

REGIONE FVG	PROVINCIA DI TRIESTE	COMUNE DI MUGGIA
----------------	-------------------------	---------------------

ELABORATO	DESCRIZIONE ELABORATO	DATA
	CARATTERIZZAZIONE ED ACCERTAMENTO AMBIENTALE FINALIZZATI ALL'ATTUALIZZAZIONE DEL LIVELLO DI CONTAMINAZIONE RESIDUA ANALISI DI RISCHIO SITO-SPECIFICA VALUTAZIONE DELLE PASSIVITA' IMMOBILIARI AMBIENTALI AREA "ex Raffineria ██████████" Noghere lotti LN2 e LN3	

PROPONENTE:  Studio Polidori & Nocchi Associati Il Commissario Liquidatore Dott. Federico Nocchi	TIMBRO e FIRMA  Dott. Federico Del Gaia  Ing. Claudio Conese
---	--

PROGETTAZIONE:  Via XX Settembre, 16 – 52037 Sansepolcro (AR) Tel. e Fax: 0575 734659 info@emast.it – www.emast.it P.I.: 02290460514	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">COMMESSA</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">GRUPPO DI LAVORO</td> <td colspan="5">Coordinamento progettuale Dott. Federico Del Gaia</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Accertamento ambientale Ing. Claudio Conese Dott. Andrea Del Gaia</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Progetto ambientale Dott. Geol. Federico Del Gaia Ing. Claudio Conese Dott. Geol. Silvia Roberti Dott. Biol. Giulia Liberatori</td> </tr> <tr> <td>EMISSIONE</td> <td>DATA</td> <td>REDATTO</td> <td>VERIFICATO</td> <td>APPROVATO</td> <td>NOTE</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">12.12.2021</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	COMMESSA						GRUPPO DI LAVORO	Coordinamento progettuale Dott. Federico Del Gaia					Accertamento ambientale Ing. Claudio Conese Dott. Andrea Del Gaia					Progetto ambientale Dott. Geol. Federico Del Gaia Ing. Claudio Conese Dott. Geol. Silvia Roberti Dott. Biol. Giulia Liberatori					EMISSIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	NOTE		12.12.2021				
COMMESSA																																			
GRUPPO DI LAVORO	Coordinamento progettuale Dott. Federico Del Gaia																																		
	Accertamento ambientale Ing. Claudio Conese Dott. Andrea Del Gaia																																		
	Progetto ambientale Dott. Geol. Federico Del Gaia Ing. Claudio Conese Dott. Geol. Silvia Roberti Dott. Biol. Giulia Liberatori																																		
EMISSIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	NOTE																														
	12.12.2021																																		

INDICE

1.0 - INTRODUZIONE	4
2.0 - IDENTIFICAZIONE DELL'AREA	7
3.0 - INQUADRAMENTO DEL SITO	8
4.0 - CARATTERIZZAZIONE DEL SITO	10
4.1 - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE	10
4.1.1 - RICOSTRUZIONE PALEO AMBIENTALE	12
4.2 - CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	13
4.3 - ANALISI DELLE CARTOGRAFIE STORICHE	16
5.0 - DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' SVOLTE NEL SITO	25
6.0 - MODELLO CONCETTUALE DEL SITO	26
7.0 - DESCRIZIONE DELLE INDAGINI PREGRESSE ESEGUITE NEL SITO	31
7.1 - INDAGINI PRECEDENTI AL PIANO DI CARATTERIZZAZIONE (ANNO 1999)	31
7.2 - INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE (ANNI 2004- 2005)	31
7.3 - INDAGINI DI APPROFONDIMENTO PER PROGETTAZIONE PRELIMINARE DI BONIFICA (ANNO 2005)	32
8.0 - INDAGINI E CARATTERIZZAZIONI AMBIENTALI ESEGUITE	33
8.1 - AREA DI PRELIEVO	35
8.2 - ANALISI DI CAMPO	36
8.3 - CAMPIONAMENTO	37
8.3.1 - MATRICE TERRENO	37
8.3.2 - MATRICE ACQUE	42
8.4 - ANALISI CHIMICHE DI LABORATORIO MATRICE TERRENO E ACQUE	44
8.5 - INDAGINI SPECIFICHE PER L'ELABORAZIONE DELL'ANALISI DI RISCHIO	54
8.5.1 - ANALISI GRANULOMETRICHE	54
8.5.2 - CARATTERISTICHE FISICHE	55
8.5.3 - SPECIAZIONE IDROCARBURI	55
8.5.4 - PROVE DI PERMEABILITA' IN SITU E DI LABORATORIO	55
8.6 - ESECUZIONE TEST DI CESSIONE	56
9.0 - DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	58

10.0 – AREE PER LE QUALI E' POSSIBILE PREVEDERE LA CHIUSURA DEL PROCEDIMENTO	60
11.0 – ANALISI DI RISCHIO	68
11.1 L'ANALISI DI RISCHIO APPLICATA AI SITI CONTAMINATI: CONCETTI BASE	68
11.2 LA PROCEDURA DI ANALISI DI RISCHIO: CONCETTI GENERALI E LIVELLI DI APPROFONDIMENTO	68
11.2.1 IL PRINCIPIO DI CAUTELA O CONSERVATIVITÀ	68
11.2.2 LA PROCEDURA RBCA	69
11.3 CALCOLO DEL RISCHIO PER SOSTANZE NON CANCEROGENE	71
11.4 CALCOLO DEL RISCHIO PER SOSTANZE CANCEROGENE	72
11.5 IL CALCOLO DEL RISCHIO PER LA RISORSA IDRICA SOTTERRANEA	73
11.6 CALCOLO DEI VALORI DI BONIFICA (SSTL O CSR)	74
12.0 – ANALISI DI RISCHIO CONSIDERAZIONI SITO SPECIFICHE	75
13.0 – ANALISI DI RISCHIO MODELLO CONCETTUALE SITO SPECIFICO	78
13.1 – PRINCIPI GENERALI APPLICATI	79
14.0 – ANALISI DI RISCHIO MATRICE TERRENO (SS E SP)	80
14.1 – DEFINIZIONE DELL CRS (SUOLO/SOTTOSUOLO)	81
14.2 – RECETTORI E PARAMETRI DI ESPOSIZIONE	84
14.3 – CARATTERIZZAZIONE DELLA SORGENTE DI POTENZIALE CONTAMINAZIONE	85
14.4 – MODELLO DI TRASPORTO E DESTINO DEGLI INQUINANTI	89
14.5 – CALCOLO DEL RISCHIO E DELLE CSR	90
15.0 – ANALISI DI RISCHIO MATRICE ACQUE DI FALDA	109
15.1 – DEFINIZIONE DELL CRS (ACQUE DI FALDA)	111
15.2 – RECETTORI E PARAMETRI DI ESPOSIZIONE	111
15.3 – CARATTERIZZAZIONE DELLA SORGENTE DI POTENZIALE CONTAMINAZIONE	111
15.4 – MODELLO DI TRASPORTO E DESTINO DEGLI INQUINANTI	118
15.5 – CALCOLO DEL RISCHIO E DELLE CSR	119
16.0 – CONSIDERAZIONE STATO FUTURO	143
17.0 – VALUTAZIONE SUI POSSIBILI INTERVENTI PER IL RISANAMENTO E LA FRUIBILITÀ DEL SITO	144
18.0 - CONCLUSIONI	150

ALLEGATI

ALLEGATO 1 – TAVOLE CARTOGRAFICHE

Carta Ubicazione Punti di Indagine – Lotti LN2 e LN3	TAV. 1	scala	1:1500
Carta piezometrica della falda superficiale	TAV. 2	scala	1:1500
Carta contaminazione dei terreni – Anno 2005	TAV. 3	scala	1:1500
Carta contaminazione delle acque – Anno 2005	TAV. 4	scala	1:1500
Carta della Verifica Ambientale – Matrice Terreno	TAV. 5	scala	1:1500
Carta della Verifica Ambientale – Matrice Acque	TAV. 6	scala	1:1500
Carta della Verifica Ambientale – Matrice Acque	TAV. 6a	scala	1:1500
Carta distribuzione dei composti aromatici C13-C22 - Terreno	TAV. 7	scala	1:1500
Carta intervento di bonifica mediante scavo e smaltimento dei terreni contaminati	TAV. 8	scala	1:1500
Carta intervento di messa in sicurezza permanente dei terreni	TAV. 9	scala	1:1500

ALLEGATO 2 – LOGS STRATIGRAFICI

ALLEGATO 3 – TABELLE DI SINTESI DELLE ANALISI DEI TERRENI

ALLEGATO 4 – TABELLE DI SINTESI DELLE ANALISI DELLE ACQUE

ALLEGATO 5 – REFERTI DELLE ANALISI CHIMICHE DI LABORATORIO

- Matrice Terreno
- Matrice Acque

ALLEGATO 6 – REFERTI DELLE ANALISI CHIMICHE DI LABORATORIO PER APPROFONDIMENTO PALEOAMBIENTALE

ALLEGATO 7 – REFERTI DELLE ANALISI DI LABORATORIO PER ELABORAZIONE AdR

ALLEGATO 8 – TEST DI CESSIONE E CODICE CER

ALLEGATO 8 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

ALLEGATO 10 – DOCUMENTAZIONE RISK-NET

1.0 - INTRODUZIONE

Su incarico e per conto del Liquidatore Giudiziale Dott. Federico Nocchi la scrivente Società MAST Srl ha redatto il presente documento che costituisce la "CARATTERIZZAZIONE ED ACCERTAMENTO AMBIENTALE FINALIZZATI ALL'ATTUALIZZAZIONE DEL LIVELLO DI CONTAMINAZIONE RESIDUA, ANALISI DI RISCHIO SITO-SPECIFICA E VALUTAZIONE DELLE PASSIVITA' IMMOBILIARI AMBIENTALI DELL'AREA "EX RAFFINERIA ██████████ NOGHERE LN2 e LN3", in loc. Noghere, nel Comune di Muggia (TS).



Fig. 1.0_1: Ubicazione sito con dettaglio delle aree d'indagine

Come richiesto dal Liquidatore Giudiziale in data 07/09/2019, relativamente alla modalità di esecuzione della verifica dei livelli di contaminazione residua per la porzione dell'impianto Area LN2 e LN3, si è proceduto all'attuazione della fase di caratterizzazione dell'area dell'ex Raffineria ██████████, valutando le caratteristiche litologiche, stratigrafiche e idrogeologiche dell'area e le tipologie delle interferenze con eventuali interventi di bonifica a salvaguardia dei fruitori e lavoratori dell'area.

In tale ottica le attività di caratterizzazione e verifica hanno avuto lo scopo di:

- valutare contestualmente gli attuali livelli di contaminazione dei suoli e delle acque;
- verificare le interferenze degli interventi di TRASFORMAZIONE DELL'AREA (ricostruzione) con le eventuali attività di bonifica.

Per la Caratterizzazione e Accertamento Ambientale dell'area in oggetto (vedi fig. 1.0_1) sono state effettuate le seguenti operazioni di caratterizzazione e accertamento geologico, idrogeologico e ambientale areale e tridimensionale, come di seguito riportato:

- Rilievo topografico dell'area con posizionamento dei punti di perforazione e campionamento;
- Esecuzione di n. 8 sondaggi ambientali a carotaggio continuo (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8), spinti fino alla profondità di -6.0/7.6 m da p.c.;
- Esecuzione di n. 1 sondaggio ambientale tramite braccio meccanico (M9), spinti fino alla profondità di -1.00 m da p.c.;
- Realizzazione di n. 1 piezometro (PzM5) completato fino a -6-50 m da p.c.;
- Esecuzione di n. 1 sondaggio ambientale a carotaggio continuo completato a permeometro, (M4PP) spinto fino alla profondità di -3.0 m da p.c.;
- Prelievo di n. 32 campioni di terreno alle profondità indicate in (All.2);
- Verifica della qualità geochimica dei terreni tramite n. 80 analisi di campo con fotoionizzatore portatile (PID) per la misura della concentrazione dei composti organici volatili (VOC);
- Confezionamento di n. 32 campioni di terreno relativi alle quote indicate in (All.3-5);
- Analisi di laboratorio su n. 32 campioni di terreno (All.3);
- Prelievo di n. 2 campioni di terreno M4-K e M5-K per analisi fisiche di laboratorio (All.7);
- Prelievo di n. 2 campioni di terreno CC1 e CC2 per esecuzione test di cessione (All.8);
- Prelievo di n. 3 campioni di acque provenienti dai piezometri di monitoraggio esistenti Pz17, Pz25; e dal piezometro di nuova realizzazione PzM5 (All. 4-5);
- Analisi di laboratorio su n. 3 campioni di acque (All. 4-5).

Il riscontro dell'attuale livello di contaminazione dell'area ha consentito la valutazione delle eventuali soluzioni di messa in sicurezza/bonifica e la conseguente stima economica delle passività ambientali/immobiliari presenti nel sito.

E' di fondamentale importanza evidenziare che per la matrice suolo superficiale e profondo la prevalente problematica ambientale riscontrata è riconducibile alla presenza di aromatici C13-C22 e non a tutta la componente contaminante, che risulta presente o in quantità modesta (alifatici C13-C18) o in composti molto stabili (alifatici C19-C36).

I risultati delle analisi chimiche eseguite sulle acque di falda hanno evidenziato superamenti delle CSC per il Ferro, Manganese, PCB, Nichel e Benzo (g,h,i)perilene.

La presenza del Ferro e Manganese non risulta strettamente legata alle attività insediate nel sito ma piuttosto a fenomeni naturali come indicato da ARPA FVG che ha individuato e definito i valori di fondo nelle acque sotterranee per i parametri Ferro e Manganese, fissati rispettivamente a 1900 µg/l a 3600 µg/l, approvati con CdS del 12/03/2012

Le valutazioni dell'estensione e volumetria dei terreni contaminati è stata quindi basata considerando due diversi scenari:

1. area effettivamente rilevata con CRS>CSR denominata "LN2A Ricontrata";
2. area totale del lotto denominata "LN2A Totale".

I dati acquisiti e la determinazione delle aree effettivamente coinvolte ha permesso di individuare le soluzioni più adeguate all'intervento di bonifica delle matrici ambientali contaminate ed utilizzabili in funzione anche della sostenibilità ambientale ed economica e della compatibilità paesaggistica.

Le tipologie di intervento che si ritiene possano garantire tali obiettivi, in accordo alle tre possibilità previste dall'art. 41, comma 3 della Legge n. 98/2013, sono:

- **intervento di bonifica mediante scavo e smaltimento del terreno contaminato;**
- **intervento di Messa in Sicurezza Permanente.**

2.0 - IDENTIFICAZIONE DELL'AREA

Il sito oggetto di verifica (vedi fig. 2.0_1) è ubicato nella Zona industriale Sud all'interno del territorio comunale di Muggia (TS) nelle Valli delle Noghere e del Rio Ospio.

Attualmente l'area specifica, che un tempo è stata sede di serbatoi di stoccaggio, è dismessa.

Nella zona occidentale limitrofa è attiva una piccola azienda artigianale, nell'area posta a nord della LN3 è presente un deposito di serbatoi.

Nella zona meridionale direttamente confinante con il sito è presente la zona Ex EZIT nella quale sono state effettuate le analisi per la Valutazione del Rischio delle aree di proprietà dell'Ente per la Zona industriale di Trieste e delle aree alienate da Ezit a privati in area Valli delle Noghere e del Rio Ospio nel territorio comunale di Muggia. come da DGR FVG n. 1516 del 04 agosto 2017.

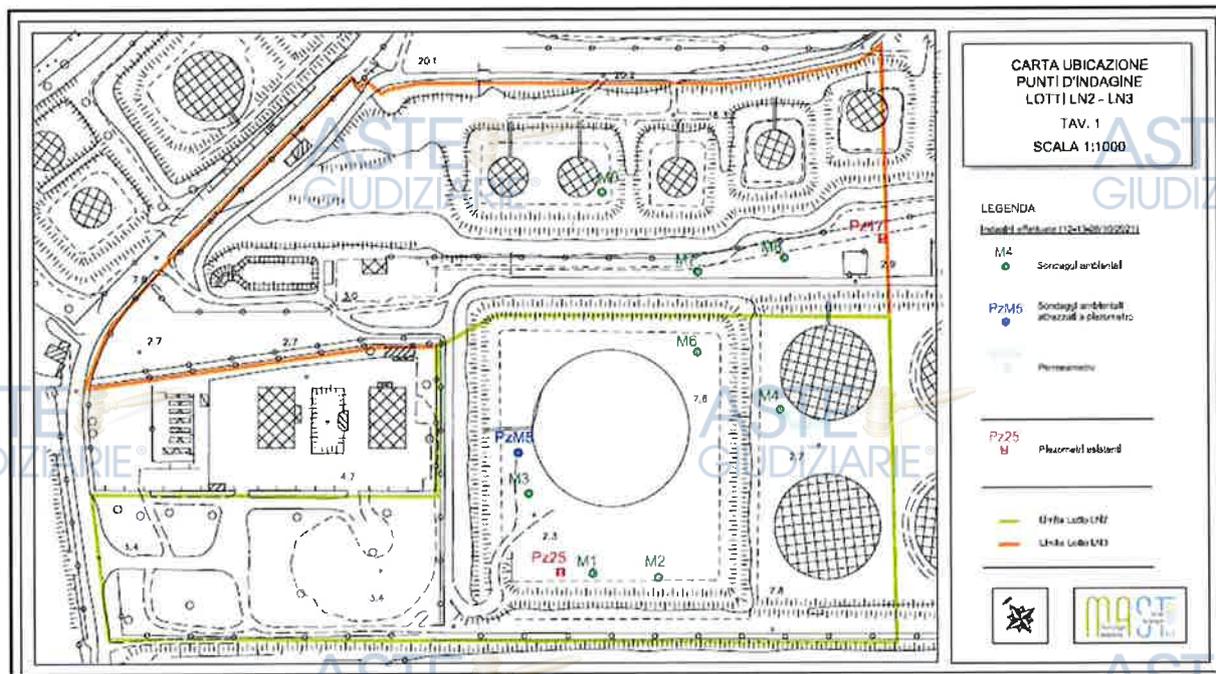


Fig. 2.0_1: Area di verifica

L'area interessata dalle Verifiche Ambientali è contraddistinta dal limite color verde e arancio.

3.0 - INQUADRAMENTO DEL SITO

Il sito oggetto di Accertamento Ambientale fa parte del complesso industriale Ex Raffineria ██████ in un contesto notevolmente antropizzato e corrisponde ad un ambito territoriale delimitato a nord-est dalla Strada provinciale n.14, a sud dalla Strada delle saline e ad Ovest dal Raccordo Lacotisce-Rabuiese. La zona industriale fa parte del Comune di Muggia.

Il PRG del Comune di Muggia identifica il sito quale **"D1 - Zone produttive artigianali industriali di interesse regionale"** (fig. 3.0_1).

Si tratta di un'area destinata ad attività produttiva di tipo industriale per la quale valgono i limiti normativi indicati in colonna B **"commerciale e industriale"** tab. 1 del D.Lgs. 152/06.

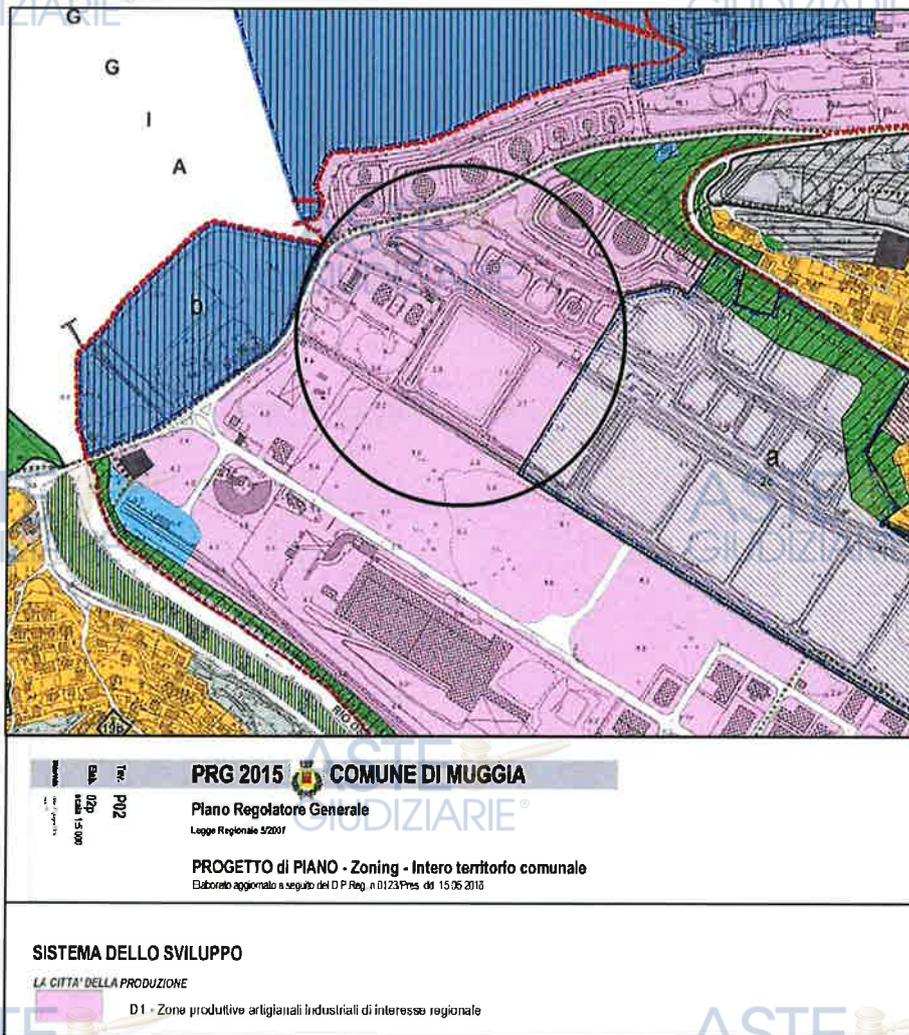


Fig. 3.0_1: Estratto PRG Comune di Muggia – Tavola P02 – Zoning

Le aree LN2 e LN3 ricadono all'interno del SIN di Trieste (Decreto 16 marzo 2021 – Ridefinizione del perimetro del sito di bonifica di interesse nazionale di Trieste) (vedi fig. 3.0.2).



Fig. 3.0_2: Nuova perimetrazione del SIN di Trieste con indicata area di studio

L'area in oggetto è distinta catastalmente al Foglio n. 19 del Comune di Muggia (TS) part.le cat.li n. 129/5, 129/8, 129/10, 129/11, 129/12 (vedi fig. 3.0.3).

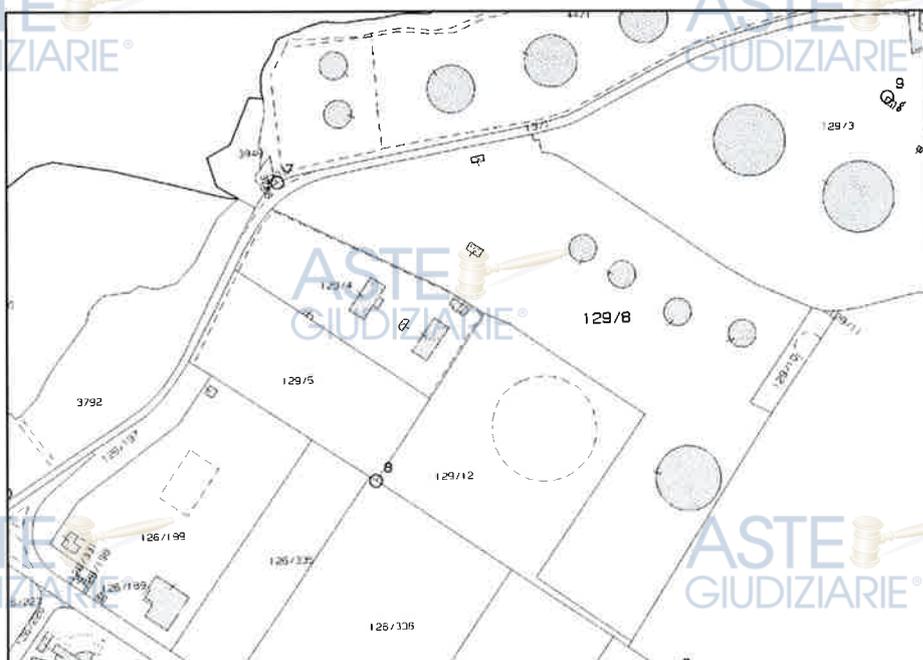


Fig. 3.0_3: Estratto di mappa catastale

4.0 – CARATTERIZZAZIONE DEL SITO

4.1 – CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

Il sito di studio si trova nella parte sud-orientale del golfo di Trieste (Baia di Muggia), all'interno del territorio comunale di Muggia.

Gran parte del parco serbatoi della raffineria è ubicata sul promontorio che divide la valle del Torrente Rosanda da quella del Rio Ospio.

Sotto un profilo morfologico l'area relativa al lotto LN2 si presenta sub pianeggiante, localmente interrotta da modeste rotture di pendenza collegate ai rilevati stradali e arginature del "parco serbatoi", mentre la zona relativa al lotto LN3 è caratterizzata da gradoni artificiali delimitati da scarpate aventi discrete pendenze, in particolare nella zona di affioramento della roccia.

La zona sud-occidentale fa parte della piana alluvionale del Rio Ospio, che dal XIX secolo ricomprende le zone palustri e numerose saline.

In particolare la Valle del Noghère a partire dal 1935-1938, è stata sede di importanti opere antropiche finalizzate alla bonifica delle aree acquitrinose, che si trovavano a quote al di sotto del livello medio mare, e permettere l'urbanizzazione e il successivo insediamento di attività produttive che si sarebbero sviluppate negli anni '50..

Tali interventi hanno modificato profondamente non solo l'assetto geomorfologico, ma anche quello idrogeologico.

Sotto un profilo geologico la porzione nord-orientale è caratterizzata dalla presenza della formazione torbidaica marnoso-arenacea del "Flysh" (Eocene medio) costituita da un'alternanza di arenarie stratificate, color avana-grigio e marne grigio ocracee, che nella porzione più superficiale si presentano molto alterate.

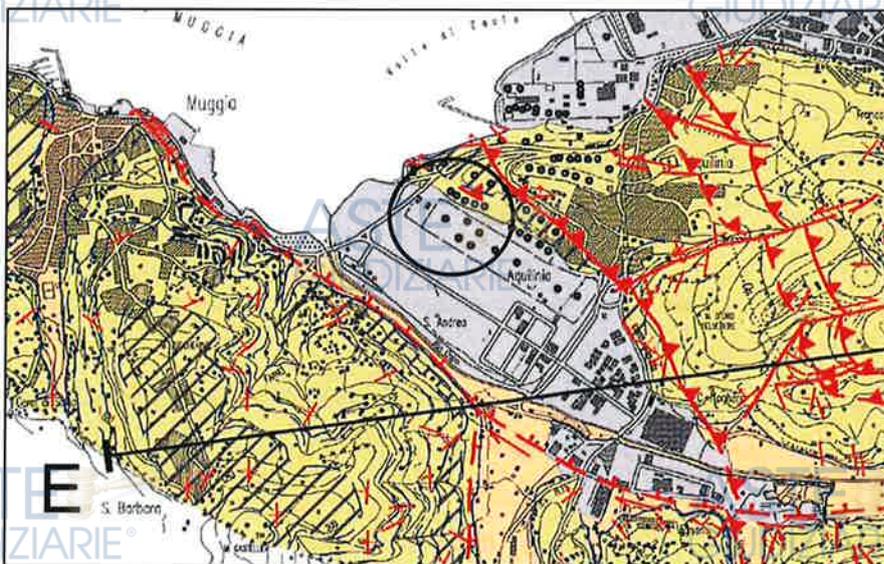


Fig. 4.1_1: Carta Geologica del Carso Classico

I terreni di copertura riscontrati nell'area individuano le seguenti unità antropiche e quaternarie:

- terreni di riporto di tipo dt1 e dt2
- depositi alluvionali
- depositi marini

I litotipi dt1 risultano prevalentemente argillosi plastici con variabile frazione di elementi clastici, anche di demolizione e materiale indifferenziato (cavi di acciai, stracci, profilati e fili di ferro e rame).

Le stratigrafie riscontrate tramite i sondaggi effettuati portano a concludere che dopo la fase di accumulo del riporto dt1, necessario al superamento del livello marino, questo è dapprima rimasto a contatto con il fondale marino presente alla base della salina per poi affondare al suo interno, anche a causa della pressione esercitata dai mezzi meccanici di lavoro.

Tale schema confermerebbe l'ipotesi che gli elementi contaminati presenti non sono direttamente legati alle sole perdite subite nel corso del tempo dai serbatoi ma sarebbe probabilmente determinato dall'utilizzo di materiali di riporto originariamente contaminati come morchie e altri simili.

Dopo la conclusione dell'accumulo i terreni sono presumibilmente rimasti per un certo periodo a contatto con l'atmosfera, come testimoniato dalla presenza di una paleocoltre vegetale riconducibile al primo piano di campagna creatosi nell'area salina/acquitrinosa .

Sopra al livello antropico dt1 è stato successivamente accumulato il livello dt2.

Questo orizzonte è stato concepito non solo per colmare la depressione laterale ancora esistente ma anche per conferirgli una funzione a più elevata portanza; infatti per questo riporto è stato utilizzato materiale prevalentemente clastico anche di discreta dimensione, riconducibile alle coltri e rocce scavate nell'area limitrofa alla baia (prevalentemente "sfasciame flyshoide"), clasti eterodimensionali poligenici in variabile matrice sabbio-limo-argillosa, con presenza di frammenti lateritici (frammenti di piastrelle, laterizi, blocchi lapidei)

I depositi alluvionali sono riconducibili principalmente all'attività dei corsi d'acqua e pertanto coinvolti da azioni conseguenti al trasporto e deposizione da parte delle acque fluviali; le alluvioni sono costituite da alternanza di depositi ghiaioso-sabbiosi frammentati a limi e argille.

I depositi marini sono costituiti da argille, limi e sabbie, color grigio, con presenza di resti conchigliari. In particolare nella valle del Noghère risultano "interdigitati" ai depositi alluvionali.

Le evidenze litologiche riscontrate durante i sondaggi effettuati, riportate nelle stratigrafie allegate, confermano la prevalente presenza al di sotto dei riporti descritti di depositi marini nell'area LN2 e a prevalenza alluvionale nell'area LN3.

Dal punti di vista tettonico l'area è caratterizzata dalla presenza di un sovrascorrimento principale orientamento NordOvest– SudEst e da "thrust minori", variamente orientati.

La tettonica recente ha terminato la presenza di lineamenti aventi carattere prevalentemente distensivo (fig.5).

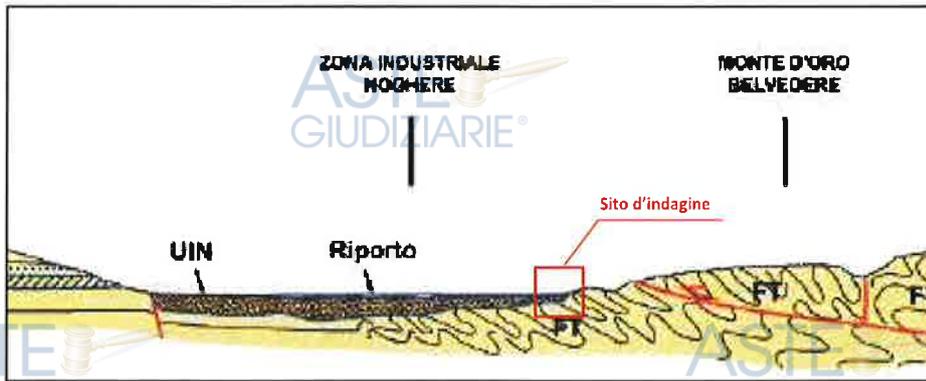


Fig. 4.1_2: Estratto della Sezione Geologica E-E' (da Carta Geologica del Carso Classico)

4.1.1.RICOSTRUZIONE PALEOAMBIENTALE

Per la ricostruzione paleoambientale del sito oltre alle evidenze stratigrafiche, è stato effettuato un approfondimento tramite analisi di alcuni parametri chimici (calcio, sodio e cloruri) finalizzato a verificare i parametri caratteristici dei litotipi in ambiente marino e continentale.

I dati evidenziano (All. 3) che i valori di calcio, sodio e cloruri sono più elevati su campioni che sono stati prelevati a quote inferiori a -3.60/-4.0 m da p.c. nel lotto LN2; quanto riscontrato evidenzia quindi che questi terreni sono riconducibili ad un ambiente francamente marino.

I campioni analizzati relativi al lotto LN3 mostrano invece valori bassi di sodio e cloruri, indice di un ambiente continentale, in particolare una zona di passaggio da ambiente marino a continentale (sondaggi M7 e M8) e francamente continentale nel sondaggio M9 dove è presente la formazione Flyshoide del bedrock. Valori elevati di calcio in tale porzione sono riconducibili alla natura calcarea della roccia sedimentaria.

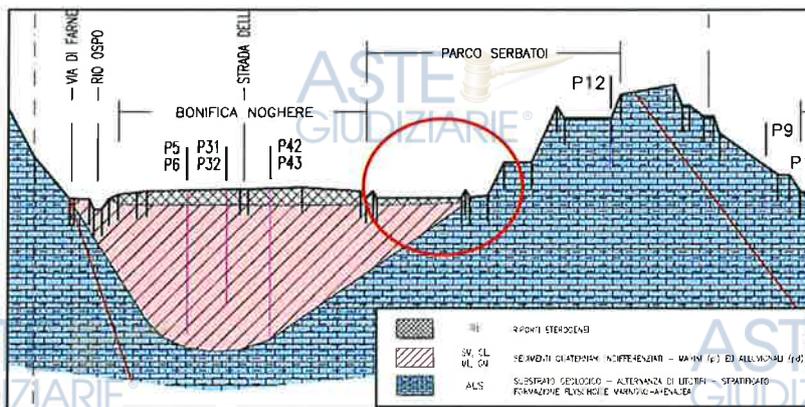


Fig. 4.1_3: Estratto sezione geologica-tecnica – Microzonazione sismica Comune di Muggia

4.2 – CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Il sistema idrologico principale è individuabile nel Rio Ospio che attraversa la Valle delle Noghere, impostato in direzione sudest-nordovest avente andamento sub rettilineo.

In particolare l'area Noghere dove è ubicato il parco serbatoi è posta in destra idrografica del Rio Ospio.

Nella zona strettamente di studio si è sviluppata una notevole rete fognaria conseguente al marcato grado di urbanizzazione industriale sviluppato.

Nella zona relativa al lotto LN2 gli imponenti lavori di riporto effettuati nel corso degli anni hanno modificato in maniera sostanziale il quadro idrogeologico della Valle delle Noghere e della Valle del Rio Ospio. L'accumulo di materiali di riporto di varia natura e origine ha determinato la formazione di un corpo acquifero superficiale di modesto spessore. Al contatto tra il riporto ed il deposito marino naturale ha sede il letto della falda acquifera, più o meno alimentata a seconda che i primi livelli di tale strato siano o meno intercalati da livelli sabbiosi e/o ghiaiosi.

In corrispondenza dei depositi grossolani più profondi (ghiaie-sabbiose) risulta presente una falda semiartesiana, la cui alimentazione avviene per perdite nella zona carsica a monte del bacino idrogeologico del Rio Ospio.

L'area in esame quindi è caratterizzata dal punto di vista idrogeologico da un acquifero superficiale ed uno profondo. L'acquifero superficiale, di modesto spessore (circa 3-4 m), è caratterizzato da una falda freatica di scarsa potenzialità; i dati acquisiti non consentono di verificare la connessione con il regime termo pluviometrico dell'area.

L'acquifero profondo consiste in una falda semi-artesiana impostata nello strato di depositi ghiaioso-sabbiosi, naturalmente protetto da un potente livello (tra 15-30 m) di argille e limi argillosi la cui presenza esclude la possibilità di comunicazione tra le due falde, così come dimostrato dai bassi valori di permeabilità risultati dalle prove di laboratorio eseguite sui campioni di terreno prelevati dai sondaggi di caratterizzazione, nei depositi limo argillosi e argillo-limosi sottostanti il riporto (pari a $10^{-10}/10^{-11}$ m/sec).

Le quote medie del battente piezometrico misurate nei piezometri installati nel corso delle diverse campagne d'indagine (Pz25) e nel nuovo piezometro (PzM5) risultano pari a -0.40/1.20 m da p.c.

Nella zona relativa al lotto LN3 la struttura idrogeologica principale è riconducibile ad un acquifero fratturato, all'interno della Formazione del Flysch, confinato da livelli marnosi; la roccia è contraddistinta in genere da un elevato grado di fratturazione.

La quota media del battente piezometrico misurata nel piezometro Pz17 nel corso delle diverse campagne d'indagine risulta pari a -0.80/1.00 m da p.c.

Durante le operazioni di campionamento delle acque di n. 2 piezometri esistenti e di n. 1 piezometro di nuova realizzazione, sono state effettuate due campagne di misura della quota piezometrica assoluta che risulta:

DATA	LIVELLO STATICO (m)	QUOTA assoluta (m)	QUOTA PIEZOMETRICA assoluta (m)
PZ17			
30/11/2021	- 0,62	2.655	2.035
02/12/2021	- 0,39	2.655	2.265
14/12/2021	- 0,37	2.655	2.285
PZ25			
30/11/2021	- 1.01	2.420	1.410
02/12/2021	- 0,86	2.420	1.560
14/12/2021	- 0,63	2.420	1.790
PZM5			
30/11/2021	- 0,58	2.130	1.550
02/12/2021	- 0,26	2.130	1.870
14/12/2021	- 0,26	2.130	1.870

Tab. 4.2_1: Quota piezometrica delle opere sotterranee

La verifica piezometrica condotta nell'area strettamente di pertinenza mostra un andamento discretamente uniforme delle linee equipotenziali, con prevalente direzione NNE-SSW, vedi fig. 4.2_1.

I dati relativi alle campagne di studio condotte in area vasta sulla baia e zone limitrofe mostrano invece marcate eterogeneità con aree caratterizzate da flusso e distribuzione della falda più superficiale eterogenei, con inversione e differenziazione dei gradienti nei diversi periodi; Nella fig. 4.2_2 è indicato l'andamento delle isofreatiche del 12 Novembre 2007.

Le direzioni di flusso della falda assumono direzioni prevalenti N-S verso il Rio Ospio e NE-Sw verso l'attuale linea di costa del Golfo di Trieste, nel settore più ad ovest dell'area.

Dall'interpolazione dei dati ottenuti per l'area di indagine si osserva che:

- la quota della superficie piezometrica **rispetto al livello medio del mare** risulta compresa fra 2,28 m s.l.m. del PZ17 e 1,41 m s.l.m. del PZ25;
- la morfologia locale della superficie piezometrica presenta un asse di drenaggio in corrispondenza del Rio Ospio;
- il **gradiente idraulico medio** risulta pari a circa 0.5-1%.

