

Committente:

DELTA LIGURE srl



Oggetto:

**AREA EX SIO
LOC. VIA MARALUNGA, LA SPEZIA**

**PIANO DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE
ART. 245 DEL D.LGS 152/06**

Dott. Geol. *Iacopo Tinti*



<i>Data di Emissione</i> Issue Date	<i>Revisione</i> Revision	<i>Riferimento</i> Reference
<i>febbraio 2018</i>	<i>00</i>	<i>SIO_PDC0218.docx</i>

INDICE

1	Premessa	1
2	Introduzione	3
3	Piano di indagine ambientale preliminare	6
3.1	Caratterizzazione materiali di riporto, suolo e sottosuolo	7
3.1.1	Campionamento delle matrici solide	8
3.1.2	Analisi di laboratorio	11
3.2	Caratterizzazione Acque sotterranee	13
4	Valutazioni dei risultati dell'indagine preliminare	14
4.1	Caratteristiche fisiche del substrato indagato.....	14
4.2	Caratteristiche chimiche dei terreni di riporto e dei rifiuti.....	15
4.3	Caratteristiche chimiche dei terreni del substrato naturale	17
4.4	Caratteristiche chimiche delle acque sotterranee.....	17
4.5	Distribuzione areale della potenziale sorgente di contaminazione.....	18
5	Modello concettuale	19
5.1	Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico.....	19
5.2	Assetto stratigrafico	21
5.3	Sorgente di contaminazione	22
6	Piano di indagini	23

1 Premessa

Il presente documento, redatto su incarico di Delta Ligure srl, costituisce il Piano di Caratterizzazione ambientale dell'area ex SIO di La Spezia, di proprietà della Committente, oggetto di un Progetto Urbanistico Operativo (PUO) di riqualificazione edilizia ed ambientale.

L'area in esame, come noto agli enti interessati dal procedimento attivato da Talea srl ai sensi della LR 32/2013, è già stata oggetto di indagini ambientali, eseguite nel 2016 a supporto della procedura di verifica di assoggettabilità a VAS, il cui Report di indagine è stato ricompreso all'interno degli allegati tecnici al documento di VAS.

Il Report di indagine, con nota di accompagnamento PEC del 13.04.2017, è stato successivamente trasmesso al Comune della Spezia ed agli altri enti interessati ad un eventuale procedimento ex art 245 del D.lgs 152/06 (ARPAL, Provincia, ASL5), in osservanza alla richiesta del Dipart. II-Territorio e Politiche Ambientali - C.d.R. Ambiente del Comune della Spezia (prot. 34049 C del 28.03.2017) di fornire chiarimenti in merito al procedimento che Talea intendesse attivare ai fini della risoluzione delle criticità ambientali individuate.

Nel Report e nella suddetta nota di accompagnamento sono stati rappresentati i risultati del piano di indagine eseguito confermando la conformità dei suoli e delle acque sotterranee alle CSC normative (Tab. 1 e 2 Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.lgs 152/06) e la presenza di scarti dell'ex processo industriale SIO, qualificabili come rifiuti e con concentrazioni di inquinanti superiori alle CSC, rinvenuti sopra suolo in aree ben delimitate all'esterno dei fabbricati.

A commento di tali risultati Talea ha informato l'ente di ritenere plausibile la rimozione diretta dei rifiuti ai sensi dell'art. 191 del D.lgs 152/06 e non necessaria la comunicazione di avvio procedimento ex art. 242 del medesimo decreto, stante la conformità delle matrici ambientali ai limiti normativi.

Nella medesima nota Talea, tenuto conto dello stato di avanzamento dell'iter di valutazione del PUO, ha offerto la disponibilità di attivare comunque il procedimento ex art 245 del D.lgs 152/06, ove l'ufficio comunale preposto avesse valutato necessaria l'istruttoria tecnico-amministrativa ai sensi dell'art 242, con la presentazione del Piano di Caratterizzazione Ambientale, Analisi di Rischio ed eventuale Progetto Operativo di Bonifica.

Con successiva comunicazione del Dipart. II-Territorio e Politiche Ambientali - C.d.R. Ambiente del Comune della Spezia (prot. 5830 del 16.01.2018) l'ente ha specificato che, a seguito della sospensione del procedimento di valutazione del PUO, conseguente l'adozione del nuovo P.U.C. da parte del Consiglio Comunale uscente, l'Amministrazione Comunale, attivando il regime di salvaguardia, non aveva intenzionalmente dato alcun riscontro alla nota di accompagnamento ed al Report di Caratterizzazione presentato da Talea nell'aprile 2017 *"in quanto le previsioni di procedura in essa prospettate non avrebbero potuto essere né definite, né realizzate dal momento che il progetto sulla base del quale doveva essere concepita l'eventuale analisi di rischio non era attuabile."*

Con la decadenza del nuovo PUC, a seguito del subentro della nuova Giunta Comunale, e configurandosi nuovamente la compatibilità urbanistica del PUO ai sensi del PUC in vigore, l'amministrazione comunale, considerato che Talea in data 09.01.2018 aveva richiesto la riattivazione della pratica edilizia, ha ritenuto necessario l'avvio dell'istruttoria tecnica-amministrativa di cui all'art 242, ovvero la formale presentazione del Piano di Caratterizzazione Ambientale, Analisi di Rischio ed eventuale Progetto Operativo di Bonifica per il sito in oggetto. Ciò anche in ragione del *"combinato disposto delle lettere a) e d) del punto 1 dell'art.240 del D.lgs 152/06"* per il quale *"i materiali di riporto costituiscono parte delle matrici ambientali che concorrono, nel caso del loro inquinamento, a determinare la natura di sito potenzialmente contaminato e quindi ricadente nelle procedure del Titolo V Parte IV del medesimo d.lvo. 152/06."*

In ottemperanza a quanto richiesto dal Comune della Spezia è stato quindi elaborato il presente Piano di Caratterizzazione Ambientale che, ripercorrendo i risultati delle indagini ambientali preliminari eseguite, definisce il programma di indagini di controllo da effettuare alla presenza di ARPAL per la validazione dei dati.

Per quanto riguarda i dettagli e gli elaborati grafici delle indagini preliminari effettuate si rimanda al Report di Indagine preliminare dell'agosto 2016 già trasmesso a tutti gli enti interessati dal procedimento in data 13.04.2017.

2 Introduzione

L'area di interesse è rappresentata dall'ex-Complesso industriale ex SIO di La Spezia, operativo a partire dalla prima metà del 1900 e dismesso alla fine degli anni '80, nel quale si produceva ossigeno liquido e acetilene a supporto delle attività di cantieristica navale del Porto della Spezia.

Il sito è ubicato nel settore orientale della città della Spezia, in prossimità del cimitero comunale del Boschetti.

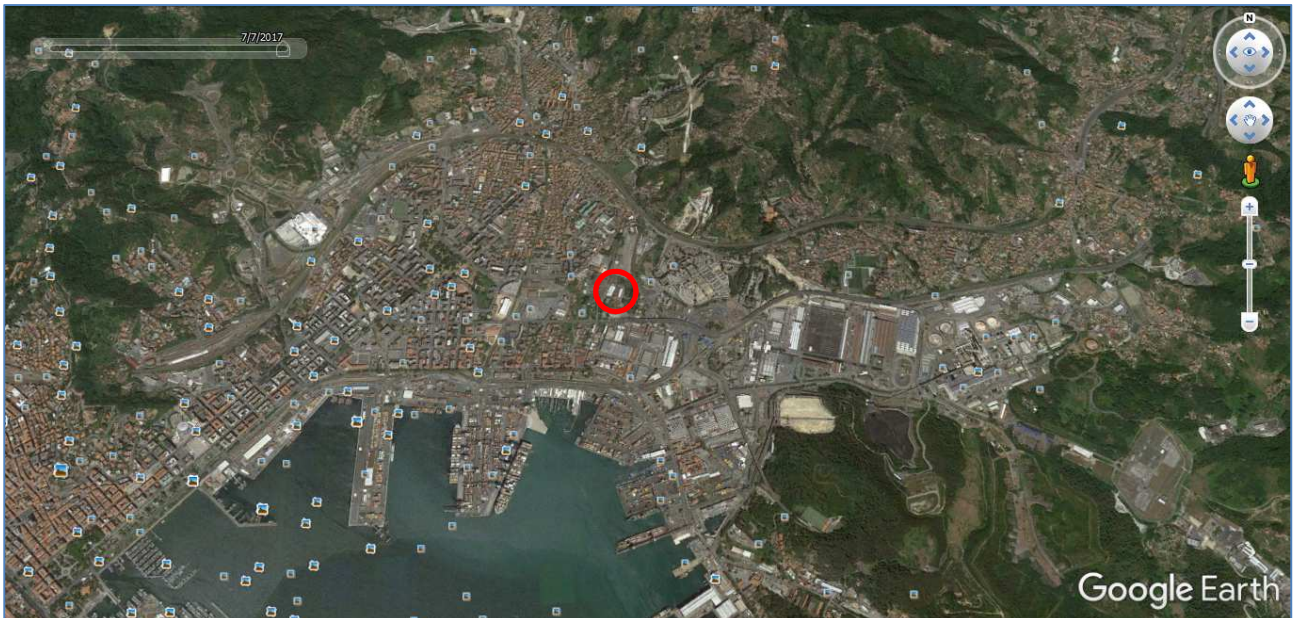


Figura 1 - ubicazione dell'area

L'area, di estensione pari a circa 36.000 mq, è delimitata in parte del suo perimetro dalla via Maralunga, per il resto confina con altri insediamenti produttivi-artigianali con affaccio su via privata cieli. L'accesso all'area è consentito dalla via Maralunga attraverso un tratto di strada privata di circa 50 mt, confinante con un'abitazione privata.



