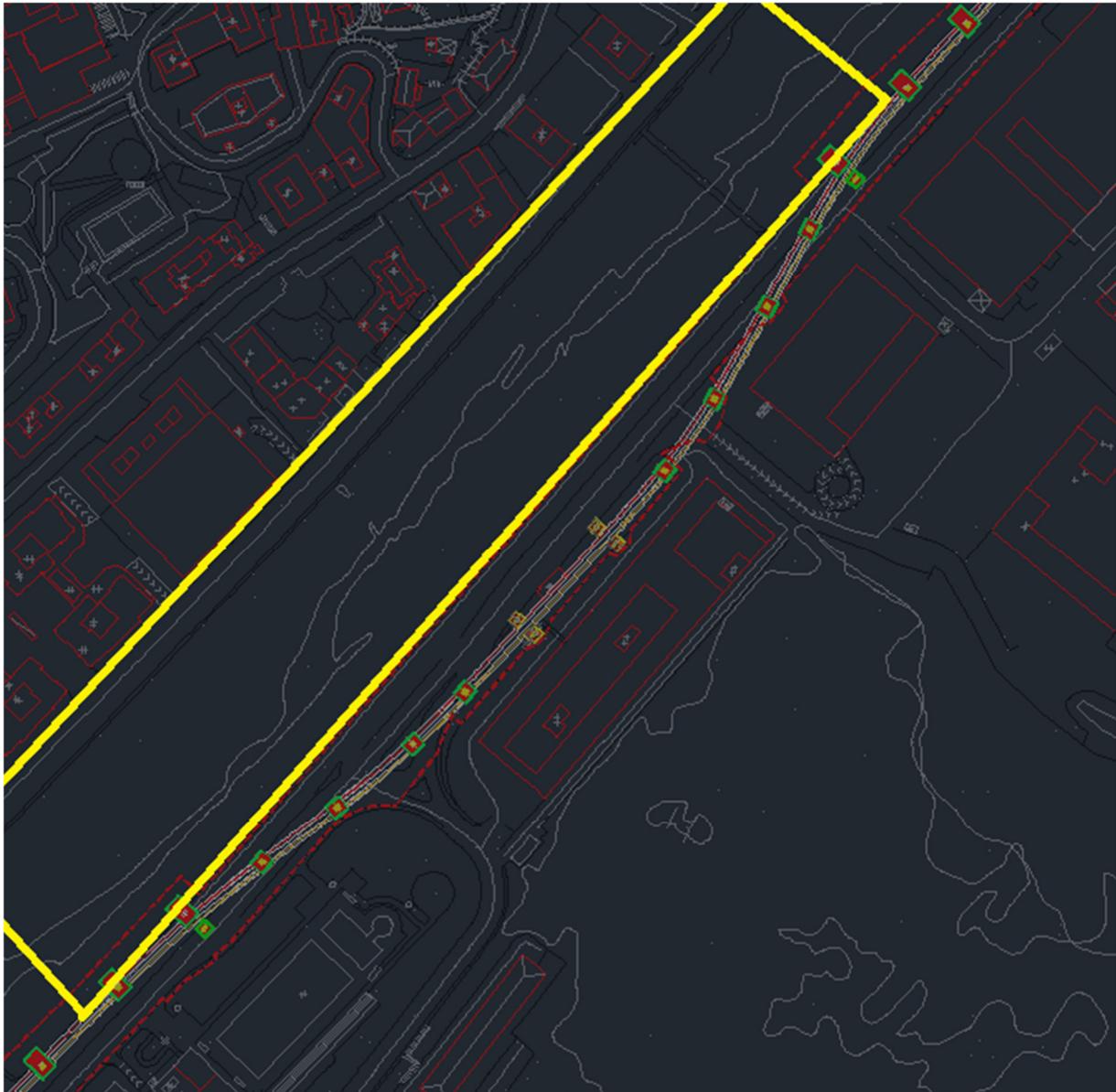


Figura 7. Dettagli delle pile previste nelle vicinanze dell'area dello scolmatore (in giallo)

## 7.2 INTERFERENZA CON IL MODELLO CONCETTUALE

I plinti non ricadono all'interno dell'area dello scolmatore e quindi non interferenti con i sedimenti fluviali. Mentre invece l'eventuale interferenza con la falda operata dai plinti delle pile sarà puntuale e non causerà alterazioni della stessa senza modificare il modello concettuale.