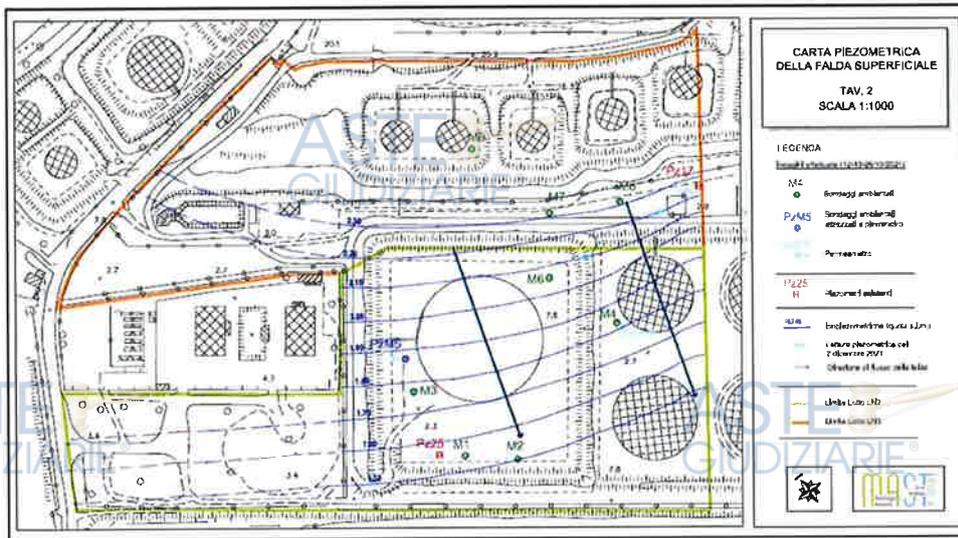


Fig. 4.2_1: Carta isofreatica superficiale – Ottobre 2021

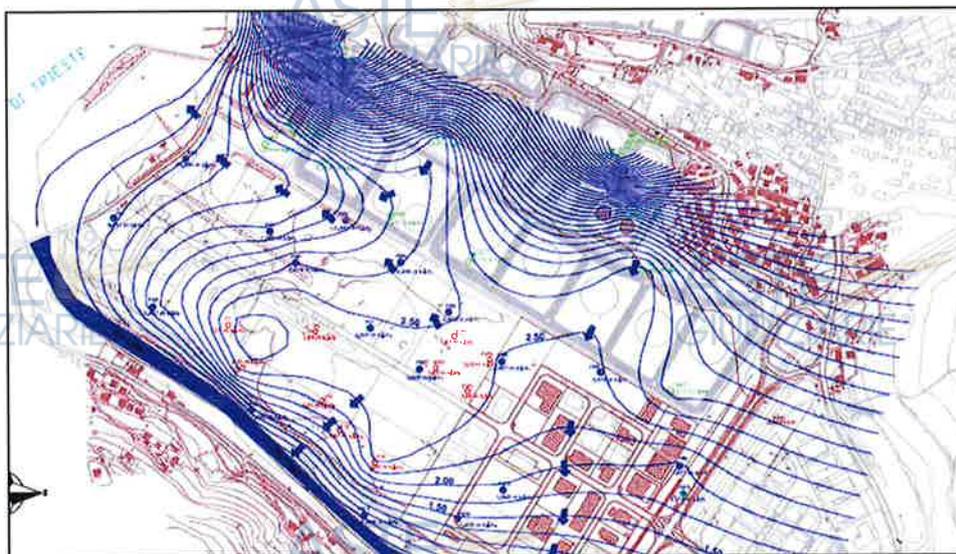


Fig. 4.2_2: Carta isofreatica superficiale – Novembre 2007

4.3 – ANALISI DELLE CARTOGRAFIE STORICHE

L'area di studio è stata oggetto di trasformazioni urbanistico-edilizie a partire dagli anni '50 fino ai giorni nostri. Di seguito si riportano le foto aeree a partire dal 1943 fino ai giorni nostri in cui si evince il cambiamento subito dal sito.

ORTOFOTOCARTA 1943



Fig. 4.3_1 – Ortofotocarta del 1943

ORTOFOTOCARTA 1988



Fig. 4.3_2– Ortofotocarta del 1988

ORTOFOTOCARTA 1994



Fig. 4.3_3- Ortofotocarta del 1994

ORTOFOTOCARTA 2000



Fig. 4.3_4- Ortofotocarta del 2000

ORTOFOTOCARTA 2004



Fig. 4.3.5- Ortofotocarta del 2004

ORTOFOTOCARTA 2005



Fig. 4.3.6 - Ortofotocarta del 2005

ORTOFOTOCARTA 2006



Fig. 4.3_7 – Ortofotocarta del 2006

ORTOFOTOCARTA 2008



Fig. 4.3_8 – Ortofotocarta del 2008

ORTOFOTOCARTA 2011

ORTOFOTOCARTA 2012



Fig. 4.3_9 - Ortofotocarta del 2011



Fig. 4.3_10 - Ortofotocarta del 2012

ORTOFOTOCARTA 2013



Fig. 4.3-11- Ortofotocarta del 2013

ORTOFOTOCARTA 2015



Fig. 4.3-12- Ortofotocarta del 2015

ORTOFOTOCARTA 2016



Fig. 4.3_13 - Ortofotocarta del 2016

ORTOFOTOCARTA 2017



Fig. 4.3_14 - Ortofotocarta del 2017

ORTOFOTOCARTA 2018

ORTOFOTOCARTA 2019



Fig. 4.3_15 – Ortofotocarta del 2018



Fig. 4.3_16 – Ortofotocarta del 2019

ORTOFOTOCARTA 2021



Fig. 4.3_17 – Ortofotocarta del 2021

5.0 – DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' SVOLTE NEL SITO

Il sito in esame lotti LN2 E LN3, corrisponde a buona parte del territorio su cui sorgeva l'ex raffineria [REDACTED]

In particolare nell'area Noghère era presente il parco serbatoi in cui venivano stoccati prodotti (greggio, olii raffinati in LN2, gasolio e benzine in LN3).

Attualmente il sito è dismesso e rimangono le piattaforme di appoggio in cemento armato dei serbatoi fuori terra e gli argini nel lotto LN2.

Nel lotto LN3 sono ancora presenti n. 2 serbatoi fuori terra dismessi e gli argini.



Fig. 5.0_1: Ubicazione Lotti LN2 e LN3

6.0 – MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

Il modello concettuale è stato realizzato sulla base delle informazioni storiche e sulle indagini dirette condotte nelle matrici ambientali del suolo, sottosuolo e delle acque sotterranee.

Sono stati svolti accertamenti documentali e ispezioni sull'area di pertinenza e su quella limitrofa, al fine di ricostruire un'accurata rappresentazione del sito in esame, di raccogliere la documentazione necessaria all'individuazione di tutte le sorgenti potenzialmente contaminanti e ad impostare le adeguate indagini di caratterizzazione.

Sono state raccolte le informazioni nella sezione precedente, in modo da stabilire i possibili effetti dell'attività svolta sul sito e permettere quindi di individuare le possibili fonti della contaminazione presenti o passate, le sostanze contaminanti ad esse associabili, la loro tossicità e le proprietà chimico fisiche, unitamente alle caratteristiche dominanti dell'ambiente.

Tale modello è stato elaborato con lo scopo di individuare l'attività di campo, in modo da guidare la definizione del Piano di investigazione, basandolo sulle caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi superficiali e profondi in quanto possibili principali veicoli della contaminazione.

Scopo del modello concettuale è la definizione delle modalità e dei meccanismi con cui sono avvenuti i fenomeni di contaminazione, nonché le relazioni esistenti tra le sorgenti di contaminazione presenti e i possibili recettori.

A tal fine sono state, per quanto possibile, identificate e ricostruite:

- le sorgenti di contaminazione;
- le caratteristiche chimico fisiche dei contaminanti;
- i meccanismi di migrazione ed i potenziali percorsi di esposizione.

Il Modello Concettuale esplicita i legami tra le diverse componenti (sorgenti di contaminazione, percorsi di migrazione e vie di esposizione, bersagli), permettendo di valutare la presenza delle condizioni di rischio per la salute umana e per l'ambiente come conseguenza del fenomeno d'inquinamento rilevato.

La definizione del Modello Concettuale consente inoltre di valutare l'eventuale necessità di eseguire interventi mirati all'eliminazione delle sorgenti primarie e secondarie di contaminazione, all'interruzione di ogni eventuale percorso di migrazione individuato, ed alla bonifica ed al ripristino ambientale del sito stesso.

Allo stato attuale e con le indagini svolte fino ad ora nel sito oggetto di studio la ricostruzione effettuata rappresenta un riferimento completo per la definizione del modello concettuale dell'area.

Si riportano di seguito i caratteri salienti:

Caratteristiche dominanti dell'ambiente con cui il sito interagisce: è stata ricostruita una stratigrafia del sottosuolo attraversato, fino alla massima profondità indagata sintetizzabile nel seguente modo:

Zona non satura: terreni rimaneggiati (dt1 e dt 2) di potenza variabile tra circa 0.8 e 1.2 m;

Zona satura (acquifero superficiale): terreni rimaneggiati (dt1 e dt 2) di potenza variabile tra circa 2.2 e 3.0 m;

Zona satura (acquifero superficiale): terreni in posto di potenza superiore a 3.7 m;

Substrato litoide: individuato in M8 e M9.

I dati litostratigrafici del sottosuolo dell'area in esame sono ricavati dalle indagini preliminari e da quelle recenti e definiscono dettagliatamente la situazione locale.

Rilievo piezometrico: nel sottosuolo del sito è stata rilevata la presenza di una falda idrica superficiale ad una profondità media di circa 0.8-1.2 m dal piano campagna.

Lo schema idrogeologico del sistema subsuperficiale, come riportato in Fig. 4.2_1 e TAV. 2-All. 1, è riconducibile a un acquifero libero con gradiente variabile da N/NE.

Sorgenti di Contaminazione

Sorgenti Primarie pregresse

Nel sito in oggetto sorgeva l'ex-raffineria [REDACTED] di Muggia, che comprendeva:

- nell'Area Noghere, serbatoi di stoccaggio.

In linea generale, dunque, le sorgenti di contaminazione primarie associate all'uso pregresso dell'area, possono essere state:

- accumulo di riporti storici contaminati;
- impianti produttivi;
- serbatoi di stoccaggio dei prodotti;
- reti tecnologiche (pipeline, fognature, etc);
- sversamenti accidentali superficiali localizzati;

alle quali può essere tipicamente associata la contaminazione da Idrocarburi Pesanti e Leggeri, IPA, Composti Organici Aromatici e metalli.

Sorgenti Secondarie

Il suolo, contaminato fondamentalmente da Idrocarburi Pesanti, può essere considerato come una sorgente secondaria di contaminazione per l'acquifero superficiale freatico.

Tale acquifero superficiale, di modesto spessore e bassa permeabilità, nell'Area di Noghere LN2 è caratterizzato dalla presenza di una falda di tipo freatico.

I campioni di acqua sotterranea raccolti hanno evidenziato una contaminazione diffusa da Ferro, Manganese, PCB, Nichel e Benzo (g,h,i)perilene.

Caratteristiche di Pericolo dei Contaminanti Rilevati

Per la descrizione delle caratteristiche di pericolosità dei composti chimici rinvenuti nelle matrici ambientali del sito in concentrazioni superiori ai limiti definiti dal *D.Lgs. 152/06*, si fa riferimento a quanto stabilito dalla normativa vigente in materia di classificazione ed etichettatura delle sostanze pericolose (Reg. UE 1357/2014, alla Decisione 2014/955/UE, al Reg. UE 2016/1179, al Reg. UE 2017/776 e al Reg. UE 2018/1480 recanti modifiche al Reg. 1272/2008).

La valutazione della pericolosità degli idrocarburi è stata effettuata in base al parere dell'Istituto Superiore di Sanità del 05/07/2006 prot. 0036565 e s.m.i. e la nota M del Reg. UE 1272/2008 e s.m.i.

La valutazione della pericolosità dei metalli e dei loro composti è stata effettuata considerando i composti pertinenti potenzialmente presenti in base al ciclo produttivo coinvolto, i risultati analitici ottenuti e la natura del campione.

La caratteristica di pericolo HP14 viene valutata secondo quanto previsto dal Reg. (UE) 2017/997.

Relativamente a Idrocarburi leggeri (C<12) e pesanti (C>12), i due parametri sono riconducibili genericamente ad idrocarburi di cui è stata effettuata la speciazione singola, per i quali è stata valutata l'appartenenza alle relative categorie di pericolo.

In linea generale, a tali parametri non vengono associate particolari criticità in termini di pericolosità per la salute.

Percorsi di Esposizione

Date le caratteristiche attuali del sito, i percorsi di esposizione attraverso contatto dermico ed ingestione dei contaminanti presenti nelle acque sotterranee non possono essere considerati attivi, in quanto tale corpo idrico non viene utilizzato a fini di approvvigionamento idrico a valle del sito e, quindi, non vi è possibilità di contatto/ingestione.

Esiste tuttavia un potenziale corpo recettore sensibile costituito dal mare, che costituirebbe, in assenza di interventi specifici, il bersaglio del trasporto in soluzione nelle acque sotterranee.

Le caratteristiche chimico fisiche dei contaminanti rilevati nel suolo e nelle acque di falda fanno considerare non trascurabile la volatilizzazione a partire dagli orizzonti di terreno contaminato e dalla falda, con conseguente possibilità di esposizione all'inalazione di vapori.

L'assenza di pavimentazione in alcune aree non permette di escludere il contatto dermico con terreno contaminato, l'ingestione accidentale e l'inalazione di polveri.

L'altro meccanismo di trasporto potenzialmente attivo è quindi rappresentato dal trasporto in soluzione nelle acque sotterranee dei contaminanti lisciviati dalle aree impattate, a causa dell'infiltrazione di acqua dalla superficie

Per lo scenario futuro dell'area è stata considerata la realizzazione di fabbricati ad uso industriale con posa in opera di una soletta in calcestruzzo pari a 30.0 cm.

Tali interventi permetterebbero quindi, l'interruzione dei percorsi relativi alla matrice suolo/sottosuolo impedendo di fatto l'infiltrazione delle acque meteoriche e la risalita dei vapori dal terreno contaminato.

Le verifiche nella fase di caratterizzazione sono state estese a tutte le possibili sostanze utilizzate nelle fasi lavorative del sito.

Fonti di contaminazione riscontrate: sulla base delle indagini finora effettuate, sono stati rilevati i seguenti superamenti delle CSC di legge:

- **per la matrice terreno**, relativamente ai parametri Idrocarburi **C>12**;
- **per la matrice acqua sotterranea**, relativamente ai parametri **Nichel; Manganese, PCB e Benzo (g.h.i) perilene**;

Per i parametri Ferro e Manganese ARPA FVG ha condotto, nei comuni di Trieste e Muggia, diversi studi approfonditi e sistematici, al fine di verificare se le aree pianeggianti, nel territorio in esame, interne ed esterne al perimetro del SIN di Trieste potessero presentare livelli di concentrazione relativamente elevati per alcuni metalli, non attribuibili ad attività antropiche.

I risultati ottenuti dallo studio hanno permesso di confermare, relativamente all'elemento manganese il processo di solubilizzazione di tale elemento dai terreni alle acque nell'ambito di particolari situazioni di ossido-riduzione.

Si può pertanto ragionevolmente porre l'ipotesi che le concentrazioni di manganese che vengono riscontrate nelle zone pianeggianti della Provincia di Trieste, interne ed esterne al perimetro del Sito Inquinato di Interesse Nazionale di Trieste, possano essere considerati valori naturali, non attribuibili pertanto a situazioni di inquinamento ma a fenomeni naturali.

Considerazioni sostanzialmente analoghe si ritiene possano essere estese anche al parametro ferro limitatamente alle acque provenienti dall'Alta Valle dell'Ospo.

Si sono quindi individuati e definiti **valori di fondo nelle acque sotterranee** per i **parametri Ferro e Manganese**, fissati rispettivamente a **1900 µg/l e 3600 µg/l**, approvati con CdS del 12/03/2012.

Nello studio si conclude evidenziando che dovranno essere effettuate ulteriori attività per confermare quanto descritto e che riguarderanno:

- Il confronto statistico dei dati del fondo con quelli delle aree industriali;
- l'eventuale valutazione dei valori di fondo nelle acque sotterranee alla luce del recente protocollo ISPRA.

Rimane quindi un margine di incertezza fra i dati di fondo con le aree investigate oggetto del presente lavoro.

Si suggerisce per tale ragione di effettuare eventuali test su campioni di "bianco" in aree adiacenti al sito, al fine di verificare il tenore degli elementi più tipici del geotopo locale ed effettuare:

- la determinazione del valore di fondo dell'area geospecifica;
- le eventuali correlazioni necessarie per la definizione del relativo valore di fondo per l'area indagata.

Nel presente documento le considerazioni fatte e le carte elaborate relative ai superamenti riscontrati nelle acque di falda hanno considerato tali limiti.

7.0 – DESCRIZIONE DELLE INDAGINI PREGRESSE ESEGUITE NEL SITO

Trascurando le attività realizzate in sito prima del 1998, poiché non validate dalle autorità preposte, nell' Area Noghère sono state realizzate 5 campagne d'indagine delle matrici ambientali terreno ed acque, così suddivise:

- indagini precedenti il P.d.C. e validate dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio;
- indagini e campagne di monitoraggio eseguite dopo l'approvazione del P.d.C. ex DM 471/99;
- indagini integrative al P.d.C.;
- indagini di Approfondimento a fini della Progettazione Preliminare della Bonifica;

7.1 – INDAGINI PRECEDENTI AL PIANO DI CARATTERIZZAZIONE (ANNO 1999)

Per la caratterizzazione ambientale dell'area Noghère sono state utilizzate anche le campagne di indagine pregresse, validate dagli OO.PP. partecipanti all'istruttoria del P.d.C., denominate "Foster & Wheeler 1998 – 1999" e [REDACTED] 2003".

I. Foster & Wheeler 1998 – 1999

- perforazione di n. 8 sondaggi e n. 8 piezometri;

II. [REDACTED]

- perforazione di n. 18 sondaggi;
- prelievo ed analisi di n. 36 campioni di terreno e n. 4 di acqua.

Nell'area strettamente di studio lotti LN2 e LN3 è stata effettuata la seguente caratterizzazione:

I. Foster & Wheeler 1998 – 1999

- perforazione di n. 3 sondaggi e n. 2 piezometri

II. [REDACTED]

- perforazione di n. 6 sondaggi;
- prelievo ed analisi di 12 campioni di terreno e 2 di acqua.

7.2 – INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE (ANNI 2004-2005)

Di seguito vengono riepilogate le indagini previste dal P.d.C. e le integrazioni eseguite in corso d'opera dell'area Noghère:

I. Settembre - Novembre 2004, Gennaio e Marzo 2005

- perforazione di n. 116 sondaggi, di cui n. 11 attrezzati a piezometro
- prelievo ed analisi di n. 287 campioni di terreno e n. 10 di acqua
- esecuzione di n. 11 campionamenti superficiali nel top soil (0 – 10 cm) per la ricerca di amianto e diossine.

Nell'area strettamente di studio lotti LN2 e LN3 è stata effettuata la seguente caratterizzazione:

I. Settembre - Novembre 2004, Gennaio e Marzo 2005

- perforazione di n. 33 sondaggi, di cui n. 4 attrezzati a piezometro
- prelievo ed analisi di n. 82 campioni di terreno e n. 4 di acqua
- esecuzione di n. 5 campionamenti superficiali nel top soil (0 – 10 cm) per la ricerca di amianto e diossine.

7.3 – INDAGINI DI APPROFONDIMENTO PER LA PROGETTAZIONE PRELIMINARE DI BONIFICA (ANNO 2005)

Di seguito vengono riepilogate le indagini di approfondimento ai fini della progettazione preliminare di bonifica dell'area

Noghère:

- perforazione di n. 19 sondaggi e realizzazione di n. 3 piezometri;
- esecuzione di n. 13 pozzetti geognostici;
- prelievo ed analisi di n. 92 campioni di terreno e n. 3 di acqua;
- misure dei parametri chimico-fisici nei piezometri di monitoraggio;
- analisi granulometrica di campioni di terreno;
- rilievo plano-altimetrico di ogni punto di indagine.

Nell'area strettamente di studio lotti LN2 e LN3 è stata effettuata la seguente caratterizzazione:

- perforazione di n. 8 sondaggi e realizzazione di n. 2 piezometri;
- esecuzione di n. 0 pozzetti geognostici;
- prelievo ed analisi di n. 38 campioni di terreno e n. 2 di acqua;
- misure dei parametri chimico-fisici nei piezometri di monitoraggio;
- analisi granulometrica di campioni di terreno;
- rilievo plano-altimetrico di ogni punto di indagine.

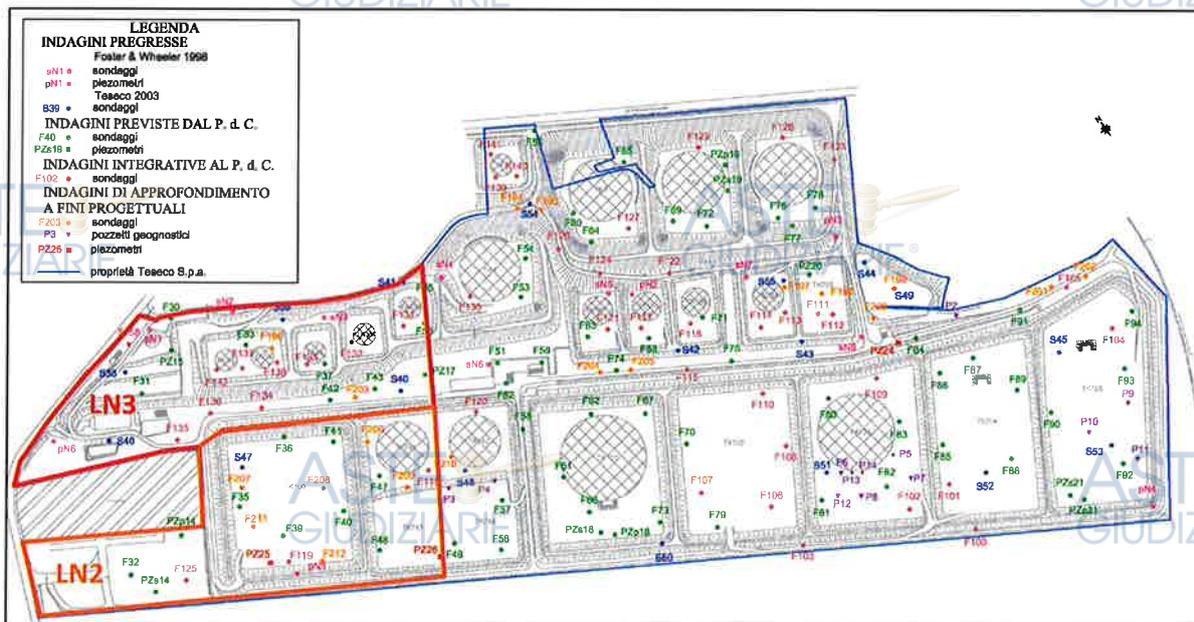


Fig. 7.3_1: Ubicazione indagini area Noghère con evidenziati i lotti LN2-LN3

8.0 – INDAGINI E CARATTERIZZAZIONI AMBIENTALI ESEGUITE

Per la valutazione degli attuali livelli di contaminazione delle aree LN2 e LN3 è stata effettuata una campagna di indagine finalizzata alla verifica dei punti caratterizzati da più elevato livello di contaminazione residua registrata al 2006. Per il migliore utilizzo dei dati acquisibili è stato predisposto un rilievo puntuale delle quote topografiche laddove sono state verificate diversità dei profili orografici rispetto al materiale topografico depositato.

La verifica si è basata sulle risultanze delle indagini dirette e di laboratorio effettuate in epoche passate per le quali è stato predisposto un controllo comparativo circa:

- evoluzione storica del sito;
- ricostruzioni della trasformazione logistica del sito;
- stato attuale dei luoghi;
- verifica delle difformità distributive relative alle coltri antropiche di varia origine e provenienza;
- verifica delle difformità distributive relative alla contaminazione delle diverse matrici ambientali;
- valutazione delle correlazioni legate dalla trasformazione antropica del sito;
- determinazione dell'impatto residuo determinato dalla trasformazione antropica del sito;

A tal fine prima di procedere con la campagna di indagine si è stabilito di ricostruire quanto più dettagliatamente possibile le fasi di trasformazione "pesante" subite dall'area anche attraverso il controllo comparativo delle immagini aeree nei diversi periodi storici.

Le Caratterizzazioni Ambientali sono consistite in:

- Rilievo topografico dell'area con posizionamento dei punti di perforazione e campionamento;
- Esecuzione di n. 8 sondaggi ambientali a carotaggio continuo (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8), spinti fino alla profondità di -6.0/7.6 m da p.c.;
- Esecuzione di n. 1 sondaggio ambientale tramite braccio meccanico (M9), spinti fino alla profondità di -1.00 m da p.c.;
- Realizzazione di n. 1 piezometro (PzM5) completato fino a -6-50 m da p.c.;
- Esecuzione di n. 1 sondaggio ambientale a carotaggio continuo completato a permeometro, (M4PP) spinto fino alla profondità di -3.0 m da p.c.;
- Prelievo di n. 32 campioni di terreno alle profondità indicate in (All.2);
- Verifica della qualità geochimica dei terreni tramite n. 80 analisi di campo con fotoionizzatore portatile (PID) per la misura della concentrazione dei composti organici volatili (VOC);
- Confezionamento di n. 32 campioni di terreno relativi alle quote indicate in (All.3-5);

- Analisi di laboratorio su n. 32 campioni di terreno (All.3);
- Prelievo di n. 2 campioni di terreno M4-K e M5-K per analisi fisiche di laboratorio (All.7);
- Prelievo di n. 2 campioni di terreno CC1 e CC2 per esecuzione test di cessione (All.8);
- Prelievo di n. 3 campioni di acque provenienti dai piezometri di monitoraggio esistenti Pz17, Pz25; e dal piezometro di nuova realizzazione PzM5 (All. 4-5);
- Analisi di laboratorio su n. 3 campioni di acque (All. 4-5).

8.1 – AREA DI PRELIEVO

Le verifiche ambientali sono state eseguite, ai sensi del D.Lgs n. 152/06 e s.m.i., nei punti d'indagine pregresse in cui erano stati registrati i superamenti delle concentrazioni massime ammissibili in funzione della destinazione d'uso. ((Allegato 5 Tab. 1B e Tab.2, titolo V della parte IV del D.Lgs. n. 152/06 e s.m.i.)

Si è proceduto inoltre ad effettuare una serie di sopralluoghi preliminari in situ per la verifica della presenza di eventuali sottoservizi.

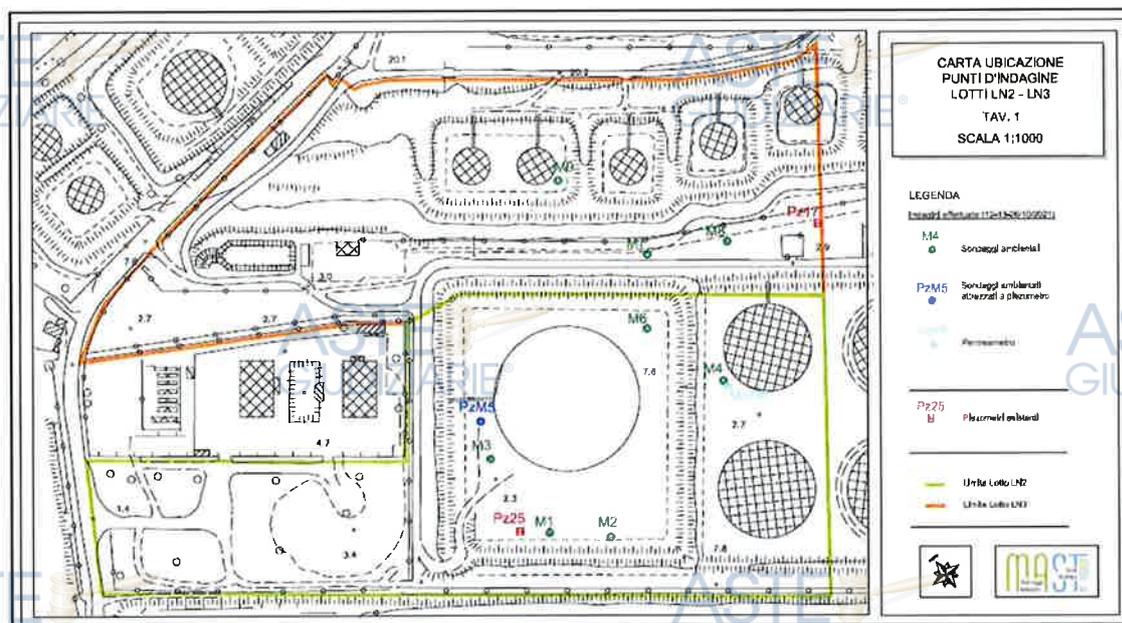


Fig. 8.1_1: Punti di perforazione e campionamento

8.2 – ANALISI DI CAMPO

Lo screening dei composti volatili è stato eseguito su campioni di terreno prelevati durante le perforazioni.

Sono stati eseguiti n. 8 sondaggi ambientali a carotaggio continuo spinti fino alla profondità MASSIMA di -6,0/7,6 m da p.c. e n. 1 sondaggio ambientale a carotaggio tramite braccio meccanico), spinti fino alla profondità di -1,00 m da p.c..

Nei suddetti sondaggi e piezometri sono state effettuate n. 80 misure dei VOC, la cui sintesi è riportata in All. 2.

La metodologia utilizzata, consentendo la misurazione della concentrazione della componente organica volatile VOC, ha permesso di individuare i livelli in cui prelevare i campioni destinati alla successiva analisi chimica di laboratorio.

Lo strumento utilizzato per lo *screening* di campo è un fotoionizzatore portatile (PID - *Photolonization Detector*) in grado di individuare diversi composti organici volatili (VOC), rilasciati dal terreno nello spazio di testa (vedi Foto 8.2_1).

La concentrazione in fase gassosa, misurata dal PID è in parti per milione (ppm).



Foto. 8.2_1: Misura dei VOC

8.3 – CAMPIONAMENTO

8.3.1 – MATRICE TERRENO

In ottemperanza a quanto previsto dalla Normativa vigente (D.Lgs n. 152/06 e s.m.i.) è stata eseguita la caratterizzazione chimico-fisica e la verifica delle qualità ambientali.

Le attività di campionamento sono state eseguite nel rispetto delle seguenti condizioni di base per potere ottenere campioni che rappresentino correttamente la situazione esistente nel sito.

In particolare:

- la composizione chimica del materiale prelevato non è stata alterata a causa di surriscaldamento, di dilavamento o di contaminazione da parte di sostanze e/o attrezzature durante il campionamento;
- la profondità del prelievo nel suolo è stata determinata con la massima accuratezza possibile;
- il campione prelevato è stato conservato con tutti gli accorgimenti necessari affinché non subisca alterazioni;
- in particolare, i campioni contenenti sostanze degradabili o volatili sono stati posti immediatamente in contenitori in vetro o in polietilene, in base al comportamento delle sostanze da ricercare, eventualmente additivati con sostanze conservanti non interferenti con le analisi, tenuti chiusi, al buio ed al riparo da fonti di calore e, ove necessario, in frigorifero; e sono stati avviati all'analisi nel più breve tempo possibile.

La carota di terreno appena estrusa è stata posta in apposita cassetta catalogatrice riportante tutte le informazioni sul sondaggio (identificativo, data di esecuzione, sito, profondità iniziale e finale della carota contenuta e dei singoli spezzoni di cui è costituita, committente, ecc.). Ciascuna cassetta catalogatrice è stata fotografata.

Nel corso degli interventi di prelievo dei campioni, tutto il materiale estratto è stato esaminato e la descrizione della stratigrafia è stata effettuata a cura del Dott. Andrea Del Gaia della Società Mast Srl.

Al fine di valutare l'estensione verticale della contaminazione sono stati utilizzati anche strumenti da campo i quali possono dare delle indicazioni di massima sulla concentrazione degli inquinanti nei vari livelli ("VOC DETECTOR" per composti organici volatili).

Modalità e formazione di campionamento

L'estrusione della carota è stata effettuata senza utilizzo di fluidi. Dal materiale estratto da ogni posizione di sondaggio sono stati prelevati i campioni relativi alle profondità prestabilite.

Nella formazione dei campioni inviati al laboratorio di analisi sono stati messi in pratica i seguenti accorgimenti:

- identificazione e scarto dei materiali estranei che potevano alterare i risultati finali (pezzi di vetro, ciottoli, rami, foglie, ecc.), indicandoli opportunamente nel rapporto di campionamento;
- omogeneizzazione dei campioni per avere una distribuzione uniforme dei contaminanti (tale azione è stata evitata per le analisi dei composti organici volatili, si veda successivi paragrafi);

- suddivisione dei campioni in più parti omogenee (aliquote di campionamento);
- utilizzo di un contenitore in cui è stato riposto il campione adeguato alle caratteristiche dell'inquinante e conservato in luogo adeguato a preservarne inalterate le caratteristiche chimico – fisiche.
- riempimento del contenitore adeguato alle caratteristiche dell'inquinante, onde evitare fenomeni di alterazione del campione stesso, quali volatilizzazioni o aderenze con il contenitore una volta formato; i contenitori sono stati sigillati, etichettati e conservati in ambiente refrigerato (4 °C) fino alla consegna al laboratorio di analisi. Le operazioni di formazione del campione sono state effettuate con strumenti decontaminati dopo ogni operazione e con modalità adeguate ad evitare la variazione delle caratteristiche e la contaminazione del materiale.

Modalità di campionamento e formazione del campione per analisi dei composti volatili

Per la formazione dei campioni destinati alla determinazione delle sostanze volatili si è proceduto, immediatamente dopo la deposizione del materiale nella cassetta catalogatrice, alla decorticazione della superficie della porzione prescelta, asportando quindi il campione dal cuore della carota con l'ausilio di campionatore specifico fornito dal laboratorio (siringa aperta in materiale plastico)

Il prelievo è stato eseguito il più velocemente possibile per evitare la perdita di sostanze volatili, avendo cura di prelevare la porzione più fine.

Il campione sarà poi confezionato secondo la seguente procedura e trattamento:

Per i campioni di suolo da destinare all'analisi delle sostanze volatili (C<12 , BTEX) è stata trasferita un'aliquota di campione compresa tra 3 e 5 gr in vials da 40 ml prepesate contenenti 10 ml di metanolo con tappo PTFE-silicone.

Le vials destinata all'analisi in spazio di testa o Purge & Trap sono state refrigerate a T<4°C e immediatamente inviate al laboratorio.

Le aliquote per i composti volatili sono state campionate in doppio al fine di prevedere una seconda aliquota per eventuali verifiche ed analisi in contraddittorio.

Modalità di campionamento e formazione del campione per analisi dei composti non volatili

Le carote prelevate e disposte nelle cassette catalogatrice sono le unità che vengono utilizzate per la formazione dei campioni. La formazione del campione è avvenuta su telo impermeabile (es. polietilene), in condizioni adeguate ad evitare la variazione delle caratteristiche e la contaminazione del materiale.

Le operazioni di formazione del campione sono state effettuate con strumenti decontaminati dopo ogni operazione.

Il campione dopo omogeneizzazione e suddivisione è stato vagliato conservando solo la frazione passante i 2cm eventualmente scartando corpi estranei (rami, foglie ecc.) indicandoli nel rapporto di campionamento.

I campioni sono stati posti in vasetti di vetro da 500 ml opportunamente decontaminati per la rimozione dei composti organici e inorganici, sigillati individualmente e contrassegnati esternamente con un codice identificativo del punto di prelievo, l'intervallo di profondità, data e ora del sondaggio, ora del confezionamento e firma dell'addetto.

I campioni sono stati conservati a temperatura <4°C e inviate immediatamente al laboratorio.

In ottemperanza a quanto previsto dalla Normativa vigente (D.Lgs n. 152/06 e s.m.i), alle indagini precedentemente realizzate è stata eseguita la caratterizzazione chimico-fisica e la verifica delle qualità ambientali dei terreni e delle acque.

In relazione alle verifiche ambientali precedentemente condotte, sono stati ripetuti i campionamenti alle medesime quote di prelievo già effettuate al fine di comparare i livelli di contaminazione attuale rispetto a quelli contraddistinti da più significative concentrazione già registrati (periodo settembre-novembre 2004).

Il campionamento dei terreni e la relativa nomenclatura sono stati effettuati secondo lo schema seguente, come indicato e contenuto nell'All. 2 alla parte quarta del Dlgs 152/06 e s.m.i.:

- **I° campione** a profondità compresa tra 0.00-1.0 m da p.c.;
- **II° campione** in corrispondenza della frangia capillare;
- **III° campione** a profondità intermedia tra i campioni precedenti.

Durante la fase di investigazione il livello della frangia riscontrato è sempre risultato presente a quote superiori a -1.2 m da p.c.; per tale ragione non è stato possibile prelevare il III° campione indicato dalla normativa.

Ai fini dell'accertamento dei livelli di contaminazione dei terreni presenti nell'area, sono state effettuate nelle giornate del 12-15, 26-29 ottobre 2021, le seguenti operazioni:

- esecuzione di n. 8 sondaggi ambientali a carotaggio continuo a secco, spinti fino alla profondità max pari a 7.6 m da p.c. (All.2) denominati:
 - **M1** profondità - 6.0 m da p.c.
 - **M2** profondità - 5.0 m da p.c.
 - **M3** profondità - 5.0 m da p.c.
 - **M4** profondità - 6.0 m da p.c.
 - **M5** profondità - 7.6 m da p.c.
 - **M6** profondità - 6.0 m da p.c.
 - **M7** profondità - 6.2 m da p.c.
 - **M8** profondità - 7.5 m da p.c.

- esecuzione di n. 1 sondaggio ambientale tramite braccio meccanico, spinto fino alla profondità di -1.0 m da p.c. (All.2) denominati:
 - **M9** profondità - 1.0 m da p.c.
- realizzazione di n. 1 piezometro da 80 mm completato fino alla profondità di -6.5 m da p.c. (All.2) denominato:
 - **PZM5** profondità - 6.5 m da p.c.
- esecuzione di n. 1 sondaggio ambientale completato a permeometro, (M4PP) spinto fino alla profondità di -3.0 m da p.c.;
 - **M4PP** profondità - 3.0 m da p.c.

I sondaggi sono stati eseguiti mediante perforazione a carotaggio continuo a secco con set di carotieri del diametro di 101 mm, senza l'uso di fluidi di perforazione (tranne che per l'eventuale posa in opera della colonna di tubi di rivestimento provvisorio), in modo da produrre il minimo disturbo al terreno in posto e ottenere campioni rappresentativi del reale stato di qualità del sottosuolo.

Le operazioni di perforazione sono state condotte a velocità tale da evitare il surriscaldamento del materiale prelevato.

Nel corso delle operazioni è stata controllata l'assenza di perdite di oli, lubrificanti ed altre sostanze dai macchinari, dagli impianti e da tutte le attrezzature usate e gli utensili sono stati ripuliti tra una manovra e la successiva.