Ad oggi il sito risulta in avanzato stato di degrado e necessita di una serie di interventi di bonifica ambientale superficiale preliminari alla successiva demolizione dei fabbricati e delle strutture, quest'ultima finalizzata alla successiva trasformazione urbana in nuovo distretto commerciale.



In dettaglio, all'interno dell'area si trovano 9 edifici, di diversa tipologia, che a seguito dell'approvazione del P.U.O., dovranno essere demoliti e/o recuperati. Nello stralcio grafico seguente sono evidenziati i 9 fabbricati di interesse.



Ai fini di garantire la sicurezza igienico sanitaria per le abitazioni circostanti, la proprietà ha effettuato nel 2016 la bonifica dell'amianto presente sulle coperture (eternit) e nei locali degli ex-forni (friabile) dell'edificio 1.

Verificata la presenza di materiali di riporto sul terreno e di rifiuti di varia natura sopra suolo, parte dei quali anche risultanti da smaltimenti abusivi recenti, la proprietà, come noto, ha eseguito un piano di indagine ambientale preliminare, finalizzato alla verifica di qualità delle matrici ambientali del sito. Tenuto conto del precario stato di conservazione dei fabbricati ex-industriali, per evidenti problemi di sicurezza degli operatori, l'indagine non ha potuto ricomprendere il controllo delle matrici ambientali nelle superfici da questi occupate; gli accertamenti integrativi su queste aree potranno comunque essere effettuati al termine delle demolizioni dei fabbricati.

I valori di riferimento per le determinazioni analitiche sulle matrici ambientali sono stati quelli previsti dalla normativa vigente ovvero le Tabelle 1 e 2 di cui all'Allegato 5, Parte IV, Titolo V del D.lgs 152/06; per le matrici solide (riporti e terreni naturali) si è fatto riferimento alle CSC di Colonna B della Tabella 1, ovvero per suoli ad uso industriale-commerciale.

I risultati delle indagini, come descritti nei successivi capitoli, hanno consentito di determinare, in termini generali, le caratteristiche chimico-fisiche dei materiali di riporto, dei terreni costituenti il substrato naturale e delle acque sotterranee del primo orizzonte acquifero all'interno del perimetro dell'area di interesse.

3 Piano di indagine ambientale preliminare

Il Piano di indagine ambientale preliminare, come detto, si è reso necessario a seguito dell'accertamento di uno strato di materiali di riporto di origine antropica posato direttamente sul primo orizzonte del substrato naturale.

L'accertamento è avvenuto durante la pulizia della coltre vegetazionale presente nell'area, effettuata dalla proprietà in fase di manutenzione straordinaria nell'anno 2015, in previsione degli interventi di trasformazione urbanistica definiti dal PUO. In tale occasione è stato effettuato un primo campionamento ambientale, a mezzo mini-escavatore meccanico, che ha comportato il prelievo di alcuni campioni del materiale di riporto su cui sono state eseguite analisi chimiche di laboratorio per uno screening generale di qualità.

In base ai risultati dello screening generale e ad alcuni approfondimenti bibliografici sul ciclo produttivo della ex-SIO nel periodo di attività dello stabilimento, si è ritenuto plausibile che lo strato di materiali rinvenuto fosse riconducibile a scarti industriali di processo. Le informazioni generali, ricavate da fonti storiche, sul ciclo industriale praticato presso lo stabilimento dalla ex-SIO della Spezia avevano infatti evidenziato come, oltre alla produzione di ossigeno liquido, fosse attivo anche un comparto di produzione di acetilene mediante gassificazione di carburo di calcio (CaC₂).

Le caratteristiche merceologiche ed organolettiche dei materiali riportati sul substrato naturale, per colore e composizione fisica, potevano quindi essere ragionevolmente ricondotte a scarti di idrossido di calcio, dal caratteristico colore bianco e composizione "farinosa", ovvero a microstratificazioni di carbone, di colore nero e matrice granulare, utilizzati entrambi nel processo di arrostimento per la produzione del carburo di calcio.

Le caratteristiche chimiche rilevate dalle prime analisi a campione hanno inoltre confermato, oltre alla natura di idrossido di calcio, ormai trasformati in calce "spenta", dello strato di riporto a caratteristica colorazione bianca, la presenza di un elevato tenore di **zinco** nelle microstratificazioni di carbone, associabili con buona probabilità all'impiego di tale elemento nella formazione di leghe con il calcio direttamente nel processo di arrostimento del carburo.

Le prime indicazioni ottenute sulle caratteristiche chimico-fisiche dei materiali di riporto, di per sé costituiti da materie non inquinanti (calce e carbone), non potevano essere comunque ritenute esaustive per una classificazione ai sensi della normativa in materia per il conferimento a impianti autorizzati, né per poter escludere la presenza di metalli o di altri elementi inquinanti tra quelli non ricercati nel primo accertamento, in concentrazioni superiori alle CSC normative nel substrato naturale ovvero nella falda acquifera.

Con ciò, sentito l'organo di controllo, si è ritenuto opportuno e necessario strutturare un piano di indagini preliminari, esteso all'intera area, finalizzato al dimensionamento delle superfici interessate dai materiali di riporto nonché alle verifiche di conformità delle matrici ambientali suoli e acque sotterranee.

Il Piano di indagine preliminare è stato concepito in 2 step sequenziali:

- la prima finalizzata ad un esame approfondito di ulteriori campioni rappresentativi dei materiali di riporto ed un confronto dei risultati con le CSC di cui all'Allegato 5 Parte IV del D.lgs 152/06 di un data-set più ampio, al fine di una valutazione della sussistenza di un rischio potenziale di contaminazione delle matrici ambientali;
- la seconda, volta ad accertare l'eventuale impatto nelle matrici ambientali costituite dal substrato naturale e dalle acque sotterranee.

Il Piano di indagine preliminare è stato strutturato in conformità ai requisiti tecnici definiti all'Allegato 2, Titolo V, Parte IV del DLgs 152/2006, ed articolato in 3 macrofasi principali, al fine di consentire, al termine del loro svolgimento, l'eventuale avvio dell'istruttoria ai sensi del comma 2 dell'art 245 del D.lgs 152/06.

Nelle note seguenti si riepilogano i risultati delle indagini, realizzate nel mese di marzo-aprile-maggio 2016 sul sito in oggetto, che hanno consentito, come detto, la ricostruzione del grado di qualità delle matrici ambientali costituite da:

- materiali di riporto sopra suolo (rifiuti),
- terreni naturali del substrato,
- acque di falda dell'orizzonte acquifero superficiale.

I risultati del piano di indagine preliminare sono stati condivisi con il Dip. ARPAL della Spezia, nell'ipotesi di operare con un intervento di rimozione e smaltimento dei materiali costituiti da scarti di processo ai sensi dell'art. 191 del D.lgs 152/06.

3.1 Caratterizzazione materiali di riporto, suolo e sottosuolo

Complessivamente sono stati effettuati:

- n° 42 pozzezzetti esplorativi, in n° 14 dei quali è stata verificata la presenza di spessori significativi di riporti antropici costituiti da scarti di processo (30 cm÷100 cm), in n°4 la presenza di riporti antropici di spessore ridotto (< 30 cm), in n°24 nessuna particolare anomalia;



- n° 14 sondaggi ambientali, a carotaggio continuo, in prossimità dei pozzezzetti esplorativi con presenza di scarti di processo, fino alla profondità di 2 m dal p.c.;
- n°3 piezometri ambientali, di sviluppo verticale di 5 m dal pc;

- n° 14 campioni di materiali di riporto, di cui 12 sottoposti ad analisi di laboratorio e n° 2 in attesa di eventuali analisi successive;
- n°41 campioni di terreni del substrato naturale, sottoposti ad analisi di laboratorio in fase successiva alla valutazione dei risultati delle analisi sui materiali di riporto;
- analisi di laboratorio sui n°12 campioni di materiali di riporto, di cui 1 con data set n°1 comprensivo di Diossine e Furani, n° 3 con data-set n°1, n°8 con data-set n°2;
- analisi di laboratorio su n° 41 campioni di terreno con data set n°2;
- analisi di laboratorio su n° 3 campioni di acque di falda con data set n°3;
- analisi di laboratorio per classificazione rifiuto su n° 2 campioni cocervi dei materiali di riporto.

Le specifiche dei data-set analitici sono descritte nei paragrafi seguenti. In base ad alcune evidenze emerse in fase di campionamento è stato inoltre integrato il parametro *amianto* (inizialmente non previsto) su alcuni campioni di terreno di riporto.

Nei paragrafi seguenti sono descritte in dettaglio le modalità di svolgimento delle indagini preliminari.

