
**Ex area industriale di Via dei Cappuccini, 40 a
Vicenza**

**Progetto Operativo di Bonifica dei terreni e delle
acque sotterranee – Fase 2**

Committente: Zambon Group S.P.A.

15 Maggio 2012

Riferimento

Titolo	Ex area industriale di Via dei Cappuccini, 40 a Vicenza Progetto Operativo di bonifica dei terreni e delle acque sotterranee – Fase 2
Committente	Zambon Group S.p.A.
Autore	Christian Nielsen Laura Ledda Roberto Ferrari Sergio Cremona Flavio Colombo Giovanni Buscone
Verificato	Giovanni Buscone
Approvato	Alberto Riva
Codice Progetto	8001184
Numero di pagine	215 (Allegati esclusi)
Data	15 Maggio 2012

Tauw Italia S.r.l.
Piazza Leonardo da Vinci, 7
20133 Milano, Italy
T (+39) 02 26 62 61 1
F (+39) 02 26 62 61 52
E info@tauw.it

Abbreviazioni ed acronimi

AdR: Analisi di Rischio
C<12: idrocarburi leggeri
C>12: idrocarburi pesanti
CER: Codice Europeo del Rifiuto
CSC: Concentrazione Soglia di Contaminazione
CSR: Concentrazione Soglia di Rischio
CdS: Conferenza dei Servizi
NAPL: Non Aqueous Phase Liquid
MCB: Monoclorobenzene
TCM: Triclorometano, Cloroformio
BTEX: Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xileni
AS: Air Sparging
SVE: Soil Vapor Extraction
MPE: Multi Phase Extraction
ISCO: In Situ Chemical Oxydation
MISE: Messa in sicurezza
PSC: Piano di Sicurezza e Coordinamento
POS: Piano Operativo di Sicurezza

Indice

Riferimenti	3
1 Introduzione	11
1.1 Contenuti del documento	11
1.2 Quadro normativo di riferimento e sintesi dell'iter procedurale	12
1.3 Documenti di riferimento	13
2 Inquadramento ambientale del sito	15
2.1 Inquadramento geografico	15
2.2 Storia del sito.....	18
2.3 Destinazione d'uso dell'area e progetto di riconversione	20
2.4 Inquadramento geologico e idrogeologico locale	21
2.4.1 Premessa	21
2.4.2 Assetto stratigrafico e idrogeologico	21
2.4.3 Falda superficiale	22
2.4.4 Acquiferi confinati	24
2.5 Dati meteorologici.....	28
2.6 Analisi dello stato di contaminazione presente nel sito	29
2.6.1 Premessa	29
2.6.2 Terreni insaturi	30
2.6.3 Terreni saturi nelle aree di sorgente.....	33
2.6.4 Acque della falda superficiale.....	34
2.6.5 Acque degli acquiferi confinati.....	36
3 Interventi di messa in sicurezza e bonifica eseguiti	39
3.1 Messa in sicurezza	39
3.1.1 Messa in sicurezza della falda superficiale	39
3.1.2 Messa in sicurezza degli acquiferi confinati	41
3.1.3 Chiusura pozzi idrici	43
3.2 Bonifica (Fase 1)	44
4 Progetto Operativo di bonifica – Fase 2	49
4.1 Scopo dell'intervento	49
4.2 Obiettivi di bonifica	49
4.2.1 CSR terreno insaturo.....	51