- prelievo di n. 32 campioni di terreno da analizzare alle seguenti quote:
 - **M1 - 1** per verifica livello 0.50 m -0.90 m
 - **M1 - 2** per verifica livello 2.60 m -3.00 m
 - **M1 - 3** per verifica livello 4.50 m -5.00 m
 - **M2 - 1a** per verifica livello 0.50 m -1.00 m
 - **M2 - 1** per verifica livello 1.60 m -1.90 m
 - **M2 - 2** per verifica livello 2.50 m -3.00 m
 - **M2 - 3** per verifica livello 3.60 m -4.00 m
 - **M3 - 1** per verifica livello 0.70 m -1.00 m
 - **M3 - 2** per verifica livello 1.40 m -1.90 m
 - **M3 - 2a** per verifica livello 2.60 m -3.00 m
 - **M3 - 3** per verifica livello 4.50 m -5.00 m

- **M4 - 1** per verifica livello 0.60 m -1.00 m
- **M4 - 2** per verifica livello 2.50 m -3.00 m
- **M4 - 3** per verifica livello 3.50 m -3.90 m
- **M4 - 4** per verifica livello 4.50 m -4.90 m

- **M5 - 1a** per verifica livello 0.50 m -1.00 m
- **M5 - 1** per verifica livello 0.70 m -1.20 m
- **M5 - 2** per verifica livello 2.80 m -3.20 m
- **M5 - 3** per verifica livello 4.50 m -5.00 m
- **M5 - 4** per verifica livello 6.50 m -6.70 m

- **M6 - 1a** per verifica livello 0.70 m -1.00 m
- **M6 - 1** per verifica livello 1.20 m -1.70 m
- **M6 - 2** per verifica livello 2.80 m -3.20 m
- **M6 - 3** per verifica livello 4.40 m -4.80 m
- **M6 - 4** per verifica livello 5.60 m -5.80 m

- **M7 - 1** per verifica livello 0.50 m -0.90 m
- **M7 - 2** per verifica livello 1.80 m -2.20 m
- **M7 - 3** per verifica livello 2.60 m -3.00 m

- **M8 - 1a** per verifica livello 0.50 m -1.00 m
- **M8 - 1** per verifica livello 1.80 m -2.00 m
- **M8 - 2** per verifica livello 2.60 m -3.00 m

- **M9 - 1** per verifica livello 0.60 m -0.80 m

I n. 32 campioni di terreno da sottoporre ad analisi di laboratorio sono stati privati della frazione maggiore di 2 cm e sono stati collocati in contenitori di vetro nuovi, chiusi ermeticamente con tappo a vite e sottotappo in alluminio ed etichettati evidenziando il nome del punto di prelievo, la profondità di campionamento e la data di prelievo.

Tutti i campioni sono stati immediatamente conservati a temperatura pari a $4 \pm 2^\circ\text{C}$ e inviati al laboratorio entro 48 ore dal prelievo.

La formazione dei campioni è stata effettuata ai sensi dell'Allegato 2 D.Lgs. 152/06 -UNI 10802:2004 e s.m.i., prevedendo la sigillatura, etichettatura e la conservazione a bassa temperatura fino al loro recapito al laboratorio.

8.3.2 – MATRICE ACQUE

Modalità di campionamento

Le operazioni preliminari condotte sono consistite in:

- misura del livello statico della falda tramite freaticometro;
- misura della profondità del piezometro;
- definizione della quantità di acqua da prelevare in funzione del numero e della tipologia delle determinazioni analitiche da eseguire;
- verifica dell'integrità e della corretta identificazione del pozzetto di campionamento;
- verifica della funzionalità e della pulizia di tutte le apparecchiature utilizzate durante il campionamento;

I campionamenti delle acque sotterranee nei piezometri sono stati eseguiti in modo dinamico con i campioni prelevati per mezzo di pompa sommersa, subito dopo l'effettuazione dello spurgo.

Preliminarmente si è proceduto con un adeguato spurgo dei piezometri, sufficiente ad estrarre una quantità pari 4 volumi di acqua del piezometro e solo a completa chiarificazione dell'acqua ed al raggiungimento della stabilizzazione dei parametri pH e Temperatura nelle acque estratte si è proceduto al campionamento.

Identificazione e conservazione dei campioni di acque

I campioni sono stati confezionati secondo la seguente procedura e trattamento:

- **Aliquota per metalli pesanti:** aliquota da 50 ml filtrata in campo a 0,45µm in contenitore FALCON da 50 ml.
- **Aliquota per VOC, BTEX:** campione tal quale campionate in vials VOA da 40 ml piene fino all'orlo (senza spazio di testa), setto PTFE- silicone, 2 aliquote.
- **Aliquota per Idrocarburi:** Bottiglie in vetro scuro da 1lt.
- **Aliquota altri parametri organici, PCB, IPA, fitofarmaci:** Bottiglie in vetro scuro da 1lt, una per ogni classe di composti.

In ottemperanza a quanto previsto dalla Normativa vigente (D.Lgs n. 152/06 e s.m.i.), ai fini dell'accertamento dei livelli di contaminazione delle acque sotterranee, sono state effettuate nelle giornate del 14 ottobre e il 29 novembre le seguenti verifiche ed operazioni:

- prelievo di n. 2 campioni di acque provenienti dai piezometri di monitoraggio esistenti tramite pompa, da sottoporre ad analisi di laboratorio:
 - PZ17
 - PZ25

- prelievo n. 1 campione di acque proveniente dal piezometro di nuova realizzazione tramite pompa, da sottoporre ad analisi di laboratorio:

- **PZM5**

I campioni di acque sono stati collocati in contenitori di vetro, vials e vials Falcon, riempiti fino all'orlo, chiusi ermeticamente con tappo a vite e sottotappo a tenuta (teflon) ed etichettati evidenziando il nome del punto di prelievo e la data di prelievo.

Tutti i campioni sono stati immediatamente conservati a temperatura pari a $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e inviati al laboratorio entro 48 ore dal prelievo.

La formazione dei campioni è stata effettuata ai sensi dell'Allegato 2 D.Lgs. 152/06 -UNI 10802:2004 e s.m.i., prevedendo la sigillatura, etichettatura e la conservazione a bassa temperatura fino al loro recapito al laboratorio.



8.4 – ANALISI CHIMICHE DI LABORATORIO MATRICE TERRENO E ACQUE

Tutti i campioni prelevati sono stati analizzati ai sensi del D.Lgs. 152/06:

Le analisi sono state eseguite dal laboratorio accreditato LAV Srl, via Nuova Circonvallazione, 56/d, in RIMINI.

Sui campioni è stata effettuata la "caratterizzazione analitica" e la ricerca della presenza dei seguenti parametri:

Matrice Terreno

Parametro:

- Antimonio
- Arsenico
- Berillio
- Cadmio
- Cobalto
- Cromo totale
- Cromo VI
- Mercurio
- Nichel
- Piombo
- Rame
- Selenio
- Stagno
- Tallio
- Vanadio
- Zinco
- Ferro
- Manganese

metodo e procedura

- EPA 3051A 2007+ EPA 6010D 2018
- CNR IRSA 16 Quad. 64 vol.3 1986
- EPA 3051A 2007+ EPA 6010D 2018

- Fluoruri

D.M. 13/09/99 SO 185 GU 248 del 21710/99 met IV.2

- Benzene
- Etilbenzene
- Stirene
- Toluene
- Xilene

- EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018

- MTBE
- ETBE

- EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
- EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018

- Benzo(a)antracene
- Benzo(a)pirene
- Benzo(b)fluorantene
- Benzo(k)fluorantene
- Benzo(g,h,i)perilene
- Crisene
- Dibenzo(a,l)pirene
- Dibenzo(a,i)pirene
- Dibenzo(a,h)pirene
- Dibenzo(a,h)antracene
- Indeno(1,2,3-cd)pirene
- Pirene
- Sommatoria policiclici aromatici (da 25 a 37)

- EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018

• Clorometano	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• Diclorometano	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• Triclorometano (Cloroformio)	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• Cloruro di vinile	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• 1,2-dicloroetano	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• 1,1-dicloroetilene	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• Tricloroetilene	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• Tetracloroetilene (PCE)	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• 1,1-dicloroetano	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• 1,2-dicloroetilene	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• 1,1,1-tricloroetano	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• 1,2-dicloropropano	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• 1,1,2-tricloroetano	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• 1,2,3-tricloropropano	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• 1,1,1,2-tetracloroetano	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• Tribromometano (Bromoformio)	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• 1,2-dibromoetano	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• Dibromoclorometano	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• Bromodiclorometano	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• Nitrobenzene	EPA 3545 A 2007+ EPA8270E 2018
• 1,2-dinitrobenzene	EPA 3545 A 2007+ EPA8270E 2018
• 1,3-dinitrobenzene	EPA 3545 A 2007+ EPA8270E 2018
• Cloronitrobenzeni	EPA 3545 A 2007+ EPA8270E 2018
• Clorobenzene	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• 1,2-diclorobenzene	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• 1,4-diclorobenzene	EPA 5021A 2014+ EPA8260D 2018
• 1,2,4-triclorobenzene	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• 1,2,4,5-tetraclorobenzene	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• Pentaclorobenzene	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• Esaclorobenzene	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• Anilina	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• o-anisidina	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• m,p-anisidina	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• Difetilammina	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• p-toluidina	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• Sommatoria ammine aromatiche	
• Idrocarburi leggeri inferiore o uguale a 12	EPA 5021A 2014+EPA 8015D 2007
• Idrocarburi pesanti C superiore a 12	EPA 3550C 2007 +EPA 8015D 2007
• Speciazione idrocarburi	EPA 8015 C 2007
• 2-clorofenolo	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• 2,4-diclorofenolo	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• 2,4,6-triclorofenolo	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• Pentaclorofenolo	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• Metilfenolo(o-,m-,p-)	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• Fenolo	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018

• Alaclor	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• Aldrin	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• Atrazina	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• α -Esaclorocicloesano	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• β -Esaclorocicloesano	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• γ -Esaclorocicloesano (lindano)	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• Clordano	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• DDD	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• DDT	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• DDE	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• Dieldrin	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• Endrin	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• PCDD-PCDF (I-TE)	UNI EN 16190 :2019+NATO CCMS Report n° 176 1988
• PCB totali	EPA 3545A 2007+EPA 8270E 2018
• Amianto	DM 6/9/94 ALL 1 MET B GU 288 10/12/94
• pH	DM 13/09/1999 SO 185 GU 248 21/10/1999 III.1
• Umidità	UNI EN 14346 A 2007
• FOC	DM 13/09/1999 SO 185 GU 248 21/10/1999 VII_2.1

Risultati Matrice Terreno

Gli analiti esaminati nei campioni relativi ai terreni (All.3-5) evidenziano quanto sotto riportato:

Sondaggio M2 - Campioni M2-1, M2-2, M2-3

Il valore degli Idrocarburi C>12 risulta superiore ai limiti stabiliti dall'Allegato 5 tab. 1, titolo V della parte IV, colonna B del D.Lgs. n. 152/06 e s.m.i. (All. 1 Tav. 5).

Denominazione	UM	M2-1	M2-2	M2-3	Limite*
Profondità campionamento		-1,60-1,90 m da p.c.	-2,50-3,00 m da p.c.	-3,60-4,00 m da p.c.	
Idrocarburi (C>12)	mg/kg s.s.	6430	34300	20900	750

Sondaggio M3 - Campione M3-2a

Il valore degli Idrocarburi C>12 risulta superiore ai limiti stabiliti dall'Allegato 5 tab. 1, titolo V della parte IV, colonna B del D.Lgs. n. 152/06 e s.m.i. (All. 1 Tav. 5).

Denominazione	UM	M3-2a	Limite*
Profondità campionamento		-2,60-3,00 m da p.c.	
Idrocarburi (C>12)	mg/kg s.s.	1060	750

Sondaggio M4 - Campione M4-3

Il valore degli Idrocarburi C>12 risulta superiore ai limiti stabiliti dall'Allegato 5 tab. 1, titolo V della parte IV, colonna B del D.Lgs. n. 152/06 e s.m.i. (All. 1 Tav. 5).

Denominazione	UM	M4-3	Limite*
Profondità campionamento		-3,50-3,90 m da p.c.	
Idrocarburi (C>12)	mg/kg s.s.	5120	750

Sondaggio M5 - Campione M5-1

Il valore degli Idrocarburi C>12 risulta superiore ai limiti stabiliti dall'Allegato 5 tab. 1, titolo V della parte IV, colonna B del D.Lgs. n. 152/06 e s.m.i. (All. 1 Tav. 5).

Denominazione	UM	M5-1	Limite*
Profondità campionamento		-0,70-1,20 m da p.c.	
Idrocarburi (C>12)	mg/kg s.s.	17100	750

Sondaggio M6 - Campioni M6-2, M6-3

Il valore degli Idrocarburi C>12 risulta superiore ai limiti stabiliti dall'Allegato 5 tab. 1, titolo V della parte IV, colonna B del D.Lgs. n. 152/06 e s.m.i. (All. 1 Tav. 5).

Denominazione	UM	M6-2	M6-3	Limite*
Profondità campionamento		-2,80-3,20 m da p.c.	-4,40-4,80 m da p.c.	
Idrocarburi (C>12)	mg/kg s.s.	1090	4280	750

Matrice Acque

Parametro:

metodo e procedura

• Antimonio	ISO 17294-2 2016
• Alluminio	ISO 17294-2 2016
• Arsenico	ISO 17294-2 2016
• Berillio	ISO 17294-2 2016
• Cadmio	ISO 17294-2 2016
• Cobalto	ISO 17294-2 2016
• Cromo totale	ISO 17294-2 2016
• Cromo VI	APAT CNR IRSA 3150C man 29 2003
• Mercurio	ISO 17294-2 2016
• Nichel	ISO 17294-2 2016
• Piombo	SO 17294-2 2016
• Rame	ISO 17294-2 2016
• Selenio	SO 17294-2 2016
• Tallio	ISO 17294-2 2016
• Zinco	ISO 17294-2 2016
• Ferro	ISO 17294-2 2016
• Manganese	ISO 17294-2 2016
• Stagno	ISO 17294-2 2016
• Vanadio	ISO 17294-2 2016
• Fluoruri	APAT CNR IRSA 4020 man 29/2003
• Benzene	EPA 5021 A 2014+ EPA 8260D 2018
• Etilbenzene	EPA 5021 A 2014+ EPA 8260D 2018
• Stirene	EPA 5021 A 2014+ EPA 8260D 2018
• Toluene	EPA 5021 A 2014+ EPA 8260D 2018
• P-Xilene	EPA 5021 A 2014+ EPA 8260D 2018
• Benzo(a)antracene	EPA 3535A 2007+ EPA8270E 2018
• Benzo(a)pirene	EPA 3535A 2007+ EPA8270E 2018
• Benzo(b)fluorantene	EPA 3535A 2007+ EPA8270E 2018
• Benzo(k)fluorantene	EPA 3535A 2007+ EPA8270E 2018
• Benzo(g,h,i)perilene	EPA 3535A 2007+ EPA8270E 2018
• Crisene	EPA 3535A 2007+ EPA8270E 2018
• Dibenzo(a,h)antracene-	EPA 3535A 2007+ EPA8270E 2018
• Indeno(1,2,3-cd)pirene-	EPA 3535A 2007+ EPA8270E 2018
• Pirene	EPA 3535A 2007+ EPA8270E 2018
• Sommatoria IPA (31,32,33,36)	
• Clorometano	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• Triclorometano (Cloroformio)	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• Cloruro di vinile	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• 1,2-dicloroetano	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• 1,1-dicloroetilene	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• Tricloroetilene	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• Tetracloroetilene (PCE)	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• Esaclorobutadiene	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• Sommatoria organoalogenati	

• 1,1-dicloroetano	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• 1,2-dicloroetilene	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• 1,2-dicloropropano	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• 1,1,2-tricloroetano	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• 1,2,3-tricloropropano	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• 1,1,2,2-tetracloroetano	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• Tribromometano (Bromoformio)	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• 1,2-dibromoetano	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• Dibromoclorometano	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• Bromodiclorometano	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• Nitrobenzene	EPA 3510C 1996+ EPA 8270D 2018
• 1,2-dinitrobenzene	EPA 3510C 1996+ EPA 8270D 2018
• 1,3-dinitrobenzene	EPA 3510C 1996+ EPA 8270D 2018
• Cloronitrobenzene	EPA 3510C 1996+ EPA 8270D 2018
• 2,5 -dicloronitrobenzene	EPA 3510C 1996+ EPA 8270D 2018
• 3,4 -dicloronitrobenzene	EPA 3510C 1996+ EPA 8270D 2018
• Clorobenzene	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• 1,2-diclorobenzene	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• 1,4-diclorobenzene	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• 1,2,4-triclorobenzene	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• 1,2,4,5-tetraclorobenzene	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• Pentaclorobenzene	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• Esaclorobenzene	EPA 5030C 2003+ EPA 8260D 2018
• Anilina	EPA 3510C 1996+ EPA 8270E 2018
• Difenilammina	EPA 3510C 1996+ EPA 8270E 2018
• p-toluidina	EPA 3510C 1996+ EPA 8270E 2018
• 2-clorofenolo	EPA 335A 2007+ EPA 8270E 2018
• 2,4-diclorofenolo	EPA 335A 2007+ EPA 8270E 2018
• 2,4,6-triclorofenolo	EPA 335A 2007+ EPA 8270E 2018
• Pentaclorofenolo	EPA 335A 2007+ EPA 8270E 2018
• Idrocarburi totali (come n-esano)	UNI EN ISO 9377-2:2002+ EPA 5021° 2014+ EPA 8015C 2007
• Alaclor	Rapporti ISTISAN 19/07 ISS.CAC 015
• Aldrin	Rapporti ISTISAN 19/07 ISS.CAC 015
• Atrazina	Rapporti ISTISAN 19/07 ISS.CAC 015
• α-Esaclorocicloesano	Rapporti ISTISAN 19/07 ISS.CAC 015
• β- Esaclorocicloesano	Rapporti ISTISAN 19/07 ISS.CAC 015
• γ-Esaclorocicloesano (lindano)	Rapporti ISTISAN 19/07 ISS.CAC 015
• Clordano	Rapporti ISTISAN 19/07 ISS.CAC 015
• DDD	Rapporti ISTISAN 19/07 ISS.CAC 015
• DDT	Rapporti ISTISAN 19/07 ISS.CAC 015
• DDE	Rapporti ISTISAN 19/07 ISS.CAC 015
• Dieldrin	Rapporti ISTISAN 19/07 ISS.CAC 015
• Endrin	Rapporti ISTISAN 19/07 ISS.CAC 015

- PCDD-PCDF (I-TE) ISO 18073-2004
- PCB EPA 3510C 1996+ 8270E 2018
- Potenziale Redox APAT CNR IRSA 2060 MAN 29 2003
- Ossigeno disciolto APAT CNR IRSA 4120 A1 MAN 29 2003
- pH APAT CNR IRSA 2060 MAN 29 2003

Risultati Matrice Acque

Gli analiti esaminati nei campioni relativi alle acque sotterranee (All.4-5) evidenziano quanto sotto riportato:

Campione PZ17

I valori del Manganese e dei PCB risultano superiori ai limiti stabiliti dall'Allegato 5 tab. 2, titolo V della parte IV del D.Lgs. n. 152/06 e s.m.i. (All. 1 Tav. 6).

Denominazione	UM	PZ17	Limite*
N. Rapporto di prova		21LA50213	
Data Campionamento		14/10/2021	
Manganese	µg/l	1900	50
PCB	µg/l	0,43	0,01

In data 29/11/21 è stato effettuato un nuovo campionamento per la verifica del parametro PCB.

I risultati hanno evidenziato che il valore è inferiore ai limiti come riportato nella tabella sottostante

Denominazione	UM	PZ17	Limite*
N. Rapporto di prova		21LA56221	
Data Campionamento		29/11/2021	
PCB	µg/l	< 0,01	0,01

Campione PZ25

I valori del Manganese e dei PCB risultano superiori ai limiti stabiliti dall'Allegato 5 tab. 2, titolo V della parte IV del D.Lgs. n. 152/06 e s.m.i. (All. 1 Tav. 6).

Denominazione	UM	PZ25	Limite*
N. Rapporto di prova		21LA50212	
Data Campionamento		14/10/2021	
Manganese	µg/l	2100	50
PCB	µg/l	0,01	0,01

In data 29/11/21 è stato effettuato un nuovo campionamento per la verifica del parametro PCB.

I risultati hanno evidenziato che il valore è inferiore ai limiti come riportato nella tabella sottostante

Denominazione	UM	PZ25	Limite*
N. Rapporto di prova		21LA56222	
Data Campionamento		29/11/2021	
PCB	µg/l	< 0,01	0,01

Campione PZM5

I valori del Nichel, Ferro, Manganese e Benzo (g,h,i)perilene risultano superiori ai limiti stabiliti dall'Allegato 5 tab. 2, titolo V della parte IV del D.Lgs. n. 152/06 e s.m.i. (All. 1 Tav. 6).

Denominazione	UM	PZM5	Limite*
N. Rapporto di prova		21LA56667	
Data Campionamento		29/11/2021	
Nichel	µg/l	35,1	20
Ferro	µg/l	340	200
Manganese	µg/l	4100	60
Benzo (g,h,i) perilene	µg/l	0,012	0,01

I risultati delle analisi chimiche eseguite sulle acque di falda hanno evidenziato superamenti delle CSC per il Ferro e Manganese la cui presenza non risulta strettamente legata alle attività insediate nel sito ma piuttosto a fenomeni naturali.

Per i parametri Ferro e Manganese ARPA FVG ha condotto, nei comuni di Trieste e Muggia, diversi studi approfonditi e sistematici, al fine di verificare se le aree pianeggianti, nel territorio in esame, interne ed esterne al perimetro del SIN di Trieste potessero presentare livelli di concentrazione relativamente elevati per alcuni metalli, non attribuibili ad attività antropiche.

I risultati ottenuti dallo studio hanno permesso di confermare, relativamente all'elemento manganese il processo di solubilizzazione di tale elemento dai terreni alle acque nell'ambito di particolari situazioni di ossido-riduzione.

Si può pertanto ragionevolmente porre l'ipotesi che le concentrazioni di manganese che vengono riscontrate nelle zone pianeggianti della Provincia di Trieste, interne ed esterne al perimetro del Sito Inquinato di Interesse Nazionale di Trieste, possano essere considerati valori naturali, non attribuibili pertanto a situazioni di inquinamento ma a fenomeni naturali. Considerazioni analoghe si ritiene possano essere estese anche al parametro ferro limitatamente alle acque dall'alta valle dell'Ospo.

In particolare ARPA FVG ha individuato e definito i valori di fondo nelle acque sotterranee per i parametri Ferro e Manganese, fissati rispettivamente a 1900 µg/l a 3600 µg/l, approvati con CdS del 12/03/2012.

8.5 – INDAGINI SPECIFICHE PER L'ELABORAZIONE DELL'ANALISI DI RISCHIO

Ai fini dell'effettuazione dell'analisi di rischio sito specifica di livello 2 si riportano qui di seguito le indagini ambientali e le indagini chimiche sugli idrocarburi svolte nel sito ai sensi della norma ASTM PS104/98 e di quanto proposto dal Manuale "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" elaborato dal Gruppo di lavoro APAT-ARPA/APPA-ICRAM-ISPEL-ISS (rev. 2 del marzo 2008).

La conoscenza dei valori sito-specifici per i parametri più sensibili, infatti, rappresenta un fattore fondamentale ai fini dell'esecuzione di una corretta Analisi di Rischio: non sempre, infatti, l'utilizzo dei valori di default proposti dagli standard RBCA e dai vari software applicativi risulta adeguato e conservativo.

In particolare, sono state eseguite:

- analisi granulometriche;
- caratteristiche fisiche;
- speciazioni idrocarburiche sui terreni;
- prove di permeabilità.

8.5.1 – ANALISI GRANULOMETRICHE

Nel corso della campagna d'indagine sono state seguite n. 2 analisi granulometriche sui campioni CC1 e CC2 rappresentativi dei due livelli dt1 e dt2 prevalentemente interessati dalla contaminazione i cui risultati sono riportati nella tabella sottostante:

Tab. 8.5.1_1: Sintesi risultati analisi granulometriche												
Sigla camp.	Classi Prof. m p.c.	Ghiara				Sabbia			Limo			Argilla
		Ciottoli	Grossa	Media	Fine	Grossa	Media	Fine	Grosso	Medio	Fine	
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
		>60 mm	20-60 mm	6-20 mm	2-6 mm	0,6-2 mm	0,2-0,6 mm	0,06-0,2 mm	0,02-0,06 mm	0,006-0,02 mm	0,002-0,006 mm	<0,002 mm
CC1	1,00-2,00	0,00	2,80	14,0	13,0	7,40	1,80	12,3	1,00	6,60	18,00	24,00
CC2	2,50-3,00	0,00	14,00	12,00	4,60	7,80	1,20	11,40	1,10	8,1	19,00	23,00

Dalla lettura della tabella si evince che i terreni sono costituiti prevalentemente da limi argillosi e argille limose con subordinata % sabbiosa.

8.5.2 – CARATTERISTICHE FISICHE

Sono inoltre stati prelevati di n. 2 campioni di terreno M4-K e M5-K e inviati al laboratorio per effettuare la determinazione delle caratteristiche fisiche la cui sintesi è riportata nella tabella sottostante.

Tab. 8.5.2_1: Sintesi caratteristiche fisiche

Sigla camp.	Prof.	peso di volume (KN/mc)	peso di volume secco (KN/mc)	peso di volume saturo (KN/mc)	peso di specifico (KN/mc)	Indice dei vuoti	Porosità (%)	Grado di saturazione (%)
	m p.c.							
M4-K	2,15-2,35	18,5	14,0	18,6	26,6	0,896	47,3	96,7
M5-K	5,40-5,70	17,7	12,7	17,7	26,3	1,075	51,8	98,6

8.5.3 – SPECIAZIONE IDROCARBURI

Nel corso delle indagini integrative di caratterizzazione sono state eseguite n.23 analisi di speciazione sui terreni al fine di ottenere le % delle diverse frazioni idrocarburiche.

Nella tabella sottostante vengono riportate le speciazioni relative ai campioni in cui sono stati riscontrati i superamenti delle CSC.

Tab. 8.5.3_1: Speciazione degli Idrocarburi leggeri e pesanti (metodo MADEP)

Nome campione	Profondità di prelievo	Alifatici C5-C8	Alifatici C9-C12	Alifatici C13-C18	Alifatici C19-C36	Aromatici C9-C10	Aromatici C11-C12	Aromatici C13-C22
		(mg/kg s.s.)						
M2-1	1,60-1,90 m da p.c.	< 1	< 1	< 1	6400	< 1	< 1	< 1
M2-2	2,50-3,00 m da p.c.	< 1	< 1	< 1	34000	< 1	< 1	< 1
M2-3	3,60-4,00 m da p.c.	< 1	< 1	420	18400	< 1	< 1	2000
M3-2a	2,60-3,00 m da p.c.	< 1	< 1	18	1000	< 1	< 1	10
M4-3	3,50-3,90 m da p.c.	< 1	< 1	< 1	5100	< 1	< 1	510
M5-1	0,70-1,20 m da p.c.	< 1	< 1	83	15300	< 1	< 1	1700
M6-2	2,80-3,20 m da p.c.	< 1	< 1	30	1060	< 1	< 1	3
M6-3	4,40-4,80 m da p.c.	< 1	< 1	130	4200	< 1	< 1	< 1

8.5.4 – PROVE DI PERMEABILITA' IN SITU E IN LABORATORIO

Durante la campagna d'indagine è stato realizzato n. 1 permeametro denominato M4PP spinto fino alla profondità di -3.0 m da p.c. nel quale sono state eseguite le prove finalizzate a verificare le caratteristiche di permeabilità diretta dei terreni attraversati.

I dati hanno confermato quanto indicato dalla analisi di laboratorio relativi alla determinazione della permeabilità in cella triassiale

Sono inoltre stati prelevati di n. 2 campioni di terreno M4-K e M5-K e inviati al laboratorio per effettuare la determinazione della permeabilità in cella triassiale.

Si seguito vengono riportati i risultati ottenuti

Tab. 8.54_1: Prova di permeabilità a carico costante in cella triassiale		
Nome campione	Profondità di prelievo	PERMEABILITA' (m/sec)
M4-K	2,15-2,35 m da p.c.	6,487*E -10
M5-K	5,40-5,70 m da p.c.	8,673E-11

8.6 – ESECUZIONE TEST DI CESSIONE

Le analisi dirette condotte per le aree di indagine LN2 e LN3 hanno consentito di individuare 2 diverse fasi di accumulo dei materiali antropici che ne distinguono fortemente le origini e il tessuto granulometrico (vedi par.4.1).

Negli orizzonti descritti sono state valutate le % della componente di materiali di origine antropica frammisti ai materiali di origine naturale al fine di verificare se la relativa quantità superava il 20% in peso, come indicato nell'all. 10 "METODOLOGIA PER LA QUANTIFICAZIONE DEI MATERIALI DI ORIGINE ANTROPICA" di cui all'art. 4, comma 3 del DPR 13 giugno 2017 , n. 120 .

La procedura di campionamento del materiale tal quale è stato effettuato, nel caso di assenza di evidenze organolettiche, in modo da ottenere un campione rappresentativo secondo la norma UNI 10802 dei medesimi livelli di coltre di riporto attraversata.

Per l'ottenimento dei campioni rappresentativi sono stati prelevati 8 aliquote elementari per ogni livello sopra indicato dt1 e dt2, al fine di ottenere un campione composito che, per quartatura, rappresenta il campione finale da sottoporre ad analisi chimica; le verifiche hanno indicato che gli orizzonti dt1 e dt2 sono contraddistinti da quantità di materiale di origine antropica inferiori al 20%

I test di cessione condotti nei terreni di riporto (dt 1 e dt 2) hanno evidenziato la verifica della conformità dei limiti CSC indicate dalla Tab. 2 del D.Lgs 152/2006.

Ferma restando la disciplina in materia di bonifica dei suoli contaminati, i riferimenti al «suolo» contenuti all'articolo 185, commi 1, lettere b) e c) e art. 4 del D.Lgs. 152/2006 (esclusione dal campo di applicazione della parte quarta sui rifiuti) si interpretano come riferiti anche alle matrici materiali di riporto.

Ai fini dell'applicazione dell'articolo 185, comma 1, lettere b) e c) del D.Lgs. 152/2006 le matrici materiali di riporto sono state sottoposte a test di cessione effettuato sui materiali granulari ai fini delle metodiche da utilizzare per escludere rischi di contaminazione delle acque sotterranee.

I limiti di confronto applicabili sono quelli della tabella 2 dell'allegato 5 al titolo V della parte quarta del D.Lgs. 152/2006.

ARPA FVG ha predisposto un "Protocollo tecnico operativo per l'esecuzione del test di cessione sui materiali di riporto previsto dall'art. 41, comma 3, del D.L. 69/13 (recepito con la L. n. 98/13) all'interno del SIN di Trieste, in applicazione della nota del MATTM prot. n. 5159/ST del 23 aprile 2015" approvato con nota del MATTM prot. 5159/STA dd. 23/04/2014.

In relazione a quanto contenuto nel Protocollo Operativo di ARPA FVG, alla luce dell'assetto idrogeologico del sito SIN di Trieste posso essere esclusi da test di cessione i parametri solfati e cloruri, in considerazione dei possibili effetti dell'ingresso del cuneo salino.

Le analisi chimiche condotte nei campioni CC1 (prelevato a 1.0-2.0 m) e CC2 (prelevato a 2.5-3.0 m) relative al test di cessione hanno evidenziato il superamento per il solo parametro "cloruri" che, in considerazione di quanto sopra esposto, va escluso dai parametri da caratterizzate per l'influenza del cuneo salino e non deve essere confrontato con i limiti CSC indicate dalla Tab. 2 del D.Lgs 152/2006.

I test di cessione condotti nei terreni di riporto (dt 1 e dt 2) hanno evidenziato la verifica della conformità dei limiti CSC indicate dalla Tab. 2 del D.Lgs 152/2006.

9.0 – DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Per la redazione del presente documento sono stati consultati i seguenti elaborati:

- Rif. Doc. [REDACTED] "Sintesi delle attività di caratterizzazione ambientale – Ex Raffineria [REDACTED] – del 18/10/2005
- Rif. Doc. [REDACTED] – ERM n.0032553_rev_0_1: "Progetto Preliminare di Bonifica – SIN Ex Raffineria [REDACTED] del 10/2005
- Rif. Doc. [REDACTED] – ERM n.0043938_LN2_rev_0_1: "Progetto Definitivo di Bonifica Lotto LN2– SIN Ex Raffineria [REDACTED] del 03/2006
- Rif. Doc. [REDACTED] – ERM n.0043938_LN3_rev_0_1: "Progetto Definitivo di Bonifica Lotto LN3– SIN Ex Raffineria [REDACTED] del 03/2006

Delibera della Giunta Regione autonoma Friuli Venezia Giulia n. 122 del 30 luglio 2021 – Linee guida relative ai procedimenti di bonifica dei siti contaminati complete degli allegati e della modulistica

Decreto del Ministero della transizione Ecologica 16 marzo 2021 – Ridefinizione del perimetro del sito di bonifica di interesse nazionale di Trieste

Delibera della Giunta Regione autonoma Friuli Venezia Giulia n. 1516 del 04 agosto 2017 – D.Lgs n.152/06 art. 52
Adozione del documento "Individuazione dei lotti per i quali si richiede la chiusura della procedura, identificazione sorgenti primarie ed analisi di rischio sito specifica – Aree di proprietà Ezit e aree alienate da Ezit a privati – Valli del Noghère/Rio Ospio – Comune di Muggia".

DPR n. 120 del 13 giugno 2017 – Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto legge 12 settembre 2014 n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014 n. 164.

ARPA FVG Settore tecnico-scientifico - Protocollo tecnico-operativo del 5 maggio 2015 per l'esecuzione del test di cessione sui materiali di riporto previsto dall'art.41 comma 3, del D.L. 69/13 (recepito con la L. n. 98/13) all'interno del SIN di Trieste in applicazione della nota del MATTM prot. 5159/STA del 23 aprile 2015.

Nota del MATTM prot. 5159/STA del 23 aprile 2015 – Chiarimento in merito alla gestione dei materiali di riporto all'interno del SIN di Trieste.

ARPA FVG - Definizione dei valori di fondo naturale nelle acque di falda per Fe e Mn - approvato nella CdS del 12 marzo 2012

D.Lgs n.152 del 3 aprile 2006 e s.m.i. – Norme in materia ambientale - titolo V della parte quarta

Manuale d'uso del software Risk-NET vers. 3.1 Pro – novembre 2018 sviluppato dall'Università di Roma "Tor Vergata" nell'ambito della rete Reconnet

Banca dati ISS-INAIL - marzo 2018

MATTM prot. U0029706 del 18 novembre 2014 – Linee guida sull'analisi di rischio ai sensi del DLgs 152/06 e ss.mm.ii.

Documento di riferimento per la determinazione e la validazione dei parametri sito-specifici utilizzati nell'applicazione dell'analisi di rischio ai sensi del DLgs 152/06" giugno 2008 elaborato a cura del Gruppo di Lavoro APAT-ARPA-ISS ISPESL

Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" marzo 2008 (Rev. 2) elaborato a cura del Gruppo di Lavoro APAT-ARPA/APPA-ICRAM-ISPESL-ISS

10.0 – AREE PER LE QUALI È POSSIBILE PREVEDERE LA CHIUSURA DEL PROCEDIMENTO

Prima di introdurre la descrizione delle aree in cui è stata eseguita l'Analisi del Rischio, si elencano di seguito quelle per le quali, sulla base dei dati analitici acquisiti, è possibile prevedere la chiusura di tale procedimento come anche indicato ai sensi del D.Lgs. n. 152/06 art. 242 comma 7, chiusura relativa alla sola matrice suolo superficiale e profondo.

Al fine di ottimizzare la descrizione delle aree oggetto di verifica LN2 e LN3 le stesse sono state suddivise in sub-aree e denominate rispettivamente come LN2A, LN2B per l'LN2 e LN3A, LN3B per l'LN3 (fig. 10.0_1).

La suddivisione in sub-aree è stata dettata dalla necessità di considerare nell'AdR le sole aree (LN2A e LN3A) risultate contaminate con valori superiori alle CSC; le indagini precedentemente effettuate hanno infatti consentito di escludere dalla verifica le subaree LN2B e LN3B in quanto già risultanti non contaminate.

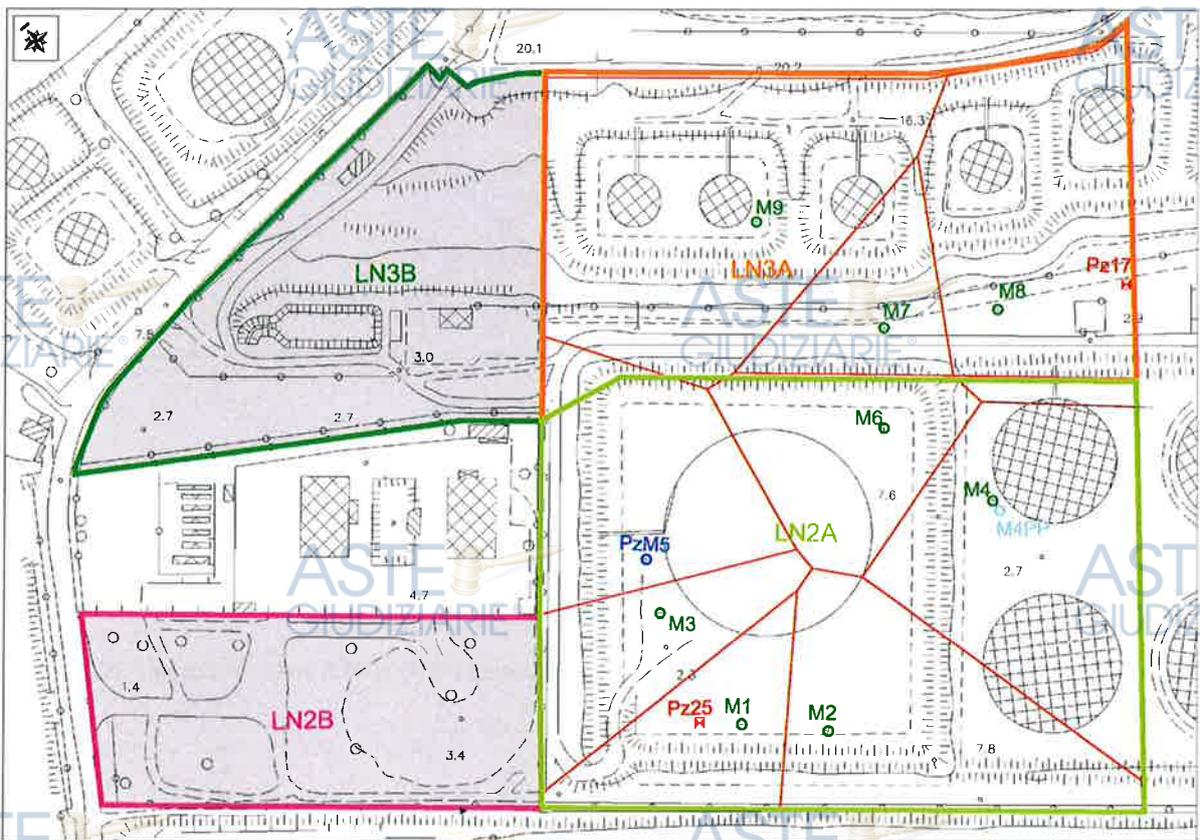


Fig. 10.0_1: Subaree LN2B e LN3B (evidenziate in grigio) dove non verrà svolta l'Analisi del Rischio in quanto già verificate.