3.1.1 Campionamento delle matrici solide

Per il campionamento delle **matrici solide** (riporti e terreni del substrato) è stata pianificata l'esecuzione di n°42 pozzetti esplorativi, da realizzarsi con mini-escavatore meccanico ed assistenza a terra di tecnico ambientale, per la verifica della conformità dei materiali di riporto e dei terreni del substrato naturale alle CSC (Concentrazioni soglia di contaminazione) previste dal D.Lgs 152/06 Parte IV Titolo V.



Il numero di pozzetti esplorativi è stato determinato sovrapponendo una maglia di 20x20 mt all'area in proprietà non interessata da fabbricati (superficie scoperta), con lo scopo di eseguire il campionamento stratigrafico delle pareti e del fondo scavo alla profondità di rinvenimento della frangia capillare della falda freatica.

I pozzetti sono stati ubicati al centro della maglia di indagine tracciata in campo con picchetti segnaletici posizionati dal topografo incaricato dalla Committente mediante ausilio di stazione totale da campo.

Nell'immagine seguente è riportata la maglia di indagine, rappresentata per esteso nella planimetria allegata.

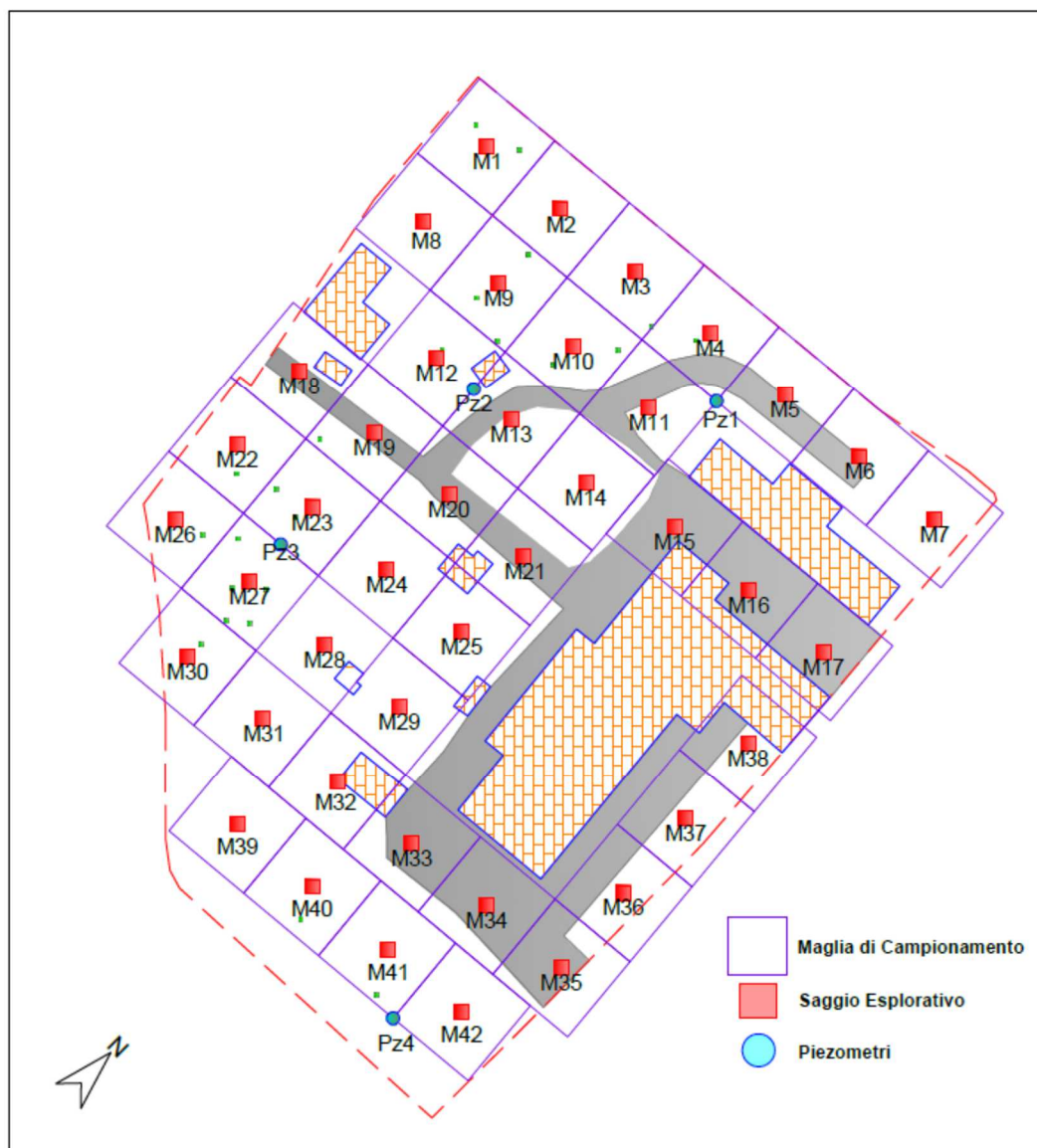


Figura 2 - Maglia di indagine aree esterne

La configurazione del programma di indagine ambientale, come ipotizzata sulla base delle conoscenze preliminari acquisite, ha comportato il campionamento delle matrici solide (riporti antropici e terreni) mediante prelievo di più aliquote di materiale dai vari pozzetti esplorativi e la loro omogeneizzazione per la formazione di campioni compositi.

In corso d'opera, in fase di esecuzione dei pozzetti esplorativi con mini-escavatore meccanico a benna rovescia, è stata però rilevata presenza di acqua di impregnazione che, saturando in tempi rapidi il pozzetto, ne ha reso impossibile il rilievo stratigrafico in parete al di sotto del livello.



Figura 3 - acque di impregnazione nel pozzetto esplorativo

Come introdotto nel capitolo, su n° 14 dei 42 pozzetti esplorativi realizzati è stata confermata la presenza di uno strato materiali di riporto superficiale costituito da scarti di processo, sovrapposto al substrato naturale, che il refluire delle acque di impregnazione ne ha però reso impossibile il campionamento in parete e fondo scavo.

Conseguentemente è stato concordato con il responsabile tecnico della Committente di effettuare il campionamento delle matrici solide nei punti interessati dalla presenza di materiali diversi da terreno naturale mediante l'ausilio di una sonda a rotazione effettuando il carotaggio continuo in modalità ambientale; ciò avrebbe infatti consentito di ottenere il recupero delle matrici solide senza alterazione della stratigrafia di giacenza e senza incorrere in rischi di alterazioni chimiche dei campioni causate dalla presenza di acqua di impregnazione negli orizzonti superficiali del substrato.



Tale accorgimento è stato ritenuto oltremodo opportuno data la presenza, in alcuni pozzetti, di materiali di riporto in giaciture stratificate sub-orizzontali di spessore decimetrico e caratteristiche organolettiche e merceologiche variabili che, a causa del rapido refluire delle acque di impregnazione nel pozzetto, non ne avrebbero consentito il campionamento selettivo né la caratterizzazione del substrato naturale sottostante.



Figura 4 - livelli decimetrici di materiali di riporto

In prossimità dei pozzetti esplorativi interessati dalla presenza di materiali di riporto sono quindi stati realizzati n°14 sondaggi ambientali a carotaggio continuo che hanno consentito di attraversare i materiali di origine antropica e di raggiungere il terreno naturale del substrato.

In totale sono stati prelevati n° 54 campioni di matrici solide costituiti da:

- n°12 campioni composti di materiali di riporto,
- n°42 campioni individuali di terreni nell'intervallo di 50 cm sotto lo strato di riporto.

3.1.2 Analisi di laboratorio

In via conservativa ed ipotizzando che si potessero confermare superamenti diffusi delle CSC di zinco nei materiali di riporto, come già verificato nell'accertamento iniziale, si è ritenuto opportuno programmare l'effettuazione di analisi di laboratorio su tutti i campioni di substrato naturale ad essi sottostante. A tal fine tutti i campioni di substrato naturale sono stati conservati in condizioni refrigerate (4°C) presso il laboratorio di analisi, in attesa dei risultati sui campioni di materiali di riporto.

Le determinazioni analitiche di laboratorio sui materiali di riporto, al fine di una gestione razionale dei costi analitici, hanno riguardato diversi data-set, ed in particolare:

- su **n° 3 campioni coacervi**, un data-set di screening esteso, con determinazioni sulla frazione < 2mm s.s. per confronto con le CSC Tab 1 All.5 Parte IV D.lgs 152/06, ritenuto necessario ai fini della caratterizzazione dei

materiali di riporto in relazione agli specifici analiti associabili all'ex-ciclo di produzione dell'acetilene nonché ad analiti generici da attribuirsi a interramenti di sostanze diverse ignote e non rilevabili dagli esami visivi eseguiti in campo;

Parametri	
Scheletro (2.0 mm<x< 2 cm)	pH
Residuo a 105°C	FOC
Metalli pesanti	Cianuri liberi
Composti Aromatici	Fluoruri
IPA	Alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni
Alifatici alogenati Cancerogeni	Nitrobenzeni
Fenoli clorurati e non clorurati	Clorobenzeni
Ammine aromatiche	Idrocarburi (C>12 e C<12)
PCB totali	Idrocarburi di contaminazione di origine petrolifera C10 e C40
Carbonio organico totale	

Data-set 1 – Screening completo per verifica CSC ex Tab. 1, All.5, - Titolo V Parte IV D.Lgs n.152

- su **n°1 campione coacervo** lo screening esteso è stato integrato anche con il parametro diossine e furani.
- sugli ulteriori **n°8 campioni** rimanenti è stato invece eseguito uno screening ridotto, del data-set indicato nella seguente tabella, conservando un'aliquota per integrazione di analiti qualora fossero emersi superamenti o valori prossimi alle CSC nei 4 campioni sottoposti a screening esteso.