### 7.3 INTERFERENZA CON LE ATTIVITA' DI BONIFICA DELL'AREA

I risultati dell'Analisi di Rischio non evidenziano alcun tipo di rischio. Non saranno quindi necessarie opere di bonifica.

## 8. CONCLUSIONI

Il presente documento rappresenta la valutazione dell'interferenza, ai sensi dell'art. 242 ter del D.Lgs. 152/06, tra l'opera di viadotto, nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica del prolungamento lungo la Val Bisagno della Metropolitana di Genova tratta Brignole-Molassana, e l'area dello Scolmatore del Torrente Bisagno.

L'area in esame è stata oggetto di diverse indagini geognostiche e ambientali. Sono presenti i risultati di otto campagne geognostiche svolte nell'area tra il 1981 e il 2009. Ulteriori indagini sono state svolte per la progettazione dello scolmatore e per la predisposizione del relativo Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo.

La valutazione del rischio ha escluso la presenza di rischi derivanti dalla sorgente falda.

Il Modello Concettuale del Sito (MCS) è stato ricostruito in base ai risultati delle indagini ambientali svolte e nell'ottica più cautelativa possibile in termini di recettori umani e tipologia di opere futuri.

In conclusione, si può affermare che:

- Non sono necessari interventi di bonifica/messa in sicurezza dalle acque sotterranee;
- La realizzazione dell'opera da progettazione di fattibilità tecnica ed economica non determina rischi per i lavoratori e per gli altri fruitori dell'area.

Le opere in progetto, da considerarsi puntuali, non determineranno variazioni del deflusso naturale delle acque sotterranee e non andranno a precludere un intervento di bonifica futuro.

Per quanto riguarda l'eventuale interferenza con le acque di falda, qualora localmente si dovessero rinvenire acque di impregnazione più superficiali che rendessero necessari interventi di aggettamento delle acque, queste ultime saranno alternativamente gestite fuori sito come rifiuto liquido ai sensi della parte IV del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

La realizzazione dell'opera sarà eseguita in conformità all'art. 242ter del D.Lgs. 152/06, e con tecniche realizzative che non determinino rischi per la salute dei lavoratori e degli altri fruitori dell'area. In merito a quanto scritto sopra saranno comunque previsti nel PSC di intervento, conformemente ai disposti normativi di cui al d.lgs. 81/08, idonei DPI atti a salvaguardare i lavoratori coinvolti nella realizzazione delle opere.

Nella successiva fase progettuale l'Appaltatore, in relazione alle eventuali evoluzioni del procedimento ambientale e dello stato dei luoghi, dovrà aggiornare la documentazione specialistica di progetto.



# **ALLEGATO 1**

## **file di Risknet**



<b>Nome del sito:</b>	Skymetro
<b>Nome sub-area:</b>	Area Scolmatore
<b>Data:</b>	giugno 2024
<b>Tipo di analisi:</b>	Calcolo Rischi (Modalità Diretta)
<b>Tipo di analisi:</b>	Calcolo Obiettivi di Bonifica (Modalità Inversa)
<b>Note:</b>	-

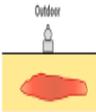
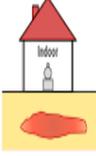
Modello Concettuale del Sito