I punti di verifica che rispettano i parametri elencati al Par. 8.3.1 e per i quali è quindi possibile richiedere la chiusura del procedimento di Analisi del Rischio per le rispettive subaree di pertinenza, sono indicati in verde nella sottostante fig. 10.0_2 relativa al Suolo Superficiale e nella fig. 10.0_3 relativa al Suolo Profondo.

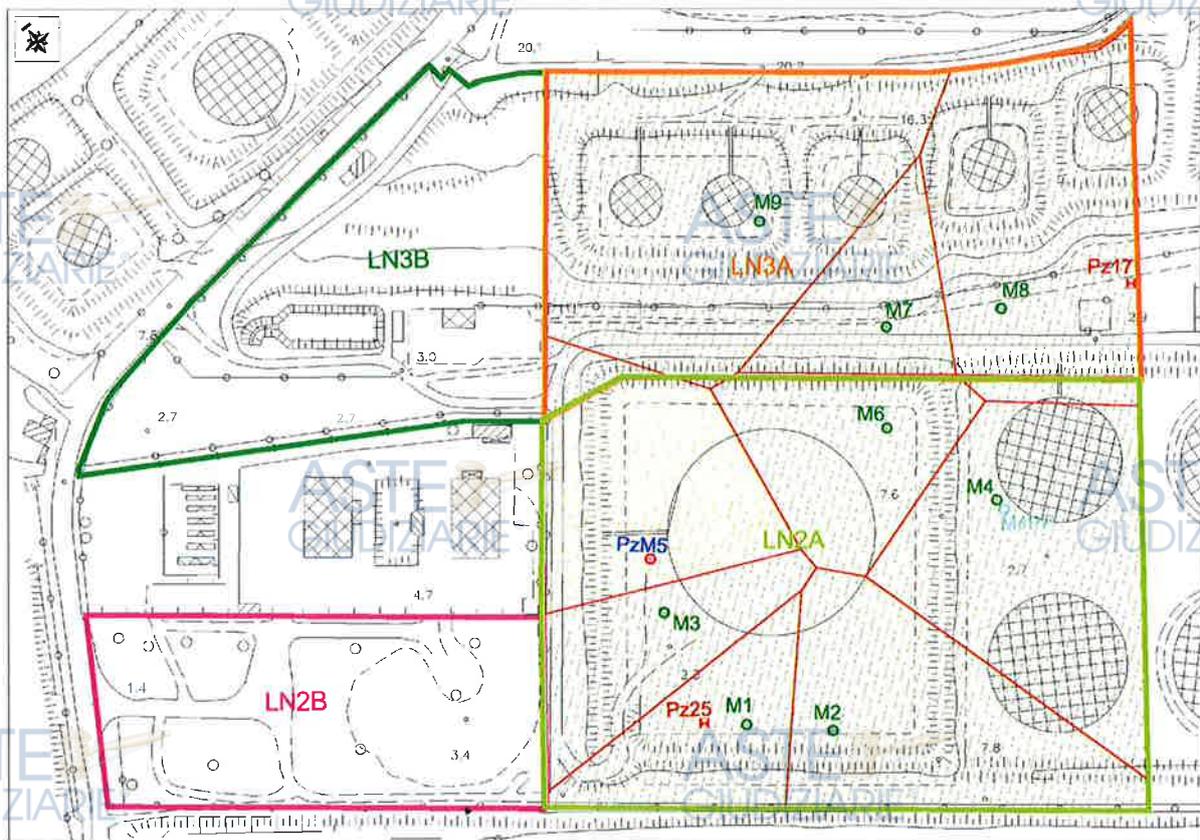


Fig. 10.0_2: Punti di verifica Subaree Suolo Superficiale.

Nella figura 10.0_2 si sono evidenziate in verde le subaree comprese nell'LN2A e nell'LN3A per le quali è possibile richiedere la chiusura del procedimento di Analisi del Rischio per il suolo superficiale

Si evidenzia inoltre che nella figura sono riportate in arancio le subaree per le quali è invece necessario condurre una verifica tramite AdR.

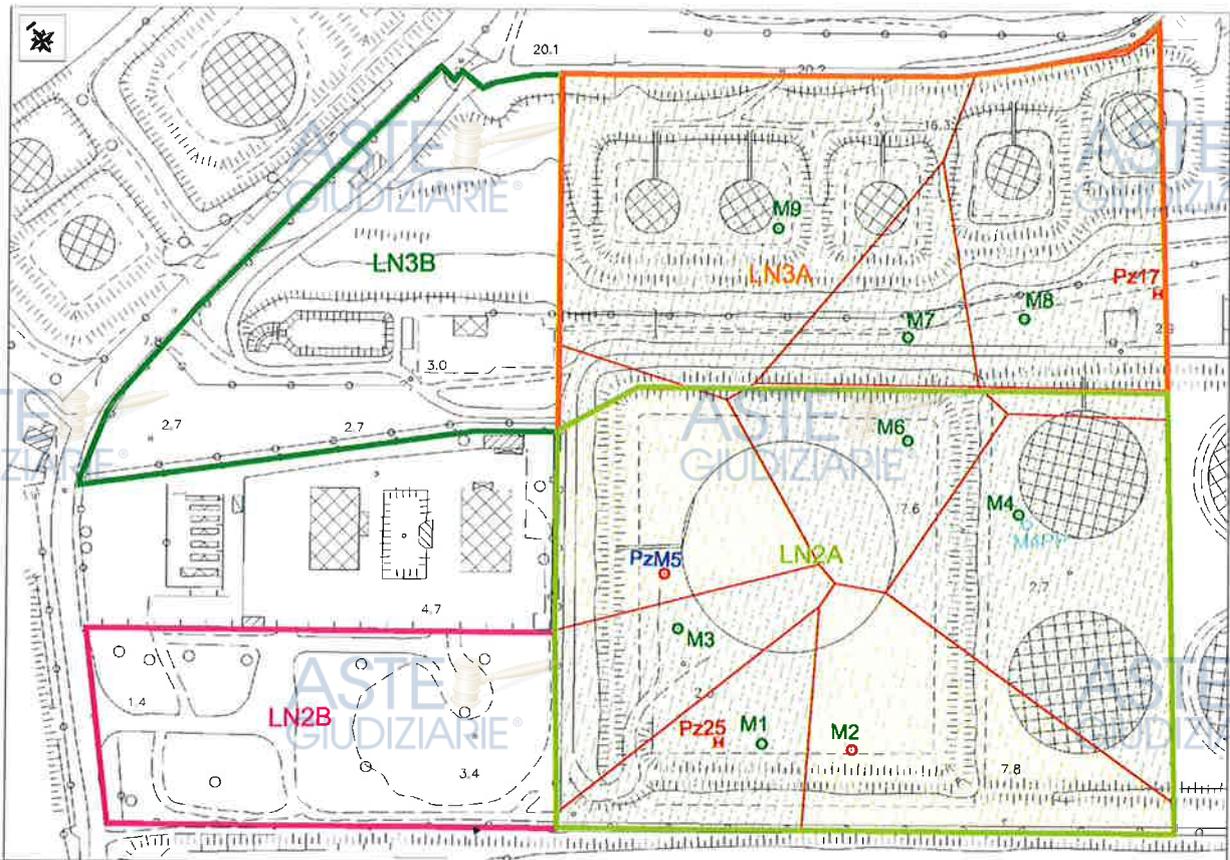


Fig. 10.0_3: Punti di verifica Subree Suolo Profondo.

Nella figura 10.0_3 si sono evidenziate in verde le subree comprese nell'LN2A e nell'LN3A per le quali è possibile richiedere la chiusura del procedimento di Analisi del Rischio per il suolo profondo

Si evidenzia inoltre che nella figura sono riportate in arancio le subree per le quali è invece necessario condurre una verifica tramite AdR.

In dettaglio, si specifica che nelle aree per le quali è possibile prevedere la chiusura del procedimento per la matrice suolo superficiale e profondo i parametri rispettati sono i seguenti:

- assenza di rifiuti sulla superficie;
- assenza di materiali da riporto con test di cessione non conforme ai limiti per le CSC indicate dalla Tab. 2 del D.Lgs 152/2006;
- assenza di superamenti dei limiti per le CSC per la matrice suolo superficiale fissate nella Tab. 1B dal D.Lgs 152/2006 nei terreni;
- assenza di superamenti dei limiti per le CSC per la matrice suolo profondo fissate nella Tab. 1B dal D.Lgs 152/2006 nei terreni;

AREA LN 2

SUB AREA LN2A_M1

Tale area identificata al Foglio 19 particella 129/12 ha estensione pari a 4274.8 m², un perimetro pari a 311.94 m ed è compresa nella LN2A.

Nell' area sono stati eseguiti:

- n. 1 sondaggio ambientale denominato M1;
- n. 1 prelievo di suolo superficiale denominato M1-1 (profondità tra -0.50 m e -0.90 m).
- n. 2 prelievi di suolo profondo denominati rispettivamente M1-2 (profondità tra -2.60 m e -3.00 m) e M1-3 (profondità tra -4.50 m e -5.00 m).

Per le cessioni sono stati considerati i valori di riferimento ottenuti dalle analisi effettuate (vedi Par. 8.6).

Dai risultati delle attività svolte in corrispondenza di tale area è emersa:

- assenza di rifiuti sulla superficie;
- assenza di materiali da riporto con test di cessione non conforme ai limiti per le CSC indicate dalla Tab. 2 del D.Lgs 152/2006;
- assenza di superamenti dei limiti per le CSC per la matrice suolo superficiale fissate nella Tab. 1B dal D.Lgs 152/2006 nei terreni;
- assenza di superamenti dei limiti per le CSC per la matrice suolo profondo fissate nella Tab. 1B dal D.Lgs 152/2006 nei terreni;

A fronte di quanto sopra riportato si evidenzia la **possibilità di richiedere la chiusura del procedimento sulle matrici suolo superficiale e suolo profondo** in quanto risultano non contaminate.

AREA LN 2

SUB AREA LN2A_M3

Tale area identificata al Foglio 19 particella 129/12 ha estensione pari a 4368.1 m², un perimetro pari a 320.6 m ed è compresa nella LN2A.

Nell'area sono stati eseguiti:

- n. 1 sondaggio ambientale denominato M3;
- n. 1 prelievo di suolo superficiale denominato M3-1 (profondità tra -0.70 m e -1.00 m).
- n. 3 prelievi di suolo profondo denominati rispettivamente M3-2 (profondità tra -1.40 m e -1.90 m), M3-2a (profondità tra -2.60 m e -3.00 m) e M3-3 (profondità tra -4.50 m e -5.00 m).

Per le cessioni sono stati considerati i valori di riferimento ottenuti dalle analisi effettuate (vedi par. 8.6).

Dai risultati delle attività svolte in corrispondenza di tale area è emersa:

- assenza di rifiuti sulla superficie;
- assenza di materiali da riporto con test di cessione non conforme ai limiti per le CSC indicate dalla Tab. 2 del D.Lgs 152/2006;
- assenza di superamenti dei limiti per le CSC per la matrice suolo superficiale fissate nella Tab. 1B dal D.Lgs 152/2006 nei terreni;
- assenza di superamenti dei limiti per le CSC per la matrice suolo profondo fissate nella Tab. 1B dal D.Lgs 152/2006 nei terreni;

A fronte di quanto sopra riportato si evidenzia la **possibilità di richiedere la chiusura del procedimento sulle matrici suolo superficiale e suolo profondo** in quanto risultano non contaminate.

AREA LN 2

SUB AREA LN2A_M4

Tale area identificata al Foglio 19 particella 129/8 ha estensione pari a 10176.5 m², un perimetro pari a 428.7 m ed è compresa nella LN2A.

Nell'area sono stati eseguiti:

- n. 1 sondaggio ambientale denominato M4;
- n. 1 prelievo di suolo superficiale denominato M4-1 (profondità tra -0.60 m e -1.00 m).
- n. 3 prelievi di suolo profondo denominati rispettivamente M4-2 (profondità tra -2.50 m e -3.00 m), M4-3 (profondità tra -3.50 m e -3.90 m) e M4-4 (profondità tra -4.50 m e -4.90 m).

Per le cessioni sono stati considerati i valori di riferimento ottenuti dalle analisi effettuate (vedi par. 8.6).

Dai risultati delle attività svolte in corrispondenza di tale area è emersa:

- assenza di rifiuti sulla superficie;
- assenza di materiali da riporto con test di cessione non conforme ai limiti per le CSC indicate dalla Tab. 2 del D.Lgs 152/2006;
- assenza di superamenti dei limiti per le CSC per la matrice suolo superficiale fissate nella Tab. 1B dal D.Lgs 152/2006 nei terreni;
- assenza di superamenti dei limiti per le CSC per la matrice suolo profondo fissate nella Tab. 1B dal D.Lgs 152/2006 nei terreni;

A fronte di quanto sopra riportato si evidenzia la **possibilità di richiedere la chiusura del procedimento sulle matrici suolo superficiale e suolo profondo** in quanto risultano non contaminate.

AREA LN 2

SUB AREA LN2A_M6

Tale area identificata al Foglio 19 particella 129/12 ha estensione pari a 5304.1 m², un perimetro pari a 298.2 m ed è compresa nella LN2A.

Nell'area sono stati eseguiti:

- n. 1 sondaggio ambientale denominato M6;
- n. 1 prelievo di suolo superficiale denominato M6-1a (profondità tra -0.70 m e -1.00 m).
- n. 4 prelievi di suolo profondo denominati rispettivamente M6-1 (profondità tra -1.20 m e -1.70 m), M6-2 (profondità tra -2.80 m e -3.20 m), M6-3 (profondità tra -4.40 m e -4.80 m) e M6-4 (profondità tra -5.50 m e -5.80 m).

Per le cessioni sono stati considerati i valori di riferimento ottenuti dalle analisi effettuate.

Dai risultati delle attività svolte in corrispondenza di tale area è emersa:

- assenza di rifiuti sulla superficie;
- assenza di materiali da riporto con test di cessione non conforme ai limiti per le CSC indicate dalla Tab. 2 del D.Lgs 152/2006;
- assenza di superamenti dei limiti per le CSC per la matrice suolo superficiale fissate nella Tab. 1B dal D.Lgs 152/2006 nei terreni;
- assenza di superamenti dei limiti per le CSC per la matrice suolo profondo fissate nella Tab. 1B dal D.Lgs 152/2006 nei terreni;

A fronte di quanto sopra riportato si evidenzia la **possibilità di richiedere la chiusura del procedimento sulle matrici suolo superficiale e suolo profondo** in quanto risultano non contaminate.

AREA LN 3

SUB AREA LN3A_M7

Tale area identificata al Foglio 19 particella 129/8 ha estensione pari a 3695.8 m², un perimetro pari a 284.8 m ed è compresa nella LN3A.

Nell'area sono stati eseguiti:

- n. 1 sondaggio ambientale denominato M7;
- n. 1 prelievo di suolo superficiale denominato M7-1 (profondità tra -0.50 m e -0.90 m).
- n. 2 prelievi di suolo profondo denominati rispettivamente M7-2 (profondità tra -1.80 m e -2.20 m) e M7-3 (profondità tra -2.60 m e -3.00 m).

Per le cessioni sono stati considerati i valori di riferimento ottenuti dalle analisi effettuate.

Dai risultati delle attività svolte in corrispondenza di tale area è emersa:

- assenza di rifiuti sulla superficie;
- assenza di materiali da riporto con test di cessione non conforme ai limiti per le CSC indicate dalla Tab. 2 del D.Lgs 152/2006;
- assenza di superamenti dei limiti per le CSC per la matrice suolo superficiale fissate nella Tab. 1B dal D.Lgs 152/2006 nei terreni;
- assenza di superamenti dei limiti per le CSC per la matrice suolo profondo fissate nella Tab. 1B dal D.Lgs 152/2006 nei terreni;

A fronte di quanto sopra riportato si evidenzia la **possibilità di richiedere la chiusura del procedimento sulle matrici suolo superficiale e suolo profondo** in quanto risultano non contaminate.

AREA LN 3

SUB AREA LN3A_M8

Tale area identificata al Foglio 19 particella 129/8 ha estensione pari a 9661.6 m², un perimetro pari a 406.7 m ed è compresa nella LN3A.

In tale area sono stati eseguiti:

- n. 1 sondaggio ambientale denominato M8;
- n. 1 prelievo di suolo superficiale denominato M8-1 (profondità tra -0.50 m e -1.00 m).
- n. 2 prelievi di suolo profondo denominati rispettivamente M8-2 (profondità tra -1.80 m e -2.00 m) e M8-3 (profondità tra -2.60 m e -3.00 m).

Per le cessioni sono stati considerati i valori di riferimento ottenuti dalle analisi effettuate.

Dai risultati delle attività svolte in corrispondenza di tale area è emersa:

- assenza di rifiuti sulla superficie;
- assenza di materiali da riporto con test di cessione non conforme ai limiti per le CSC indicate dalla Tab. 2 del D.Lgs 152/2006;
- assenza di superamenti dei limiti per le CSC per la matrice suolo superficiale fissate nella Tab. 1B dal D.Lgs 152/2006 nei terreni;
- assenza di superamenti dei limiti per le CSC per la matrice suolo profondo fissate nella Tab. 1B dal D.Lgs 152/2006 nei terreni;

A fronte di quanto sopra riportato si evidenzia la **possibilità di richiedere la chiusura del procedimento sulle matrici suolo superficiale e suolo profondo** in quanto risultano non contaminate.

AREA LN 3

SUB AREA LN3A_M9

Tale area identificata al Foglio 19 particella 129/8 ha estensione pari a 13922.3 m², un perimetro pari a 484.7 m ed è compresa nella LN3A.

Nell'area è stato eseguito:

- n. 1 sondaggio ambientale denominato M9;
- n. 1 prelievo di suolo superficiale denominato M9-1 (profondità tra -0.60 m e -0.80 m).

Per le cessioni sono stati considerati i valori di riferimento ottenuti dalle analisi effettuate.

Dai risultati delle attività svolte in corrispondenza di tale area è emersa:

- assenza di rifiuti sulla superficie;
- assenza di materiali da riporto con test di cessione non conforme ai limiti per le CSC indicate dalla Tab. 2 del D.Lgs 152/2006;
- assenza di superamenti dei limiti per le CSC per la matrice suolo superficiale fissate nella Tab. 1B dal D.Lgs 152/2006 nei terreni;

A fronte di quanto sopra riportato si evidenzia la **possibilità di richiedere la chiusura del procedimento sulla matrice suolo superficiale** in quanto risulta non contaminata.

11.0 – ANALISI DI RISCHIO

In generale, l'analisi o valutazione del rischio (*risk assessment*) è la caratterizzazione dei potenziali effetti avversi nei confronti degli individui o delle popolazioni in conseguenza dell'esposizione ad agenti inquinanti provenienti da determinate attività umane.

In termini tecnici il *Risk Assessment* viene definito come "processo sistematico per la stima di tutti i fattori di rischio significativi che intervengono in uno scenario di esposizione causato dalla presenza di pericoli".

Il campo, quindi, di applicazione dell'analisi di rischio non è solo relativo ai siti contaminati ma, in generale, è rivolto anche a qualsiasi attività/processo/prodotto umano che possa comportare un pericolo per l'uomo e l'ecosistema (ad es. centrali elettriche, impianti di smaltimento rifiuti, prodotti alimentari, ecc..).

11.1 L'ANALISI DI RISCHIO APPLICATA AI SITI CONTAMINATI: CONCETTI BASE

La metodologia dell'analisi di rischio applicata al comparto ambientale suoli e falde contaminati permette di:

1. giudicare la gravità dello stato di contaminazione di un suolo (o della falda);
2. fissare gli obiettivi di un'eventuale azione di bonifica.

In sostanza, l'analisi di rischio si propone di giudicare un suolo sulla base del rischio che esso effettivamente comporta per la salute umana (o, più in generale, per l'ecosistema gravante intorno al sito in esame) tenendo conto, oltre che dei contaminanti presenti, anche di altri fattori locali, quali le vie di migrazione a disposizione degli stessi contaminanti, le modalità di esposizione del recettore sensibile, il tipo di recettore presente nella zona, etc.

Per procedere ad una analisi di rischio, occorre conoscere:

1. la presenza, la concentrazione e le caratteristiche fisico-chimiche e tossicologiche delle sostanze contaminanti,
2. le caratteristiche del sito,
3. le potenziali vie di migrazione delle sostanze
4. e i potenziali recettori.

Il collegamento tra la fonte della contaminazione e i possibili bersagli o recettori individuati avviene con la definizione del cosiddetto Modello Concettuale del sito.

11.2 LA PROCEDURA DI ANALISI DI RISCHIO: CONCETTI GENERALI E LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

11.2.1 IL PRINCIPIO DI CAUTELA O CONSERVATIVITÀ

Una delle caratteristiche fondamentali di una corretta procedura di analisi del rischio è il **PRINCIPIO DI CAUTELA O CONSERVATIVITÀ**, che caratterizza ogni fase del processo di analisi del rischio e che deve sempre ispirare la scelta dei dati di partenza su cui basare l'analisi di rischio (parametri sitespecifici, parametri di esposizione, dati di tossicità). L'analisi di rischio effettuata, quindi, garantisce che i limiti di concentrazione accettabili, determinati sulla base di un livello di rischio definito accettabile, siano effettivamente protettivi per la salute dei bersagli considerati.

Tale principio di cautela è stato ripreso anche dal Manuale elaborato dal Gruppo di lavoro APATARPA/ APPA-ICRAM-ISPESL-ISS3 per la procedura di analisi di rischio sanitario dove sono ricordati i **PRINCIPI FONDAMENTALI SU CUI SI BASA LA PROCEDURA DI ANALISI DI RISCHIO** ovvero:

1. principio del caso peggiore ("*worst case*") che riguarda in generale tutte le fasi di applicazione della procedura di analisi assoluta di rischio e deve sempre guidare la scelta tra alternative possibili;
2. principio della esposizione massima ragionevolmente possibile (RME, ossia "*Reasonable Maximum Exposure*"), che prevede in relazione ai parametri di esposizione l'assunzione di valori ragionevolmente conservativi al fine di pervenire a risultati cautelativi per la tutela della salute umana.

11.2.2 LA PROCEDURA RBCA

La **PROCEDURA DI ANALISI DI RISCHIO È GENERALMENTE BASATA SU TRE LIVELLI AVENTI SUCCESSIVI GRADI DI APPROSSIMAZIONE NELLE ELABORAZIONI** (livello 1, 2 e 3):

LIVELLO 1: utilizzato per effettuare un primo *screening* del sito in esame. La connotazione tipicamente preliminare di questo livello di indagine implica l'adozione di parametri (geometria della contaminazione, tempo e durata dell'esposizione, ecc.) estremamente conservativi e, in generale, non specifici del sito. In questa fase le informazioni sul sito a disposizione sono estremamente limitate.

Nell'analisi di livello 1 i punti di esposizione sono ipotizzati coincidenti con le sorgenti di contaminazione, non si tiene quindi conto di fenomeni di attenuazione dovuti alla diffusione dei contaminanti nello spazio e nel tempo. Nel livello 1 della procedura RBCA vengono calcolati i valori RBSL (*Risk Based Screening Levels*) ovvero i criteri di qualità delle matrici ambientali che non utilizzano parametri sito specifici.

Il Livello 1 prevede quindi il confronto delle concentrazioni misurate sul sito con i RBSL calcolati: qualora si evidenzino dei superamenti dei criteri di qualità si può procedere con la bonifica, previa valutazione del rapporto costi/benefici, oppure procedere ad un Livello 2 di analisi, dopo un approfondimento delle indagini.

LIVELLO 2: rappresenta una valutazione sito-specifica. I parametri ed i punti di esposizione considerati sono noti sulla base delle indagini condotte sul sito in esame e conducono quindi alla definizione di concentrazioni ammissibili di contaminanti più realistiche, definite SSTL (*Site Specific Target Levels*).

In questa fase vengono utilizzati dati sito-specifici (contenuto di carbonio organico, permeabilità, porosità, geometria della sorgente, ecc.) e vengono considerati i relativi scenari di migrazione della contaminazione dalla sorgente. Le equazioni utilizzate, di tipo analitico, sono, generalmente, le stesse del Livello 1. Il Livello 2 prevede il confronto delle concentrazioni misurate in sito con gli SSTLs calcolati: in caso di superamento di tali valori si può decidere di procedere alla bonifica, dopo avere valutato attentamente i rapporti costi/benefici o di procedere ad un livello 3 di analisi, dopo un approfondimento delle indagini.

LIVELLO 3: prevede l'utilizzo di modelli di calcolo più complessi introducendo valutazioni di tipo probabilistico ed impiegando sofisticati modelli matematici revisionali delle modalità di trasporto dei contaminanti nelle varie matrici ambientali interessate. L'applicazione di tali modelli richiede un maggiore investimento di risorse nelle attività di caratterizzazione allo scopo di aumentare il numero, il dettaglio e l'accuratezza dei dati.

L'applicazione del Livello 3 di analisi di rischio consente il calcolo di nuovi SSTLs basati su una conoscenza dettagliata ed approfondita di tutte le caratteristiche del sito, tuttavia il dettaglio di caratterizzazione richiesto per l'applicazione di un livello 3 di analisi ha dei costi molto elevati che possono risultare poco sostenibili. Pertanto, nella maggior parte dei casi ci si limita a condurre analisi di Livello 2 come l'analisi di rischio in questione.

In sostanza, quindi, viene affrontato un percorso graduale dal livello 1 (più semplice) al livello 3 (più complesso), In generale, il Rischio (R), come definizione derivata originariamente dalle procedure di sicurezza industriale, e inteso come la concomitanza della probabilità di accadimento di un evento dannoso (P) e dell'entità del danno provocato dall'evento stesso (D):

$$R = P \times D$$

Il danno conseguente all'evento incidentale (D), a sua volta, può essere dato dal prodotto tra un fattore di pericolosità (Fp), dipendente dall'entità del possibile danno, e un fattore di contatto (Fe), funzione della durata di esposizione:

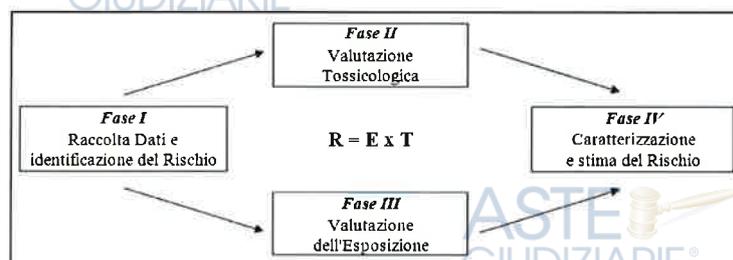
$$D = Fp \times Fe$$

Nel caso di siti inquinati, la probabilità (P) di accadimento dell'evento è conclamata (P=1), il fattore di pericolosità è dato dalla tossicità dell'inquinante (T [mg/kg d]⁻¹) ed il fattore di contatto è espresso in funzione della portata effettiva di esposizione (E [mg/kg d]), per cui, in generale, il rischio (R) derivante da un sito contaminato è dato dalla seguente espressione:

$$R = E \times T$$

Dove E ([mg/kg d]) rappresenta l'assunzione cronica giornaliera del contaminante e T ([mg/kg d]⁻¹) la tossicità dello stesso. Il risultato R, viene poi confrontato con i criteri di accettabilità individuali e cumulativi del rischio sanitario, per decidere se esistono o meno condizioni in grado di causare effetti sanitari nocivi (v. anche par. successivi).

Nello schema seguente si presenta quanto appena descritto.



Il procedimento sopra descritto è il cosiddetto "metodo diretto" (*forward analysis*), che consente la stima quantitativa del rischio. Il suo inverso (*backward analysis*) consente, imponendo un rischio accettabile, di definire concentrazioni alla sorgente accettabili da un punto di vista del rischio sanitario o, in altri termini, di definire obiettivi di bonifica sito-specifici (SSTL o CSR).

Si premette che le modalità con cui si utilizza l'analisi di rischio in Italia sono particolari in quanto la norma prevede che sia utilizzata solo nel caso della bonifica e ripristino ambientale con misure di sicurezza, valutando l'accettabilità del rischio sulle concentrazioni residue lasciate *in situ* dopo gli interventi effettuati.

11.3 CALCOLO DEL RISCHIO PER SOSTANZE NON CANCEROGENE

Sulla base della dose massima assunta giornalmente possiamo calcolare il rischio per le sostanze non cancerogene che viene espresso come HI ("Hazard Index"):

$$HI = MDI / TDI$$

MDI dose massima assunta giornalmente ("*Maximum Daily Intake*") da un recettore umano presente in sito

TDI costituisce il parametro tossicologico per le sostanze non cancerogene e sta per dose tollerabile giornaliera ("*Tolerable Daily Intake*" indicato anche con la sigla *RfD Reference Dose* ed espresso in mg/kg/giorno.

In particolare, *RfD* è ricavato partendo dal parametro sperimentale *NOAEL (No Observable Adverse Effect Level)*, ossia "dose che non comporta alcun effetto avverso osservabile" e riducendo questo di un ordine di grandezza (ossia 10) per ognuno dei fattori d'incertezza di seguito elencati:

- Variabilità nella popolazione, per tener conto di sub-popolazioni sensibili
- Variabilità nell'estrapolazione dai risultati della sperimentazione animale all'uomo
- Stima del *NOAEL* cronico da studi sub-cronici
- Stima del *NOAEL* dal *LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level)*, ossia "dose minima che comporta un effetto avverso osservato").

Pertanto, il valore della dose di riferimento (*RfD*) che entra nel calcolo del rischio non cancerogeno è ridotto grandemente per l'introduzione di questi fattori di incertezza, e determina una stima del rischio notevolmente conservativa.

A livello internazionale, si è assunto come livello massimo di rischio accettabile per le sostanze non cancerogene la condizione in cui **HI = 1**.

Questo valore significa che l'assunzione massima giornaliera di contaminante (*MDI*) è pari a quella tollerabile (*TDI*), che è stabilita dagli organismi internazionali di salvaguardia della salute umana.

Ovviamente, nel caso in cui si verifichi la presenza di più sostanze **OCCORRERÀ VERIFICARE CHE LA SOMMATORIA DI TUTTI GLI HI RELATIVI A CIASCUNA SOSTANZA SIA INFERIORE OD UGUALE AD 1.**

Tale condizione (HI = 1) è quella indicata:

1. dal Manuale ISPRA (v. doc. 2);
2. dall'allegato 1 "Criteri generali per l'analisi di rischio sanitario ambientale sito-specifica" al Titolo V del decreto legislativo n. 152/06 "Norme in materia ambientale".

11.4 CALCOLO DEL RISCHIO PER SOSTANZE CANCEROGENE

Per le sostanze cancerogene il rischio rappresenta la probabilità di assumere forme di cancro nel corso della durata di una vita e viene calcolato, in termini di "Rischio", tramite la relazione:

$$\text{Rischio} = \text{CDI} * \text{Sf}$$

CDI Dose cronica assunta giornalmente ("Chronic Daily Intake") da un recettore umano presente in sito. Tale valore viene ricavato dal MDI (v. par. precedente): ad esempio, per lo scenario industriale si utilizza la formula **CDI = (MDI * ED) / L**

Dove: ED = durata dell'esposizione (anni); L = durata media della vita (anni)

Sf "Slope Factor" o fattore di pendenza (mg/kg/giorno)⁻¹: costituisce il parametro tossicologico per le sostanze cancerogene e rappresenta il coefficiente angolare della retta che interpola, nella zona delle basse dosi, i risultati derivanti dai test effettuati in laboratorio.

In sostanza, il numero calcolato finale che rappresenta il *Rischio* dovuto alle sostanze cancerogene è espresso come **LA PROBABILITÀ CHE UN INDIVIDUO CONTRAGGA IL CANCRO IN SEGUITO AD UNA ESPOSIZIONE CRONICA ALLA SOSTANZA CONSIDERATA.**

A livello internazionale, esistono tre fasce di giudizio relative al rischio carcinogenico, derivate da valori forniti in letteratura per casi reali di applicazione dell'analisi di rischio. In particolare, per valori di:

- Rischio < 10⁻⁶: il rischio viene giudicato tollerabile e quindi non viene richiesta alcuna azione (il rischio incrementale è per un individuo su un 1.000.000 ovvero la probabilità che un individuo contragga il cancro è di una su un milione);
- Rischio compreso tra 10⁻⁴ e 10⁻⁶: sono necessarie specifiche valutazioni al fine di giudicare la necessità e la tipologia di interventi sul sito (rischio incrementale da 1/1.000.000 a 1/10.000);
- Rischio > 10⁻⁴: il rischio non è considerato tollerabile e occorre intervenire con un azione di bonifica al fine di riportare il valore di rischio entro l'intervallo di accettabilità. L'intervento in particolare può essere focalizzato sulle sorgenti (ad es.: rimozione, attenuazione) e/o sui percorsi (ad es.: interruzione, minimizzazione) e/o sui bersagli (ad es.: allontanamento, monitoraggio).

La **CONDIZIONE INDICATA DAL MANUALE ISPRA** (v. doc. 2) è che il **VALORE DEL RISCHIO**:

- **INDIVIDUALE** debba essere **INFERIORE O UGUALE A 10-6**;
- **CUMULATIVO** debba essere **INFERIORE O UGUALE A 10-5**.

Tale condizione è la stessa prevista dall'allegato 1 *Criteria generali per l'analisi di rischio sanitario ambientale sito-specifica* al Titolo V del decreto legislativo n. 152/06, così come modificato dal Decreto Legislativo n. 04/2008, il cd. "Correttivo unificato".

11.5 IL CALCOLO DEL RISCHIO PER LA RISORSA IDRICA SOTTERRANEA

Come si legge dal Manuale ISPRA, **IL RISCHIO PER LA RISORSA IDRICA SOTTERRANEA SI CALCOLA** ponendo a confronto il valore di concentrazione del contaminante in falda (CGW) con gli obiettivi di qualità di concentrazione limite in falda (CSCGW) previste dalla normativa vigente, **IN CORRISPONDENZA DEL PUNTO DI CONFORMITÀ (POC)**.

IL RAPPORTO TRA LA CONCENTRAZIONE DEL CONTAMINANTE IN FALDA (CGW) e LA CONCENTRAZIONE LIMITE PREVISTA DALLA NORMATIVA (CSCGW) DEFINISCE NUMERICAMENTE IL RISCHIO PER LA RISORSA IDRICA SOTTERRANEA (RGW) e per essere ACCETTABILE DEVE ASSUMERE VALORI PARI O INFERIORI ALL'UNITÀ:

$$RGW = CGW/CSCGW \quad \text{con RGW accettabile se } \leq 1$$

TALE VALORE DI RISCHIO ha una valenza diversa rispetto al rischio stimato per l'uomo, in quanto **NON RAPPRESENTA UN RISCHIO DI CARATTERE SANITARIO**, bensì una stima del superamento della CLGW nel punto di conformità.

A questo proposito, si evidenzia quanto indicato dal Manuale Unichim (v. pag. 104 del doc. 1), dove si legge che *"i limiti della normativa D.Lgs. 31/01 provengono in buona parte dalla Direttiva comunitaria sulla protezione delle risorse idriche, i quali non derivano necessariamente da criteri tossicologici o ecotossicologici, quanto dall'obiettivo condiviso di preservare o restituire alle risorse stesse la loro "purezza", definita indipendentemente dalla destinazione d'uso delle acque."*

Il posizionamento del punto di conformità lungo la direzione di flusso della falda è indicato anche dal **MANUALE ISPRA**.

In particolare, in tale documento si legge:

Il punto di conformità può essere definito come il punto "teorico" o "reale" di valle idrogeologico, in corrispondenza del quale l'Ente di Controllo deve richiedere il rispetto degli obiettivi di qualità delle acque sotterranee.

Tale punto deve essere posto coincidente con il più vicino pozzo ad uso idropotabile o, qualora all'interno del sito non siano presenti pozzi ad uso idropotabile, in corrispondenza del limite di proprietà dell'area o, nel caso di siti di grandi dimensioni, in corrispondenza del confine della singola subarea identificata sulla base dei criteri di cui al par. 3.1.1b del presente documento.

Qualora sussistano particolari condizioni sito-specifiche, a giudizio dell'Ente di Controllo, potrà essere richiesto il posizionamento del punto di conformità all'interno del limite di proprietà dell'area o, nel caso di siti di grandi dimensioni, all'interno del confine della singola subarea identificata sulla base dei criteri di cui al par. 3.1.1b del presente documento. Il D.Lgs. n. 4/2008 "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152, recante norme in materia ambientale", entrato in vigore il 13 febbraio 2008, HA DI FATTO UNIFORMATO IL D.LGS. 152/06 AL **MANUALE ISPRA IMPONENDO IL RISPETTO DELLE CSC DI LEGGE AL POC CHE DEVE ESSERE POSIZIONATO NON OLTRE IL CONFINE DEL SITO LUNGO LA DIREZIONE DI SCORRIMENTO DELLA FALDA.**

Infatti in tale decreto si legge testualmente:

"Pertanto in attuazione del principio generale di precauzione, 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."

11.6 CALCOLO DEI VALORI DI BONIFICA (SSTL O CSR)

Come indicato al par. 11.2., la procedura di analisi di rischio assoluta può avere un duplice obiettivo finale ovvero:

1. stimare quantitativamente il rischio per la salute umana connesso ad uno specifico sito, in termini di valutazione delle conseguenze legate alla sua situazione qualitativa, così come presentato ai par. 11.4. e 11.5. con il calcolo del rischio sanitario per sostanze cancerogene e non,
2. individuare dei valori di concentrazione accettabili nel suolo e nella falda vincolati alle condizioni specifiche del singolo sito. **TALI VALORI ACCETTABILI SONO INDICATI ANCHE CON IL TERMINE SSTL (Site Specific Target Limit) O, SULLA BASE DELLA NORMATIVA VIGENTE, CSR (Concentrazioni soglia di rischio).**

I due distinti risultati derivano dalla applicazione della procedura secondo due distinte modalità (v. seguente) ed in particolare:

1. la modalità diretta (*forward mode*) permette il calcolo del rischio associato al recettore esposto derivante da una sorgente di contaminazione di concentrazione nota;
2. la modalità inversa (*backward mode*) permette il calcolo della massima concentrazione ammissibile in sorgente compatibile con il livello di rischio ritenuto accettabile per il recettore esposto.

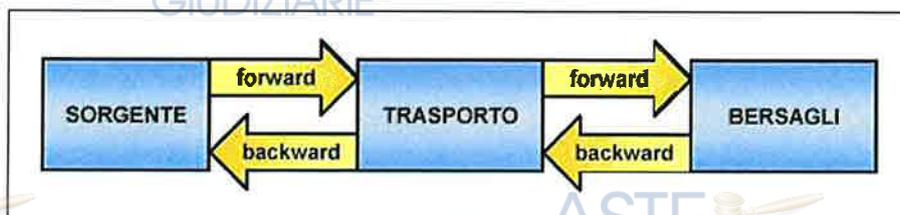


Fig. 11.6_1: Possibili modalità di applicazione dell'analisi di rischio (estratta dal Manuale ISPRA)

Per I CRITERI DI CALCOLO DELLE CSR PER PIÙ VIE DI ESPOSIZIONE SI RIMANDA AL MANUALE ISPRA

12.0 – ANALISI DI RISCHIO CONSIDERAZIONI SITO SPECIFICHE

Le indagini effettuate ed i riscontri ottenuti sia dalle verifiche dirette sia dalle analisi storiche evolutive dell'area evidenziano che il sito di studio è stato interessato da pesanti trasformazioni della configurazione originaria, attuate nella porzione costiera sede delle Saline di Muggia tramite posa di materiali antropici di diversa origine e tipologia.