Parametri	
Scheletro (2.0 mm<x< 2 cm)	Residuo a 105°C
pH	Metalli pesanti: Arsenico, Piombo, Zinco

Data-set 2 – Screening ridotto per verifica CSC ex Tab. 1, All.5, - Titolo V Parte IV D.Lgs n.152

- su n° 2 campioni coacervi sono state infine eseguite analisi per classificazione rifiuto. Il data set analitico ha compreso la determinazione del Test di Cessione ai sensi del DM 27/09/2010 e DM 05/02/1998 ed un'integrazione dei parametri minimi già determinati sulla s.s..

Come detto, per una gestione razionale delle risorse stanziato per le indagini preliminari, le analisi dei campioni rappresentativi dei **terreni del substrato** sono state effettuate in una fase successiva ed hanno riguardato solamente gli analiti di cui è stato evidenziato il superamento delle CSC nei materiali di riporto soprastanti.

3.2 Caratterizzazione Acque sotterranee

Tenuto conto delle indagini geologiche già effettuate dalla proprietà che hanno evidenziato la presenza di un orizzonte acquifero superficiale di sviluppo di circa 5 mt e quota della piezometrica a circa-1 mt dal pc si è ritenuta opportuna anche una verifica di conformità delle acque di falda alle CSC di cui alla Tab. 2 Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.lgs 152/06.

A tal fine si è prevista la realizzazione di n°3 piezometri ambientali (profondità -5 mt p.c.) da eseguire a carotaggio continuo in modalità ambientale (senza circolazione di fluidi), con ubicazione funzionale alla successiva ricostruzione della morfologia freatica.

I piezometri ambientali sono stati realizzati al termine dei sondaggi integrativi per il campionamento dei materiali di riporto e dei terreni del substrato, al fine di consentirne la corretta ubicazione in rapporto alle aree interessate dalla presenza di riporti soprasuolo.

In fase di carotaggio sono stati inoltre prelevati campioni indisturbati per determinazioni di laboratorio geotecnico e classificazione litotecnica degli orizzonti saturo e insaturo, oltre che per la determinazione della permeabilità della zona insatura e satura del terreno (Ksat), ove se ne fosse resa necessaria la parametrizzazione ai fini di un'eventuale sviluppo di una analisi di rischio per accertato superamento delle CSC nelle acque di falda.

A completamento dei piezometri è stato effettuato lo spurgo preliminare per il condizionamento definitivo del foro e, appena ricostituito l'equilibrio statico, eseguita la misura del livello piezometrico ed il campionamento delle acque.

Il campionamento da ciascun piezometro è stato operato mediante pompa di campionamento autoalimentata, in modalità dinamica *low-flow*, avendo cura di rimuovere, prima del prelievo del campione, un volume di acqua dal tubo pari a 5 volte il volume in esso contenuto.

Le determinazioni analitiche di laboratorio, da eseguire sui campioni di acque di piezometro, hanno compreso un set analitico costituito, in via preliminare, dai seguenti parametri:

Parametri
pH
Metalli Pesanti (pacchetto 18 metalli)
Idrocarburi (n-esano)

Data-set 3 - Monitoraggio acque di falda per verifica CSC ex Tab. 2, All.5, - Titolo V Parte IV D.Lgs n.152

Anche in questo caso è stata considerata la necessità di dover integrare il data-set con ulteriori parametri, ove rilevati in concentrazioni superiori alle CSC nei materiali di riporto e/o nei terreni del substrato.

4 Valutazioni dei risultati dell'indagine preliminare

4.1 Caratteristiche fisiche del substrato indagato

L'esame dei profili stratigrafici di ciascun pozzetto esplorativo, prima della saturazione da parte delle acque di infiltrazione, unitamente a quello delle carote ottenute con i carotaggi ambientali, ha consentito di determinare la presenza di un orizzonte di materiali riconducibili al ciclo produttivo ex-SIO.

Tale orizzonte costituisce uno strato ben delimitato a diretto contatto con il suolo naturale.

Le caratteristiche merceologiche di tali materiali, per colore e composizione fisica, sono risultate le medesime di quelle rilevate nello screening preliminare, confermando la presenza al di sopra del substrato naturale di stratificazioni decimetriche di idrossido di calcio (calce spenta) intercalate a micro-stratificazioni di carbone granulare, ragionevolmente utilizzati entrambi in epoca storica nel processo di arrostimento per la produzione del carburo di calcio della ex-SIO.

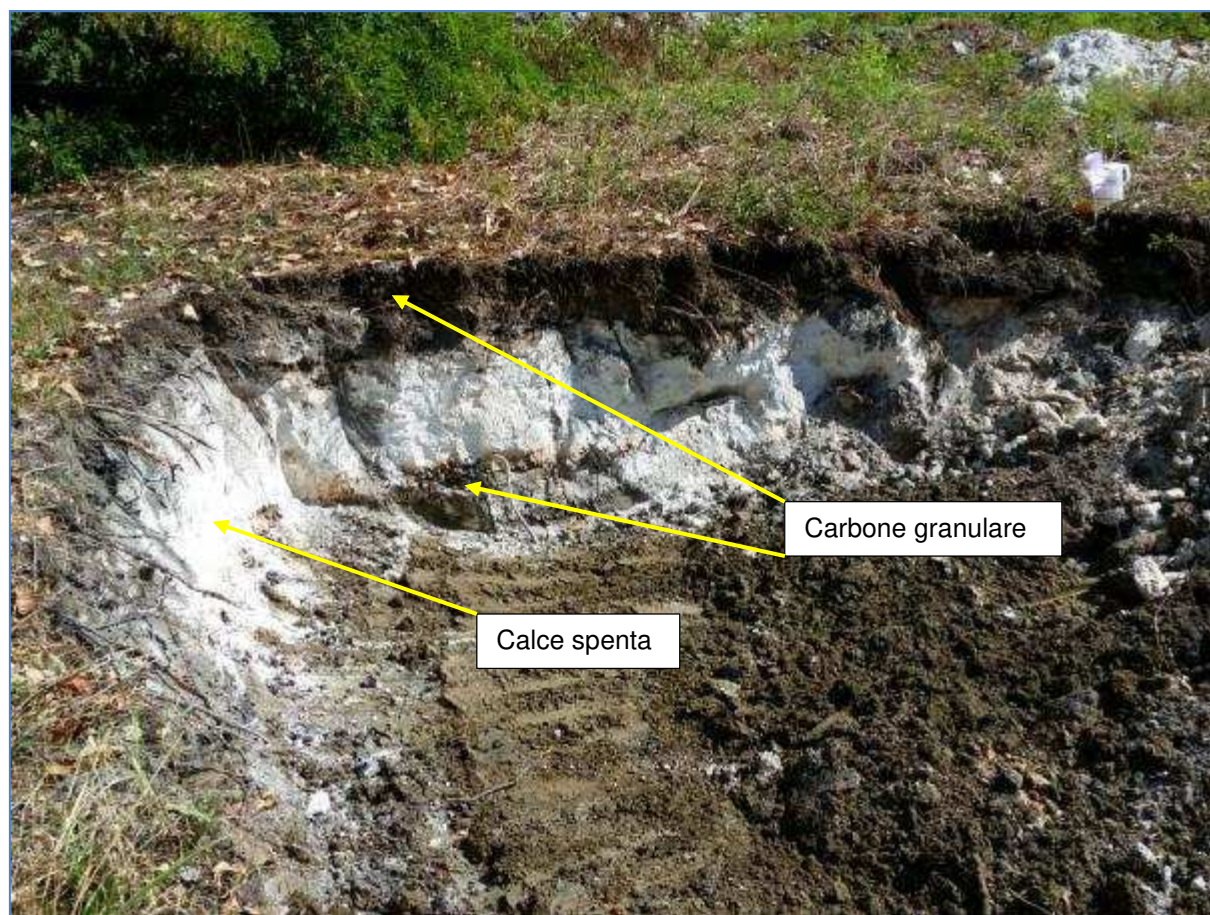


Figura 5 - stratificazioni di idrossido di calcio e residui di carbone

Tali materiali in base alla normativa vigente possono essere qualificati come matrice ambientale (art 240, comma 1, lettere *a* e *d*) ed essere gestiti nell'ambito del procedimento ex art. 242 del D.lgs 152/06.

In aree localizzate è risultato talvolta presente uno strato di copertura, di spessore decimetrico, costituito da terreni di riporto con presenza di elementi litoidi, anche di origine antropica, in matrice sabbiosa-limoso.



Figura 6 - terreno di riporto soprastante gli scarti di processo e/o i terreni naturali

4.2 Caratteristiche chimiche dei terreni di riporto e dei rifiuti

Le caratteristiche chimiche rilevate con le analisi di classificazione rifiuto sui n°12 campioni prelevati hanno confermato, oltre alla natura di *calce* dello strato a caratteristica colorazione bianca, anche la presenza di un elevato tenore di zinco nelle microstratificazioni di carbone granulare, associabili con buona probabilità all'impiego di tale elemento nella formazione di leghe con il calcio direttamente nel processo di arrostimento.