4.2.2	CSR falda superficiale.....	52
4.3	Criteri progettuali.....	54
5	Selezione e scelta delle tecniche di bonifica.....	55
5.1	Generalità.....	55
5.1.1	Interventi in situ.....	55
5.1.2	Interventi ex-situ.....	56
5.2	Selezione preliminare delle tecniche potenzialmente applicabili.....	58
5.2.1	Terreni insaturi.....	58
5.2.2	Terreni saturi nelle aree di sorgente.....	65
5.2.3	Interventi mediante tecniche in-situ.....	66
5.2.4	Acque della falda superficiale.....	70
5.2.5	Acque degli acquiferi confinati.....	74
5.3	Test eseguiti.....	76
5.3.1	Estrazione di vapori da terreni <i>ex situ</i>	76
5.3.2	Riscaldamento elettrico del suolo saturo.....	77
5.3.3	Biodegradazione aerobica delle acque sotterranee.....	78
5.3.4	Biodegradazione anaerobica delle acque sotterranee.....	79
5.4	Scelta delle tecniche di bonifica.....	81
6	Individuazione delle aree da sottoporre a bonifica.....	82
6.1	Interventi di bonifica già eseguiti.....	82
6.2	Confronto delle CSR con lo stato di contaminazione presente nel sito.....	83
6.2.1	Terreni insaturi.....	83
6.2.2	Terreni saturi nelle aree di sorgente.....	84
6.2.3	Acque della falda superficiale.....	85
6.3	Aree con presenza di materiale interrato.....	85
6.4	Altre aree di intervento.....	86
6.5	Conclusioni.....	87
7	Descrizione dell'intervento di bonifica.....	88
7.1	Bonifica del suolo saturo nelle aree di sorgente.....	89
7.1.1	Definizione delle aree e dei volumi sui quali è necessario intervenire.....	90
7.1.2	Descrizione della tecnica di intervento.....	92
7.1.3	Dimensionamento degli impianti.....	99
7.1.4	Sequenza delle operazioni.....	105
7.1.5	Piano di gestione delle emergenze.....	112
7.1.6	Durata prevista dell'intervento.....	113
7.2	Bonifica delle acque sotterranee – Falda superficiale.....	114

7.2.1	Individuazione dei pennacchi e delle tecniche di intervento.....	114
7.2.2	Descrizione delle tecniche di intervento	117
7.2.3	Predisposizione delle aree di intervento.....	126
7.2.4	Sequenza e durata degli interventi.....	126
7.3	Bonifica delle acque sotterranee – Acquiferi confinati.....	128
7.4	Bonifica del suolo insaturo	129
7.4.1	Predisposizione dell'area agli interventi	129
7.4.2	Completamento rimozione sottoservizi e tratti di fognatura	129
7.4.3	Rimozione dei terreni contaminati e dei materiali di riporto.....	136
7.4.4	Gestione e destino dei materiali rimossi.....	141
7.4.5	Procedure di campionamento e analisi per il recupero e lo smaltimento dei rifiuti.....	143
7.4.6	Trattamento dei terreni insaturi	147
7.4.7	Allestimento delle aree di deposito e trattamento dei materiali rimossi.....	154
7.4.8	Riepilogo dei quantitativi da rimuovere e delle aree di deposito	160
7.4.9	Procedure di gestione dei rifiuti da avviare allo smaltimento	161
7.4.10	Riempimento delle aree di scavo	162
7.4.11	Durata dell'intervento	162
7.5	Demobilizzazione degli impianti	162
8	Monitoraggi ambientali in corso d'opera	163
8.1	Emissioni in atmosfera	163
8.1.1	Emissioni diffuse	164
8.1.2	Emissioni puntuali	169
8.2	Acque sotterranee	170
8.3	Scarichi idrici	170
8.4	Rumore.....	171
9	Collaudi	172
9.1	Aree di sorgente	172
9.2	Acque sotterranee	173
9.3	Suolo insaturo	173
9.3.1	Cumuli di terreno	173
9.3.2	Collaudo pareti e fondo scavi	174
9.3.3	Collaudo lotti T8 e T9	175
10	Barrieramento idraulico e monitoraggio post - operam	176
10.1	Barrieramento idraulico falda superficiale	176
10.2	Barrieramento idraulico acquiferi confinati	177
10.3	Monitoraggio post – operam.....	178