Le analisi dirette condotte per le aree di indagine LN2 e LN3 sono state effettuate tramite esecuzione di n. 9 sondaggi ambientali e prelievo di n. 37 campioni di terreno e n.3 campioni di acqua; le indagini hanno consentito di individuare 2 diverse fasi di accumulo dei materiali antropici che ne distinguono fortemente le origini e il tessuto granulometrico.

In dettaglio il primo livello (dt 1) è stato posto direttamente in contatto con la base della salina e sul fondale della baia di Muggia, fondale costituito da limi argillosi avana e avana-grigio poco consistenti e sfumanti ad argille limose grigie contenenti gusci conchigliari a bassissima permeabilità (vedi par. 8.5.4); lo spessore è valutabile in circa 1.50 m.

Al di sopra del macereto precedentemente descritto è stato successivamente accumulato un secondo livello di origine antropica (dt 2) avente spessore pari a circa 1.50 m e avente la funzione oltre che di riempimento della depressione residua anche quella di costituire uno spessore con caratteristiche geotecniche adeguate alle destinazioni industriali previste per l'area.

I materiali di riporto relativi a dt 1 e dt 2 risultano nettamente distinguibili in relazione alla tipologia litologica e al livello di frequenza delle porzioni clastiche di dimensione anche superiori a 30 cm.

L'orizzonte dt 1 è prevalentemente costituito da materiale argilloso e limo-argilloso con presenza di numerosi frammenti antropici di varia tipologia ed origine quali laterizi, materiali di risulta di scavi ciottolosi con diametro compreso fra 1.0 e 5.0 cm e anche rifiuti di varia origine (plastica, ferro e cavi elettrici).

L'orizzonte dt 2 è prevalentemente riconducibile a materiali di risulta degli scavi eseguiti nel flysch misti a frammenti lateritici e materiale indifferenziato (plastica, vetro e ferro).

Negli orizzonti descritti sono state valutate le % della componente di materiali di origine antropica frammisti ai materiali di origine naturale al fine di verificare se la relativa quantità superava il 20% in peso, come indicato nell'all. 10 "METODOLOGIA PER LA QUANTIFICAZIONE DEI MATERIALI DI ORIGINE ANTROPICA" di cui all'art. 4, comma 3 del DPR 13 giugno 2017, n. 120.

La procedura di campionamento del materiale tal quale è stato effettuato, nel caso di assenza di evidenze organolettiche, in modo da ottenere un campione rappresentativo secondo la norma UNI 10802 dei medesimi livelli di coltre di riporto attraversata.

Per l'ottenimento dei campioni rappresentativi sono stati prelevati 8 aliquote elementari per ogni livello sopra indicato dt1 e dt2, al fine di ottenere un campione composito che, per quartatura, rappresenta il campione finale da sottoporre ad analisi chimica; le verifiche hanno indicato che gli orizzonti dt1 e dt2 sono contraddistinti da quantità di materiale di origine antropica inferiori al 20%

I test di cessione condotti nei terreni di riporto (dt 1 e dt 2) hanno evidenziato la verifica della conformità dei limiti CSC indicate dalla Tab. 2 del D.Lgs 152/2006.

Si ribadisce in ogni modo che sarà necessario stabilire con gli Enti di controllo se i depositi storici descritti possono essere considerati assimilabili ai materiali di riporto o se invece, in particolare per quanto riguarda il dt 1, debbano essere considerati come rifiuti.

Eventuali divergenti opinioni determineranno importanti ricadute sul metodo di valutazione delle problematiche esistenti e delle conseguenti procedure da seguire e da proporre agli Enti di controllo.

Infatti se i depositi dovessero essere considerati come rifiuti, questi non potranno essere assimilati ai riporti conformi alle CSC; al contrario, nel caso in cui vengano accettate le ipotesi di presenza di riporti antropici conformi alle CSC, questi potranno essere assimilati ai terreni.

In relazione alle caratteristiche sopra descritte è ipotizzabile che gli organi di controllo (ARPA, ISS) possano confermare tale schema, altrimenti, diverse decisioni della CdS comporteranno l'applicazione di sistemi di bonifica volti a contenere la diffusione laterale dei contaminanti collegati ai rifiuti, risultando quindi più onerosi.

Al fine di considerare tutti i diversi scenari individuati, gli scriventi hanno pertanto valutato le diverse soluzioni tecnologiche e i relativi oneri riconducibili alle configurazioni e modellizzazioni sopra descritte.

Si precisa che il presente documento, come riportato nel capitolo 17, contempla sempre le condizioni più gravose fra quelle sopra ipotizzate in quanto le condizioni e valutazioni conclusive potranno però essere stabilite solo tramite contraddittorio con gli Enti di controllo e stabilite nelle Conferenze dei Servizi che si svolgeranno nel futuro.

La seguente Analisi di Rischio è stata condotta, a seguito delle verifiche di laboratorio eseguite, considerando i terreni antropici come coltri di riporto conformi ai limiti CSC indicate dalla Tab. 2 del D.Lgs 152/2006.

Le indagini comparative effettuate per riscontrare i valori della contaminazione relative a punti in cui erano state rilevate nell'ultima campagna di indagine (2005) concentrazioni superiori alle CSC hanno permesso di individuare:

- presenza di coltri di riporto storiche di diversa origine e periodo di deposito comprese tra il piano di campagna e - 3.00 m da p.c. ed esclusivamente per il sondaggio M9 presenza di coltri direttamente accumulate dagli scavi di sbancamento della collina rocciosa sede dei serbatoi LN3;
- per la matrice suolo superficiale superamenti dei limiti per le CSC fissate nella Tab. 1B dal D.Lgs 152/2006 nei terreni presenti nel sondaggio M5;
- per la matrice suolo profondo superamenti dei limiti per le CSC fissate nella Tab. 1B dal D.Lgs 152/2006 nei terreni presenti nei sondaggi M5 e M2;
- per la matrice acqua di falda superamenti dei limiti per le CSC fissate nella Tab. 2 dal D.Lgs 152/2006 nelle acque presenti nei piezometri Pz17 e PzM5;

Le aree di pertinenza di ogni punto di verifica sono state definite considerando il perimetro e relativo volume del cilindro di raggio indicativamente pari a un mezzo della distanza tra il sondaggio conforme e quello non conforme ad esso più prossimo.



13.0 – ANALISI DI RISCHIO MODELLO CONCETTUALE SITO SPECIFICO

La procedura di Analisi del Rischio secondo lo standard RBCA livello 2 richiede inizialmente la ricostruzione del Modello Concettuale del sito. Per Modello Concettuale del sito si intende la schematizzazione, ai fini modellistici, delle caratteristiche geometriche e fisico-chimiche del sito che regolano la migrazione del contaminante nelle diverse matrici ambientali.

Nella tabella seguente si riporta il Modello Concettuale specifico per l'analisi di rischio matrice terreni ed acque di falda in cui si descrive come l'inquinante, attraverso le vie di migrazione/esposizione, possa venire a contatto con il bersaglio (recettore uomo e falda).

Si precisa che per la matrice acque di falda sono stati considerati i parametri con possibile rischio sanitario e con contaminazione puntuale.

I restanti parametri (non volatili e/o caratteristici della zona indagata) dovranno essere gestiti a livello consortile con uno specifico progetto di bonifica integrato atto ad impedire la propagazione della contaminazione e a definire gli obiettivi di bonifica per le aree a monte con nuclei di contaminazione.

Tab. 13.0_1: MCS per analisi di rischio: sorgente terreni e acque di falda

Area	Settore	Sorgente di potenziale contaminazione	Modalità di esposizione	Bersaglio
NOGHERE	AREA LN2	Suolo superficiale	Esposizione diretta (Contatto dermico e/o ingestione) Inalazione di vapori e polveri outdoor Inalazione di vapori indoor (stato futuro) Lisciviazione lungo la verticale	Recettore uomo (commerciale)
		Suolo profondo	Inalazione di vapori outdoor Inalazione di vapori indoor (stato futuro) Lisciviazione lungo la verticale	
		Acque di falda	Inalazione di vapori outdoor Inalazione di vapori indoor (stato futuro) Trasporto al POC (ubicato al confine del sito)	
NOGHERE	AREA LN3	Acque di falda	Inalazione di vapori outdoor Inalazione di vapori indoor (stato futuro) Trasporto al POC (ubicato al confine del sito)	Recettore uomo (commerciale) Recettore Falda

Eventuali future modifiche del modello concettuale (percorso di esposizione e/o tipologia di recettore) comporteranno la necessità di eseguire nuovamente le valutazioni di AdR come previsto dalla normativa.

13.1. PRINCIPI GENERALI APPLICATI

In particolare, si evidenzia che la presente analisi di rischio:

1. È STATA CONDOTTA SULLE AREE NELLE QUALI PRELIMINARMENTE SI È VALUTATA L'ASSENZA DI RIFIUTI E L'ASSENZA DI MATERIALI DI RIPORTO CON TEST DI CESSIONE NON CONFORME AI LIMITI CSC TAB. 2 DEL D.LGS. 152/06;

2. È STATA CONDOTTA IN LINEA GENERALE CONSIDERANDO LE AREE CON SIMILI CARATTERISTICHE DI DISTRIBUZIONE DELLA CONTAMINAZIONE AL FINE DI NON SUDDIVIDERE LE SORGENTI DI ANALOGA TIPOLOGIA;

3. È STATA CONDOTTA CONSIDERANDO UN RECETTORE COMMERCIALE/INDUSTRIALE STANDARD IN MODO DA VALUTARE UN POSSIBILE INSEDIAMENTO INDUSTRIALE FUTURO NELLE AREE AD OGGI PRIVE DI ATTIVITÀ;

4. È STATA CONDOTTA CON IL PROGRAMMA RISK-NET VERS. 3.1 Pro.

Si ricorda che la procedura di calcolo di tale programma segue:

- la metodologia ASTM PS 104/98, indicata, tra l'altro, nell'allegato 1 "Criteri generali per l'analisi di rischio sanitario ambientale sito-specifica" al Titolo V della Parte IV del D.Lgs. 152/06 recante "Norme in campo ambientale";
- la procedura APAT-ISPRA "Criteri metodologici l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" rev.02 marzo 2008 (v. doc. 2);

5. è stata condotta TENENDO CONTO DELLE INDICAZIONI RIPORTATE NEL MANUALE ISPRA PER L'APPLICAZIONE DELLA PROCEDURA DI ANALISI DI RISCHIO SANITARIO. Si evidenzia, inoltre, che i valori dei PARAMETRI CHIMICO-FISICI E TOSSICOLOGICI delle sostanze in oggetto sono stati estratti dalla Banca dati ISS/ISPESL "Proprietà chimico-fisiche e tossicologiche dei contaminanti- aggiornamento 2018";

6. è stata condotta conformemente al PRINCIPIO DI CAUTELA O CONSERVATIVITÀ già esposto nel par. 11.2.1 della presente relazione; nello svolgimento dell'analisi di rischio, infatti, sono stati utilizzati dei dati di input cautelativi (ad es. parametri generici o sito-specifici, parametri di esposizione, dati di tossicità) IN MODO TALE DA PORSI IN UNO SCENARIO DI RIFERIMENTO TRA I PIÙ GRAVOSI POSSIBILI ED AVERE, PERTANTO, COME RISULTATO FINALE UN VALORE DEL RISCHIO DI TIPO CONSERVATIVO,

7. SI PRECISA CHE IL CALCOLO DEL RISCHIO È STATO EFFETTUATO SENZA LIMITARE LE CRS ALLA CSAT, COSÌ COME DEFINITO NELLE LINEE GUIDA MATTM DI NOVEMBRE 2014.

14.0 – ANALISI DI RISCHIO MATRICE TERRENO (SS E SP)

Relativamente alla matrice suolo superficiale sono stati rilevati superamenti dei limiti per le CSC fissate nella Tab. 1B dal D.Lgs 152/2006 nella sola sub area denominata M5 compresa all'interno della LN2A.

Tale area identificata al Foglio 19 particella 129/12 ha estensione pari a 6485.7 m² ed un perimetro pari a 321.8 m

Nell' area sono stati eseguiti:

- n. 1 sondaggio ambientale denominato M5;
- n. 1 prelievo di suolo superficiale denominato M5-1a (profondità tra -0.50 m e -1.00 m);
- n. 1 prelievo di suolo profondo denominato M5-1 (profondità -0.70 m e -1.20 m);
- n. 3 prelievi di suolo saturo denominati rispettivamente M5-2 (profondità tra -2.80 m e -3.20 m), M5-3 (profondità tra -4.50 m e -5.00 m) e M5-4 (profondità tra -6.50 m e -6.70 m).

Per le cessioni sono stati considerati i valori di riferimento ottenuti dalle analisi effettuate.

Considerando che il campione M5-1 è stato prelevato alla profondità -0.70 m e -1.20 m, l'AdR è stata eseguita considerando questa concentrazione risultata maggiore rispetto alle CSC riportate nella Tab. 1 col. B dell'Allegato 5 del Titolo V alla Parte Quarta del D.Lgs 152/06 per il recettore uomo commerciale, sia come suolo superficiale (0.70 m - 1.00 m) sia come suolo profondo (1.00 m - 1.20 m). Inoltre è stato anche modellizzato un diverso scenario per la falda, la quale è stata posta per entrambi gli scenari sopra enunciati sia a -1.20 m sia a -2.00 m rispetto al piano di campagna.

Relativamente alla matrice suolo profondo sono stati rilevati superamenti dei limiti per le CSC fissate nella Tab. 1B dal D.Lgs 152/2006 anche nella sub area denominata M2 compresa all'interno della LN2A.

Tale area identificata identificata al Foglio 19 particella 129/12 ha estensione pari a 8300.8 m² ed un perimetro pari a 407.5 m.

Nell' area sono stati eseguiti:

- n. 1 sondaggio ambientale denominato M2;
- n. 1 prelievo di suolo superficiale denominato M2-1a (profondità tra -0.50 m e -1.00 m).
- n. 3 prelievi di suolo saturo denominati rispettivamente M2-1 (profondità tra -1.60 m e -1.90 m), M2-2 (profondità tra -2.50 m e -3.00 m) e M2-3 (profondità tra -3.60 m e -4.00 m).

Considerando che il campione M2-1 è stato prelevato alla profondità -1.60 m e -1.90 m, l'AdR è stata eseguita considerando questa concentrazione risultata maggiore rispetto alle CSC riportate nella Tab. 1 col. B dell'Allegato 5 del Titolo V alla Parte Quarta del D.Lgs 152/06 per il recettore uomo commerciale come suolo profondo ponendo la falda a -2.00 m rispetto al piano di campagna.

14.1 – DEFINIZIONE DELLE CRS

Tali indagini hanno permesso di evidenziare relativamente al prelievo M5-1 (profondità -0.70 m e -1.00 m), il superamento delle CSC riportate nella Tab. 1 col. B dell'Allegato 5 del Titolo V alla Parte Quarta del D.Lgs 152/06 (Fig. 14.1_1) per il suolo superficiale.

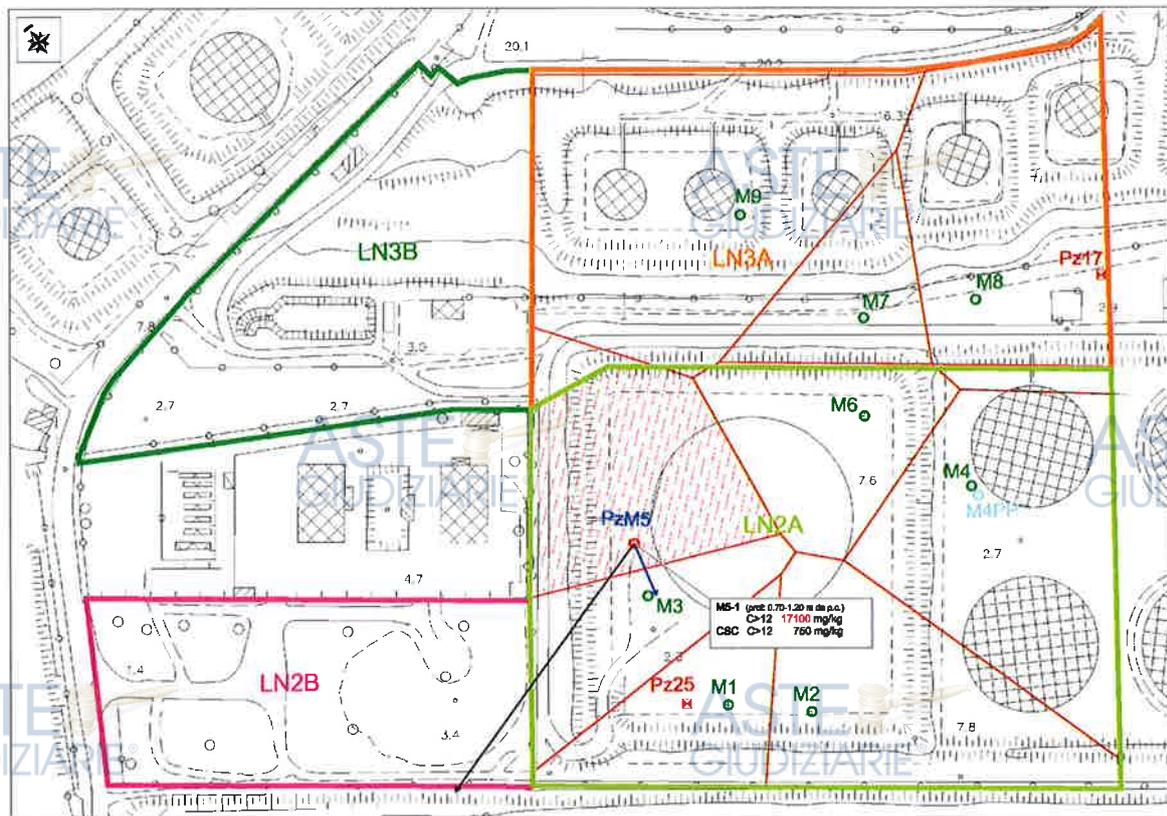


Fig. 14.1_1 Subaree Suolo Superficiale.

In rosso la subarea per la quale è necessario condurre una verifica tramite AdR in quanto sono stati determinati dei superamenti delle CSC riportate nella Tab. 1 col. B dell'Allegato 5 del Titolo V alla Parte Quarta del D.Lgs 152/06. La freccia blu indica l'estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda. La freccia nera indica l'estensione della sorgente nella direzione principale del vento.

Tali indagini hanno permesso di evidenziare relativamente al campione M2-1 (profondità -1.60 m e -1.90 m) e al campione M5-1 (profondità 1.00 m – 1.20 m), il superamento delle CSC riportate nella Tab. 1 col. B dell'Allegato 5 del Titolo V alla Parte Quarta del D.Lgs 152/06 (Fig. 14.1_2) per il suolo profondo.

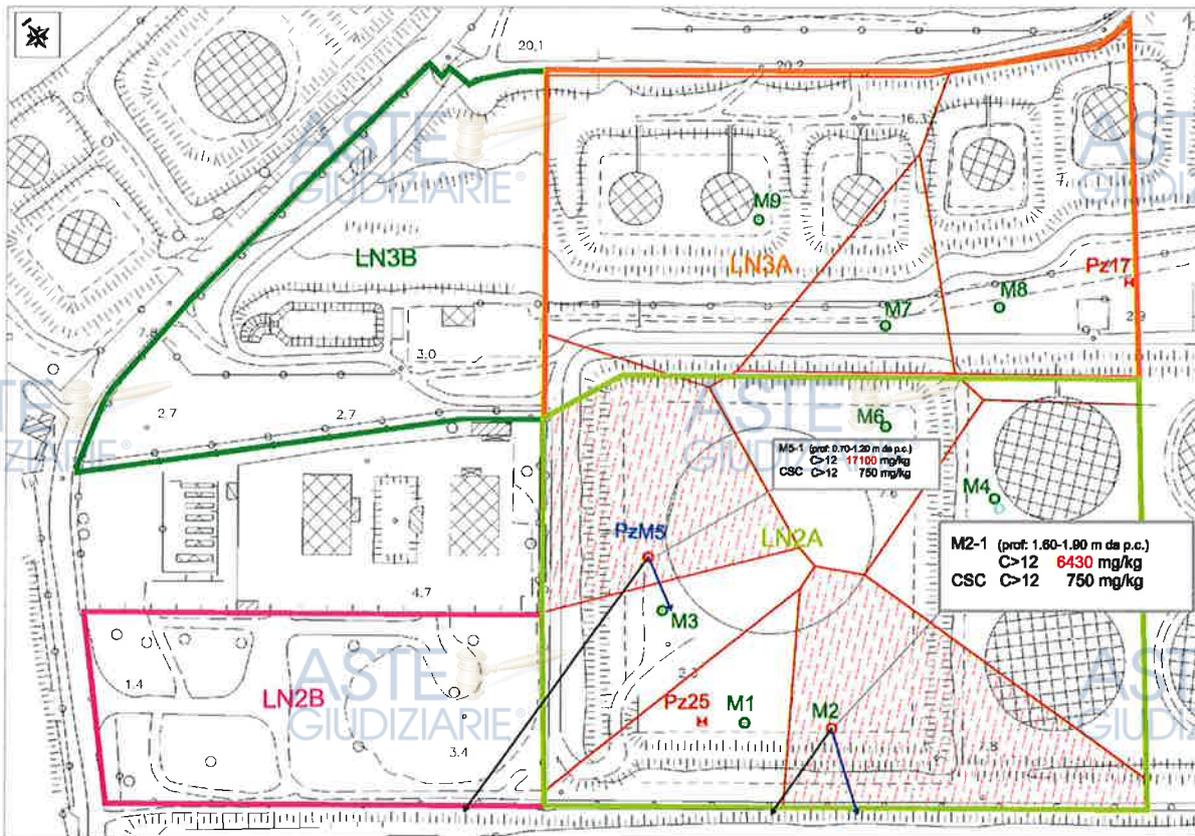


Fig. 14.1_2 Subaree Suolo Profondo

In rosso le subaree per le quali è necessario condurre una verifica tramite AdR in quanto sono stati determinati dei superamenti delle CSC riportate nella Tab. 1 col. B dell'Allegato 5 del Titolo V alla Parte Quarta del D.Lgs 152/06. La freccia blu indica l'estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda. La freccia nera indica l'estensione della sorgente nella direzione principale del vento.

Nella tabella seguente 14.1_1 si riportano i superamenti rilevati per la matrice suolo superficiale e suolo profondo relativa al prelievo M5-1:

Tab. 14.1_1 Caratterizzazione sorgente di potenziale contaminazione nei terreni.

Sito	Data	Profondità	Contaminante	CSC (mg/kg) Col.B Tab.1 D.Lgs 152/2006	CRS (mg/kg s.s.)
M5-1	12/10	-0.70 m; -1.20 m	Idrocarburi pesanti C>12	750	17083

Nella tabella seguente 14.1_2, vengono riportati i valori relativi alla speciazione idrocarburica effettuata secondo i criteri MADEP per il campione M5-1 prelevato alla profondità -0,70m e -1,20m.

Tab. 14.1_2 Risultato della speciazione degli idrocarburi eseguite mediante i criteri MADEP.

Classi MADEP	CRS (mg/kg s.s.)
Alifatici C5-C8	< 1
Alifatici C9-C12	< 1
Alifatici C13-C18	83
Alifatici C19-C36	15300
Aromatici C9-C10	<1
Aromatici C11-C12	<1
Aromatici C13-C22	1700

Nella tabella seguente 14.1_3 si riportano i superamenti rilevati per la matrice suolo profondo relativa al prelievo M2-1:

Tab. 14.1_3 Caratterizzazione sorgente di potenziale contaminazione nei terreni.

Sito	Data	Profondità	Contaminante	CSC (mg/kg) Col.B Tab.1 D.Lgs 152/2006	CRS (mg/kg s.s.)
M2-1	13/10	-1.60 m; -1.90 m	Idrocarburi pesanti C>12	750	6400

Nella tabella seguente 14.1_4, vengono riportati i valori relativi alla speciazione idrocarburica effettuata secondo i criteri MADEP per il campione di SP M2-1 prelevato alla profondità -1,60 m e -1,90 m.

Tab. 14.1_4 Risultato della speciazione degli idrocarburi eseguite mediante i criteri MADEP.

Classi MADEP	CRS (mg/kg s.s.)
Alifatici C5-C8	< 1
Alifatici C9-C12	< 1
Alifatici C13-C18	< 1
Alifatici C19-C36	6400
Aromatici C9-C10	<1
Aromatici C11-C12	<1
Aromatici C13-C22	< 1

14.2 – RECETTORI E PARAMETRI DI ESPOSIZIONE

Nella tabella seguente 14.2_1 si riportano i principali parametri utilizzati per la caratterizzazione dell'esposizione umana che sono stati estratti dai valori indicati dal Manuale ISPRA per il recettore uomo commerciale adulto.

Tab. 14.2_1 Principali parametri di input relativi all'esposizione umana: Parametri di Esposizione

Parametro	Recettore commerciale Adulto
Peso corporeo (kg)	70
Tempo medio di esposizione per le sostanze cancerogene (anni)	70
Durata esposizione (anni)	25
Frequenza esposizione (giorni/anno)	250
Tasso di ingestione di suolo (mg/giorno)	50
Superficie di pelle esposta (cm ²)	3300
Fattore di aderenza dermica del suolo (mg/cm ² /giorno)	0.2
Frequenza giornaliera di esposizione <i>outdoor ed indoor</i> (ore/giorno)	8
Inalazione <i>outdoor</i> (m ³ /ora)	2.5
Inalazione <i>indoor</i> (m ³ /ora)	0.9

14.3 – CARATTERIZZAZIONE DELLA SORGENTE DI POTENZIALE CONTAMINAZIONE

Di seguito vengono riportati i parametri di caratterizzazione sito-specifici del campione M5-1 che sono stati inseriti nel programma Risk-net 3.1. Per tutti i parametri non riportati di seguito sono stati considerati idonei i valori di default del programma.

Le caratteristiche geometriche della sorgente terreni suolo superficiale e suolo profondo per il campione M5-1, considerando la falda a -1.20 m rispetto al p.c. sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Geometria area		m ²	6485.7 m ²
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	W	m	11
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	Sw	m	11
Altezza della zona di miscelazione in aria	∂_{air}	m	2
Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	W'	m	122
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento	Sw'	m	122
Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	Ls, SS	m	0.8
Spessore della sorgente nel suolo superficiale insaturo	d	m	0.2
Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	Ls, SP	m	1
Spessore della sorgente nel suolo profondo insaturo	ds	m	0.2
Soggiacenza della falda dal p.c.	Lgw	m	1.2

Le caratteristiche geometriche della sorgente terreni suolo superficiale e suolo profondo per il campione M5-1, considerando la falda a -2.00 m rispetto al p.c. sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Geometria area		m ²	6485.7 m ²
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	W	m	11
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	Sw	m	11
Altezza della zona di miscelazione in aria	∂air	m	2
Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	W'	m	122
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento	Sw'	m	122
Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	Ls, SS	m	0.8
Spessore della sorgente nel suolo superficiale insaturo	d	m	0.2
Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	Ls, SP	m	1
Spessore della sorgente nel suolo profondo insaturo	ds	m	1
Soggiacenza della falda dal p.c.	Lgw	m	2

Le caratteristiche della zona insatura per il campione M5-1 per la sorgente terreni suolo superficiale e suolo profondo, considerando la falda a -1.20 m e -2.00 m rispetto al p.c. sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Tessitura rappresentativa del suolo insaturo			Silt Loam
Densità del suolo	ps	g/cm ³	1.85
pH			8
Frazione di carbonio organico-suolo superficiale	foc, SS	g/g	0.034
Frazione di carbonio organico-suolo profondo	foc, SP	g/g	0.0295
Piovosità media annua	P	cm/y	100.6

Le caratteristiche della zona satura per il campione M5-1 per la sorgente terreni suolo superficiale e suolo profondo considerando la falda a -1.20 m, sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Tessitura rappresentativa del suolo saturo			Sandy Loam
Spessore dell'acquifero	da	m	1.8
Distanza punto di conformità in falda	POC	m	68

Le caratteristiche della zona satura per il campione M5-1 per la sorgente terreni suolo superficiale e suolo profondo considerando la falda a -2.00 m, sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Tessitura rappresentativa del suolo saturo			Sandy Loam
Spessore dell'acquifero	da	m	1
Distanza punto di conformità in falda	POC	m	68

Le caratteristiche dell'ambiente outdoor per il campione M5-1 per la sorgente terreni suolo superficiale e suolo profondo, considerando la falda a -1.20 m e -2.00 m rispetto al p.c. sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Velocità del vento misurata nella centralina meteo	Uair, sm	m/s	4.53
Dati meteo - Classe di stabilità atmosferica e tipologia area			Classe C - Rurale
Distanza recettore off-site	POC-ADF	m	110
Dispersione in atmosfera - Classe di stabilità atmosferica e tipologia area			Classe D - Rurale

Le caratteristiche dell'ambiente indoor per il campione M5-1 per la sorgente terreni suolo superficiale e suolo profondo, considerando la falda a -1.20 m e -2.00 m rispetto al p.c. sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Profondità delle fondazioni dal p.c.	Z crack	m	0.3
Spessore delle fondazioni	L crack	m	0.3

Di seguito vengono riportati i parametri di caratterizzazione sito-specifici del campione M2-1 che sono stati inseriti nel programma Risk-net 3.1. Per tutti i parametri non riportati di seguito sono stati considerati idonei i valori di default del programma.

Le caratteristiche geometriche della sorgente terreni suolo profondo e suolo profondo per il campione M2-1, considerando la falda a -2,00m rispetto al p.c. sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Geometria area		m ²	8300.8
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	W	m	34
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	Sw	m	34
Altezza della zona di miscelazione in aria	∂air	m	2
Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	W'	m	40
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento	Sw'	m	40
Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	Ls, SS	m	0.8
Spessore della sorgente nel suolo superficiale insaturo	d	m	0.2
Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	Ls, SP	m	1
Spessore della sorgente nel suolo profondo insaturo	ds	m	1
Soggiacenza della falda dal p.c.	Lgw	m	2

Le caratteristiche della zona insatura per il campione M2-1 per la sorgente terreni suolo profondo, considerando la falda a -2,00m rispetto al p.c. sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Tessitura rappresentativa del suolo insaturo			Silt Loam
Densità del suolo	ps	g/cm ³	1.85
pH			8
Frazione di carbonio organico-suolo superficiale	foc, SS	g/g	0.032
Frazione di carbonio organico-suolo profondo	foc, SP	g/g	0.029
Piovosità media annua	P	cm/y	100.6

Le caratteristiche della zona satura per il campione M2-1 per la sorgente terreni suolo profondo considerando la falda a -2,00m, sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Tessitura rappresentativa del suolo saturo			Sandy Loam
Spessore dell'acquifero	da	m	1
Distanza punto di conformità in falda	POC	m	34

Le caratteristiche dell'ambiente outdoor per il campione M2-1 per la sorgente terreni suolo profondo, considerando la falda a -2,00m rispetto al p.c. sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore*
Velocità del vento misurata nella centralina meteo	Uair, sm	m/s	4.53
Dati meteo - Classe di stabilità atmosferica e tipologia area			Classe C - Rurale
Distanza recettore off-site	POC-ADF	m	110
Dispersione in atmosfera - Classe di stabilità atmosferica e tipologia area			Classe D - Rurale

Le caratteristiche dell'ambiente indoor per il campione M2-1 per la sorgente terreni suolo profondo, considerando la falda a -2,00m rispetto al p.c. sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Profondità delle fondazioni dal p.c.	Z crack	m	0.3
Spessore delle fondazioni	L crack	m	0.3

14.4 – MODELLO DI TRASPORTO E DESTINO DEGLI INQUINANTI

Percorsi sanitari attivi per la matrice suolo superficiale (Fig 14.4_1) e per la matrice suolo profondo (14.4_2):

- ingestione di suolo e contatto dermico per il recettore lavoratore on-site;
- inalazione vapori e polveri outdoor per il recettore lavoratore on-site e off-site;
- inalazione vapori e polveri indoor per il recettore lavoratore on-site;
- lisciviazione in falda al POC posto sulla verticale (POC=0).

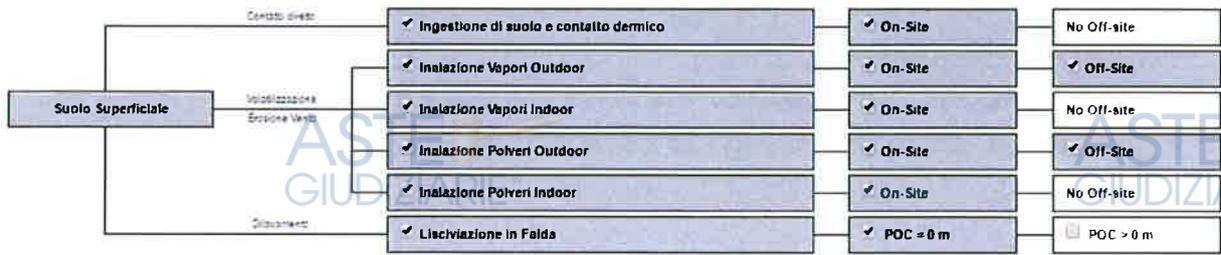


Fig. 14.4_1 Percorsi attivati per la simulazione eseguita nel presente documento relative alla matrice suolo superficiale.



Fig. 14.4_2 Percorsi attivati per la simulazione eseguita nel presente documento relative alla matrice suolo profondo.

14.5 – CALCOLO DEL RISCHIO E DELLE CSR

Si riporta di seguito il calcolo del rischio e delle CSR relative alla sorgente terreni nel suolo superficiale per il campione **M5-1 con la falda posta a -1.20 m** rispetto al piano di campagna.

Nella seguente tabella 12.5_1 si riporta un estratto dei file output del programma Risk-net 3.1.

Tab. 14.5_1 Valori di output del programma Risk-net 3.1 per il Rischio per il campione **SS_M5-1** con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	HI	Rgw
Alifatici C13-C18	8.30e+1	6.33e-3	7.96e-4
Alifatici C19-C36	1.53e+4	8.69e-3	3.33e-7
Aromatici C13- C22	1.70e+3	7.54e-2	1.29e+0
Cumulato outdoor (on-site)		8.57e-2	
Cumulato indoor (on-site)		2.17e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP)			1.29e+0
Cumulato outdoor (off-site)		1.18e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP) (Off-site)			
		ACCETTABILE	NON ACCETTABILE

Dall'esame della tabella relativa sopra riportata e dalle schermate relative del Software Risk-net 3.1 contenute nell'Allegato 10 è possibile notare che:

- per il recettore Uomo commerciale outdoor e indoor il rischio è accettabile;
- per il recettore Falda al POC posizionato sulla verticale (POC=0), lisciviazione on-site, il rischio NON è ACCETTABILE.

Sulla base dei risultati sopra esposti si riportano di seguito le Concentrazioni Soglia di Rischio cumulate calcolate automaticamente dal programma Risk-net 3.1 (Tab 14.5_2).

Si ricorda che la CSRcum viene assunta pari al valore minimo tra le CSR calcolate per ciascun recettore e per ciascuna via di esposizione considerata.

Le CSR cumulate per il campione SS_M5-1 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna sono riportate nella seguente tabella:

Tab 14.5_2 Concentrazioni Soglia di Rischio per il campione SS_M5-1 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	CSRind	f	CSRcum (mg/kg s.s.)	CSC (mg/kg s.s.)	Csat (mg/kg s.s.)	HI	Rgw
Alifatici C13-C18	8.30e+1	8.79e+4	2.1	4.19e+4	7.50e+2	2.31e+2	4.77e-1	2.22e-3
Alifatici C19-C36	1.53e+4	>1e+6	2.05	8.60e+5	7.50e+2	2.03e+1	4.88e-1	3.33e-7
Aromatici C13-C22	1.70e+3	7.67e+2		7.67e+2	7.50e+2	9.87e+2	3.76e-2	1.00e+0
Cumulato outdoor (on-site)							1.00+e0	
Cumulato indoor (on-site)							2.96e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP)								
Cumulato outdoor (off-site)							1.06e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP) (Off-site)								

Il calcolo delle CSRcum annulla il rischio per la lisciviazione dovuta alla presenza degli Aromatici C13-C22.

Al contrario, il calcolo delle CSRcum segnala un rischio per l'HI (contatto dermico e cumulato outdoor) dovuto dagli Alifatici C13-C18 e dagli Alifatici C19-C36.

In questo caso è possibile inserire dei fattori di correzione (f) agli Alifatici C13-C18 (f = 2,1) e agli Alifatici C19-C36 (f = 2,05), in modo da portare anche l'HI a 1, mentre non è possibile modificare il valore della CSR degli Aromatici C13-C22. La CSR per gli Aromatici C13-C22 viene confermata quindi al valore di 767.

Considerando che la CSRcum per gli Alifatici C13-C18 e gli Alifatici C19-C36 risulta maggiore della Csat, la CSR per entrambi viene assunta pari alla CRS rilevata.

Riguardo alle specie idrocarburiche, le CSR relative ai parametri idrocarburi pesanti C>12, sono state ricavate secondo il metodo della "Critical Fraction" di cui al paragrafo V.5.3 dell'Appendice V di ISPRA.

Nella tabella seguente (Tab 14.5_3) sono riportati i dettagli dei calcoli:

Tab 14.5_3 Calcolo critical fraction per il campione SS_M5-1 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna.

Parametri	CRS (mg/kg s.s.)	Frazioni MADEP	CSRcumulata	CSR cumulativa
Alifatici C13-C18	83	0.0049%	83	17083
Alifatici C19-C36	15300	0.8956%	15300	17083
Aromatici C13-C22	1700	0.0995%	767	7707.45

Nella tabella seguente (Tab 14.5_4) sono riepilogate le CSR calcolate per la sorgente SS_M5-1 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna:

Tab. 14.5_4 Riepilogo CSR per il campione SS_M5-1 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna.

Parametri	CRS (mg/kg s.s.)	CSR (mg/kg s.s.)
Idrocarburi C>12	17083	7707.45

La tabella evidenzia come la concentrazione massima rilevata per il campione SS_M5-1 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna, risulti superiore alla CSR calcolata, pertanto, nell'area saranno necessari interventi di bonifica e/o messa in sicurezza permanente.

In considerazione alla necessità di bonifica per il rischio sopra enunciato è stata prevista la copertura dell'area mediante Telo in HDPE (Tab 14.5_5).

Tale messa in sicurezza mediante questa tipologia di copertura è stata modellizzata tramite il software Risk-net 3.1, per le cui schermate complete si rimanda al contenuto dell'Allegato 10, inserendo nei Parametri del sito della zona insatura le seguenti opzioni:

Tab. 14.5_5 Parametri del sito della zona insatura applicati al fine di modellizzare la copertura dell'area contaminata di interesse mediante posa di Telo in HDPE.