Figura 7 - Microstratificazioni di carbone granulare con elevato tenore di zinco

Il terreno di riporto, costituito da terreno a granulometria grossolana in matrice sabbiosa con presenza di elementi litoidi di natura antropica (laterizi, demolizioni, ec.), rilevato localmente in alcuni punti di indagine, e di spessore di alcuni decimetri a copertura dei rifiuti, è invece risultato generalmente inferiore alle CSC di col B, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.lgs 152/06.

Le concentrazioni degli elementi ricercati, di cui ai data set 1 e 2, sono risultate generalmente basse o non rilevabili nello strato costituito da calce, mentre nelle intercalazioni costituite da carbone granulare è stata confermata la presenza di un elevato tenore di **zinco**. Associati allo zinco sono stati rilevati anche, in concentrazioni meno significative ma comunque superiori alla col B, gli analiti: arsenico, mercurio e PCB.

Nella tabella seguente sono riportate le concentrazioni di zinco nei 12 campioni analizzati, che per ragioni di contenimento dei costi analitici, sono stati ottenuti per omogeneizzazione di aliquote rappresentative di materiali di riporto di una maglia singola o di 2 maglie adiacenti con le medesime caratteristiche merceologiche dello strato campionato.

Le sigle dei campioni sono codificate secondo il numero di riferimento del pozzetto esplorativo o del carotaggio (M) o del carotaggio allestito a piezometro (PZ), come riportato nella tavola in Allegato.

CAMPIONE MAGLIA	CARATTERISTICHE FISICHE	Zinco (mg/kg s.s.)
M23-M27	microstrato di carbone	70000
M9-M12	microstrato di carbone	95000
M23-P3	strato idrossido di calcio	380
M2-M3	microstrato di carbone	24500
M22-M26	terreno di riporto	1980
M4-M5	terreno di riporto	970
M4-M5	terreno di riporto	162
M36-M37	terreno di riporto	273
M10	terreno di riporto	176
M18-M19	terreno di riporto	340
M2-M3	terreno di riporto	24500
PZ2	terreno di riporto	281

In ragione delle caratteristiche fisiche e merceologiche dei materiali stratificati a caratteristica colorazione bianca (calce spenta) e/o nera (carbone granulare) si è provveduto anche a far eseguire una prima classificazione in regime di rifiuto per una valutazione preliminare della pericolosità ai sensi della nuova normativa di settore ed un'eventuale intervento di bonifica mediante asportazione e smaltimento a impianti autorizzati.

Le analisi di classificazione rifiuto sono state effettuate su un campione caratteristico dello strato costituito da calce spenta e su un campione ottenuto da mix di campioni rappresentativi delle microstratificazioni di carbone granulare.

Rispettivamente sono stati classificati in regime di rifiuto:

- 1) il campione rappresentativo dello strato di calce spenta rilevato nelle maglie di campionamento M23-P3,

- 2) il campione rappresentativo delle microstratificazioni di carbone granulare ottenuto da mix dei campioni delle maglie M22-M27, M9-M12, M2-M3.

I 2 campioni analizzati sono risultati rispettivamente non pericoloso e pericoloso, con caratteristiche di pericolo HP7 e HP14.

4.3 Caratteristiche chimiche dei terreni del substrato naturale

I risultati delle analisi di laboratorio per la determinazione dei parametri del data-set n°1, eseguite sui campioni di terreni naturali sottostanti i rifiuti, hanno evidenziato la generale conformità del substrato naturale alle CSC di cui alla Col. B Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.lgs 152/06.

I campioni del substrato naturale sono stati prelevati direttamente dalle carote dei sondaggi ambientali effettuati nei punti interessati dalla presenza della stratificazione di rifiuti, a circa 50 cm dalla base degli stessi, al fine di verificare eventuali impatti sulla matrice fine del terreno naturale provocati dalla lisciviazione/rideposizione di eventuali elementi inquinanti, ed in particolar modo lo zinco, dai riporti soprastanti.

Le verifiche analitiche, come detto, hanno escluso la sussistenza di un impatto per lisciviazione e rideposizione nel terreno del substrato naturale di metalli pesanti.

Nei pozzetti esplorativi privi di materiali di riporto si è provveduto ad effettuare il campionamento del terreno naturale direttamente dal cumulo di scavo, prelevando più aliquote dal cumulo ed ottenendo un coacervo rappresentativo dell'intero orizzonte insaturo.

Anche nelle aree con assenza di stratificazioni di materiali di riporto, i terreni naturali sono risultati conformi alle CSC normative.

In Allegato sono riportati i certificati di analisi dei 41 campioni di terreno analizzati.

4.4 Caratteristiche chimiche delle acque sotterranee

I risultati delle analisi di laboratorio per la determinazione dei parametri del data-set n°3, eseguite sui campioni di acque della falda freatica monitorata attraverso n° 3 piezometri ambientali, come riportati nella tavola in allegato, hanno confermato la conformità alle CSC normative di cui alla tab.2 Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.lgs 152/06.

Ciò ad indicazione di una scarsa solubilità dei metalli nelle forme presenti all'interno delle microstratificazioni carboniose, e dello scarso potere di eluizione delle acque meteoriche di infiltrazione operato nel tempo.

In Allegato sono riportati i certificati di analisi dei 3 campioni di acque di falda analizzati.

4.5 Distribuzione areale della potenziale sorgente di contaminazione

Tenuto conto della suddivisione dell'area in maglie di indagine 20m x20m e dei risultati delle indagini eseguite, pur con la conseguente approssimazione, è stato possibile effettuare una quantificazione dei materiali di riporto che dovranno essere oggetto del procedimento ai sensi dell'art 245 del D.lgs 152/06, per poter procedere alla ridestituzione d'uso del sito in conformità con la normativa ambientale vigente in materia di bonifiche.

La conformità del terreno naturale del substrato e delle acque di prima falda alle CSC normative per la destinazione d'uso attuale e futura del sito (industriale/commerciale) consentono invece di escludere tali matrici ambientali dagli obblighi del procedimento di bonifica.

Complessivamente la superficie interessata da materiali di riporto, talvolta con concentrazioni di inquinanti superiori alle CSC normative è risultata pari a circa 3.200 mc, il loro spessore non supera il metro e generalmente è compreso nell'intervallo 0,15m÷1,00 m, con misure dell'ordine di alcuni decimetri. Le superfici delle aree interessate da materiali di riporto, evidenziate con le sigle A1-A6, sono raffigurate nell'immagine seguente, stralcio grafico della tavola allegata al Report di indagine preliminare; le diverse colorazioni indicano la differenza di spessore.



Figura 8 - Stralcio grafico da Report di Indagine Preliminare – maglie di campionamento e aree interessate dalla presenza di materiali di riporto

5 Modello concettuale

Il grado di approfondimento raggiunto con le indagini ambientali preliminari consente una rappresentazione sufficientemente affidabile del modello concettuale del sito, ciò tenuto conto anche delle indagini geotecniche eseguite da Talea per la progettazione del PUO, che ne hanno consentito una definizione anche degli aspetti geologici ed idrogeologici.

Di seguito si riportano alcune valutazioni sul contesto geologico, stratigrafico ed idrogeologico dell'area in esame, risultanti dall'esame della documentazione predisposta da Talea per il "Piano Urbanistico Operativo Distretto di trasformazione AD1, subdistretto AD1/C, area compresa tra Via Maralunga e la Via Carducci - Indagine Geologico – Tecnica a supporto del PUO, novembre 2016".

5.1 Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico.

L'inquadramento generale sul piano geologico, geomorfologico ed idrogeologico ha utilizzato le informazioni derivate dalle cartografie tematiche di supporto al Piano Urbanistico del Comune di La Spezia in quanto la semplicità formale della componente Geologica, Geomorfologica ed Idrogeologica non ha richiesto ulteriori approfondimenti se non indagini puntuali atte a verificare le caratteristiche fisico-meccaniche del sito in esame.

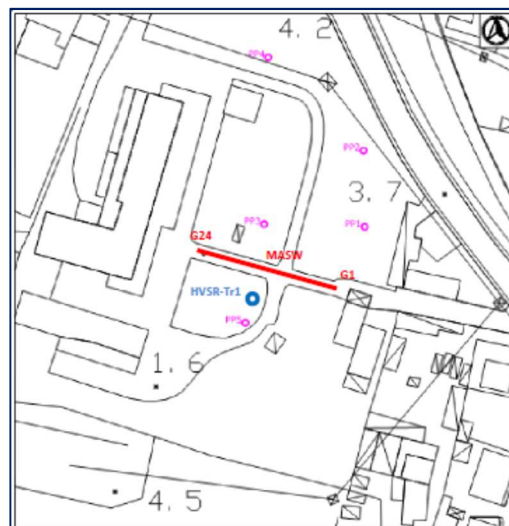
L'area è ubicata alla quota di circa 3,00 metri s.l.m. nella piana di La Spezia ad est del torrente Dorgia Vecchia. Sotto il profilo Geomorfologico l'area si presenta pianeggiante, stabile.