Sorgente		Percorso di esposizione	Bersaglio	
Suolo Superficiale	Contatto diretto	Ingestione di suolo e contatto dermico	On-Site	No Off-site
		Volatilizzazione	Inalazione Vapori Outdoor	On-Site
	Inalazione Vapori Indoor		On-Site	No Off-site
	Inalazione Polveri Outdoor		On-Site	Off-Site
	Inalazione Polveri Indoor		On-Site	No Off-site
	Dilavamento		Lisciviazione in Falda	POC = 0
Suolo Profondo	Volatilizzazione	Inalazione Vapori Outdoor	On-Site	Off-Site
		Inalazione Vapori Indoor	On-Site	No Off-site
	Dilavamento	Lisciviazione in Falda	POC = 0	POC > 0
Falda	Volatilizzazione	Inalazione Vapori Outdoor	On-Site	Off-Site
		Inalazione Vapori Indoor	On-Site	Off-Site
	Diretto	Protezione risorsa idrica	POC = 0	POC > 0

Recettori on-site: Lavoratori

Recettori off-site: Lavoratori

Caratterizzazione integrativa

Tipo di misura		Tipo di recettore
Misure soil-gas outdoor		Recettori on-site
		Recettori off-site
Misure soil-gas indoor		Recettori on-site
		No Off-Site
Misure con camere di flusso (Outdoor)		Recettori on-site
		Recettori off-site
Misure con camere di flusso (per Indoor)		Recettori on-site
		No Off-Site
Misure in Aria Outdoor		Recettori on-site
		Recettori off-site
Misure in Aria Indoor		Recettori on-site
		No Off-Site
Test di cessione (Suolo Superficiale)		POC = 0 m
		POC > 0 m
Test di cessione (Suolo Profondo)		POC = 0 m
		POC > 0 m

## Opzioni di Calcolo

Descrizione	Valore
Considera esaurimento sorgente nel suolo superficiale per volatilizzazione	✓
Considera esaurimento sorgente nel suolo profondo per volatilizzazione	✓
Considera attenuazione vapori quando sorgente nel suolo al di sotto del p.c.	✗
Utilizza il minore tra il fattore di volatilizzazione da suolo profondo e suolo superficiale	✓
Volatilizzazione Outdoor off-site da falda	Trasporto in atmosfera (ADF)
Considera la biodegradazione durante il percorso di volatilizzazione	✗
Considera esaurimento sorgente nel suolo superficiale per lisciviazione in falda	✗
Considera esaurimento sorgente nel suolo profondo per lisciviazione in falda	✗
Considera attenuazione durante lisciviazione da suolo superficiale (SAM)	✓
Considera attenuazione durante lisciviazione da suolo profondo (SAM)	✓
Considera la biodegradazione durante il percorso di lisciviazione in falda	✗
Dispersione in falda	Dispersione in tutte le direzioni ma verticale verso il basso (DAF2)
Verifiche sullo spessore di miscelazione in falda	✓
Considera biodegradazione durante trasporto in falda	✗
Considera Csat per calcolo del Rischio e delle CSR	✗
Considera Csat solo per il calcolo delle CSR	✗
Considera l'eventuale presenza di fase separata nell'esaurimento della sorgente	✗
Considera ADAF	✓
RfD vs RfC	RfC
Considera la frazione bioaccessibile per il percorso di ingestione di suolo	✗
<b>Rischio Accettabile</b>	
Individuale	0.000001
Cumulato	0.00001
<b>Indice di Pericolo Accettabile</b>	
Individuale	1
Cumulato	1

CRS

Contaminante	Suolo Superficiale	Suolo Profondo	Falda	Eluato da suolo superficiale	Eluato da suolo profondo	Soil-gas Outdoor	Soil-gas Indoor	Flux Chamber (outdoor)	Flux Chamber (indoor)	Aria Outdoor	Aria Indoor
-	mg/kg	mg/kg	µg/L	µg/L	µg/L	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³
Dicloroetilene (1,1)	-	-	2.90e+0	-	-	-	-	-	-	-	-
Tetracloroetilene	-	-	2.90e+0	-	-	-	-	-	-	-	-
Triclorometano	-	-	9.50e+0	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C13-C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C19-C36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C5-C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C9-C12	-	-	5.15e+2	-	-	-	-	-	-	-	-
Aromatici C9-C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aromatici C11-C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aromatici C13-C22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di esposizione - On Site