Telo in HDPE o strato a bassa permeabilità tra la sorgente e la falda (lisciviazione da suolo in falda)	Simbolo	Valore	Unità di misura
Battente idraulico al di sopra del telo in HDPE o dello strato a bassa permeabilità	hperc	0.5	m
Spessore dello strato a bassa permeabilità (sotto HDPE se presente)	dunsat	0.1	m
Conducibilità idraulica del terreno a bassa permeabilità (sotto HDPE se presente)	Kunsat	1e-10	m/s
Telo in HDPE	HDPE presente		

Nella seguente tabella 14.5_6 si riporta un estratto dei file output del programma Risk-net 3.1.

Tab. 14.5_6 Valori di output del programma Risk-net 3.1 per il Rischio per il campione SS_M5-1 con la falda posta a - 1.20 m rispetto al piano di campagna con applicazione del telo in HDPE.

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	HI	Rgw
Alifatici C13-C18	8.30e+1	6.33e-3	1.49e-5
Alifatici C19-C36	1.53e+4	8.69e-3	6.24e-9
Aromatici C13- C22	1.70e+3	7.54e-2	2.41e-2
Cumulato outdoor (on-site)		8.57e-2	
Cumulato indoor (on-site)		2.17e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP)			
Cumulato outdoor (off-site)		1.18e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP) (Off-site)			
		ACCETTABILE	ACCETTABILE

Dall'esame della tabella sopra riportata e dalle schermate relative del Software Risk-net 3.1 contenuto contenute nell'Allegato 10 è possibile notare che mediante l'applicazione della copertura con telo in HDPE:

- per il recettore Uomo commerciale outdoor e indoor il **rischio è accettabile**;
- per il recettore Falda al POC posizionato sulla verticale (POC=0), lisciviazione on-site, il **rischio è accettabile**.

Sulla base dei risultati sopra esposti si riportano di seguito (Tab 14.5_7) le Concentrazioni Soglia di Rischio cumulate calcolate automaticamente dal programma Risk-net 3.1.

Si ricorda che la CSRcum viene assunta pari al valore minimo tra le CSR calcolate per ciascun recettore e per ciascuna via di esposizione considerata.

Le CSR cumulate per il campione SS_M5-1 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna dove è stata applicata la copertura mediante telo in HDPE sono riportate nella seguente tabella:

Il calcolo delle CSRcum nella modellizzazione dove è stata aggiunta la copertura mediante telo in HDPE permette di annullare il rischio per la lisciviazione che in precedenza nella modellizzazione senza telo era stato determinato dalla presenza dagli Aromatici C13-C22.

In quest'ultima modellizzazione con l'aggiunta di telo in HDPE la CSR calcolata per il parametro Aromatici C13-C22 il rischio per la lisciviazione risulta essere pari a 17900.

Nel calcolo delle CSRcum è stato pertanto necessario inserire dei fattori di correzione (f) a Alifatici C13-C18 (3), Alifatici C19-C36 (3) e ad Aromatici C13-C22 (3.05) in modo da portare l'HI a 1.

Il rischio segnalato nella schermata delle CSR cumulative in questo caso infatti non implicava un pericolo ma diversamente una valutazione eccessiva.

Tab. 14.5_7 Concentrazioni Soglia di Rischio per il campione SS_M5-1 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna con applicazione del telo in HDPE.

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	CSRind (mg/kg s.s.)	f	CSRind (mg/kg s.s.)	CSC (mg/kg s.s.)	Csat (mg/kg s.s.)	HI	Rgw
Alifatici C13-C18	8.30e+1	8.79e+4	3	2.93e+4	7.50e+2	2.31e+2	3.35e-1	4.16e-5
Alifatici C19-C36	1.53e+4	>1e+6	3	5.87e+5	7.50e+2	2.03e+1	3.33e-1	6.24e-9
Aromatici C13-C22	1.70e+3	2.61e+4	3.05	8.57e+3	7.50e+2	9.87e+2	3.35e-1	2.41e-2
Cumulato outdoor (on-site)							1.00e+0	
Cumulato indoor (on-site)							3.30e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP)								
Cumulato outdoor (off-site)							1.31e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP) (Off- site)								

La messa in sicurezza permanente per la matrice suolo superficiale della sub area M5 con la falda posta a -1,20 m mediante telo in HDPE è quindi verificata.

Si riporta di seguito il calcolo del rischio e delle CSR relative alla sorgente terreni nel suolo superficiale per il campione **M5-1 con la falda posta a -2,00 m** rispetto al piano di campagna.

Nella seguente tabella 12.5_8 si riporta un estratto dei file output del programma Risk-net 3.1.

Tab. 14.5_8 Valori di output del programma Risk-net 3.1 per il Rischio per il campione SS_M5-1 con la falda posta a -2,00 m rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	HI	Rgw
Alifatici C13-C18	8.30e+1	6.33e-3	3.51e-4
Alifatici C19-C36	1.53e+4	8.69e-3	1.47e-7
Aromatici C13- C22	1.70e+3	7.54e-2	5.67e-1
Cumulato outdoor (on-site)		8.57e-2	
Cumulato indoor (on-site)		2.17e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP)			
Cumulato outdoor (off-site)		1.18e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP) (Off-site)			
		ACCETTABILE	ACCETTABILE

Dall'esame della tabella relativa sopra riportata e dalle schermate relative del Software Risk-net 3.1 contenute nell'Allegato 10 è possibile notare che:

- per il recettore Uomo commerciale outdoor e indoor, il rischio è accettabile;
- per il recettore Falda al POC posizionato sulla verticale (POC=0), lisciviazione on-site, il rischio è accettabile.

Sulla base dei risultati sopra esposti si riportano di seguito le Concentrazioni Soglia di Rischio cumulate calcolate automaticamente dal programma Risk-net 3.1 (Tab. 14.5_9). Si ricorda che la CSRcum viene assunta pari al valore minimo tra le CSR calcolate per ciascun recettore e per ciascuna via di esposizione considerata.

Le CSR cumulate per la sorgente SS_M5-1 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna sono riportate nella seguente tabella:

Tab. 14.5_9 Concentrazioni Soglia di Rischio per il campione SS_M5-1 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	CSRind (mg/kg s.s.)	f	CSRcum (mg/kg s.s.)	CSC (mg/kg s.s.)	Csat (mg/kg s.s.)	HI	Rgw
Alifatici C13-C18	8.30e+1	8.79e+4	2.15	4.09e+4	7.50e+2	2.31e+2	4.66e-1	9.77e-4
Alifatici C19-C36	1.53e+4	> 1e+6	2.18	8.08e+5	7.50e+2	2.03e+1	4.59e-1	1.47e-7
Aromatici C13-C22	1.70e+3	1.74e+3		1.74e+3	7.50e+2	9.87e+2	7.69e-2	5.67e-1
Cumulato outdoor (on-site)							1.00e+0	
Cumulato indoor (on-site)							3.30e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP)								
Cumulato outdoor (off-site)							1.31e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP) (Off- site)								

Il calcolo delle CSRcum segnala un rischio per l'HI (contatto dermico e cumulato outdoor) dovuto dagli Alifatici C13-C18 e dagli Alifatici C19-C36.

In questo caso è possibile inserire dei fattori di correzione (f) agli Alifatici C13-C18 (f=2,15) e agli Alifatici C19-C36 (f=2,18), in modo da portare anche l'HI a 1, mentre non è possibile modificare il valore della CSR degli Aromatici C13-C22. La CSR per gli Aromatici C13-C22 viene quindi confermata al valore di 1740.

Considerando che la CSRcum per gli Alifatici C13-C18 e gli Alifatici C19-C36 risulta maggiore della Csat, la CSR per entrambi viene assunta pari alla CRS rilevata.

Riguardo alle specie idrocarburiche, le CSR relative ai parametri idrocarburi pesanti C>12, sono state ricavate secondo il metodo della "Critical Fraction" di cui al paragrafo V.5.3 dell'Appendice V di ISPRA.

Nella tabella seguente (Tab 14.5_10) sono riportati i dettagli dei calcoli:

Tab 14.5_10 Calcolo critical fraction per il campione SS_M5-1 con la falda posta a -2,00 m rispetto al piano di campagna.

Parametri	CRS (mg/kg s.s.)	Frazioni MADEP	CSRcumulata	CSR cumulativa
Alifatici C13-C18	83	0.0049%	83	17083
Alifatici C19-C36	15300	0.8956%	15300	17083
Aromatici C13-C22	1700	0.0995%	1740	17484.95

Nella tabella seguente (Tab 14.5_11) sono riepilogate le CSR calcolate per la sorgente SS_M5-1 con la falda posta a -2,00 m rispetto al piano di campagna:

Tab. 14.5_11 Riepilogo CSR per il campione SS_M5-1 con la falda posta a 2,00 m rispetto al piano di campagna.

Parametri	CRS (mg/kg s.s.)	CSR (mg/kg s.s.)
Idrocarburi C>12	17083	17083

La tabella evidenzia come la concentrazione massima rilevata per il campione SS_M5-1 con la falda posta a -2,00 m rispetto al piano di campagna risulti pari alla CSR calcolata, pertanto, nell'area NON saranno necessari interventi di bonifica e/o messa in sicurezza.

Si riporta di seguito il calcolo del rischio e delle CSR relative alla sorgente terreni nel suolo profondo per il campione M5-1 con la falda posta a -1,20 m rispetto al piano di campagna.

Nella seguente tabella 14.5_12 si riporta un estratto dei file output del programma Risk-net 3.1.

Tab. 14.5_12 Valori di output del programma Risk-net 3.1 per il Rischio per il campione SP_M5-1 con la falda posta a -1,20 m rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	HI	Rgw
Alifatici C13-C18	8.30e+1	6.87e-3	1.84e-3
Alifatici C19-C36	1.53e+4	1.91e-6	6.66e-7
Aromatici C13- C22	1.70e+3	1.45e-2	2.57e+0
Cumulato outdoor (on-site)		8.38e-4	
Cumulato indoor (on-site)		2.14e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP)			2.57e+0
Cumulato outdoor (off-site)		8.38e-4	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP) (Off-site)			
		ACCETTABILE	NON ACCETTABILE

Dall'esame della tabella relativa sopra riportata e dalle schermate relative del Software Risk-net 3.1 contenute nell'Allegato 10 è possibile notare che:

- per il recettore Uomo commerciale outdoor e indoor il rischio è accettabile;
- per il recettore Falda al POC posizionato sulla verticale (POC=0), lisciviazione on-site, il rischio NON è ACCETTABILE.

Sulla base dei risultati sopra esposti si riportano di seguito le Concentrazioni Soglia di Rischio cumulate calcolate automaticamente dal programma Risk-net 3.1. Si ricorda che la CSRcum viene assunta pari al valore minimo tra le CSR calcolate per ciascun recettore e per ciascuna via di esposizione considerata.

Le CSR cumulate per il campione SP_M5-1 con la falda posta a -1,20 m rispetto al piano di campagna sono riportate nella seguente tabella 14.5_13:

Tab. 14.5_13 Concentrazioni Soglia di Rischio per il campione SP_M5-1 con la falda posta a -1,20 m rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	CSRind (mg/kg s.s.)	f	CSRcum (mg/kg s.s.)	CSC (mg/kg s.s.)	Csat (mg/kg s.s.)	HI	Rgw
Alifatici C13-C18	8.30e+1	> Csat		> Csat	7.50e+2	2.01e+2	1.66e-2	4.44e-3
Alifatici C19-C36	1.53e+4	> Csat		> Csat	7.50e+2	1.76e+1	1.91e-6	6.66e-7
Aromatici C13-C22	1.70e+3	3.33e+2		3.33e+2	7.50e+2	8.56e+2	5.64e-3	1.00e+0
Cumulato outdoor (on-site)							8.56e-4	
Cumulato indoor (on-site)							2.23e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP)								
Cumulato outdoor (off-site)							8.56e-4	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP) (Off- site)								

Il calcolo delle CSRcum annulla il rischio per la lisciviazione degli Aromatici C13-C22.

In questo caso non è possibile modificare il valore della CSR degli Aromatici C13-C22 la quale viene quindi confermata pari al valore di 333.

Considerando che la CSRcum per gli Alifatici C13-C18 e gli Alifatici C19-C36 risulta maggiore della Csat, la CSR per entrambi viene assunta pari alla CRS rilevata.

Riguardo alle specie idrocarburiche, le CSR relative ai parametri idrocarburi pesanti C>12, sono state ricavate secondo il metodo della "Critical Fraction" di cui al paragrafo V.5.3 dell'Appendice V di ISPR.

Nella tabella seguente 14.5_14 sono riportati i dettagli dei calcoli:

Tab 14.5_14 Calcolo critical fraction per il campione SP_M5-1 con la falda posta a -1,20m rispetto al piano di campagna.

Parametri	CRS (mg/kg s.s.)	Frazioni MADEP	CSRcumulata	CSR cumulativa
Alifatici C13-C18	83	0.0049%	83	17083
Alifatici C19-C36	15300	0.8956%	15300	17083
Aromatici C13-C22	1700	0.0995%	333	3346.26

Nella tabella seguente 14.5_15 sono riepilogate le CSR calcolate per il campione SP_M5-1 con la falda posta a -1,20 m rispetto al piano di campagna:

Tab. 14.5_15 Riepilogo CSR per il campione SP_M5-1 con la falda posta a -1,20 m rispetto al piano di campagna.

Parametri	CRS (mg/kg s.s.)	CSR (mg/kg s.s.)
Idrocarburi C>12	17083	3346.26

La tabella evidenzia come la concentrazione massima rilevata per il campione SP M5-1 con la falda posta a -1,20 m rispetto al piano di campagna risulti superiore alla CSR calcolata, pertanto, nell'area saranno necessari interventi di bonifica e/o messa in sicurezza permanente.

In considerazione alla necessità di bonifica per il rischio sopra enunciato è stata prevista la copertura dell'area mediante Telo in HDPE. Tale messa in sicurezza mediante questa tipologia di copertura è stata modellizzata tramite il software Risk-net 3.1 inserendo nei Parametri del sito della zona insatura le opzioni precedentemente enunciate in tabella 14.5_5.

Nella seguente tabella 14.5_16 si riporta un estratto dei file output del programma Risk-net 3.1.

Tab. 14.5_16 Valori di output del programma Risk-net 3.1 per il Rischio per il campione SP_M5-1 con la falda posta a -1,20m rispetto al piano di campagna con applicazione del telo in HDPE.

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	HI	Rgw
Alifatici C13-C18	8.30e+1	6.87e-3	3.44e-5
Alifatici C19-C36	1.53e+4	1.91e-6	1.25e-8
Aromatici C13- C22	1.70e+3	1.45e-2	4.82e-2
Cumulato <i>outdoor</i> (on-site)		8.38e-4	
Cumulato <i>indoor</i> (on-site)		2.14e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP)			
Cumulato <i>outdoor</i> (off-site)		8.38e-4	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP) (Off-site)			
		ACCETTABILE	ACCETTABILE

Dall'esame della tabella relativa sopra riportata e dalle schermate relative del Software Risk-net 3.1 contenute nell'Allegato 10 è possibile notare che mediante l'applicazione della copertura con telo in HDPE:

- per il recettore Uomo commerciale outdoor e indoor il rischio è accettabile;
- per il recettore Falda al POC posizionato sulla verticale (POC=0), lisciviazione on-site, il rischio è accettabile.

Sulla base dei risultati sopra esposti si riportano di seguito (Tab. 14.5_17) le Concentrazioni Soglia di Rischio cumulate calcolate automaticamente dal programma Risk-net 3.1. Si ricorda che la CSRcum viene assunta pari al valore minimo tra le CSR calcolate per ciascun recettore e per ciascuna via di esposizione considerata.

Le CSR cumulate per la sorgente SP_M5-1 con la falda posta a -1,20 m rispetto al piano di campagna dove è stata applicata la copertura mediante telo in HDPE sono riportate nella seguente tabella:

Tab. 14.5_17 Concentrazioni Soglia di Rischio per il campione SP_M5-1 con la falda posta a -1,20 m rispetto al piano di campagna con applicazione del telo in HDPE.

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	CSRind (mg/kg s.s.)	f	CSRcum (mg/kg s.s.)	CSC (mg/kg s.s.)	Csat (mg/kg s.s.)	HI	Rgw
Alifatici C13-C18	8.30e+1	> Csat		> Csat	7.50e+2	2.01e+2	1.66e-2	8.32e-5
Alifatici C19-C36	1.53e+4	> Csat		> Csat	7.50e+2	1.76e+1	1.91e-6	1.25e-8
Aromatici C13-C22	1.70e+3	> Csat		> Csat	7.50e+2	8.56e+2	1.45e-2	4.82e-2
Cumulato outdoor (on-site)							1.21e-3	
Cumulato indoor (on-site)							3.11e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP)								
Cumulato outdoor (off-site)							1.21e-3	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP) (Off-site)								

Il calcolo delle CSRcum nella modellizzazione dove è stata aggiunta la copertura mediante telo in HDPE permette di annullare il rischio per la lisciviazione che in precedenza nella modellizzazione senza telo era stato determinato dalla presenza dagli Aromatici C13-C22. In quest'ultima modellizzazione con l'aggiunta di telo in HDPE la CSR calcolata per gli Alifatici C13-C18, Alifatici C19-C36 e per gli Aromatici C13-C22 è risultata maggiore rispetto alle Csat. In questo caso quindi non è stato necessario inserire dei fattori di correzione per portare l'HI a 1 in quanto le CSR calcolate sono state riportate ai valori di CRS iniziali.

La messa in sicurezza permanente per la sorgente suolo profondo della sub-area M5 con la falda posta a -1,20 m mediante telo in HDPE è quindi verificata.

Si riporta di seguito il calcolo del rischio e delle CSR relative alla sorgente terreni nel suolo profondo per il campione **M5-1 con la falda posta a -2,00 m** rispetto al piano di campagna.

Nella seguente tabella 14.5_18 si riporta un estratto dei file output del programma Risk-net 3.1.

Tab. 14.5_18 Valori di output del programma Risk-net 3.1 per il Rischio per il campione SP_M5-1 con la falda posta a - 2,00 m rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	HI	Rgw
Alifatici C13-C18	8.30e+1	6.87e-3	2.43e-3
Alifatici C19-C36	1.53e+4	1.91e-6	8.80e-7
Aromatici C13- C22	1.70e+3	1.45e-2	3.40e+0
Cumulato <i>outdoor</i> (on-site)		8.38e-4	
Cumulato <i>indoor</i> (on-site)		2.14e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP)			3.40e+0
Cumulato <i>outdoor</i> (off-site)		8.38e-4	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP) (Off-site)			
		ACCETTABILE	NON ACCETTABILE

Dall'esame della tabella relativa sopra riportata e dalle schermate relative del Software Risk-net 3.1 contenute nell'Allegato 10 è possibile notare che:

- per il recettore Uomo commerciale outdoor e indoor il rischio è accettabile;
- per il recettore Falda al POC posizionato sulla verticale (POC=0), lisciviazione on-site, il rischio NON è ACCETTABILE.

Sulla base dei risultati sopra esposti si riportano di seguito le Concentrazioni Soglia di Rischio cumulate calcolate automaticamente dal programma Risk-net 3.1 (Tab. 14.5_19). Si ricorda che la CSRcum viene assunta pari al valore minimo tra le CSR calcolate per ciascun recettore e per ciascuna via di esposizione considerata.

Le CSR cumulate per la sorgente SP_M5-1 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna sono riportate nella seguente tabella:

Tab. 14.5_19 Concentrazioni Soglia di Rischio per il campione SP_M5-1 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	CSRind (mg/kg s.s.)	f	CSRcum (mg/kg s.s.)	CSC (mg/kg s.s.)	Csat (mg/kg s.s.)	HI	Rgw
Alifatici C13-C18	8.30e+1	> Csat		> Csat	7.50e+2	2.01e+2	1.66e-2	5.86e-3
Alifatici C19-C36	1.53e+4	> Csat		> Csat	7.50e+2	1.76e+1	1.91e-6	8.80e-7
Aromatici C13-C22	1.70e+3	2.52e+2	1.001	2.51e+2	7.50e+2	8.56e+2	4.27e-3	9.99e-1
Cumulato outdoor (on-site)							8.02e-4	
Cumulato indoor (on-site)							2.09e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP)								
Cumulato outdoor (off-site)							8.02e-4	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP) (Off-site)								

Il calcolo delle CSRcum non annulla il rischio per la lisciviazione degli Aromatici C13-C22. In questo caso è possibile inserire dei fattori di correzione (f) agli Aromatici C13-C22 (f=1.001) per portare l'HI a 1. La CSR per gli Aromatici C13-C22 viene quindi modificata al valore di 251.

Considerando che la CSRcum per gli Alifatici C13-C18 e gli Alifatici C19-C36 risulta maggiore della Csat, la CSR per entrambi viene assunta pari alla CRS rilevata.

Riguardo alle specie idrocarburiche, le CSR relative ai parametri idrocarburi pesanti C>12, sono state ricavate secondo il metodo della "Critical Fraction" di cui al paragrafo V.5.3 dell'Appendice V di ISPR.

Nella tabella seguente (Tab.14.5_20) sono riportati i dettagli dei calcoli:

Tab 14.5_20 Calcolo critical fraction per il campione SP_M5-1 con la falda posta a -2,00 m rispetto al piano di campagna.

Parametri	CRS (mg/kg s.s.)	Frazioni MADEP	CSRcumulata	CSR cumulativa
Alifatici C13-C18	83	0.0049%	83	17083
Alifatici C19-C36	15300	0.8956%	15300	17083
Aromatici C13-C22	1700	0.0995%	251	2522.25

Nella tabella seguente (Tab. 14.5_21) sono riepilogate le CSR calcolate per la sorgente SP_M5-1 con la falda posta a - 2,00 m rispetto al piano di campagna:

Tab. 14.5_21 Riepilogo CSR per il campione SP_M5-1 con la falda posta a 2,00 m rispetto al piano di campagna.

Parametri	CRS (mg/kg s.s.)	CSR (mg/kg s.s.)
Idrocarburi C>12	17083	2522.25

La tabella evidenzia come la concentrazione massima rilevata per il campione SP_M5-1 con la falda posta a -2,00 m rispetto al piano di campagna risulti superiore alla CSR calcolata, **pertanto nell'area saranno necessari interventi di bonifica e/o messa in sicurezza.**

In considerazione alla necessità di bonifica per il rischio sopra enunciato è stata prevista la copertura dell'area mediante Telo in HDPE. Tale messa in sicurezza mediante questa tipologia di copertura è stata modellizzata tramite il software Risk-net 3.1 inserendo nei Parametri del sito della zona insatura le opzioni precedentemente enunciate in tabella 12.5_5.

Nella seguente tabella (Tab. 14.5_22) si riporta un estratto dei file output del programma Risk-net 3.1.

Tab. 14.5_22 Valori di output del programma Risk-net 3.1 per il Rischio per il campione SP_M5-1 con la falda posta a - 2.00 m rispetto al piano di campagna con applicazione del telo in HDPE.

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	HI	Rgw
Alifatici C13-C18	8.30e+1	6.87e-3	4.01e-5
Alifatici C19-C36	1.53e+4	1.91e-6	1.46e-8
Aromatici C13- C22	1.70e+3	1.45e-2	5.63e-2
Cumulato outdoor (on-site)		8.38e-4	
Cumulato indoor (on-site)		2.14e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP)			
Cumulato outdoor (off-site)		8.38e-4	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP) (Off-site)			
		ACCETTABILE	ACCETTABILE

Dall'esame della tabella relativa sopra riportata e dalle schermate relative del Software Risk-net 3.1 contenute nell'Allegato 10 è possibile notare che mediante l'applicazione della copertura con telo in HDPE:

- per il recettore Uomo commerciale outdoor e indoor il rischio è accettabile;
- per il recettore Falda al POC posizionato sulla verticale (POC=0), lisciviazione on-site, il rischio è accettabile.

Sulla base dei risultati sopra esposti si riportano di seguito le Concentrazioni Soglia di Rischio cumulate calcolate automaticamente dal programma Risk-net 3.1. Si ricorda che la CSRcum viene assunta pari al valore minimo tra le CSR calcolate per ciascun recettore e per ciascuna via di esposizione considerata.

Le CSR cumulate per la sorgente SP_M5-1 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna dove è stata applicata la copertura mediante telo in HDPE sono riportate nella seguente tabella (Tab. 14.5_23):

Tab. 14.5_23 Concentrazioni Soglia di Rischio per il campione SP_M5-1 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna con applicazione del telo in HDPE.

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	CSRind (mg/kg s.s.)	f	CSRcum (mg/kg s.s.)	CSC (mg/kg s.s.)	Csat (mg/kg s.s.)	HI	Rgw
Alifatici C13-C18	8.30e+1	> Csat		> Csat	7.50e+2	2.01e+2	1.66e-2	9.70e-5
Alifatici C19-C36	1.53e+4	> Csat		> Csat	7.50e+2	1.76e+1	1.91e-6	1.46e-8
Aromatici C13-C22	1.70e+3	> Csat		> Csat	7.50e+2	8.56e+2	1.45e-2	5.63e-2
Cumulato outdoor (on-site)							1.21e-3	
Cumulato indoor (on-site)							3.11e-2	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP)								
Cumulato outdoor (off-site)							1.21e-3	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP) (Off-site)								

Il calcolo delle CSRcum nella modellizzazione dove è stata aggiunta la copertura mediante telo in HDPE permette di annullare il rischio per la lisciviazione che in precedenza nella modellizzazione senza telo era stato determinato dalla presenza dagli Aromatici C13-C22. In quest'ultima modellizzazione con l'aggiunta di telo in HDPE la CSR calcolata per gli Alifatici C13-C18, Alifatici C19-C36 e per gli Aromatici C13-C22 è risultata maggiore rispetto alle Csat. In questo caso quindi non è stato necessario inserire dei fattori di correzione per portare l'HI a 1 in quanto le CSR calcolate sono state riportate ai valori di CRS iniziali.

La messa in sicurezza permanente della sorgente suolo profondo per la sub area M5 con la falda posta a -2.00 m mediante telo in HDPE è quindi verificata.

Si riporta di seguito il calcolo del rischio e delle CSR relative alla sorgente terreni suolo profondo per il campione **M2-1 con la falda posta a -2,00 m** rispetto al piano di campagna.

Nella seguente tabella 14.5_24 si riporta un estratto dei file output del programma Risk-net 3.1.

Tab. 14.5_24 Valori di output del programma Risk-net 3.1 per il Rischio per il campione SP_M2-1 con la falda posta a -2,00 m rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	HI	Rgw
Alifatici C19-C36	6.40e+3	1.91e-6	1.90-6
Cumulato <i>outdoor</i> (on-site)		2.38e-8	
Cumulato <i>indoor</i> (on-site)		1.91e-6	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP)			
Cumulato <i>outdoor</i> (off-site)		1.07e-8	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP) (Off-site)			
		ACCETTABILE	ACCETTABILE

Dall'esame della tabella relativa sopra riportata e dalle schermate relative del Software Risk-net 3. contenute nell'Allegato 10 è possibile notare che:

- per il recettore Uomo commerciale outdoor e indoor il rischio è accettabile;
- per il recettore Falda al POC posizionato sulla verticale (POC=0), lisciviazione on-site, il rischio è accettabile.

Sulla base dei risultati sopra esposti si riportano di seguito le Concentrazioni Soglia di Rischio cumulate calcolate automaticamente dal programma Risk-net 3.1. Si ricorda che la CSRcum viene assunta pari al valore minimo tra le CSR calcolate per ciascun recettore e per ciascuna via di esposizione considerata.

Le CSR cumulate per la sorgente SP_M2-1 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna sono riportate nella seguente tabella (Tab. 14.5_25):

Tab. 14.5_25 Concentrazioni Soglia di Rischio per il campione SP_M2-1 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	CSRind (mg/kg s.s.)	f	CSRcum (mg/kg s.s.)	CSC (mg/kg s.s.)	Csat (mg/kg s.s.)	HI	Rgw
Alifatici C19-C36	6.40e+3	> Csat		> Csat	7.50e+2	1.73e+1	1.91e-6	1.90e-6
Cumulato <i>outdoor</i> (on-site)							2.38e-8	
Cumulato <i>indoor</i> (on-site)							1.91e-6	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP)								
Cumulato <i>outdoor</i> (off-site)							1.07e-8	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi (MADEP) (Off-site)								

Il calcolo delle CSRcum non segnala alcun rischio dovuto agli Alifatici C19-C36. Considerando che la CSRcum per gli Alifatici C19-C36 risulta maggiore della Csat, la CSR viene assunta pari alla CRS rilevata.

Riguardo alle specie idrocarburiche, le CSR relative ai parametri idrocarburi pesanti C>12, sono state ricavate secondo il metodo della "Critical Fraction" di cui al paragrafo V.5.3 dell'Appendice V di ISPRA.

Nella tabella seguente (Tab. 14.5_26) sono riportati i dettagli dei calcoli:

Tab 14.5_26 Calcolo critical fraction per il campione SP_M2-1 con la falda posta a -2,00 m rispetto al piano di campagna.

Parametri	CRS (mg/kg s.s.)	Frazioni MADEP	CSRcumulata	CSR cumulativa
Alifatici C19-C36	6400	1.00%	6400	6400

Nella tabella seguente (Tab. 14.5_27) sono riepilogate le CSR calcolate per il campione SP_M2-1 con la falda posta a -2,00 m rispetto al piano di campagna:

Tab. 14.5_27 Riepilogo CSR per il campione SP_M2-1 con la falda posta a 2,00 m rispetto al piano di campagna.

Parametri	CRS (mg/kg s.s.)	CSR (mg/kg s.s.)
Idrocarburi C>12	6400	6400

La tabella evidenzia come la concentrazione massima rilevata per la sorgente suolo profondo per la sub area M2 con la falda posta a -2,00 m rispetto al piano di campagna risulti pari alla CSR calcolata, pertanto **nell'area non saranno necessari interventi di bonifica e/o messa in sicurezza.**

15.0 – ANALISI DI RISCHIO MATRICE ACQUE DI FALDA

Relativamente alla matrice acque di falda sono stati rilevati superamenti dei limiti per le CSC fissate nella Tab. 2 dal D.Lgs 152/2006 sia nell'area LN2A sia nell'area LN3A (Fig. 15.0_1).

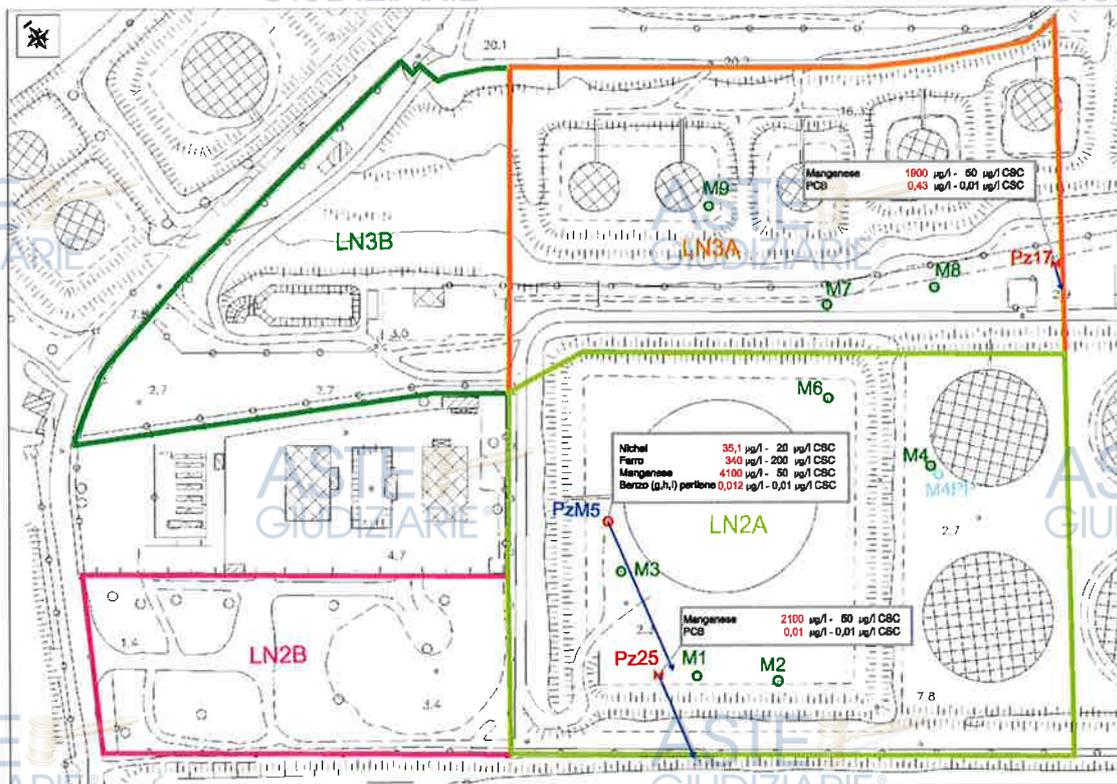


Fig. 15.0_1: Piezometri per i quali è necessario condurre una verifica tramite AdR. Presenza di superamenti delle CSC riportate nella Tab. 2 del D.Lgs 152/06. La freccia blu indica l'estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda.

15.1 – DEFINIZIONE DELLE CRS (ACQUE DI FALDA)

Tali indagini hanno permesso di evidenziare relativamente a tutti e tre i prelievi di acque sotterranee (PzM5, PzM25 nella LN2A e Pz17 nella LN3A), il superamento delle CSC riportate nella Tab. 2 del D.Lgs 152/06 per il recettore uomo commerciale (Fig. 15.2).

L'AdR è stata eseguita considerando i livelli di oscillazione dei valori di concentrazione del contaminante PCB relativamente al Pz17 riscontrati nelle diverse campagne di monitoraggio effettuate.

Inoltre è stato anche modellizzato un diverso scenario per la soggiacenza della falda, la quale è stata posta per tutti e 3 i piezometri sopra enunciati sia a -1.20 m sia a -2.00 m rispetto al piano di campagna.

Nelle tabelle seguenti, si riportano i superamenti rilevati nel PzM5 (Tab. 15.1_1), Pz25 (Tab. 15.1_2) e Pz17 (Tab. 15.1_3):

Tab. 15.1_1 Caratterizzazione sorgente di potenziale contaminazione nelle acque di falda relativa al PzM5.

Piezometro	Data	Contaminante	CSC (ug/kg) Tab.2 D.Lgs 152/2006	CRS (mg/kg s.s.)
PzM5		Nichel	20	35.1
PzM5		Ferro	200	340
PzM5		Manganese	50	4100
PzM5		Benzo(g,h,i)perilene	0.01	0.012

Tab. 15.1_2 Caratterizzazione sorgente di potenziale contaminazione nelle acque di falda relativa al Pz25.

Piezometro	Data	Contaminante	CSC (ug/kg) Tab.2 D.Lgs 152/2006	CRS (mg/kg s.s.)
Pz25		Manganese	50	2100
Pz25		PCB	0.01	0.01

Tab. 15.1_3 Caratterizzazione sorgente di potenziale contaminazione nelle acque di falda relativa al Pz17.

Piezometro	Data	Contaminante	CSC (ug/kg) Tab.2 D.Lgs 152/2006	CRS (mg/kg s.s.)
Pz17		Manganese	50	1900
Pz17		PCB	0.01	0.43
Pz17		PCB	0.01	0.01

Si sottolinea che la campagna di analisi condotte nelle acque di falda relativa al Pz17 ha evidenziato una oscillazione dei livelli di contaminazione e dalle analisi effettuate in data 29/11/2021 è emerso un valore di PCB inferiore al limite di riferimento (csc tab. 2 del d.lgs 152/06).

Se tale condizione verrà confermata con un monitoraggio eseguito in contraddittorio con ARPA FVG potrebbe essere considerato non necessario un intervento di bonifica su tale matrice.

Qualora in seguito alle attività di pompaggio, i monitoraggi effettuati in accordo con gli Enti di controllo evidenziassero il permanere dei valori al di sopra delle CSR si potrebbe procedere con la progettazione di interventi specifici di bonifica della falda.

Per eseguire tale progettazione sarà necessario procedere con approfondimenti di indagini puntuali (installazione nuovi piezometri, esecuzione analisi chimiche sulle acque di falda). Considerazioni in merito alla tipologia di tecnologie applicabili potranno essere effettuate solamente a valle di queste ulteriori indagini.

15.2 – RECETTORI E PARAMETRI DI ESPOSIZIONE

Nella tabella seguente 15.2_1 si riportano i principali parametri utilizzati per la caratterizzazione dell'esposizione umana che sono stati estratti dai valori indicati dal Manuale ISPRA per il recettore uomo commerciale adulto.

Tab. 15.2_1 Principali parametri di input relativi all'esposizione umana: Parametri di Esposizione

Parametro	Recettore commerciale Adulto
Peso corporeo (kg)	70
Tempo medio di esposizione per le sostanze cancerogene (anni)	70
Durata esposizione (anni)	25
Frequenza esposizione (giorni/anno)	250
Tasso di ingestione di suolo (mg/giorno)	50
Superficie di pelle esposta (cm ²)	3300
Fattore di aderenza dermica del suolo (mg/cm ² /giorno)	0.2
Frequenza giornaliera di esposizione <i>outdoor ed indoor</i> (ore/giorno)	8
Inalazione <i>outdoor</i> (m ³ /ora)	2.5
Inalazione <i>indoor</i> (m ³ /ora)	0.9

15.3 – CARATTERIZZAZIONE DELLA SORGENTE DI POTENZIALE CONTAMINAZIONE

Di seguito vengono riportati i parametri di caratterizzazione sito-specifici relativamente a tutti e tre i prelievi di acqua di falda nei relativi piezometri (PzM5, Pz25 nella LN2A e Pz17 nella LN3A), che sono stati inseriti nel programma Risk-net 3.1. Per tutti i parametri non riportati di seguito sono stati considerati idonei i valori di default del programma.

AREA LN 2

SUB AREA LN2A_PzM5

I parametri del sito (caratteristiche geometriche, caratteristiche della zona insatura e satura, caratteristiche dell'ambiente outdoor e indoor) che sono stati considerati per l'AdR della sorgente acque per il **piezometro PzM5** sono le medesime precedentemente enunciate per la sub area M5 e riportate al precedente paragrafo 12.3 per l'AdR della sorgente terreni considerando la falda sia a -1.20 m, sia a -2.00 m rispetto al p.c.

AREA LN 2

SUB AREA LN2A_Pz25

I parametri del sito (caratteristiche geometriche, caratteristiche della zona insatura e satura, caratteristiche dell'ambiente outdoor e indoor) che sono stati considerati per l'AdR della sorgente acque per il **piezometro Pz25** sono le medesime della più vicina sub area **M1**.

Di seguito vengono riportati i parametri di caratterizzazione sito-specifici del campione M1 che sono stati inseriti nel programma Risk-net 3.1. Per tutti i parametri non riportati di seguito sono stati considerati idonei i valori di default del programma.