11	Valutazione dell'impatto degli interventi proposti	179
11.1	Impatti connessi alle dispersioni in atmosfera.....	179
11.1.1	Metodologia di analisi delle dispersioni in atmosfera degli inquinanti principali	180
11.1.2	Scenario meteo utilizzato	184
11.1.3	Descrizione degli scenari emissivi.....	187
11.1.4	Stima delle concentrazioni dovute alla dispersione in atmosfera	190
11.1.5	Risultati ottenuti e valutazione dell'impatto	192
11.2	Odori.....	194
11.3	Effetti del riscaldamento all'esterno delle aree di intervento	195
11.4	Rumore.....	199
11.4.1	Limiti di legge	199
11.4.2	Sorgenti mobili.....	200
11.4.3	Sorgenti fisse.....	201
11.4.4	Valutazione dell'impatto	202
11.5	Vibrazioni.....	202
11.6	Traffico indotto.....	203
11.7	Acque	204
12	Adempimenti in materia di salute e sicurezza.....	205
13	Funzioni preposte per la gestione delle attività	206
14	Autorizzazioni per l'esecuzione dei lavori	207
14.1	Autorizzazioni per il deposito, trattamento, trasporto e smaltimento rifiuti	207
14.2	Autorizzazioni per scarico di acque nella pubblica fognatura.....	207
14.3	Autorizzazioni alle emissioni in atmosfera.....	207
15	Attuazione delle prescrizioni previste dall'AdR per l'utilizzo finale dell'area	209
16	Crono programma	211
17	Stima dei costi	212
18	Stima dell'energia necessaria	215

Tavole

1. Planimetria generale
2. Inquinanti suolo insaturo
3. Inquinanti falda superficiale
4. Pennacchi di contaminazione falda superficiale
5. Intervento di MISE
6. Layout impianto MISE
7. Rimozione sottoservizi
8. Superamenti CSR – Suolo insaturo
9. Superamenti CSR – Falda superficiale
10. Terreni e materiali da rimuovere
11. Suolo insaturo – Riepilogo aree di intervento
12. Falda superficiale – Riepilogo aree di intervento
13. Interventi falda superficiale
14. Gestione attività rimozione terreni/materiali
15. Individuazione lotti di intervento
16. Postazioni di monitoraggio aria
17. Rete di monitoraggio acque di falda
18. Collaudi suolo insaturo

Allegati

1. Mappe catastali
2. Stratigrafie
3. Sezione idrogeologica diretta OE
4. Sezione idrogeologica diretta NS
5. Traccia sezioni geologiche
6. Sezione idrogeologica
7. Esiti monitoraggio falda
8. Esiti monitoraggio periodico acquiferi confinati
9. Riscaldamento elettrico del suolo – referenze/casi studio
10. Riscaldamento elettrico del suolo – certificazioni/riconoscimenti
11. Schede dimensionamento impianti
12. Piano scavi - Schema gestione materiali
13. Impatto sulla qualità dell'aria – mappe di isoconcentrazione.
14. Cronoprogramma
15. Dettaglio dei costi complessivi sostenuti da Zambon Group per la bonifica del sito

1 Introduzione

1.1 Contenuti del documento

Il presente documento costituisce il Progetto Operativo di Bonifica dei terreni e delle acque sotterranee dell'ex area industriale di Via dei Cappuccini a Vicenza, ed è stato redatto con lo scopo di fornire le indicazioni di carattere tecnico e procedurale, necessarie per l'esecuzione degli interventi di bonifica da eseguire nell'area.

L'intervento si configura quale intervento di bonifica di Fase 2, successivo agli interventi di bonifica di Fase 1 già eseguiti, come descritti nei paragrafi che seguono.

Il documento è stato redatto in conformità con quanto previsto alla Parte IV, Titolo V, e relativi allegati, del D. Lgs. 152/2006, oltre a specifiche normative da applicarsi agli interventi da eseguire.

In particolare, il documento è stato redatto avendo cura di sviluppare i punti che seguono:

- analisi delle caratteristiche idro - geologiche del sito;
- analisi dello stato di contaminazione e delle diverse matrici interessate;
- valutazione delle diverse tecniche di bonifica applicabili, in funzione delle caratteristiche del sito, dello stato di contaminazione presente, del loro impatto sull'ambiente, degli obiettivi di bonifica e dei costi sostenibili;
- individuazione e descrizione delle tecniche che si intende proporre;
- valutazione dell'impatto delle tecniche proposte sull'ambiente;
- stima dei costi di intervento;
- cronoprogramma degli interventi.