Esposizione			On Site				
Ambito			Residenziale				Industriale
Parametri di esposizione	Simbolo	UM	Bambini	Adolescenti	Adulti	Anziani	Lavoratore
Fattori Comuni							
Peso Corporeo	BW	kg	15	15	70	70	70
Tempo di mediazione cancerogeni	AT	y	70				
Durata di esposizione	ED	y	6	10	24	5	25
Frequenza di esposizione	EF	d/y	350	350	350	350	250
Ingestione di suolo							
Frazione di suolo ingerita	FI	-	1	1	1	1	1
Tasso di ingestione suolo	IR	mg/d	200	200	100	100	50
Contatto Dermico							
Superficie di pelle esposta	SA	cm <sup>2</sup>	2800	2800	5700	5700	3300
Fattore di aderenza dermica	AF	mg/cm <sup>2</sup> /d	0.2	0.2	0.07	0.07	0.2
Inalazione di vapori e polveri outdoor							
Frequenza giornaliera outdoor (c)	EFgo	h/d	24	0.5	24	1.9	8
Tasso di inalazione di vapori e polveri outdoor (a);(b)	Bo	m <sup>3</sup> /h	0.7	0.7	0.9	0.9	2.5
Frazione di suolo nella polvere outdoor	Fsd	-	1	1	1	1	1
Inalazione di vapori e polveri indoor							
Frequenza Giornaliera Indoor	EFgi	h/d	24	19.6	24	22.4	8
Tasso di inalazione di vapori e polveri indoor (b)	Bi	m <sup>3</sup> /h	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9
Frazione di suolo nella polvere indoor	Fi	-	1	1	1	1	1
Ingestione di acqua							
Tasso di Ingestione di acqua	IRw	L/d	1	1	2	2	1

Fattori di esposizione - Off Site

Esposizione			Off Site				
Ambito			Residenziale				Industriale
Parametri di esposizione	Simbolo	UM	Bambini	Adolescenti	Adulti	Anziani	Lavoratore
Fattori Comuni							
Peso Corporeo	BW	kg	15	15	70	70	70
Tempo di mediazione cancerogeni	AT	y	70				
Durata di esposizione	ED	y	6	10	24	5	25
Frequenza di esposizione	EF	d/y	350	350	350	350	250
Inalazione di vapori e polveri outdoor							
Frequenza giornaliera outdoor (c)	EFgo	h/d	24	0.5	24	1.9	8
Tasso di inalazione di vapori e polveri outdoor (a);(b)	Bo	m³/h	0.7	0.7	0.9	0.9	2.5
Frazione di suolo nella polvere outdoor	Fsd	-	1	1	1	1	1
Inalazione di vapori indoor							
Frequenza Giornaliera Indoor	EFgi	h/d	24	19.6	24	22.4	8
Tasso di inalazione di vapori e polveri indoor (b)	Bi	m³/h	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9
Ingestione di acqua							
Tasso di Ingestione di acqua	IRw	L/d	1	1	2	2	1

## Parametri del sito - Geometria Sorgenti

Descrizione		Valore			
Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM	check
Geometria Sorgenti					
Stessa dimensione per tutte le sorgenti					
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	W	45	800	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	Sw	45	150	m	✓
Altezza della zona di miscelazione in aria	∂air	2	2	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	W'	45	400	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento	Sw'	45	100	m	✓
Suolo Superficiale					
Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	Ls,SS	0	0	m	✓
Spessore della sorgente nel suolo superficiale insaturo	d	1	1	m	✓
Suolo Profondo					
Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	Ls,SP	1	1	m	✓
Spessore della sorgente nel suolo profondo insaturo	ds	2	2	m	✓
Soggiacenza della falda da p.c.	Lgw	3	6.5	m	✓