Sul piano Geologico viene indicata dalla Carta Geolitologica del Comune la presenza di due distinte situazioni caratterizzate l'una da Depositi di origine prevalentemente fluviale a granulometria variabile da ghiaie ad argille, la seconda da depositi di origine prevalentemente lacustre caratterizzati da frazioni limo-sabbiose ed argillose con torbe con presenza di resti fossili e vegetali.

Alla luce delle indagini eseguite si è invece verificato un allargamento della fascia caratterizzata da Depositi di tipo lacustre, limi sabbiosi ed argille, tale da suggerire anche la modifica della tavola Geologica del PUC con la conseguente estensione del litotipo "Depositi di tipo lacustre limi sabbiosi ed argille".

Le indagini come rappresentate nella grafica a lato sono consistite in:

- esecuzione di n° 5 prove penetrometriche statiche con punta Piezometrica;
- esecuzione di n° 1 Indagine MASW;
- esecuzione di n° 1 indagine HVSR.



Negli stralci grafici seguenti sono riportate le cartografie geolitologiche come risultanti dall'esame del PUC e dai dall'elaborazione dei dati delle indagini geognostiche eseguite.

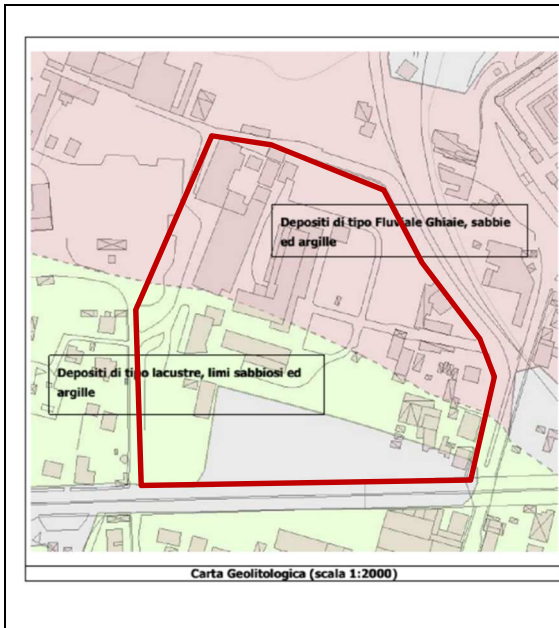


Figura 9 - Estratto carta geolitologica PUC La Spezia

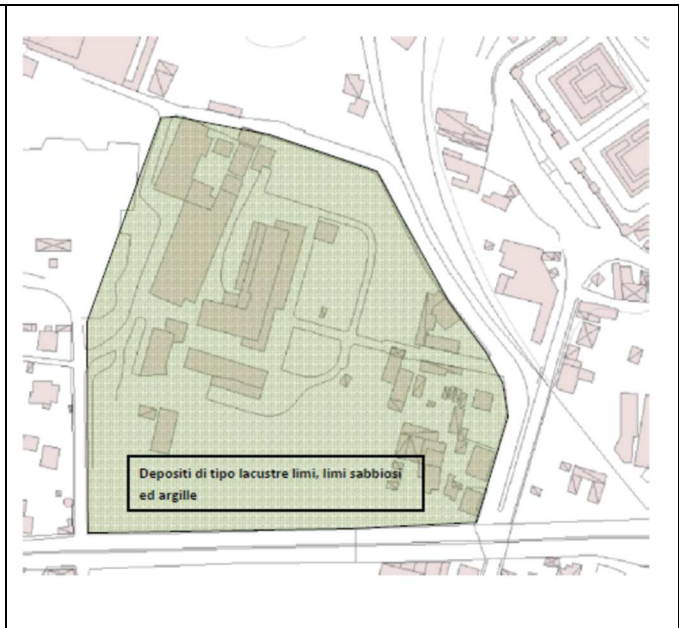


Figura 10 – Ridefinizione geolitologia in base a indagini in sito

L'assetto idrogeologico evidenzia come terreni di questo tipo presentino una permeabilità condizionata dalle condizioni stratigrafiche riscontrate, passando da condizioni di permeabilità per porosità a condizioni di scarsa permeabilità nel caso di limi argillosi ed argille.

I terreni vista la scarsa profondità della falda risultano sempre saturi e la falda è posizionata a circa 1,00 metro dal piano campagna.

La soggiacenza della falda superficiale è stata confermata anche nel corso dei campionamenti delle acque di falda eseguiti nei 3 nuovi piezometri realizzati, in occasione dei quali è stata eseguita la misura di livello con freaticometro da campo che ha evidenziato le seguenti quote (m. dal pc), riferite al periodo di aprile 2016:

PZ1	PZ2	PZ3
-1,20	-1,10	-1,80

La rappresentazione della direzione di flusso istantanea (aprile 2016) della falda superficiale a livello locale è rappresentata nello stralcio grafico seguente.

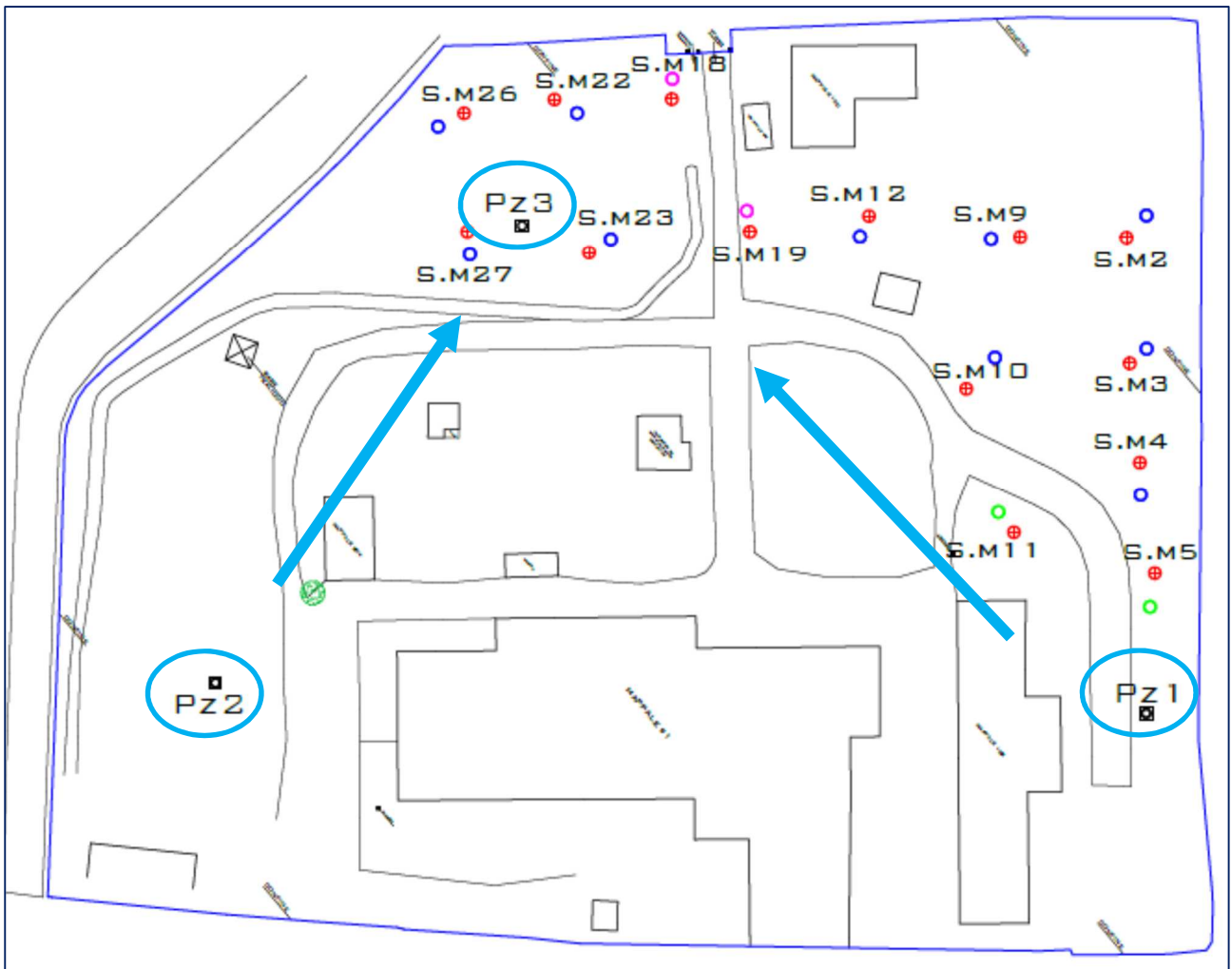


Figura 11 - direzioni di flusso della falda superficiale (aprile 2016)

5.2 Assetto stratigrafico

In base alle verifiche di campo effettuate nel corso delle indagini ambientali preliminari e in considerazione delle indagini geologiche-geotecniche condotte per il PUO sono stati individuati tre livelli stratigrafici che caratterizzano il substrato sino a 20 m dal piano campagna (max profondità indagata).