1.2 Quadro normativo di riferimento e sintesi dell'iter procedurale

Il quadro normativo di riferimento considerato per la stesura del presente documento è costituito dalla seguente principale normativa:

- Decreto Legislativo n. 152 del 3 Aprile 2006 e s.m.i. - Norme in materia ambientale
- Decreto Legislativo n. 81 del 9 Aprile 2008 e s.m.i. - Applicazione dell'art. 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro

L'iter procedurale associato all'intervento è di fatto quello previsto all'art. 242 del D. Lgs. n. 152/2006.

In particolare, a seguito delle risultanze della caratterizzazione che hanno evidenziato superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) per alcuni composti inclusi nelle tabelle 1 e 2 in Allegato 5 alla Parte IV Titolo V del D. Lgs. 152/2006, al sito è stata applicata la procedura di Analisi di Rischio sito specifica per la determinazione delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR).

Preso atto che gli esiti della procedura di Analisi di Rischio hanno evidenziato per alcuni composti concentrazioni superiori alle CSR, si rende necessario intervenire attraverso interventi di bonifica sulle matrici contaminate al fine di ricondurre le concentrazioni di tali composti entro le CSR.

1.3 Documenti di riferimento

Il presente documento è stato elaborato prendendo a riferimento, tra l'altro, i seguenti documenti, ai quali si rimanda per gli aspetti di dettaglio rispetto a quanto rappresentato nel seguito:

Caratterizzazione ed indagini ambientali

- Ex area industriale di Vicenza, Via dei Cappuccini - Piano della Caratterizzazione (EcoAppraisal Srl, rif. 868_001r04fma, Maggio 2004)
- Ex area industriale di Vicenza, Via dei Cappuccini - Attuazione del Piano della Caratterizzazione (EcoAppraisal Srl, rif. 887_002r04aci, Marzo 2005)
- Ex area industriale di Vicenza, Via dei Cappuccini - Indagini integrative area "edificio O" (Ecoappraisal S.r.L., rif. 1023_001r06sec, Maggio 2006)
- Ex area industriale di Vicenza, Via dei Cappuccini - Indagini di dettaglio per la progettazione definitiva dell'intervento di bonifica (EcoAppraisal S.r.L., rif. 1186_002r07sec, Giugno 2007)
- Ex area industriale di Vicenza, Via dei Cappuccini - Analisi di rischio sito specifica (Tauw Italia S.r.L. (*), rif. 1184_008r11cni, Ottobre 2011)

Messa in sicurezza

- Ex area industriale di Vicenza, Via dei Cappuccini – MISE falda superficiale – Analisi idrogeologica e modellistica (EcoAppraisal Srl /EG , Marzo 2005)
- Ex area industriale di Vicenza, Via dei Cappuccini - MISE falda superficiale - Controllo e revisione del sistema di sbarramento idraulico (EcoAppraisal Srl/EG S.r.L., rif. 942_004r05gib, Luglio 2005)
- Ex area industriale di Vicenza – Via dei Cappuccini – MISE acquiferi confinati (Sinergeo Srl, Maggio 2005)
- Ex area industriale di Vicenza – Via dei Cappuccini – MISE acquiferi confinati - Chiusura pozzi idrici (Sinergeo Srl, Maggio 2005)
- Ex area industriale di Vicenza, Via dei Cappuccini - Monitoraggio acque sotterranee (EcoAppraisal S.r.L./Tauw Italia S.r.L (*), rif. rapporti periodici periodo 2004-2011)
- Ex area industriale di Vicenza, Via dei Cappuccini - MISE falda superficiale - Autorizzazione allo scarico in fognatura (Acque Vicentine n. 917/2010 del 1 Settembre 2010, già 917.1/2006 e s.m.i.)
- Ex area industriale di Vicenza, Via dei Cappuccini - MISE acquiferi confinati - Autorizzazione allo scarico in fognatura (Acque Vicentine n. 890/2010 del 14 Giugno 2010, già 890/2005 e s.m.i)

Bonifica

- Ex area industriale di Vicenza, Via dei Cappuccini - Progetto Preliminare di Bonifica (EcoAppraisal Srl, rif. 973_001r05gib, Settembre 2005)
- Ex area industriale di Vicenza, Via dei Cappuccini - Progetto Definitivo di Bonifica - Fase 1, 1° stralcio (EcoAppraisal Srl, rif. 1015_001r05 gib, Dicembre 2005)
- Ex area industriale di Vicenza, Via dei Cappuccini - Progetto Definitivo di Bonifica - Fase 1, 2° stralcio (EcoAppraisal Srl, rif. 1187_002r07 gib, Maggio 2007)
- Ex area industriale di Vicenza, Via dei Cappuccini - Relazione descrittiva delle attività di bonifica di Fase 1 eseguite (Dott. Carlo Bossi, Direttore dei Lavori, rif. 01r011cbo, Febbraio 2011)

(*) Già EcoAppraisal S.r.L.