Parametri del sito - Zona Insatura

Descrizione		Valore			
Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM	check
Zona Insatura					
Tessitura rappresentativa del suolo insaturo		Loamy Sand			
Porosità efficace del terreno in zona insatura	$\theta_e$	Letteratura	0.353	-	✓
Contenuto volumetrico di acqua nel suolo	$\theta_w$	Letteratura	0.103	-	✓
Contenuto volumetrico di aria nel suolo	$\theta_a$	Letteratura	0.25	-	✓
Contenuto volumetrico di acqua nella frangia capillare	$\theta_{w,cap}$	Letteratura	0.318	-	✓
Contenuto volumetrico di aria nella frangia capillare	$\theta_{a,cap}$	Letteratura	0.035	-	✓
Spessore della frangia capillare	hcap	Letteratura	0.188	m	✓
Carico idraulico critico (potenziale di matrice)	hcr	Letteratura	-0.0486	m	✓
Conducibilità idraulica del terreno nella zona insatura	Ksat	Letteratura	4.05e-5	m	✓
Battente idrico in superficie	Hw	0.25	0.25	m	✓
Densità del suolo	$\rho_s$	1.7	1.7	g/cm <sup>3</sup>	✓
pH del suolo	pH	6.8	6.8	-	✓
Frazione di carbonio organico - suolo superficiale	foc,SS	0.01	0.01	g/g	✓
Frazione di carbonio organico - suolo profondo	foc,SP	0.01	0.01	g/g	✓
Frazione residua dei pori nel suolo (per calcolo Cres)	Sr	0.04	0.04	m	✓
Spessore della zona insatura	hv	Calcolato	6.312	m	✓
Infiltrazione efficace calcolata					
Piuvosità media annua	P	129	129	cm/y	✓
Frazione areale di fratture outdoor	$\eta_{out}$	1	1	cm/y	✓
Infiltrazione efficace nel suolo	ief	Calcolato	29.95	cm/y	✓
Spessore della zona di miscelazione in falda	$\delta_{gw}$	Calcolato	20.00	m	no check
Fattore di diluizione in falda	LDF	Calcolato	3.08	-	no check

Parametri del sito - Outdoor

Descrizione		Valore			
Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM	check
Outdoor					
Velocità del vento	Uair	2.25	2.12	m/s	✓
Velocità del vento ad altezza suolo calcolata					
Dati stazione di misura vento					
Velocità del vento misurata nella centralina meteo	Uair,sm	2.25	3.17	m/s	✓
Altezza della centralina meteo	Hsm	10	10	m	✓
Caratteristiche Sito					
Classe di stabilità atmosferica			Classe D		
Tipologia di area			Suolo Urbano		
Altezza di riferimento per stima velocità del vento	BM	2	2	m	✓
Dati Calcolati					
Coefficiente P	p	-	0.25	-	✓
Portata di particolato per unità di superficie	Pe	6.9e-14	6.9e-14	g/cm/s²	✓
Distanza recettore off site - ADF	POC ADF	100	100	m	✓
Classe di Stabilità Atmosferica			Urbano - Classe D		
Coefficiente di dispersione trasversale	$\sigma_y$	Calcolato	15.69	m	✓
Coefficiente di dispersione verticale	$\sigma_z$	Calcolato	13.79	m	✓
Profondità della zona aerobica da p.c.	La Outdoor	1	1	m	✓

Contaminanti selezionati - Parametri chimico-fisici (File DB caricato: Default Database (ISS-INAIL, 2018))