- primo strato: da piano campagna sino a circa 5.00 metri, caratterizzato da argille prevalentemente limo-sabbiose con presenza di materiali di riporto nel primo metro, anche attribuibili a scarti di processo di origine industriale, e saturazione a partire da circa – 1 m dal piano campagna;
- secondo strato: compreso fra 5.00 e 10.00 metri dal piano campagna, caratterizzato da Argille limose con livelli di sabbie e limi, localmente saturo;
- terzo strato: oltre i 10 m, caratterizzato da Argille limose a bassa permeabilità.

Nello schema seguente si riporta il modello litostratigrafico del sito in esame come ricostruito nella Relazione Geologico-geotecnica del PUO.

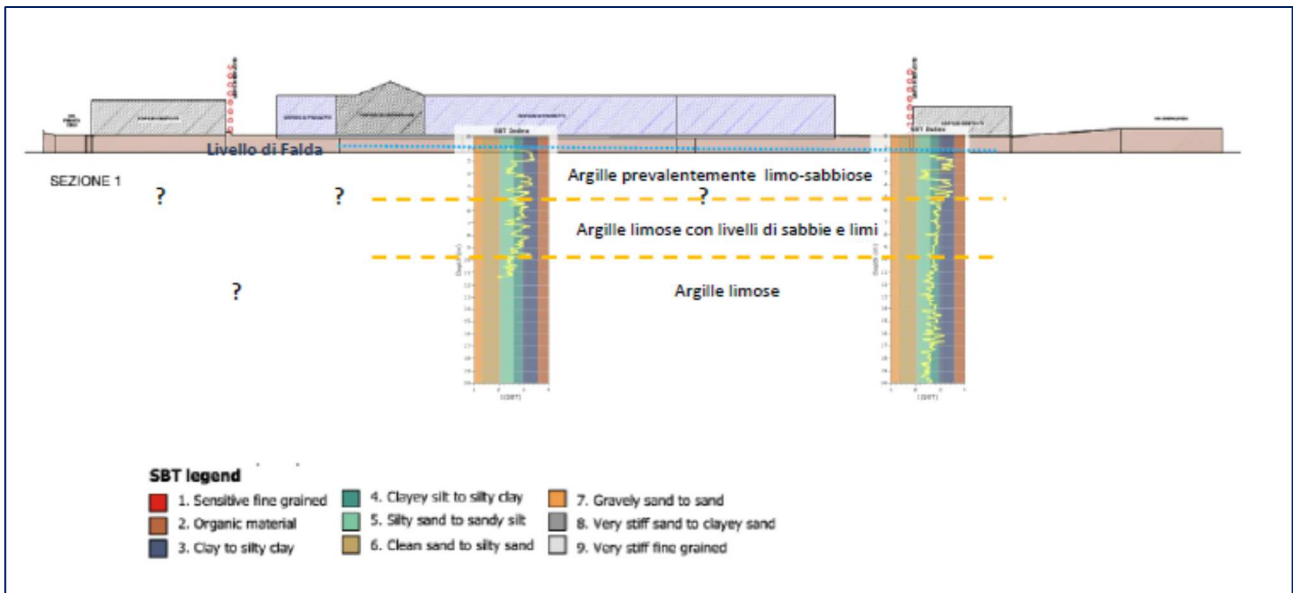


Figura 12 - Schema litostratigrafico (sezione E-W)

5.3 Sorgente di contaminazione

Come già descritto in precedenza, i materiali di riporto rinvenuti in sito sono costituiti da scarti del processo produttivo, talvolta non conformi alla CSC normative, e da terreni utilizzati per livellamenti morfologici dell'originario piano campagna generalmente conformi alle CSC.

Gli scarti del processo produttivo sono rappresentati da microstratificazioni di carbone granulare ad elevato contenuto di zinco (fino a 95.000 mg/kg), poggianti direttamente sul substrato naturale o intercalate ad uno strato di calce spenta, nella quale non sono state rilevate particolari anomalie chimiche o superamenti delle CSC normative per la destinazione d'uso del sito.

Nelle microstratificazioni di carbone granulare sono presenti anche altri elementi inorganici (es. mercurio e arsenico) ed organici (PCB) in concentrazioni superiori alla rispettive CSC normative.

Come già indicato nel Report di Indagine Preliminare, l'eventuale fase di bonifica dell'area, ove necessaria a seguito dei risultati dell'Analisi di Rischio, si dovrà tener conto delle diverse caratteristiche chimico-fisiche dei materiali di riporto al fine di una separazione dei livelli di carbone granulare, di cui è prevedibile anche una non conformità alle CSR (Concentrazioni Soglia di Rischio) delle concentrazioni di inquinanti rilevate, dalle stratificazioni di calce spenta e/o dal terreno sottostante; ciò con la precisa finalità di massimizzare i quantitativi di materiali recuperabili in sito.

6 Piano di indagini

Come già argomentato nei precedenti capitoli il sito è stato sottoposto a indagine ambientale preliminare finalizzata alla verifica di qualità delle matrici ambientali: matrici di riporto, suolo, acque di falda.

Le indagini preliminari sono state condotte con un grado di approfondimento pari a quanto indicato nelle specifiche tecniche per la caratterizzazione ambientale di cui all'Allegato 2 Titolo V Parte IV del D.lgs 152/06 ed hanno seguito un criterio statistico basandosi su una griglia di campionamento di tipo casuale. Il sedime sottostante l'impronta dei fabbricati non è stato indagato a causa dell'inaccessibilità dei medesimi in condizioni di sicurezza per gli operatori.

Le matrici ambientali campionate ed analizzate sono state come detto, i materiali di riporto costituenti il primo orizzonte insaturo del terreno, il substrato naturale comprensivo della frangia capillare e la falda freatica superficiale. Considerata la soggiacenza della falda acquifera prossima al piano campagna, la verticale campionata di matrici solide (materiali di riporto e substrato naturale) è stata ricompresa nel primo metro dal piano di campagna.

Nella scelta degli analiti da ricercare nelle matrici campionate si è tenuto conto del ciclo produttivo della ex -SIO integrando il data-set con alcuni parametri generici riconducibili all'uso del suolo in epoca successiva la sua dismissione, ciò avendone verificato le condizioni di degrado e la presenza di rifiuti abbandonati da frequentatori abusivi del sito.

I criteri adottati hanno consentito di ricavare un quadro sufficientemente esaustivo delle caratteristiche qualitative delle matrici ambientali del sito in esame, con evidente riferimento alle aree non coperte da fabbricati.

Come detto le uniche non conformità alle CSC normative per la destinazione d'uso del sito (col. B, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.lgs 152/06) sono state rilevate nella matrice materiali di riporto, con particolare riferimento alle stratificazioni di carbone granulare caratterizzate da concentrazioni molto elevate di zinco ed in misura meno significativa da arsenico, mercurio e PCB.

I terreni del substrato e la falda acquifera sono invece risultati conformi alle CSC normative per la destinazione d'uso dell'area.

Tenuto conto del grado di approfondimento raggiunto con le indagini preliminari i dati acquisiti sulle matrici ambientali potrebbero essere già ritenuti esaustivi e sufficienti allo sviluppo di un'Analisi di Rischio ma, non essendo tale ipotesi contemplata dalla normativa vigente (art 242, comma 3), si è resa necessaria la predisposizione del presente Piano di Caratterizzazione con i requisiti di cui all'Allegato 2 alla parte quarta del D.lgs 152/06.

Quanto sopra anche in ottemperanza alle richieste del Comune della Spezia che, come richiamato in premessa, ha ritenuto necessario l'avvio dell'istruttoria tecnica-amministrativa di cui all'art 242, ovvero la formale presentazione da parte di Talea, in ordine, **del Piano di Caratterizzazione Ambientale**, Analisi di Rischio ed eventuale Progetto Operativo di Bonifica per il sito in oggetto.

Con ciò si renderebbe quindi necessaria la predisposizione di un ulteriore Piano di Indagini da svolgersi sul sito con l'obiettivo di:

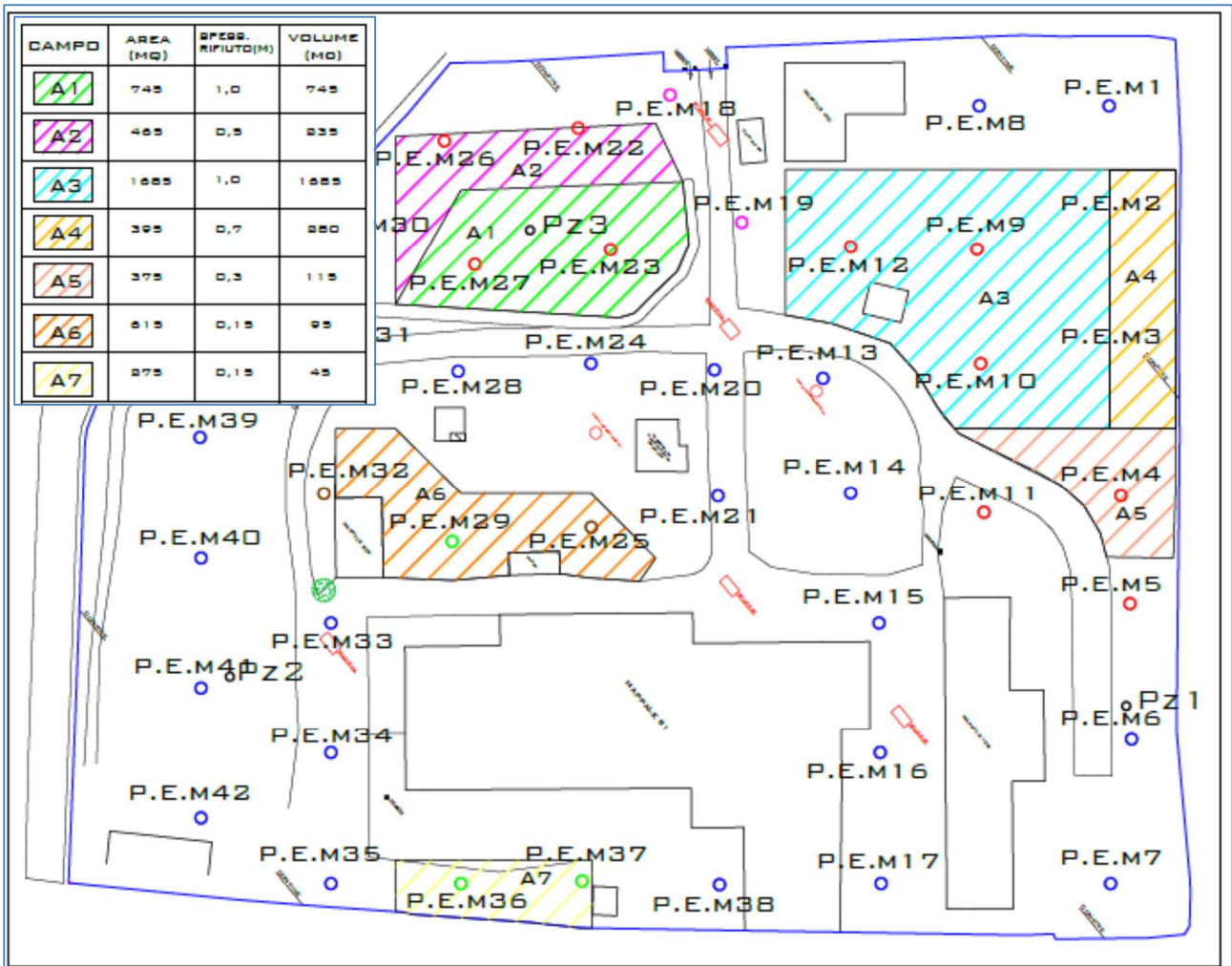
- verificare l'esistenza di inquinamento di suolo, sottosuolo e acque sotterranee; definire il grado, l'estensione volumetrica dell'inquinamento; delimitare il volume delle aree di interrimento di rifiuti;
- individuare le possibili vie di dispersione e migrazione degli inquinanti dalle fonti verso i potenziali ricettori;

- ricostruire le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area al fine di sviluppare il modello concettuale definitivo del sito;
- ottenere i parametri necessari a condurre nel dettaglio l'analisi di rischio sito specifica;
- individuare i possibili ricettori.

Considerato il grado di dettaglio ottenuto con le indagini preliminari, che hanno già consentito il raggiungimento degli obiettivi di cui sopra, a parere dello scrivente, potrebbe essere sufficiente la ripetizione di alcuni campionamenti delle matrici solide nelle aree interessate dai superamenti delle CSC, con la precisa finalità di ottenere una validazione dei dati da parte dell'organo di controllo (ARPAL).

Analogamente potrebbero essere ricampionate ed analizzate le acque dei n° 3 piezometri realizzati in fase di indagine preliminare, dopo adeguato spurgo, al fine di una conferma dello stato di qualità della falda superficiale.

A tal fine si riporta un estratto grafico del report di indagine preliminare con evidenza delle aree interessate della presenza di matrici di riporto con zinco in concentrazione superiore alla CSC di col B e relative estensioni e spessori.



Ai fini di una gestione razionale delle risorse economiche che Talea dovrà impegnare, in qualità di proprietaria del sito non responsabile della contaminazione, e tenuto conto dei risultati già ottenuti con le indagini preliminari si ritiene opportuno che la quantificazione del numero di campioni da prelevare possa essere determinata direttamente in sito, o in sede di Conferenza dei Servizi di valutazione del presente Piano di Caratterizzazione, in base alle esigenze di validazione dei dati da parte dell'organo di controllo ARPAL.

Analoghe considerazioni possono essere fatte sul numero di campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio e sul data-set da determinarsi.

Ragionevolmente su un numero ristretto di campioni di matrici di riporto, ottenuti per miscelazione di aliquote di analoga composizione merceologica, potrà essere ricercato un data set più ampio, per validazione dei dati ottenuti in fase di indagine preliminare, costituito da:

Parametri	
Scheletro (2.0 mm < x < 2 cm)	pH
Residuo a 105°C	Cianuri liberi
Metalli pesanti	Fluoruri
Composti Aromatici	Alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni
IPA	Nitrobenzeni
Alifatici alogenati Cancerogeni	Clorobenzeni
Fenoli clorurati e non clorurati	Idrocarburi (C>12 e C<12)
Ammine aromatiche	Carbonio organico totale
PCB totali	amianto

Su un numero maggiore di campioni del substrato naturale, ove confermate le concentrazioni di analiti non conformi sui materiali di riporto, la verifica analitica potrà essere eseguita sul seguente data-set, di cui si riporta il numero d'ordine riferito in Tabella 1 Allegato 5, Parte IV del D.lgs 152/06:

- metalli pesanti (parametri n°1÷18),
- PCB (parametro n°93).

Ulteriori parametri da determinarsi sulle matrici ambientali, funzionali alla elaborazione dell'analisi di rischio in modalità sito-specifica, ovvero senza dover ricorrere ai parametri di default offerti dalla banca dati del modello, potranno infine essere:

- la frazione di carbonio organico nello strato di riporto, nel substrato naturale insaturo e saturo,
- la densità in sito e la permeabilità delle matrici di riporto nello strato insaturo,
- la conducibilità idraulica dello strato saturo.

Questi ultimi da ottenersi rispettivamente mediante prove in sito con volumometro a sabbia o a membrana e prove di risalita o *slug test* da eseguirsi nei piezometri esistenti.

Zona Insatura		Default ISPRA	Default ASTM	Valore	
$L_{s, [SP]}$	Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	m	0	0	0.5
$L_{s, [SP]}$	Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	m	1	1	1.0
d	Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo)	m	1	1	0.5
d_p	Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo)	m	2	2	1.0
L_{GH}	Profondità del piano di falda	m	3	3	2.0
h_w	Spessore della zona insatura	m	2.812	2.85	1.812
$f_{oc, SS}$	Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo superficiale	g-C/g-suolo	0.01	0.01	0.01
$f_{oc, SP}$	Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo profondo	g-C/g-suolo	0.01	0.01	0.01
$t_{1/2}$	Tempo medio di durata del lisciviato	anni	30	30	30.0
pH	pH	adim.	6.0	6.0	6.8
ρ_c	Densità del suolo	g/cm ³	1.7	1.7	1.7
θ_s	Porosità efficace del terreno in zona insatura	adim.	Selezione Tessitura		0.353
θ_w	Contenuto volumetrico di acqua	adim.			0.103
θ_a	Contenuto volumetrico di aria	adim.	LOAMY SAND		0.25
$\theta_{w, cap}$	Contenuto volumetrico di acqua nelle frangia capillare	adim.			0.318
$\theta_{a, cap}$	Contenuto volumetrico di aria nelle frangia capillare	adim.			0.035
h_{cap}	Spessore frangia capillare	m	Tessitura selezionate: LOAMY SAND		0.108
I_{ef}	Infiltrazione efficace	cm/anno	30	<input type="checkbox"/> Calcolato	3.00E+01
P	Pioggiosità	cm/anno	—	—	129.0
$f_{fracture}$	Frazione areale di fratture outdoor	adim.	1	1	1.0

Zona Saturata		Default ISPRA	Default ASTM	Valore		
W	Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	m	45	45	35.0	
S_w	Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	m	45	45	55.0	
d_s	Spessore acquifero	m	—	—	20.0	
K_{sat}	Conducibilità idraulica del terreno saturo	m/s	LOAMY SAND		4.05E-05	
i	Gradiente idraulico	adim.	—	—	0.005	
v_{Dm}	Velocità di Darcy	m/s	7.90E-07	—	2.03E-07	
v_e	Velocità media effettiva nella falda	m/s	2.20E-06	2.20E-06	5.74E-07	
$\theta_{e, sat}$	Porosità efficace del terreno in zona saturo	adim.	0.353	0.353	0.353	
f_{oc}	Frazione di carbonio organico nel suolo saturo	g-C/g-suolo	0.001	0.001	0.001	
POC	Distanza recettore off site (DAF)	m	100	100	100.0	
α_L	Dispersività longitudinale	m	10	<input type="checkbox"/> Calcolato		1.00E+01
α_T	Dispersività trasversale	m	3.3	<input type="checkbox"/> Calcolato		3.33E+00
α_V	Dispersività verticale	m	0.5	<input type="checkbox"/> Calcolato		5.00E-01
D_{Dm}	Spessore della zona di miscelazione in falda	m	2	<input type="checkbox"/> Calcolato		9.71E+00
LDF	Fattore di diluizione in falda	adim.	—	—	4.10E+00	

Figura 13 - Parametri di input sulla matrice suolo per Analisi di Rischio