2 Inquadramento ambientale del sito

2.1 Inquadramento geografico

L'ex area industriale interessata dal presente Progetto, riportata in **Tavola 1**, occupa una superficie complessiva di circa 32.400 m² ed è ubicata nel settore Nord Ovest del centro abitato di Vicenza, all'angolo fra la Via Monte Zovetto e la Via dei Cappuccini ed a circa 300 m dal Fiume Bacchiglione, che scorre a Nord/Nord-Est del sito.

Il sito confina con le seguenti strutture/aree urbane:

- a Nord: con strada laterale alla Via Monte Zovetto e, oltre la strada, con un capannone industriale;
- a Sud: con Via dei Cappuccini e, oltre la strada, edifici ad uso residenziale;
- a Est: con Via Monte Zovetto e, oltre la strada, edifici ad uso residenziale;
- a Ovest: con giardino ed immobile ad uso residenziale.

In **Figura 2.1** è riportato uno stralcio della Carta Tecnica Regionale, mentre in **Figura 2.2 e 2.3** è riportato il rilievo aereo con l'ubicazione dell'area (l'immagine non è ancora stata aggiornata dopo le demolizioni recentemente eseguite nel settore Est).

Con la sola eccezione del capannone sul lato Nord citato, nella zona in cui è ubicato il sito sono attualmente presenti solo edifici ad uso residenziale o aree a verde pubblico e privato.

In base all'estratto di mappa catastale riportato in **Allegato 1**, il sito è registrato nel Foglio n. 64; in particolare, la porzione del sito di proprietà comunale corrisponde alla Particella 1922 mentre quella di proprietà *Zambon* corrisponde alla Particella 1921.

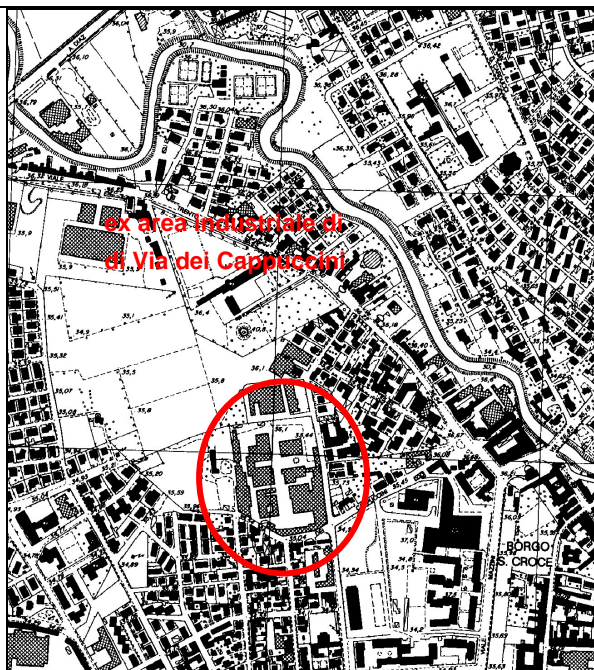


Figura 2.1 : Inquadramento dell'area di indagine su base CTR del Veneto (Stralcio tratto dal Foglio n. 125033 – Vicenza Nord/Ovest



Figura 2.2 : Rilievo aereo dell'area di ubicazione del sito (estratto immagine Google Earth Pro – utente registrato)



Figura 2.3 : Immagine satellitare ravvicinata del sito (estratto immagine Google Earth Pro – utente registrato)

2.2 Storia del sito

L'ex insediamento industriale di Via dei Cappuccini a Vicenza fu costruito nel 1928 dalla società Zambon (nata da una storica farmacia di Vicenza), su un'area che a quell'epoca si trovava in una zona periferica, all'esterno delle mura della città di Vicenza.