Contaminante	Vol	Sol	H	Kd	Kd(pH)	Koc	Koc(pH)	Dair	Dw	$\rho$
-	-	mg/L	-	L/kg	L/kg	L/kg	L/kg	cm <sup>2</sup> /s	cm <sup>2</sup> /s	kg/L
Dicloroetilene (1,1)	VVOC*	2420	1.07			31.8		0.0863	0.000011	1.21
Tetracloroetilene	VOC*	206	0.724			94.9		0.0505	0.00000946	1.62
Triclorometano	VVOC*	7950	0.15			31.8		0.0769	0.0000109	1.48
Alifatici C13-C18	SVOC	0.01	69			680000				
Alifatici C19-C36	POM	0.0000015	110			398000000				
Alifatici C5-C8	VVOC*	11	54			2270		0.08	0.00001	
Alifatici C9-C12	VOC*	0.01	69			680000		0.07	0.000005	
Aromatici C9-C10	VOC*	51	0.33			1780		0.07	0.00001	
Aromatici C11-C12	VOC*	5.8	0.03			5000		0.06	0.00001	
Aromatici C13-C22	SVOC	5.8	0.03			5000				

Contaminanti selezionati - Parametri tossicologici (File DB caricato: Default Database (ISS-INAIL, 2018))

Contaminante	ADAFc	ADAFa	SFing	SFinal	IUR	RfDing	RfDinal	RfC	ABS
	-	-	(mg/kg/d)-1	(mg/kg/d)-1	(µg/m³)-1	(mg/kg/d)	(mg/kg/d)	(mg/m³)	-
Dicloroetilene (1,1)						0.05		0.2	0.1
Tetracloroetilene			0.0021		2.6e-7	0.006		0.04	0.1
Triclorometano			0.031		0.000023	0.01		0.098	0.1
Alifatici C13-C18						0.1		0.2	0.1
Alifatici C19-C36						2		0.2	0.1
Alifatici C5-C8						0.04		0.2	0.1
Alifatici C9-C12						0.1		0.2	0.1
Aromatici C9-C10						0.01		0.025	0.1
Aromatici C11-C12						0.02		0.025	0.1
Aromatici C13-C22						0.03		0.05	0.1

Contaminanti selezionati - CSC (File DB caricato: Default Database (ISS-INAIL, 2018))

Contaminante	CSC Suoli Residenziali	CSC Suoli Industriali	CSC Falda
	mg/kg	mg/kg	mg/L
Dicloroetilene (1,1)	0.1	1	0.00005
Tetracloroetilene	0.5	20	0.0011
Triclorometano	0.1	5	0.00015
Alifatici C13-C18	50	750	0.35
Alifatici C19-C36	50	750	0.35
Alifatici C5-C8	10	250	0.35
Alifatici C9-C12	10	250	0.35
Aromatici C9-C10	10	250	0.35
Aromatici C11-C12	10	250	0.35
Aromatici C13-C22	50	750	0.35

Rischio dalla Falda

Contaminante	CRS	f	CRS/f	Sol	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW)
-	µg/L	-	µg/L	µg/L	-	-	-
Dicloroetilene (1,1)	2.90e+0		2.90e+0	2.42e+6	-	1.96e-6	-
Tetracloroetilene	2.90e+0		2.90e+0	2.06e+5	1.69e-11	4.54e-6	-
Triclorometano	9.50e+0		9.50e+0	7.95e+6	2.59e-9	3.22e-6	-
Alifatici C9-C12	5.15e+2		5.15e+2	1.00e+1	-	1.55e-2	-
Cumulato Outdoor (On-site)					2.61e-9	1.55e-2	
Cumulato Indoor (On-site)					-	-	
Cumulato ingestione di acqua (On-site)					-	-	
Cumulato Outdoor (Off-site)					7.59e-10	4.52e-3	
Cumulato Indoor (Off-site)					-	-	
Cumulato ingestione di acqua (Off-site)					-	-	

CSR per la Falda

Contaminante	CRS	Sol	CSC	CSR (HH)	CSR (GW)	CSR
-	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Dicloroetilene (1,1)	2.90e+0	2.42e+6	5.00e-2	1.48e+6	-	1.48e+6
Tetracloroetilene	2.90e+0	2.06e+5	1.10e+0	1.72e+5	-	1.72e+5
Triclorometano	9.50e+0	7.95e+6	1.50e-1	3.67e+3	-	3.67e+3
Alifatici C9-C12	5.15e+2	1.00e+1	3.50e+2	3.32e+4	-	3.32e+4