Le caratteristiche geometriche della sorgente terreni per il campione M1, considerando la falda a -1.20 m rispetto al p.c. sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Geometria area		m ²	4274.8 m ²
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	W	m	33.5
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	Sw	m	33.5
Altezza della zona di miscelazione in aria	∂air	m	2
Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	W'	m	122
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento	Sw'	m	122
Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	Ls, SS	m	0.8
Spessore della sorgente nel suolo superficiale insaturo	d	m	0.2
Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	Ls, SP	m	1
Spessore della sorgente nel suolo profondo insaturo	ds	m	0.2
Soggiacenza della falda dal p.c.	Lgw	m	1.2

Le caratteristiche geometriche della sorgente terreni per il campione M1, considerando la falda a -2.00 m rispetto al p.c. sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Geometria area		m ²	4274.8 m ²
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	W	m	33.5
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	Sw	m	33.5
Altezza della zona di miscelazione in aria	∂air	m	2
Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	W'	m	122
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento	Sw'	m	122
Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	Ls, SS	m	0.8
Spessore della sorgente nel suolo superficiale insaturo	d	m	0.2
Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	Ls, SP	m	1
Spessore della sorgente nel suolo profondo insaturo	ds	m	1
Soggiacenza della falda dal p.c.	Lgw	m	2

Le caratteristiche della zona insatura per il campione M1 per la sorgente terreni, considerando la falda a -1.20 m e a -2,00 m rispetto al p.c. sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Tessitura rappresentativa del suolo insaturo			Silt Loam
Densità del suolo	ρs	g/cm ³	1.85
pH			8
Frazione di carbonio organico-suolo superficiale	foc, SS	g/g	0.034
Frazione di carbonio organico-suolo profondo	foc, SP	g/g	0.0295
Piovosità media annua	P	cm/y	100.6

Le caratteristiche della zona satura per il campione M1 per la sorgente terreni considerando la falda a -1.20 m, sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Tessitura rappresentativa del suolo saturo			Sandy Loam
Spessore dell'acquifero	da	m	1.8
Distanza punto di conformità in falda	POC	m	33.5

Le caratteristiche della zona satura per il campione M1 per la sorgente terreni considerando la falda a -2.00 m, sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Tessitura rappresentativa del suolo saturo			Sandy Loam
Spessore dell'acquifero	da	m	1
Distanza punto di conformità in falda	POC	m	33.5

Le caratteristiche dell'ambiente outdoor per il campione M1 per la sorgente terreni suolo profondo, considerando la falda a -1.20 m e a -2,00 m rispetto al p.c. sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Velocità del vento misurata nella centralina meteo	Uair, sm	m/s	4.53
Dati meteo - Classe di stabilità atmosferica e tipologia area			Classe C - Rurale
Distanza recettore off-site	POC-ADF	m	110
Dispersione in atmosfera - Classe di stabilità atmosferica e tipologia area			Classe D - Rurale

Le caratteristiche dell'ambiente indoor per il campione M1 per la sorgente terreni suolo profondo, considerando la falda a -1.20 m e a -2,00 m rispetto al p.c. sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Profondità delle fondazioni dal p.c.	Z crack	m	0.3
Spessore delle fondazioni	L crack	m	0.3

Per lo scenario futuro dell'area è stata considerata la realizzazione di fabbricati ad uso industriale con posa in opera di una soletta in calcestruzzo pari a 30.0 cm.

Tali interventi permetterebbero quindi, l'interruzione dei percorsi relativi alla matrice suolo/sottosuolo impedendo di fatto l'infiltrazione delle acque meteoriche e la risalita dei vapori dal terreno contaminato.

AREA LN 3

SUB AREA LN3A_Pz17

I parametri del sito (caratteristiche geometriche, caratteristiche della zona insatura e satura, caratteristiche dell'ambiente outdoor e indoor) che sono stati considerati per l'AdR della sorgente acque per il **piezometro Pz17** sono le medesime della più vicina sub area **M8**.

Di seguito vengono riportati i parametri di caratterizzazione sito-specifici del campione M8 che sono stati inseriti nel programma Risk-net 3.1. Per tutti i parametri non riportati di seguito sono stati considerati idonei i valori di default del programma.

Le caratteristiche geometriche della sorgente terreni per il campione M8, considerando la falda a -1.20 m rispetto al p.c. sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Geometria area		m ²	9661.6 m ²
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	W	m	10.5
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	Sw	m	10.5
Altezza della zona di miscelazione in aria	∂air	m	2
Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	W'	m	257
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento	Sw'	m	257
Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	Ls, SS	m	0.8
Spessore della sorgente nel suolo superficiale insaturo	d	m	0.2
Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	Ls, SP	m	1
Spessore della sorgente nel suolo profondo insaturo	ds	m	0.2
Soggiacenza della falda dal p.c.	Lgw	m	1.2

Le caratteristiche geometriche della sorgente terreni per il campione M8, considerando la falda a -2.00 m rispetto al p.c. sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Geometria area		m ²	9661.6 m ²
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	W	m	10.5
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	Sw	m	10.5
Altezza della zona di miscelazione in aria	∂air	m	2
Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	W'	m	257
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento	Sw'	m	257
Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	Ls, SS	m	0.8
Spessore della sorgente nel suolo superficiale insaturo	d	m	0.2
Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	Ls, SP	m	1
Spessore della sorgente nel suolo profondo insaturo	ds	m	1
Soggiacenza della falda dal p.c.	Lgw	m	2

Le caratteristiche della zona insatura per il campione M8 per la sorgente terreni, considerando la falda a -1.20 m e a -2,00 m rispetto al p.c. sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Tessitura rappresentativa del suolo insaturo			Silt Loam
Densità del suolo	ρs	g/cm ³	1,85
pH			8
Frazione di carbonio organico-suolo superficiale	foc, SS	g/g	0,021
Frazione di carbonio organico-suolo profondo	foc, SP	g/g	0,017
Piovosità media annua	P	cm/y	100,6

Le caratteristiche della zona satura per il campione M8 per la sorgente terreni considerando la falda a -1.20 m, sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Tessitura rappresentativa del suolo saturo			Sandy Loam
Spessore dell'acquifero	da	m	1.8
Distanza punto di conformità in falda	POC	m	10.5

Le caratteristiche della zona satura per il campione M8 per la sorgente terreni considerando la falda a -2.00 m, sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Tessitura rappresentativa del suolo saturo			Sandy Loam
Spessore dell'acquifero	da	m	1
Distanza punto di conformità in falda	POC	m	10.5

Le caratteristiche dell'ambiente outdoor per il campione M8 per la sorgente terreni suolo profondo, considerando la falda a -1.20 m e a -2,00 m rispetto al p.c. sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Velocità del vento misurata nella centralina meteo	Uair, sm	m/s	4,53
Dati meteo - Classe di stabilità atmosferica e tipologia area			Classe C - Rurale
Distanza recettore off-site	POC-ADF	m	110
Dispersione in atmosfera - Classe di stabilità atmosferica e tipologia area			Classe D - Rurale

Le caratteristiche dell'ambiente indoor per il campione M8 per la sorgente terreni suolo profondo, considerando la falda a -1.20 m e a -2,00 m rispetto al p.c. sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore
Profondità delle fondazioni dal p.c.	Z crack	m	0,3
Spessore delle fondazioni	L crack	m	0,3

15.4 – MODELLO DI TRASPORTO E DESTINO DEGLI INQUINANTI

Percorsi sanitari attivi per la matrice falda (Fig 15.4_1):

- inalazione vapori outdoor per il recettore lavoratore on-site e off-site;
- inalazione vapori indoor per il recettore lavoratore on-site;
- protezione risorsa idrica (POC>0).



Fig. 15.4_1 Percorsi attivati per la simulazione eseguita nel presente documento relative alla matrice falda.

In aggiunta è stato verificato anche lo stato qualitativo al POC, modellizzando il calcolo delle concentrazioni massime attese nelle acque di falda dovute alla lisciviazione da terreni superficiali (Fig. 15.4_2) e profondi (Fig. 15.4_3) considerando la soggiacenza della falda rispettivamente a -1.20 m e a -2.00 m rispetto al p.c..



Fig. 15.4_2 Percorsi attivati per la simulazione eseguita nel presente documento relative alla lisciviazione in falda da SS.

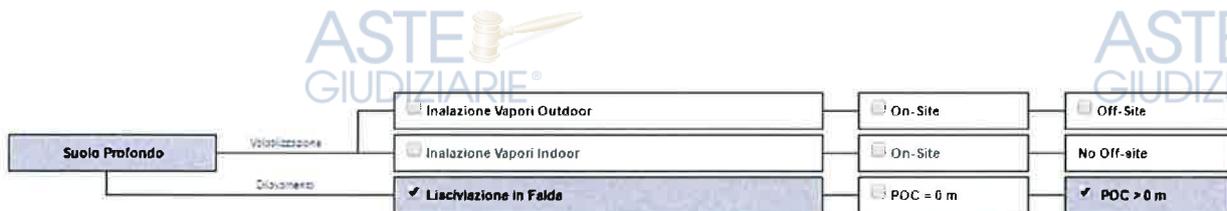


Fig. 15.4_3 Percorsi attivati per la simulazione eseguita nel presente documento relative alla lisciviazione in falda da SP.



15.5 – CALCOLO DEL RISCHIO E DELLE CSR

Si riporta di seguito il calcolo del rischio e delle CSR relative alla sorgente falda per il campione **PzM5 con la falda posta a -1.20 m** rispetto al piano di campagna.

Nella seguente tabella 15.5_1 si riporta un estratto dei file output del programma Risk-net 3.1.

Tab. 15.5_1 Valori di output del programma Risk-net 3.1 per il Rischio per il campione **PzM5 con la falda posta a -1.20 m** rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (ug/L)	R (Rischio cancerogeno)	HI (Rischio Tossicologico)	Rgw
Manganese	4.10e+3	-		7.76e+1
Ferro	3.40e+2	-		1.61e+0
Nichel	3.51e+1	-		1.66e+0
Benzo(g,h,i)perilene	1.20e+2	-	6.24e-10	1.14e+0
Cumulato outdoor (on-site)		-	6.24e-10	
Cumulato indoor (on-site)		-	2.40e-10	
Cumulato ingestione di acqua (on-site)		-		
Cumulato outdoor (off-site)		-	6.24e-10	
Cumulato indoor (off-site)		-	4.53e-10	
Cumulato ingestione di acqua (off-site)		-		
		-	ACCETTABILE	NON ACCETTABILE

Dall'esame della tabella relativa sopra riportata e dalle schermate relative del Software Risk-net 3.1 contenute nell'Allegato 10 è possibile notare che:

- per il recettore Uomo commerciale da inalazione di vapori in ambiente outdoor il rischio tossicologico è accettabile;
- per il recettore Falda il rischio per trasporto al POC ubicato in corrispondenza del PzM5 lungo la direzione di scorrimento della falda NON è ACCETTABILE.

Sulla base dei risultati sopra esposti si riportano di seguito le Concentrazioni Soglia di Rischio cumulate calcolate automaticamente dal programma Risk-net 3.1 (Tab 15.5_2).

Si ricorda che la CSRcum viene assunta pari al valore minimo tra le CSR calcolate per ciascun recettore e per ciascuna via di esposizione considerata.

Le CSR cumulate per il campione PzM5 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna sono riportate nella seguente tabella:

Tab 15.5_2 Concentrazioni Soglia di Rischio per il campione PzM5 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (ug/L)	CSRind (ug/L)	f	CSRcum (ug/L)	CSC (ug/L)	Sol (ug/L)	HI	Rgw
Manganese	4.10e+3	5.28e+1		5.28e+1	5.00e+1			1.00e+0
Ferro	3.40e+2	2.11e+2		2.11e+2	2.00e+2			1.00e+0
Nichel	3.51e+1	2.11e+1		2.11e+1	2.00e+1			1.00e+0
Benzo(g,h,i)perilene	1.20e-2	1.06e-2		1.06e-2	1.00e-2	2.60e-1	5.49e-10	1.00e+0
Cumulato outdoor (on-site)							5.49e-10	
Cumulato indoor (on-site)							2.12e-10	
Cumulato ingestione di acqua (on-site)								
Cumulato outdoor (off-site)							5.49e-10	
Cumulato indoor (off-site)							3.99e-10	
Cumulato ingestione di acqua (off-site)								

Il calcolo delle CSRcum conferma il rischio per la sorgente falda dovuta a Mn, Fe, Ni, e Benzo(g,h,i)perilene.

Nella tabella seguente (Tab 15.5_3) sono riepilogate le CSR calcolate per il PzM5 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna.

E' da considerare però che relativamente ai parametri Ferro e Manganese ARPA FVG ha condotto, nei comuni di Trieste e Muggia, diversi studi approfonditi e sistematici, che hanno rivelato concentrazioni anomale dovute a particolare situazioni di ossido-riduzione che si verificano nei terreni e nelle acque. Nei suddetti territori sono quindi stati individuati e definiti valori di fondo nelle acque sotterranee per i parametri Ferro e Manganese, fissati rispettivamente a 1900 ug/L e 3600 ug/L, approvati con CdS del 12/03/2012.

In definitiva quindi nel calcolo delle CSRcum ottenute dall'Analisi del Rischio deve considerarsi escluso il parametro Fe la cui CRS era risultata inferiore rispetto ai valori di fondo della Regione FVG (340 ug/L vs 1900 ug/L) ma non il Mn la cui CRS era risultata superiore anche rispetto ai valori di fondo della Regione FVG (4100 ug/L vs 3600 ug/L).

Tab. 15.5_3 Riepilogo CSR per il PzM5 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna.

Parametri	CRS (ug/L)	CSR (ug/L)
Nichel	35.1	2.11
Ferro	340	21.1
Manganese	4100	52.8
Benzo(g,h,i)perilene	0.012	0.0106

In definitiva quindi si evidenzia che le concentrazioni massime rilevate nel PzM5 con la falda posta a -1.20 m rispetto al p.c. evidenziate esclusivamente in rosso risultano superiori alle rispettive CSR calcolate, pertanto nell'area sono necessari interventi di bonifica e/o messa in sicurezza permanente delle acque.

Si riporta di seguito il calcolo del rischio e delle CSR relative alla sorgente falda per il campione **PzM5 con la falda posta a -2.00 m** rispetto al piano di campagna.

Nella seguente tabella 15.5_4 si riporta un estratto dei file output del programma Risk-net 3.1.

Tab. 15.5_4 Valori di output del programma Risk-net 3.1 per il Rischio per il campione **PzM5 con la falda posta a -2.00 m** rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (ug/L)	R (Rischio cancerogeno)	HI (Rischio Tossicologico)	Rgw
Manganese	4.10e+3	-		7.76e+1
Ferro	3.40e+2	-		1.61e+0
Nichel	3.51e+1	-		1.66e+0
Benzo(g,h,i)perilene	1.20e-2	-	4.50e-10	1.14e+0
Cumulato outdoor (on-site)		-	3.36e-10	
Cumulato indoor (on-site)		-	2.40e-10	
Cumulato ingestione di acqua (on-site)		-		
Cumulato outdoor (off-site)		-	3.36e-10	
Cumulato indoor (off-site)		-	4.50e-10	
Cumulato ingestione di acqua (off-site)		-		
		-	ACCETTABILE	NON ACCETTABILE

Dall'esame della tabella relativa sopra riportata e dalle schermate relative del Software Risk-net 3. contenute nell'Allegato 10 è possibile notare che:

- per il recettore Uomo commerciale da inalazione di vapori in ambiente outdoor il rischio tossicologico è accettabile;
- per il recettore Falda il rischio per trasporto al POC ubicato in corrispondenza del PzM5 lungo la direzione di scorrimento della falda NON è ACCETTABILE.

Sulla base dei risultati sopra esposti si riportano di seguito le Concentrazioni Soglia di Rischio cumulate calcolate automaticamente dal programma Risk-net 3.1 (Tab 15.5_5).

Si ricorda che la CSRcum viene assunta pari al valore minimo tra le CSR calcolate per ciascun recettore e per ciascuna via di esposizione considerata.

Le CSR cumulate per il campione PzM5 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna sono riportate nella seguente tabella:

Tab 15.5_5 Concentrazioni Soglia di Rischio per il campione PzM5 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (ug/L)	CSRind (ug/L)	f	CSRcum (ug/L)	CSC (ug/L)	Sol (ug/L)	HI	Rgw
Manganese	4.10e+3	5.28e+1		5.28e+1	5.00e+1			1.00e+0
Ferro	3.40e+2	2.11e+2		2.11e+2	2.00e+2			1.00e+0
Nichel	3.51e+1	2.11e+1		2.11e+1	2.00e+1			1.00e+0
Benzo(g,h,i)perilene	1.20e-2	1.06e-2		1.06e-2	1.00e-2	2.60e-1	3.96e-10	1.00e+0
Cumulato outdoor (on-site)							2.95e-10	
Cumulato indoor (on-site)							2.11e-10	
Cumulato ingestione di acqua (on-site)								
Cumulato outdoor (off-site)							2.95e-10	
Cumulato indoor (off-site)							3.96e-10	
Cumulato ingestione di acqua (off-site)								

Il calcolo delle CSRcum conferma il rischio per la sorgente falda dovuta a Mn, Fe, Ni, e Benzo(g,h,i)perilene.

Nella tabella seguente (Tab 15.5_6) sono riepilogate le CSR calcolate per il PzM5 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna.

E' da considerare però che relativamente ai parametri Ferro e Manganese ARPA FVG ha condotto, nei comuni di Trieste e Muggia, diversi studi approfonditi e sistematici, che hanno rivelato concentrazioni anomale dovute a particolari situazioni di ossido-riduzione che si verificano nei terreni e nelle acque. Nei suddetti territori sono quindi stati individuati e definiti valori di fondo nelle acque sotterranee per i parametri Ferro e Manganese, fissati rispettivamente a 1900 ug/L e 3600 ug/L, approvati con CdS del 12/03/2012.

In definitiva quindi nel calcolo delle CSRcum ottenute dall'Analisi del Rischio deve considerarsi escluso il parametro Fe la cui CRS era risultata inferiore rispetto ai valori di fondo della Regione FVG (340 ug/L vs 1900 ug/L) ma non il Mn la cui CRS era risultata superiore anche rispetto ai valori di fondo della Regione FVG (4100 ug/L vs 3600 ug/L).

Tab. 15.5_6 Riepilogo CSR per il PzM5 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna.

Parametri	CRS (ug/L)	CSR (ug/L)
Nichel	35.1	2.11
Ferro	340	21.1
Manganese	4100	52.8
Benzo(g,h,i)perilene	0.012	0.0106

In definitiva quindi si evidenzia che le concentrazioni massime rilevate nel PzM5 con la falda posta a -2.00 m rispetto al p.c. evidenziate esclusivamente in rosso risultano superiori alle rispettive CSR calcolate, pertanto nell'area sono necessari interventi di bonifica e/o messa in sicurezza permanente per le acque.

Si riporta di seguito il calcolo del rischio e delle CSR relative alla sorgente falda per il campione **Pz25 con la falda posta a -1.20 m** rispetto al piano di campagna.

Nella seguente tabella 15.5_7 si riporta un estratto dei file output del programma Risk-net 3.1.

Tab. 15.5_7 Valori di output del programma Risk-net 3.1 per il Rischio per il campione **Pz25 con la falda posta a -1.20 m** rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (ug/L)	R (Rischio Cancerogeno)	HI (Rischio Tossicologico)	Rgw
Manganese	2.10e+3	-	-	3.98e+1
PCB	1.00e-2	5.85e-11	-	9.48e-1
Cumulato <i>outdoor</i> (on-site)		4.04e-13	-	
Cumulato <i>indoor</i> (on-site)		4.91e-11	-	
Cumulato ingestione di acqua (on-site)			-	
Cumulato <i>outdoor</i> (off-site)		1.81e-13	-	
Cumulato <i>indoor</i> (off-site)		5.85e-11	-	
Cumulato ingestione di acqua (off-site)			-	
		ACCETTABILE	-	NON ACCETTABILE

Dall'esame della tabella relativa sopra riportata e dalle schermate relative del Software Risk-net 3.1 contenute nell'Allegato 10 è possibile notare che:

- per il recettore Uomo commerciale da inalazione di vapori in ambiente outdoor il rischio cancerogeno è accettabile;
- per il recettore Falda il rischio per trasporto al POC ubicato al confine del sito lungo la direzione di scorrimento della falda NON è ACCETTABILE.

Sulla base dei risultati sopra esposti si riportano di seguito le Concentrazioni Soglia di Rischio cumulate calcolate automaticamente dal programma Risk-net 3.1 (Tab 15.5_8).

Si ricorda che la CSR_{cum} viene assunta pari al valore minimo tra le CSR calcolate per ciascun recettore e per ciascuna via di esposizione considerata.

Le CSR cumulate per il campione Pz25 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna sono riportate nella seguente tabella:

Tab 15.5_8 Concentrazioni Soglia di Rischio per il campione Pz25 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (ug/L)	CSRind (ug/L)	f	CSRcum (ug/L)	CSC (ug/L)	Sol (ug/L)	R	Rgw
Manganese	2.10e+3	5.28e+1		5.28e+1	5.00e+1			1.00e+0
PCB	1.00e-2	1.06e-2		1.06e-2	1.00e-2	7.00e+2	6.17e-11	1.00e+0
Cumulato outdoor (on-site)							4.27e-13	
Cumulato indoor (on-site)							5.18e-11	
Cumulato ingestione di acqua (on-site)								
Cumulato outdoor (off-site)							1.91e-13	
Cumulato indoor (off-site)							6.17e-11	
Cumulato ingestione di acqua (off-site)								

Il calcolo delle CSRcum conferma il rischio per la sorgente falda dovuta al Mn mentre annulla il rischio dovuto ai PCB totali per la CRS rilevata pari alle CSC.

Nella tabella seguente (Tab 15.5_9) sono riepilogate le CSR calcolate per il Pz25 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna.

E' da considerare però che relativamente al parametro Manganese ARPA FVG ha condotto, nei comuni di Trieste e Muggia, diversi studi approfonditi e sistematici, che hanno rivelato concentrazioni anomale dovute a particolare situazioni di ossido-riduzione che si verificano nei terreni e nelle acque. Nei suddetti territori sono quindi stati individuati e definiti valori di fondo nelle acque sotterranee per il parametro Manganese, fissati a 3600 ug/L, approvati con CdS del 12/03/2012.

In definitiva quindi nel calcolo delle CSRcum ottenute dall'Analisi del Rischio deve considerarsi escluso il parametro Mn la cui CRS era risultata inferiore rispetto ai valori di fondo della Regione FVG (2100 ug/L vs 3600 ug/L).

Tab. 15.5_9 Riepilogo CSR per il Pz25 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna.

Parametri	CRS (ug/L)	CSR (ug/L)
Manganese	2100	52.8
PCB	0.01	0.01

In definitiva quindi si evidenzia che le concentrazioni massime rilevate nel Pz25 con la falda posta a -1.20 m rispetto al p.c. risultano accettabili per il parametro Mn e uguali alle rispettive CSR calcolate per il parametro PCB, pertanto nell'area NON SARANNO NECESSARI interventi di bonifica e/o messa in sicurezza permanente per le acque.

Si riporta di seguito il calcolo del rischio e delle CSR relative alla sorgente falda per il campione **Pz25 con la falda posta a -2.00 m** rispetto al piano di campagna.

Nella seguente tabella 15.5_10 si riporta un estratto dei file output del programma Risk-net 3.1.

Tab. 15.5_10 Valori di output del programma Risk-net 3.1 per il Rischio per il campione **Pz25** con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (ug/L)	R (Rischio Cancerogeno)	HI (Rischio Tossicologico)	Rgw
Manganese	2.10e+3		-	3.98e+1
PCB	1.00e-2	4.69e-11	-	9.48e-1
Cumulato outdoor (on-site)		2.90e-13	-	
Cumulato indoor (on-site)		4.13e-11	-	
Cumulato ingestione di acqua (on-site)			-	
Cumulato outdoor (off-site)		1.30e-13	-	
Cumulato indoor (off-site)		4.69e-11	-	
Cumulato ingestione di acqua (off-site)			-	
		ACCETTABILE	-	NON ACCETTABILE

Dall'esame della tabella relativa sopra riportata e dalle schermate relative del Software Risk-net 3. contenute nell'Allegato 10 è possibile notare che:

- per il recettore Uomo commerciale da inalazione di vapori in ambiente outdoor il rischio cancerogeno è accettabile;
- per il recettore Falda il rischio per trasporto al POC ubicato al confine del sito lungo la direzione di scorrimento della falda NON è ACCETTABILE.

Sulla base dei risultati sopra esposti si riportano di seguito le Concentrazioni Soglia di Rischio cumulate calcolate automaticamente dal programma Risk-net 3.1 (Tab 15.5_11).

Si ricorda che la CSR_{cum} viene assunta pari al valore minimo tra le CSR calcolate per ciascun recettore e per ciascuna via di esposizione considerata.

Le CSR cumulate per il campione Pz25 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna sono riportate nella seguente tabella:

Tab 15.5_11 Concentrazioni Soglia di Rischio per il campione Pz25 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (ug/L)	CSRind (ug/L)	f	CSR _{cum} (ug/L)	CSC (ug/L)	Sol (ug/L)	R	Rgw
Manganese	2.10e+3	5.28e+1		5.28e+1	5.00e+1			1.00e+0
PCB	1.00e-2	1.06e-2		1.06e-2	1.00e-2	7.00e+2	4.94e-11	1.00e+0
Cumulato outdoor (on-site)							3.07e-13	
Cumulato indoor (on-site)							4.36e-11	
Cumulato ingestione di acqua (on-site)								
Cumulato outdoor (off-site)							1.37e-13	
Cumulato indoor (off-site)							4.94e-11	
Cumulato ingestione di acqua (off-site)								

Il calcolo delle CSR_{cum} conferma il rischio per la sorgente falda dovuta al Mn mentre annulla il rischio dovuto ai PCB totali per la CRS rilevata pari alle CSC.

Nella tabella seguente (Tab 15.5_12) sono riepilogate le CSR calcolate per il Pz25 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna.

E' da considerare però che relativamente al parametro Manganese ARPA FVG ha condotto, nei comuni di Trieste e Muggia, diversi studi approfonditi e sistematici, che hanno rivelato concentrazioni anomale dovute a particolare situazioni di ossido-riduzione che si verificano nei terreni e nelle acque. Nei suddetti territori sono quindi stati individuati e definiti valori di fondo nelle acque sotterranee per il parametro Manganese, fissati a 3600 ug/L, approvati con CdS del 12/03/2012.

In definitiva quindi nel calcolo delle CSR_{cum} ottenute dall'Analisi del Rischio deve considerarsi escluso il parametro Mn la cui CRS era risultata inferiore rispetto ai valori di fondo della Regione FVG (2100 ug/L vs 3600 ug/L).

Tab. 15.5_12 Riepilogo CSR per il Pz25 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna.

Parametri	CRS (ug/L)	CSR (ug/L)
Manganese	2100	52.8
PCB	0.01	0.01

In definitiva quindi si evidenzia che le concentrazioni massime rilevate nel Pz25 con la falda posta a -2.00 m rispetto al p.c. risultano accettabili per il parametro Mn e uguali alle rispettive CSR calcolate per il parametro PCB, pertanto nell'area NON SARANNO NECESSARI interventi di bonifica e/o messa in sicurezza permanente per le acque.

Si riporta di seguito il calcolo del rischio e delle CSR relative alla sorgente falda per il campione **Pz17 con la falda posta a -1.20 m** rispetto al piano di campagna.

In considerazione del fatto che per la matrice acque di falda era stato determinato in data 14/10/2021 il superamento dei limiti per le CSC fissate nella Tab. 2 dal D.Lgs 152/2006 per il recettore uomo commerciale per il parametro PCB, risultato pari a 0,43 ug/L ($CSC_{PCB} = 0.01 \text{ ug/L}$), ed essendo noto che la concentrazione di PCB nelle acque di falda può avere oscillazioni nel tempo, le analisi chimiche sono state ripetute anche in data 29/11/2021 il per questo parametro. I valori ripetuti mediante analisi chimica di tale parametro sono risultati essere inferiori al limite di determinazione strumentale ($LOD < 0.01$).

Per verificare la possibile problematica registrata in data 14/10/2021 per il parametro PCB, è stata eseguita comunque l'Analisi del Rischio tenendo in considerazione la concentrazione massima registrata tra le due campagne di monitoraggio (0.43 ug/L) e i 2 possibili scenari di falda, a -1.20 m e -2.00 m dal piano di campagna. L'AdR è stata modellizzata sia per la concentrazione massima registrata nel Pz17 (0.43 ug/L) sia per la minima (0.01 ug/L).

In aggiunta nel Pz17 essendo nota nell'immediata prossimità della presenza pregressa di contenitori per lo stoccaggio di benzine, sono stati valutati anche i parametri MTBE e ETBE, i quali però hanno registrato concentrazioni inferiori al limite per le CSC fissate nella Tab. 2 dal D.Lgs 152/2006 per il recettore uomo commerciale. In dettaglio la concentrazioni rilevata per l'MTBE è risultata essere pari a 3.01 ug/L ($CSC_{MTBE} = 40 \text{ ug/L}$) mentre quella dell'ETBE è risultata essere pari a 4.9 ug/L ($CSC_{ETBE} = 40 \text{ ug/L}$).

Si riporta di seguito il calcolo del rischio e delle CSR relative alla sorgente falda per il campione **Pz17 con la falda posta a -1.20 m** rispetto al p.c. **considerando la concentrazione minima di PCB registrata (0.01 ug/L).**

Nella seguente tabella 15.5_13 si riporta un estratto dei file output del programma Risk-net 3.1.

Tab. 15.5_13 Valori di output del programma Risk-net 3.1 per il Rischio per il campione Pz17 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna considerando la concentrazione minima di PCB registrata (0.01 ug/L).

Parametro	CRS (ug/L)	R (Rischio Cancerogeno)	HI (Rischio Tossicologico)	Rgw
Manganese	1.90e+3		-	2.87e+1
PCB	1.00e-2	4.91e-11	-	7.56e-1
Cumulato outdoor (on-site)		2.62e-12	-	
Cumulato indoor (on-site)		4.91e-11	-	
Cumulato ingestione di acqua (on-site)			-	
Cumulato outdoor (off-site)		2.62e-12	-	
Cumulato indoor (off-site)		4.67e-11	-	
Cumulato ingestione di acqua (off-site)			-	
		ACCETTABILE	-	NON ACCETTABILE

Dall'esame della tabella relativa sopra riportata e dalle schermate relative del Software Risk-net 3. contenute nell'Allegato 10 è possibile notare che:

- per il recettore Uomo commerciale da inalazione di vapori in ambiente outdoor il rischio cancerogeno è accettabile;
- per il recettore Falda il rischio per trasporto al POC ubicato al confine del sito lungo la direzione di scorrimento della falda NON è ACCETTABILE.

Sulla base dei risultati sopra esposti si riportano di seguito le Concentrazioni Soglia di Rischio cumulate calcolate automaticamente dal programma Risk-net 3.1 (Tab 15.5_14).

Si ricorda che la CSRcum viene assunta pari al valore minimo tra le CSR calcolate per ciascun recettore e per ciascuna via di esposizione considerata.

Le CSR cumulate per il campione Pz17 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna considerando la concentrazione minima di PCB registrata (0.01 ug/L), sono riportate nella seguente tabella:

Tab 15.5_14 Concentrazioni Soglia di Rischio per il campione Pz17 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (ug/L)	CSRind (ug/L)	f	CSRcum (ug/L)	CSC (ug/L)	Sol (ug/L)	R	Rgw
Manganese	1.90e+3	6.61e+1		6.61e+1	5.00e+1			1.00e+0
PCB	1.00e-2	1.32e-2		1.32e-2	1.00e-2	7.00e+2	6.49e-11	1.00e+0
Cumulato outdoor (on-site)							3.46e-12	
Cumulato indoor (on-site)							6.49e-11	
Cumulato ingestione di acqua (on-site)								
Cumulato outdoor (off-site)							3.46e-12	
Cumulato indoor (off-site)							6.17e-11	
Cumulato ingestione di acqua (off-site)								

Il calcolo delle CSRcum conferma il rischio per la sorgente falda dovuta al Mn mentre annulla il rischio dovuta ai PCB totali per la CRS rilevata pari alle CSC.

Nella tabella seguente (Tab 15.5_15) sono riepilogate le CSR calcolate per il Pz17 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna considerando la concentrazione minima di PCB registrata (0.01 ug/L).

E' da considerare però che relativamente al parametro Manganese ARPA FVG ha condotto, nei comuni di Trieste e Muggia, diversi studi approfonditi e sistematici, che hanno rivelato concentrazioni anomale dovute a particolare situazioni di ossido-riduzione che si verificano nei terreni e nelle acque. Nei suddetti territori sono quindi stati individuati e definiti valori di fondo nelle acque sotterranee per il parametro Manganese, fissati a 3600 ug/L, approvati con CdS del 12/03/2012.

In definitiva quindi nel calcolo delle CSRcum ottenute dall'Analisi del Rischio deve considerarsi escluso il parametro Mn la cui CRS era risultata inferiore rispetto ai valori di fondo della Regione FVG (1900 ug/L vs 3600 ug/L).

Tab. 15.5_15 Riepilogo CSR per il Pz17 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna.

Parametri	CRS (ug/L)	CSR (ug/L)
Manganese	1900	66.1
PCB	0.01	0.01

In definitiva quindi si evidenzia che le concentrazioni massime rilevate nel Pz25 con la falda posta a -1.20 m rispetto al p.c. risultano accettabili per il parametro Mn e uguali alle rispettive CSR calcolate per il parametro PCB se si considera la concentrazione minima registrata, pertanto nell'area NON SARANNO NECESSARI interventi di bonifica e/o messa in sicurezza permanente per le acque.

Si riporta di seguito il calcolo del rischio e delle CSR relative alla sorgente falda per il campione Pz17 con la falda posta a -2.00 m rispetto al p.c. considerando la concentrazione minima di PCB registrata (0.01 ug/L).

Nella seguente tabella 15.5_16 si riporta un estratto dei file output del programma Risk-net 3.1.

Tab. 15.5_16 Valori di output del programma Risk-net 3.1 per il Rischio per il campione Pz17 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna considerando la concentrazione minima di PCB registrata (0.01 ug/L).

Parametro	CRS (ug/L)	R (Rischio Cancerogeno)	HI (Rischio Tossicologico)	Rgw
Manganese	1.90e+3		-	3.60e+1
PCB	1.00e-2	4.68e-11	-	9.47e-1
Cumulato outdoor (on-site)		1.88e-12	-	
Cumulato indoor (on-site)		4.13e-11	-	
Cumulato ingestione di acqua (on-site)			-	
Cumulato outdoor (off-site)		1.88e-12	-	
Cumulato indoor (off-site)		4.68e-11	-	
Cumulato ingestione di acqua (off-site)			-	
		ACCETTABILE	-	NON ACCETTABILE

Dall'esame della tabella relativa sopra riportata e dalle schermate relative del Software Risk-net 3.1 contenute nell'Allegato 10 è possibile notare che:

- per il recettore Uomo commerciale da inalazione di vapori in ambiente outdoor il rischio cancerogeno è accettabile;
- per il recettore Falda il rischio per trasporto al POC ubicato al confine del sito lungo la direzione di scorrimento della falda NON è ACCETTABILE.

Sulla base dei risultati sopra esposti si riportano di seguito le Concentrazioni Soglia di Rischio cumulate calcolate automaticamente dal programma Risk-net 3.1 (Tab 15.5_17).

Si ricorda che la CSRcum viene assunta pari al valore minimo tra le CSR calcolate per ciascun recettore e per ciascuna via di esposizione considerata.

Le CSR cumulate per il campione Pz17 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna considerando la concentrazione minima di PCB registrata (0.01 ug/L), sono riportate nella seguente tabella:

Tab 15.5_17 Concentrazioni Soglia di Rischio per il campione Pz17 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (ug/L)	CSRind (ug/L)	f	CSRcum (ug/L)	CSC (ug/L)	Sol (ug/L)	R	Rgw
Manganese	1.90e+3	5.28e+1		5.28e+1	5.00e+1			1.00e+0
PCB	1.00e-2	1.06e-2		1.06e-2	1.00e-2	7.00e+2	4.94e-11	1.00e+0
Cumulato outdoor (on-site)							1.98e-12	
Cumulato indoor (on-site)							4.37e-11	
Cumulato ingestione di acqua (on-site)								
Cumulato outdoor (off-site)							1.98e-12	
Cumulato indoor (off-site)							4.94e-11	
Cumulato ingestione di acqua (off-site)								

Il calcolo delle CSRcum conferma il rischio per la sorgente falda dovuta al Mn mentre annulla il rischio dovuta ai PCB totali per la CRS rilevata pari alle CSC.

Nella tabella seguente (Tab 15.5_18) sono riepilogate le CSR calcolate per il Pz17 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna considerando la concentrazione minima di PCB registrata (0.01 ug/L).

E' da considerare però che relativamente al parametro Manganese ARPA FVG ha condotto, nei comuni di Trieste e Muggia, diversi studi approfonditi e sistematici, che hanno rivelato concentrazioni anomale dovute a particolare situazioni di ossido-riduzione che si verificano nei terreni e nelle acque. Nei suddetti territori sono quindi stati individuati e definiti valori di fondo nelle acque sotterranee per il parametro Manganese, fissati a 3600 ug/L, approvati con CdS del 12/03/2012.

In definitiva quindi nel calcolo delle CSRcum ottenute dall'Analisi del Rischio deve considerarsi escluso il parametro Mn la cui CRS era risultata inferiore rispetto ai valori di fondo della Regione FVG (1900 ug/L vs 3600 ug/L).

Tab. 15.5_18 Riepilogo CSR per il Pz17 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna.

Parametri	CRS (ug/L)	CSR (ug/L)
Manganese	1900	52.8
PCB	0.01	0.01

In definitiva quindi si evidenzia che le concentrazioni massime rilevate nel Pz17 con la falda posta a -2.00 m rispetto al p.c. risultano accettabili per il parametro Mn e uguali alle rispettive CSR calcolate per il parametro PCB se si considera la concentrazione minima registrata, pertanto nell'area **NON SARANNO NECESSARI interventi di bonifica e/o messa in sicurezza permanente per le acque.**



Si riporta di seguito il calcolo del rischio e delle CSR relative alla sorgente falda per il campione **Pz17 con la falda posta a -1.20 m** rispetto al p.c. **considerando la concentrazione massima di PCB registrata (0.43 ug/L).**

Nella seguente tabella 15.5_19 si riporta un estratto dei file output del programma Risk-net 3.1.

Tab. 15.5_19 Valori di output del programma Risk-net 3.1 per il Rischio per il campione Pz17 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna considerando la concentrazione massima di PCB registrata (0.43 ug/L).

Parametro	CRS (ug/L)	R (Rischio Cancerogeno)	HI (Rischio Tossicologico)	Rgw
Manganese	1.90e+3		-	2.87e+1
PCB	4.30e-1	2.11e-9	-	3.25e+1
Cumulato outdoor (on-site)		1.13e-10	-	
Cumulato indoor (on-site)		2.11e-9	-	
Cumulato ingestione di acqua (on-site)			-	
Cumulato outdoor (off-site)		1.13e-10	-	
Cumulato indoor (off-site)		2.01e-9	-	
Cumulato ingestione di acqua (off-site)			-	
		ACCETTABILE	-	NON ACCETTABILE

Dall'esame della tabella relativa sopra riportata e dalle schermate relative del Software Risk-net 3. contenute nell'Allegato 10 è possibile notare che:

- per il recettore Uomo commerciale da inalazione di vapori in ambiente outdoor il rischio cancerogeno è accettabile;
- per il recettore Falda il rischio per trasporto al POC ubicato al confine del sito lungo la direzione di scorrimento della falda NON è ACCETTABILE.