Inizialmente, e fino allo scoppio della II Guerra Mondiale, l'attività produttiva presso lo stabilimento fu limitata alla preparazione di prodotti per uso farmaceutico, con utilizzo di materie prime sfuse acquistate da terzi e immagazzinamento dei prodotti finiti prima della distribuzione.

L'attività produttiva fu ripresa negli anni '50, dopo la ricostruzione post bellica degli edifici demoliti e danneggiati dai bombardamenti.

A partire dagli anni '60, accanto alla tradizionale produzione farmaceutica, Zambon sviluppò anche il settore chimico di sintesi di principi attivi ed un centro di ricerca per la sintesi di molecole aventi attività farmacologiche.

Durante gli anni '60 e '70 lo stabilimento Zambon raggiunse dimensioni importanti, arrivando ad impiegare complessivamente oltre trecento persone.

A partire dagli anni '70, l'espansione urbana della città di Vicenza verso le aree industriali periferiche rese necessaria la delocalizzazione dell'insediamento industriale e pertanto Zambon acquistò un'ampia area nella zona industriale del Comune di Almisano di Lonigo ove furono trasferite, a partire dalla primavera del 1975, tutte le produzioni chimiche effettuate nel sito di Via dei Cappuccini.

Lo stabilimento di Via dei Cappuccini venne utilizzato fino al 1979 come sede per la produzione dei prodotti farmaceutici finiti e come sede per gli uffici. A partire dal 1980 ogni attività presso lo stabilimento venne cessata e trasferita nella sede di Vicenza di Via della Chimica, 9.

Nel 1981 venne stipulata una convenzione tra il Comune di Vicenza e Zambon in base alla quale Zambon avrebbe ceduto al Comune gran parte dell'area con i relativi fabbricati, conservando solo la proprietà dell'area e degli immobili prospicienti la Via dei Cappuccini, per un'estensione di circa 3.860 mq. Lo stabilimento chimico farmaceutico in cui Zambon aveva esercitato la propria attività industriale divenne così di proprietà del Comune di Vicenza che, attraverso un contratto di permuta di immobili, acquistò l'area a corpo e nello stato in cui si trovava, e progettò alloggi di edilizia residenziale pubblica.

Per un certo periodo di tempo (anni dal 1990 al 1996) alcuni degli edifici e dei capannoni presenti nella porzione del sito ceduta al Comune di Vicenza sono stati utilizzati dal Comune per vari scopi: uffici, archivi, autorimessa, magazzini per cartelli di segnaletica stradale, stoccaggio pitture e vernici per la segnaletica stradale orizzontale, deposito materiali per gli allestimenti del teatro, deposito per ciclomotori sequestrati.

Successivamente, nel 1996, il Comune di Vicenza diede inizio alle attività edili, ed in questo contesto fu riscontrata la presenza sul terreno di sostanze contaminanti. Nel corso di indagini geognostiche effettuate nel 1997 venne evidenziata la presenza nel sottosuolo di rifiuti (fiale e contenitori in vetro) e sostanze contaminanti (prevalentemente monoclorobenzene) utilizzate nelle passate attività dello stabilimento chimico-farmaceutico.

A causa della contaminazione rilevata sia nel sottosuolo che nelle acque sotterranee, l'area venne dichiarata inidonea alla realizzazione del progetto edificatorio e, nel 1998, fu stipulata una nuova Convenzione fra il Comune di Vicenza e Zambon, in base alla quale quest'ultima si impegnava ad eseguire a proprie cure e spese interventi di bonifica dell'area indicata nella Convenzione come sub D.

Di conseguenza, a partire dal 1997 fino ad oggi nell'area si sono succedute varie attività, descritte ai paragrafi che seguono, finalizzate alla caratterizzazione ambientale, alla messa in sicurezza ed alla bonifica dell'area stessa.