CSR Idrocarburi (MADEP) per il Suolo Superficiale

Contaminante	CRS	Frazione			Csat	CSR (HH)	CSR/fr (HH)			CSR (GW)	CSR/fr (GW)		
		C<12	C>12	TOT			C<12	C>12	TOT		C<12	C>12	TOT
-	mg/kg	-	-	-	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Alifatici C13-C18		-	-	-	6.81e+1	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C19-C36		-	-	-	5.97e+0	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C5-C8		-	-	-	3.38e+2	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C9-C12		-	-	-	6.81e+1	-	-	-	-	-	-	-	-
Aromatici C9-C10		-	-	-	9.13e+2	-	-	-	-	-	-	-	-
Aromatici C11-C12		-	-	-	2.90e+2	-	-	-	-	-	-	-	-
Aromatici C13-C22		-	-	-	2.90e+2	-	-	-	-	-	-	-	-
Frazione Critica						CSR (HH)	-	1.00e+6	-	CSR (GW)	-	1.00e+6	-

CSR Idrocarburi (MADEP) per il Suolo Profondo

Contaminante	CRS	Frazione			C <sub>sat</sub>	CSR (HH)	CSR/fr (HH)			CSR (GW)	CSR/fr (GW)		
		C<12	C>12	TOT			C<12	C>12	TOT		C<12	C>12	TOT
-	mg/kg	-	-	-	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Alifatici C13-C18		-	-	-	6.81e+1	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C19-C36		-	-	-	5.97e+0	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C5-C8		-	-	-	3.38e+2	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C9-C12		-	-	-	6.81e+1	-	-	-	-	-	-	-	-
Aromatici C9-C10		-	-	-	9.13e+2	-	-	-	-	-	-	-	-
Aromatici C11-C12		-	-	-	2.90e+2	-	-	-	-	-	-	-	-
Aromatici C13-C22		-	-	-	2.90e+2	-	-	-	-	-	-	-	-
Frazione Critica						CSR (HH)	-	-	-	CSR (GW)	-	-	-

CSR cumulative per la Falda

Contaminante	CRS	CSRind	f	CSRcum	Sol	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW)
-	µg/L	µg/L	-	µg/L	µg/L	-	-	-
Dicloroetilene (1,1)	2.90e+0	1.48e+6	4	3.70e+5	2.42e+6	-	2.50e-1	-
Tetracloroetilene	2.90e+0	1.72e+5	4	4.30e+4	2.06e+5	2.50e-7	6.73e-2	-
Triclorometano	9.50e+0	3.67e+3	4	9.17e+2	7.95e+6	2.50e-7	3.11e-4	-
Alifatici C9-C12	5.15e+2	3.32e+4	4	8.31e+3	1.00e+1	-	2.50e-1	-
Cumulato Outdoor (On-site)						5.00e-7	5.68e-1	
Cumulato Indoor (On-site)						-	-	
Cumulato ingestione di acqua (On-site)						-	-	
Cumulato Outdoor (Off-site)						1.46e-7	1.65e-1	
Cumulato Indoor (Off-site)						-	-	
Cumulato ingestione di acqua (Off-site)						-	-	

CSR Idrocarburi (MADEP) per la Falda

Contaminante	CRS	Frazione			Sol	CSR (HH)	CSR/fr (HH)			CSR (GW)	CSR/fr (GW)		
		C<12	C>12	TOT			C<12	C>12	TOT		C<12	C>12	TOT
-	µg/L	-	-	-	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Alifatici C9-C12	5.15e+2	1.00	-	1.00	1.00e+1	8.31e+3	8.31e+3	-	8.31e+3	-	-	-	-
Frazione Critica						CSR (HH)	8.31e+3	-	8.31e+3	CSR (GW)	-	-	-