Sulla base dei risultati sopra esposti si riportano di seguito le Concentrazioni Soglia di Rischio cumulate calcolate automaticamente dal programma Risk-net 3.1 (Tab 15.5_20).

Si ricorda che la CSRcum viene assunta pari al valore minimo tra le CSR calcolate per ciascun recettore e per ciascuna via di esposizione considerata.

Le CSR cumulate per il campione Pz17 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna considerando la concentrazione massima di PCB registrata (0.43 ug/L), sono riportate nella seguente tabella:

Tab 15.5_20 Concentrazioni Soglia di Rischio per il campione Pz17 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (ug/L)	CSRind (ug/L)	f	CSRcum (ug/L)	CSC (ug/L)	Sol (ug/L)	R	Rgw
Manganese	1.90e+3	6.61e+1		6.61e+1	5.00e+1			1.00e+0
PCB	4.30e-1	1.32e-2		1.32e-2	1.00e-2	7.00e+2	6.49e-11	1.00e+0
Cumulato outdoor (on-site)							3.46e-12	
Cumulato indoor (on-site)							6.49e-11	
Cumulato ingestione di acqua (on-site)								
Cumulato outdoor (off-site)							3.46e-12	
Cumulato indoor (off-site)							6.17e-11	
Cumulato ingestione di acqua (off-site)								

Il calcolo delle CSRcum conferma il rischio per la sorgente falda dovuta al Mn e ai PCB.

Nella tabella seguente (Tab 15.5_21) sono riepilogate le CSR calcolate per il Pz17 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna considerando la concentrazione massima di PCB registrata (0.43 ug/L).

E' da considerare però che relativamente al parametro Manganese ARPA FVG ha condotto, nei comuni di Trieste e Muggia, diversi studi approfonditi e sistematici, che hanno rivelato concentrazioni anomale dovute a particolare situazioni di ossido-riduzione che si verificano nei terreni e nelle acque. Nei suddetti territori sono quindi stati individuati e definiti valori di fondo nelle acque sotterranee per il parametro Manganese, fissati a 3600 ug/L, approvati con CdS del 12/03/2012.

In definitiva quindi nel calcolo delle CSRcum ottenute dall'Analisi del Rischio deve considerarsi escluso il parametro Mn la cui CRS era risultata inferiore rispetto ai valori di fondo della Regione FVG (1900 ug/L vs 3600 ug/L).

Tab. 15.5_21 Riepilogo CSR per il Pz17 con la falda posta a -1.20 m rispetto al piano di campagna.

Parametri	CRS (ug/L)	CSR (ug/L)
Manganese	1900	66.1
PCB	0.43	0.0132

In definitiva quindi si evidenzia che le concentrazioni massime rilevate nel Pz17 con la falda posta a -1.20 m rispetto al p.c. risultano accettabili per il parametro Mn.

Al contrario, relativamente al parametro PCB, evidenziato in rosso, le concentrazioni massime rilevate nel Pz25 con la falda posta a -1.20 m rispetto al p.c. risultano superiori alle rispettive CSR calcolate, pertanto NELL'AREA SONO NECESSARI INTERVENTI DI BONIFICA E/O MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE PER LE ACQUE.

Si riporta di seguito il calcolo del rischio e delle CSR relative alla sorgente falda per il campione **Pz17 con la falda posta a -2.00 m** rispetto al p.c. considerando la concentrazione massima di PCB registrata (0.43 ug/L).

Nella seguente tabella 15.5_22 si riporta un estratto dei file output del programma Risk-net 3.1.

Tab. 15.5_22 Valori di output del programma Risk-net 3.1 per il Rischio per il campione Pz17 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna considerando la concentrazione massima di PCB registrata (0.43 ug/L).

Parametro	CSR (ug/L)	R (Rischio Cancerogeno)	HI (Rischio Tossicologico)	Rgw
Manganese	1.90e+3		-	3.60e+1
PCB	4.30e-1	2.01e-9	-	4.07e+1
Cumulato outdoor (on-site)		8.08e-11	-	
Cumulato indoor (on-site)		1.78e-9	-	
Cumulato ingestione di acqua (on-site)			-	
Cumulato outdoor (off-site)		8.08e-11	-	
Cumulato indoor (off-site)		2.01e-9	-	
Cumulato ingestione di acqua (off-site)			-	
		ACCETTABILE	-	NON ACCETTABILE

Dall'esame della tabella relativa sopra riportata e dalle schermate relative del Software Risk-net 3. . contenute nell'Allegato 10 è possibile notare che:

- per il recettore Uomo commerciale da inalazione di vapori in ambiente outdoor il rischio cancerogeno è accettabile;
- per il recettore Falda il rischio per trasporto al POC ubicato al confine del sito lungo la direzione di scorrimento della falda NON è ACCETTABILE.

Sulla base dei risultati sopra esposti si riportano di seguito le Concentrazioni Soglia di Rischio cumulate calcolate automaticamente dal programma Risk-net 3.1 (Tab 15.5_23).

Si ricorda che la CSRcum viene assunta pari al valore minimo tra le CSR calcolate per ciascun recettore e per ciascuna via di esposizione considerata.

Le CSR cumulate per il campione Pz17 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna considerando la concentrazione massima di PCB registrata (0.43 ug/L), sono riportate nella seguente tabella:

Tab 15.5_23 Concentrazioni Soglia di Rischio per il campione Pz17 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna.

Parametro	CRS (ug/L)	CSRind (ug/L)	f	CSRcum (ug/L)	CSC (ug/L)	Sol (ug/L)	R	Rgw
Manganese	1.90e+3	5.28e+1		5.28e+1	5.00e+1			1.00e+0
PCB	4.30e-1	1.06e-2		1.06e-2	1.00e-2	7.00e+2	4.94e-11	1.00e+0
Cumulato outdoor (on-site)							1.98e-12	
Cumulato indoor (on-site)							4.37e-11	
Cumulato ingestione di acqua (on-site)								
Cumulato outdoor (off-site)							1.98e-12	
Cumulato indoor (off-site)							4.94e-11	
Cumulato ingestione di acqua (off-site)								

Il calcolo delle CSRcum conferma il rischio per la sorgente falda dovuta al Mn e ai PCB.

Nella tabella seguente (Tab 15.5_24) sono riepilogate le CSR calcolate per il Pz17 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna considerando la concentrazione massima di PCB registrata (0.43 ug/L).

E' da considerare però che relativamente al parametro Manganese ARPA FVG ha condotto, nei comuni di Trieste e Muggia, diversi studi approfonditi e sistematici, che hanno rivelato concentrazioni anomale dovute a particolare situazioni di ossido-riduzione che si verificano nei terreni e nelle acque.

Nei suddetti territori sono quindi stati individuati e definiti valori di fondo nelle acque sotterranee per il parametro Manganese, fissati a 3600 ug/L, approvati con CdS del 12/03/2012.

In definitiva quindi nel calcolo delle CSRcum ottenute dall'Analisi del Rischio deve considerarsi escluso il parametro Mn la cui CRS era risultata inferiore rispetto ai valori di fondo della Regione FVG (1900 ug/L vs 3600 ug/L).

Tab. 15.5_24 Riepilogo CSR per il Pz17 con la falda posta a -2.00 m rispetto al piano di campagna.

Parametri	CRS (ug/L)	CSR (ug/L)
Manganese	1900	52.8
PCB	0.43	0.0106

In definitiva quindi si evidenzia che le concentrazioni massime rilevate nel Pz17 con la falda posta a -2.00 m rispetto al p.c. risultano accettabili per il parametro Mn. Al contrario, **relativamente al parametro PCB, evidenziato in rosso, le concentrazioni massime rilevate nel Pz17 con la falda posta a -2.00 m rispetto al p.c. risultano superiori alle rispettive CSR calcolate, pertanto NELL'AREA SONO NECESSARI INTERVENTI DI BONIFICA E/O MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE PER LE ACQUE.**

In conclusione quindi è possibile affermare che sulla base dei risultati sopra esposti saranno necessari interventi di bonifica e/o messa in sicurezza permanente per le acque nel PzM5 (LN2A) e nel Pz17 (LN3A) ma NON nel Pz25 (LN2A) (Fig. 15.5_1).

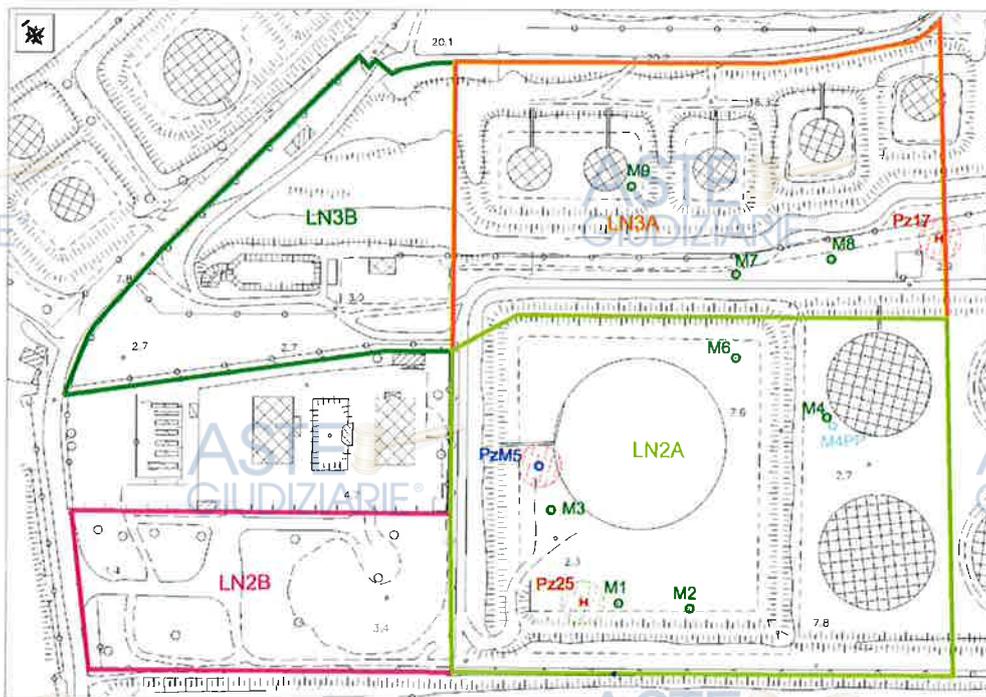


Fig. 15.5_1: Piezometri relativi alla LN2A e alla LN3A.

In rosso sono evidenziati i piezometri Pz17 e PzM5 dove saranno necessari interventi di bonifica e/o messa in sicurezza permanente. In verde è evidenziato il piezometro Pz25 per il quale è possibile richiedere la chiusura del procedimento in quanto risultato conforme.

Verifica dello stato qualitativo del Punto di Conformità

Per l'area in esame sono stati individuati a seconda dei piezometri PzM5 (LN2A), Pz25 (LN2A) e Pz17 (LN3A), i Punti di Conformità (POC) sulla base della direzione prevalente del flusso idrico.

In dettaglio:

- il POC per il PzM5 (LN2A) è stato considerato a 68 m, pari alla distanza tra PzM5 e Pz25 che corrisponde al punto di conformità più vicino per le acque sotterranee.
- il POC per il Pz25 (LN2A) è stato considerato a 37 m, pari alla distanza tra Pz25 e il confine della proprietà.
- il POC per il Pz17 (LN3A) è stato considerato a 10.5 m, pari alla distanza tra Pz17 e il confine della proprietà.

Per la verifica dello stato qualitativo dei POC è stato eseguito il calcolo delle concentrazioni massime attese nelle acque di falda dovute alla lisciviazione da terreni superficiali e profondi.

Nella seguente tabella sono riportati i risultati delle simulazioni per la matrice terreno suolo superficiale per il campione **SS M5-1** modellizzando la soggiacenza della falda a -1.20 m rispetto al p.c. (Tab. 15.5_25).

Tab. 15.5_25 Calcolo delle concentrazioni massime attese nelle acque di falda dovute alla lisciviazione dalla matrice terreno suolo superficiale per il campione **SS M5-1** modellizzando la soggiacenza della falda a -1.20 m rispetto al p.c..

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	C al POC ₀ (ug/L)	C al POC ₆₈ (ug/L)	CSC (ug/L)
Alifatici C13-C18	8.30e+1	2.79e-1	1.12e-2	3.50e+2
Alifatici C19-C36	1.53e+4	1.16e-4	4.68e-6	3.50e+2
Aromatici C13-C22	1.70e+3	4.50e+2	1.81e+1	3.50e+2

Nella tabella precedente è stato determinato il percorso di lisciviazione dal terreno suolo superficiale. In rosso sono evidenziate le concentrazioni attese al POC non conformi alle CSC nelle acque sotterranee.

La concentrazione al POC₀ del parametro Aromatici C13-C22, è pari a 450 ug/L, risultando quindi maggiore della CSC (350 ug/L) per gli Idrocarburi per le acque di falda ai sensi del D.Lgs 152/2006 Tab.2.

La concentrazione al POC₆₈ del parametro Aromatici C13-C22 è pari a 18.1 ug/L.

La CRS determinata nella matrice suolo superficiale per il campione **SS M5-1** modellizzato con la falda a -1.20 m rispetto al p.c. quindi non raggiungerà mai il POC stabilito, in quanto la CSC degli Aromatici C13-C22 è raggiunta dopo **50 anni a 10.5 m.**

E' da considerarsi però che i tempi calcolati dal software Risk-net 3.1 per i percorsi di lisciviazione sono altamente conservativi e tendono a sovrastimare le concentrazioni attese al POC.

Inoltre, in tutti i prelievi della matrice acque di falda precedentemente enunciati non sono mai stati ritrovati Idrocarburi.

Nella seguente tabella sono riportati i risultati delle simulazioni per la matrice terreno suolo superficiale per il campione **SS M5-1** modellizzando la soggiacenza della falda a -2.00 m rispetto al p.c. (Tab. 15.5_26).

Tab. 15.5_26 Calcolo delle concentrazioni massime attese nelle acque di falda dovute alla lisciviazione dalla matrice terreno suolo superficiale per il campione **SS M5-1** modellizzando la soggiacenza della falda a -2.00 m rispetto al p.c..

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	C al POC ₀ (ug/L)	C al POC ₆₈ (ug/L)	CSC (ug/L)
Alifatici C13-C18	8.30e+1	1.23e-1	3.02e-2	3.50e+2
Alifatici C19-C36	1.53e+4	5.13e-5	1.26e-5	3.50e+2
Aromatici C13- C22	1.70e+3	1.98e+2	4.88e+1	3.50e+2

Nella tabella precedente è stato determinato il percorso di lisciviazione dal terreno suolo superficiale. In rosso sono evidenziate le concentrazioni attese al POC non conformi alle CSC nelle acque sotterranee.

La concentrazione al POC₀ del parametro Aromatici C13-C22, è pari a 198 ug/L, risultando quindi inferiore della CSC (350 ug/L) per gli Idrocarburi per le acque di falda ai sensi del D.Lgs 152/2006 Tab.2.

La concentrazione al POC₆₈ del parametro Aromatici C13-C22 è pari a 48.8 ug/L.

In questo caso risultando C al POC₀ < CSC, non si procede alla verifica del tempo del primo superamento del POC in quanto la CRS determinata nella matrice suolo superficiale per il campione **SS M5-1** modellizzato con la falda a -2.00 m rispetto al p.c., non raggiungerà MAI il POC stabilito.

Nella seguente tabella sono riportati i risultati delle simulazioni per la matrice terreno suolo profondo per il campione **SP M5-1** modellizzando la soggiacenza della falda a -1.20 m rispetto al p.c. (Tab. 15.5_27).

Tab. 15.5_27 Calcolo delle concentrazioni massime attese nelle acque di falda dovute alla lisciviazione dalla matrice terreno suolo profondo per il campione **SP M5-1** modellizzando la soggiacenza della falda a -1.20 m rispetto al p.c..

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	C al POC ₀ (ug/L)	C al POC ₆₈ (ug/L)	CSC (ug/L)
Alifatici C13-C18	8.30e+1	6.24e-1	2.58e-2	3.50e+2
Alifatici C19-C36	1.53e+4	2.33e-4	9.37e-6	3.50e+2
Aromatici C13- C22	1.70e+3	9.01e+2	3.62e+1	3.50e+2

Nella tabella precedente è stato determinato il percorso di lisciviazione dal terreno suolo superficiale. In rosso sono evidenziate le concentrazioni attese al POC non conformi alle CSC nelle acque sotterranee.

La concentrazione al POC₀ del parametro Aromatici C13-C22, è pari a 901 ug/L, risultando quindi maggiore della CSC (350 ug/L) per gli Idrocarburi per le acque di falda ai sensi del D.Lgs 152/2006 Tab.2.

La concentrazione al POC₆₈ del parametro Aromatici C13-C22 è pari a 36.2 ug/L.

La CRS determinata nella matrice suolo profondo per il campione SP M5-1 modellizzato con la falda a -1.20 m rispetto al p.c. quindi non raggiungerà mai il POC stabilito, in quanto la CSC degli Aromatici C13-C22 è raggiunta dopo 50 anni a 14.8 m.

E' da considerarsi però che i tempi calcolati dal software Risk-net 3.1 per i percorsi di lisciviazione sono altamente conservativi e tendono a sovrastimare le concentrazioni attese al POC.

Inoltre, in tutti i prelievi della matrice acque di falda precedentemente enunciate non sono mai stati ritrovati Idrocarburi.

Nella seguente tabella sono riportati i risultati delle simulazioni per la matrice terreno suolo profondo per il campione SP M5-1 modellizzando la soggiacenza della falda a -2.00 m rispetto al p.c. (Tab. 15.5_28).

Tab. 15.5_28 Calcolo delle concentrazioni massime attese nelle acque di falda dovute alla lisciviazione dalla matrice terreno suolo superficiale per il campione SP M5-1 modellizzando la soggiacenza della falda a -2.00 m rispetto al p.c..

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	C al POC ₀ (ug/L)	C al POC ₆₈ (ug/L)	CSC (ug/L)
Alifatici C13-C18	8.30e+1	8.49e-1	2.09e-1	3.50e+2
Alifatici C19-C36	1.53e+4	3.08e-4	7.57e-5	3.50e+2
Aromatici C13- C22	1.70e+3	1.19e+3	2.93e+2	3.50e+2

Nella tabella precedente è stato determinato il percorso di lisciviazione dal terreno suolo superficiale. In rosso sono evidenziate le concentrazioni attese al POC non conformi alle CSC nelle acque sotterranee.

La concentrazione al POC₀ del parametro Aromatici C13-C22, è pari a 1190 ug/L, risultando quindi maggiore della CSC (350 ug/L) per gli Idrocarburi per le acque di falda ai sensi del D.Lgs 152/2006 Tab.2.

La concentrazione al POC₆₈ del parametro Aromatici C13-C22 è pari a 293 ug/L.

La CRS determinata nella matrice suolo profondo per il campione SP M5-1 modellizzato con la falda a -2.00 m rispetto al p.c. quindi non raggiungerà mai il POC stabilito, in quanto la CSC degli Aromatici C13-C22 è raggiunta dopo 50 anni a 56.0 m.

E' da considerarsi però che i tempi calcolati dal software Risk-net 3.1 per i percorsi di lisciviazione sono altamente conservativi e tendono a sovrastimare le concentrazioni attese al POC.

Inoltre, in tutti i prelievi della matrice acque di falda precedentemente enunciate non sono mai stati ritrovati Idrocarburi.

Nella seguente tabella sono riportati i risultati delle simulazioni per la matrice terreno suolo profondo per il campione **SP M2-1** modellizzando la soggiacenza della falda a -2.00 m rispetto al p.c. (Tab. 15.5_29).

Tab. 15.5_29 Calcolo delle concentrazioni massime attese nelle acque di falda dovute alla lisciviazione dalla matrice terreno suolo superficiale per il campione **SP M2-1** modellizzando la soggiacenza della falda a -2.00 m rispetto al p.c..

Parametro	CRS (mg/kg s.s.)	C al POC ₀ (ug/L)	C al POC ₃₄ (ug/L)	CSC (ug/L)
Alifatici C19-C36	1.53e+4	6.66e-4	6.31e-4	3.50e+2

Nella tabella precedente è stato determinato il percorso di lisciviazione dal terreno suolo superficiale.

La concentrazione al POC₀ del parametro Alifatici C19-C36, è pari a 0.000666 ug/L, risultando quindi inferiore della CSC (350 ug/L) per gli Idrocarburi per le acque di falda ai sensi del D.Lgs 152/2006 Tab.2.

La concentrazione al POC₃₄ del parametro Alifatici C19-C36 è pari a 0.000631 ug/L.

In questo caso risultando $C \text{ al POC}_0 < CSC$, non si procede alla verifica del tempo del primo superamento del POC in quanto la CRS determinata nella matrice suolo superficiale per il campione **SP M2-1** modellizzato con la falda a -2.00 m rispetto al p.c., non raggiungerà **MAI** il POC stabilito.

16.0 – CONSIDERAZIONI STATO FUTURO

Lo scenario futuro dell'area prevede la realizzazione di fabbricati ad uso industriale. In tale contesto è stato considerato un modello di calcolo della AdR con **posa in opera di una soletta in calcestruzzo e la stesa di una guaina in HDPE vedi Cap. 17.**

Tali interventi permetterebbero quindi, l'interruzione dei percorsi relativi alla matrice suolo/sottosuolo impedendo di fatto l'infiltrazione delle acque meteoriche e la risalita dei vapori dal terreno contaminato.



17.0 – VALUTAZIONE SUI POSSIBILI INTERVENTI PER IL RISANAMENTO E LA FRUIBILITA' DEI SITI

17.1 – INTERVENTI DI BONIFICA E/O MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE MATRICE SUOLO/SOTTOSUOLO

Le tipologie di intervento che si ritiene possano garantire tali obiettivi, in accordo alle tre possibilità previste dall'art. 41, comma 3 della Legge n. 98/2013, sono:

- **intervento di bonifica mediante scavo e smaltimento del terreno contaminato;**
- **intervento di Messa in Sicurezza Permanente.**

Le verifiche condotte nel sito hanno evidenziato un'area di contaminazione con valori superiori alle CSR, quindi oggetto di bonifica per la matrice terreno superficiale e profondo, nelle porzioni prossime al punto M5 e alla superficie ad esso corrispondente (vedi fig. 14.1._1).

E' di fondamentale importanza evidenziare che per la matrice suolo superficiale e profondo la prevalente problematica ambientale riscontrata è riconducibile alla presenza di aromatici C13-C22 e non a tutta la componente contaminante, che risulta presente o in quantità modesta (alifatici C13-C18) o in composti molto stabili (alifatici C19-C36).

A tal proposito è stata eseguita una delimitazione dei composti aromatici C13-C22, riportata in TAV. 7 che come risulta nell'elaborato è ubicata nell'immediato intorno di M5 e con un'area abbastanza contenuta.

Tale dato porta anche a considerare che la necessità di realizzazione del marginamento laterale mediante palancole possa essere probabilmente confinata a tale area senza necessità di estenderla alle aree di seguito riportate.

Inoltre in tutta la zona indagata i riscontri di campo hanno sempre evidenziato la soggiacenza delle superficie freatica a quota non inferiore a -1.2 m da p.c..

Anche per tale matrice si è scelto di considerare uno scenario ambientalmente più "pesante" adottando un processo di calcolo anche per una quota delle superficie freatica posta a -2.0 m da p.c..

In conclusione tutte le ipotesi elaborate sono molto cautelative e le pressioni ambientali considerate risultano più pesanti di quelle effettivamente riscontrate.

Le valutazioni dell'estensione e volumetria dei terreni contaminati è stata quindi basata considerando due diversi scenari:

1. area effettivamente rilevata con $CRS > CSR$ denominata "LN2A Ricontrata";
2. area totale del lotto denominata "LN2A Totale".

Appare evidente che la seconda ipotesi è molto conservativa ed eccessivamente onerosa; si è scelto in ogni modo di valutare anche tale estremo in quanto le indagini dovranno essere integrate per delimitare con maggior dettaglio i perimetri e l'estensione effettivi della contaminazione.

La condizione più verosimile è quella corrispondente ad una media ponderale delle due diverse aree individuate e riportate nelle TAB 17.1_1-4.

In considerazione delle tecnologie sopra elencate si riporta un quadro generale delle caratteristiche tecniche e gestionali, utilizzabili in funzione anche della sostenibilità ambientale ed economica e della compatibilità paesaggistica.

A. Scavo e smaltimento del terreno con presenza di sorgenti di contaminazione.

Tale alternativa di bonifica consiste nella rimozione dei materiali contaminati/rifiuti dal sito (scavo), dal loro trasporto e conferimento in appositi impianti progettati per trattare o contenere in sicurezza tali materiali (impianti di trattamento e/o smaltimento). Il conferimento in discarica è sempre associato alla preventiva qualificazione del materiale mediante test analitici di laboratorio tendenti a classificarlo e contestualmente a verificare l'idoneità al conferimento presso impianti di smaltimento.

Opportune indagini del terreno rimasto in posto, tramite campionamenti di parete e fondo scavo che permettano di certificare il buon esito degli interventi, devono essere svolte al termine delle operazioni di scavo, a cui seguiranno infine, operazioni di ripristino e sistemazione finale dell'area, mediante il ritombamento dello scavo con idoneo terreno certificato proveniente dall'esterno del sito.

Al fine di effettuare le operazioni di scavo in sicurezza dovranno essere installate opere provvisorie per garantire la stabilità delle pareti e per evitare l'ingresso di acque di falda nello scavo.

In linea generale, tali interventi di marginamento potranno essere realizzati mediante palancole spinte fino al raggiungimento dello strato impermeabile di argilla sottostante, che sulla base delle conoscenze del sito, si attesta alla profondità di circa 4.0 metri da p.c..

La progettazione del barrieramento laterale dovrà essere supportata dall'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche e geotecniche nell'area in oggetto, al fine reperire informazioni più accurate in merito ai profili litostratigrafici del sottosuolo e alla caratterizzazione geotecnica dei terreni e delle argille di base.

Per il caso in esame, le operazioni di scavo dovranno interessare, tutta la superficie dell'area di estensione pari a 39.500 mq. La profondità di scavo è stabilita in funzione della quota media di rinvenimento terreni contaminati; la profondità di scavo media sarà quindi pari a 3.0 m.

Il volume di materiale che dovrà poi essere smaltito risulta quindi pari a circa 118.500 mc.

Da un punto di vista della sostenibilità ambientale e paesaggistica, un intervento del genere comporta rilevanti impatti su diverse componenti ambientali:

- impatti sull'aria, soggetta ad immissione di gas climalteranti e polveri dovute alla movimentazione dei materiali all'interno del cantiere ed al transito dei mezzi di trasporto da e per il cantiere;
- impatti sulla viabilità locale: per completare lo smaltimento dei materiali di scavo ed il rinterro successivo dell'area con materiale idoneo serviranno circa 12.500 viaggi con bilici;
- impatti sulle acque superficiali e di falda: durante le fasi di cantiere si dovranno adottare opportuni accorgimenti al fine di evitare il contatto tra il terreno rimosso contaminato e le acque meteoriche.

Da un punto di vista della sostenibilità economica l'intervento richiederebbe un grosso investimento in particolare per la gestione dei rifiuti e per il ripristino del sito. Di seguito si riportano i principali costi legati all'intervento

Tab. 17.1_1 – Stima costi di scavo e smaltimento rifiuti – Area LN2A riscontrata				
Opzioni	Descrizione interventi	Quantità	Importo	
			Unit.	Tot.
A)	Scavo e smaltimento terreno contaminato, fino alla profondità di circa 2.0/5.0 metri (17.700 mq x 3.0 m – spessore medio)	53.100 mc	€ 220	€ 11.682.000
	Opere provvisoriale e gestione acque di aggrottamento scavo	1	€ 2.750.000	€ 2.750.000
	Rinterro area di scavo con materiale di ripristino	53.100 mc	€ 38	€ 2.017.800
	Campionamento pareti e fondo scavo ai fini del collaudo dello scavo (circa n. 60 campioni)	60	€ 400	€ 24.000
TOTALE				ca. € 16.473.800

Tab. 17.1_2 – Stima costi di scavo e smaltimento rifiuti – Area LN2A totale				
Opzioni	Descrizione interventi	Quantità	Importo	
			Unit.	Tot.
A)	Scavo e smaltimento terreno contaminato, fino alla profondità di circa 2.0/5.0 metri (39.500 mq x 3.0 m – spessore medio)	118.500 mc	€ 220	€ 26.070.000
	Opere provvisoriale e gestione acque di aggrottamento scavo	1	€ 2.750.000	€ 2.750.000
	Rinterro area di scavo con materiale di ripristino	118.500 mc	€ 38	€ 4.503.000
	Campionamento pareti e fondo scavo ai fini del collaudo dello scavo (circa n. 60 campioni)	60	€ 400	€ 24.000
TOTALE				ca. € 33.347.000

Relativamente all'efficacia dell'intervento, lo scavo e smaltimento del terreno contaminato consente la completa rimozione della sorgente di contaminazione; si evidenzia comunque che il raggiungimento degli obiettivi di bonifica dovrà essere certificato mediante l'ispezione visiva (per verificare la completa rimozione dei rifiuti) ed il campionamento delle pareti e dei fondi scavo.

In seguito agli esiti di tali monitoraggi non è quindi possibile escludere la necessità di estendere gli scavi oltre alle aree individuate da tali considerazioni.

B. Messa in sicurezza permanente.

Al fine di gestire i terreni contaminati e i riporti rinvenuti nell'area, si sono valutati interventi di messa in sicurezza permanente che consentano di utilizzare l'area secondo la destinazione urbanistica senza rischi per la salute.

Per il caso in esame, la tipologia di bonifica valutata, consiste nella progettazione e realizzazione di un sistema di copertura superficiale impermeabilizzante completato con un sistema di barriera laterale, che permettano di eliminare l'esposizione della superficie contaminata, prevenendo fenomeni di infiltrazione dell'acqua meteorica nel terreno contaminato, ed il contatto delle acque di falda con i terreni contaminati con conseguente sviluppo di fenomeni di lisciviazione in falda.

In linea di massima l'intervento di messa in sicurezza potrà essere realizzato mediante:

- pulizia e regolarizzazione dell'area;
- posa di un geotessuto non tessuto;
- posa di una guaina impermeabile in HDPE dello spessore di almeno 2 mm;
- protezione della guaina con un geotessuto non tessuto o con un geocomposito drenate;
- posa in opera di uno strato pari a 1,0 m di terra.

Come citato in precedenza, al fine di isolare l'area dalle matrici ambientali limitrofe, l'intervento di messa in sicurezza permanente dovrà prevedere opportuni interventi di confinamento laterale.

In linea generale, tali interventi di marginamento potranno essere realizzati mediante palancole spinte fino al raggiungeranno dello strato impermeabile di argilla sottostante, che sulla base delle conoscenze del sito, si attesta alla profondità massima di circa 4.0 metri da p.c..

La progettazione del barriera laterale dovrà essere supportata dall'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche e geotecniche nell'area in oggetto, al fine reperire informazioni più accurate in merito ai profili litostratigrafici del sottosuolo e alla caratterizzazione geotecnica dei terreni e delle argille di base.

Per il caso in esame, l'intervento dovrà interessare tutta la superficie dell'area considerata, di estensione pari a circa 39.500 mq.

L'intervento di messa in sicurezza permanente dovrà poi essere completato con una rete di raccolta ed allontanamento delle acque meteoriche nelle aree di intervento.

Da un punto di vista della sostenibilità ambientale e paesaggistica, un intervento del genere comporta impatti assai più ridotti rispetto allo scavo e smaltimento del terreno contaminato.

Anche da un punto di vista della sostenibilità economica l'intervento in esame determina investimenti inferiori, anche di un ordine di grandezza, rispetto all'ipotesi di scavo e smaltimento dei terreni contaminati.

Di seguito si riportano i principali costi legati all'intervento.

Tab. 17.1_3 – Stima costi messa in sicurezza permanente – Area LN2A riscontrata

Opzioni	Descrizione interventi	Quantità	Importo	
			Unit.	Tot.
B)	Realizzazione sistema di impermeabilizzazione superficiale con guaina in HDPE (spessore 2 mm) e pacchetto di protezione costituito da geotessuto e geocomposito drenate	17.700 mq	€ 12	€ 212.400
	Realizzazione posa di uno strato di terreno (spessore 1 m)	17.700 mc	€ 38	€ 672.600
	Realizzazione di marginamento laterale mediante palancole (600 m) profonde 4.0 m da p.c.	600 ml	€ 572	€ 343.200
	Installazione di piezometri di controllo esterni al barrieramento laterale	16	€ 2.000	€ 32.000
	Operazioni di controllo e manutenzione delle opere realizzate. Monitoraggi acque di falda tramite il campionamento di piezometri di controllo (n. 16 piezometri di controllo) Si ipotizzano n. 4 campagne di monitoraggio	64	€ 1.000	€ 64.000
TOTALE			ca. € 1.324.200	

Tab. 17.1_4 – Stima costi messa in sicurezza permanente – Area LN2A totale

Opzioni	Descrizione interventi	Quantità	Importo	
			Unit.	Tot.
B)	Realizzazione sistema di impermeabilizzazione superficiale con guaina in HDPE (spessore 2 mm) e pacchetto di protezione costituito da geotessuto e geocomposito drenate	39.500 mq	€ 12	€ 474.000
	Realizzazione posa di uno strato di terreno (spessore 1 m)	39.500 mc	€ 38	€ 1.501.000
	Realizzazione di marginamento laterale mediante palancole (800 m) profonde 4.0 m da p.c.	800 ml	€ 572	€ 457.600
	Installazione di piezometri di controllo esterni al barrieramento laterale	16	€ 2.000	€ 32.000
	Operazioni di controllo e manutenzione delle opere realizzate. Monitoraggi acque di falda tramite il campionamento di piezometri di controllo (n. 16 piezometri di controllo) Si ipotizzano n. 4 campagne di monitoraggio	64	€ 1.000	€ 64.000
TOTALE			ca. € 2.528.600	

Relativamente all'efficacia dell'intervento di messa in sicurezza, si viene ad isolare in modo definitivo le sorgenti inquinanti rispetto alle matrici ambientali circostanti, garantendo un elevato e definitivo livello di sicurezza per le persone e l'ambiente.

Opportuni piani di monitoraggi e controlli devono essere previsti al fine di verificare il mantenimento nel tempo dell'efficienza dell'intervento e l'assenza di contaminazione delle acque di falda esterne alla barriera; la durata delle campagne di monitoraggio dovrà essere definita in accordo con gli enti di controllo.

Le valutazioni effettuate e sopra riportate, in merito agli interventi applicabili in corrispondenza dell'area LN2 di Noghere, suggeriscono quindi, quale alternativa migliore, l'esecuzione di un intervento di messa in sicurezza permanente (Opzione B)



18.0 – CONCLUSIONI

Le indagini effettuate hanno consentito di attualizzare il livello di contaminazione e determinare le aree in cui le pressioni sulle matrici ambientali non richiedono interventi di bonifica, come già indicato nel Cap. 10.

Le valutazioni hanno premesso di individuare le subaree in cui, sulla base dei dati analitici acquisiti, è possibile prevedere la chiusura di tale procedimento, come anche indicato ai sensi del D.Lgs. n. 152/06 art. 242 comma 7, chiusura relativa alla sola matrice suolo superficiale e profondo.

Le subaree individuate oggetto di possibile chiusura di tale procedimento sono LN2B e LN3B in quanto già risultanti non contaminate.

Le ulteriori aree in cui si evidenzia la **possibilità di richiedere la chiusura del procedimento sulle matrici suolo superficiale e suolo profondo**, in quanto risultano caratterizzate da concentrazioni inferiori alle CSR, sono risultate:

AREA LN 2

- SUB AREA LN2A_M1
- SUB AREA LN2A_M3
- SUB AREA LN2A_M4
- SUB AREA LN2A_M6

AREA LN 3

- SUB AREA LN3A_M7
- SUB AREA LN3A_M8

Le ulteriori aree in cui si evidenzia la **possibilità di richiedere la chiusura del procedimento sulle matrici suolo superficiale**, in quanto risultano non contaminate, sono risultate:

AREA LN 3

- SUB AREA LN3A_M9

I risultati delle analisi chimiche eseguite sulle acque di falda hanno evidenziato superamenti delle CSR per il Manganese, PCB, Nichel.

Si ribadisce che il presente documento contempla sempre le condizioni più gravose fra quelle effettivamente riscontrate in quanto le soluzioni conclusive potranno essere definite solo in contraddittorio con gli Enti di controllo e stabilite nelle Conferenze dei Servizi che si svolgeranno nel futuro.

Le valutazioni dell'estensione e volumetria dei terreni contaminati è stata quindi basata considerando due diversi scenari:

3. area effettivamente rilevata con CRS>CSR denominata "LN2A Riscontrata";
4. area totale del lotto denominata "LN2A Totale".

E' però vero che le aree di pertinenza di ogni punto di verifica risultato contaminato e i corrispondenti volumi sono molto più contenuti e in particolare per la matrice suolo superficiale e profondo la prevalente problematica ambientale riscontrata è riconducibile alla presenza di aromatici C13-C22 e non a tutta la componente contaminante, che risulta presente o in quantità modesta (alifatici C13-C18) o in composti molto stabili (alifatici C19-C36).

Pertanto il volume di terreno effettivamente contaminato con valori superiori alle CSR è molto più ridotto sia rispetto alla "LN2A Riscontrata" sia a quella "LN2A Totale" sopra riportate.

Alla luce di quanto elaborato e descritto nel Cap. 17 appare evidente la necessità di identificare una soluzione tecnologica che permetta di individuare anche da un punto di vista della sostenibilità ambientale e paesaggistica, le tipologie di interventi che comportano gli impatti più contenuti sulle diverse componenti ambientali presenti.

Oltre che tale fondamentale aspetto anche la sostenibilità economica dell'intervento richiede un modello di soluzione basato su un investimento effettivamente attuabile, sia sotto il profilo strettamente finanziario sia dell'eventuale gestione dei rifiuti prodotti che dei materiali necessari al ripristino definitivo del sito.

Le tipologie di intervento che si ritiene possano garantire tali obiettivi, in accordo alle tre possibilità previste dall'art. 41, comma 3 della Legge n. 98/2013, sono:

- **intervento di Messa in Sicurezza Permanente.**

Dott. Federico Del Gaia



Ing. Claudio Conese



[Handwritten signature]

ALLEGATI

ALLEGATO 1

TAVOLE CARTOGRAFICHE

ALLEGATO 2

LOGS STRATIGRAFICI

ALLEGATO 3

TABELLA DI SINTESI DELLE ANALISI DEI TERRENI

ALLEGATO 4

TABELLA DI SINTESI DELLE ANALISI DELLE ACQUE

ALLEGATO 5

REFERTI DELLE ANALISI DI LABORATORIO

MATRICE TERRENO

MATRICE ACQUE

ALLEGATO 6

REFERTI DELLE ANALISI CHIMICHE DI LABORATORIO PER APPROFONDIMENTO PALEOAMBIENTALE

ALLEGATO 7

**REFERTI DELLE ANALISI CHIMICHE DI LABORATORIO PER
ELABORAZIONE AdR**

ALLEGATO 8

TEST DI CESSIONE E CODICI CER

ALLEGATO 9

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

ALLEGATO 10

DOUMENTAZIONE RISK-NET