2.3 Destinazione d'uso dell'area e progetto di riconversione

Come già dettagliato nel documento "Bonifica ex area industriale di Via dei Cappuccini, 40 a Vicenza - Analisi di Rischio sito specifica, Rev. 1" (nel seguito *Analisi di Rischio*), elaborata in funzione di uno scenario futuro previsto dagli strumenti di pianificazione territoriale, l'ipotesi di riutilizzo del sito ne prevede la suddivisione in tre distinti settori, ognuno con una specifica destinazione d'uso e codificato in base alla relativa posizione geografica all'interno del sito.

Tale suddivisione è stata elaborata in riferimento al grado e alla distribuzione della contaminazione riscontrata, ai fini di individuare un progetto di riqualificazione dell'area che fosse compatibile con il contesto urbano circostante.

Le tre sub-aree previste nel piano di riconversione del sito sono le seguenti:

- Settore Nord: area residenziale di circa 6.800 m²;
- Settore Sud-Est: una zona di circa 4.900 m² per un'installazione di interesse pubblico attualmente in fase di definizione, assimilabile ad un uso commerciale ai fini del Progetto di Bonifica;
- Settore Sud-Ovest: zona commerciale/ricreativa in cui trova spazio un parco pubblico urbano di circa 14.250 m², percorsi pedonali e ciclabili, e una struttura polifunzionale a uso commerciale (ad esempio un punto di ristoro con possibili attività annesse).

Il progetto edilizio prevede inoltre la realizzazione di opere di urbanizzazione costituite da infrastrutture per la mobilità (strade, parcheggi, piste ciclabili e percorsi pedonali) e reti tecnologiche di supporto (illuminazione pubblica, fognatura, rete telefonica, rete idrica e rete gas), fino al completamento della superficie disponibile nell'area.

2.4 Inquadramento geologico e idrogeologico locale

2.4.1 Premessa

Il sottosuolo del sito è stato oggetto di numerose attività di indagine, con carotaggi e piezometri, che hanno consentito di raggiungere un buon dettaglio di conoscenza circa l'assetto litologico e idrogeologico locale.

Altre informazioni sono state desunte anche dalla letteratura esistente relativamente alle caratteristiche del territorio circostante, le quali hanno quindi consentito di ottenere un quadro conoscitivo esauriente sulla natura del sottosuolo in esame.

Nei seguenti capitoli si riporta pertanto una sintesi di tali informazioni finalizzata a riassumere il quadro conoscitivo del sottosuolo rimandando per ogni dettaglio alla numerosa documentazione tecnica già elaborata nel corso delle precedenti fasi di caratterizzazione.

2.4.2 Assetto stratigrafico e idrogeologico

L'ex area industriale di Via dei Cappuccini è inserita all'interno della bassa pianura veneta, pochi chilometri a Sud del limite inferiore della fascia delle risorgive.

L'esame stratigrafico dei sondaggi realizzati durante la fase di caratterizzazione del sito evidenzia che la litologia locale del sottosuolo presenta un primo strato superficiale costituito da terreni e materiali di riporto, in alcune zone presenti fino a circa 2 metri da p.c., seguito da una frequente alternanza in senso verticale e orizzontale tra litotipi fini (prevalentemente limi) e litotipi più grossolani e più permeabili (prevalentemente sabbie e sabbie limose) sino ai primi 7-8 metri di profondità.

Da tale profondità è presente fino a circa 32 metri da p.c. uno strato argilloso che costituisce il livello impermeabile basale dell'acquifero superficiale.

Fa eccezione la porzione sud-occidentale del sito nella quale è stata rilevata tra 7-8 metri da p.c e circa 15 metri da p.c. la presenza di materiali permeabili a matrice sabbio-ghiaiosa, che comporta una suddivisione dell'acquifero superficiale in due livelli (orizzonte superficiale e orizzonte profondo). Al di sotto di tale quota è presente lo strato argilloso fino a circa 32 metri da p.c. rilevato negli altri settori che costituisce il livello impermeabile basale della falda superficiale anche in tale settore.

A partire dai 33-35 m dal p.c. si incontrano i primi orizzonti acquiferi ghiaioso-sabbiosi, sede di falde confinate che nel loro insieme costituiscono il sistema acquifero profondo; nell'area in esame i principali orizzonti permeabili sono stati identificati all'incirca alle seguenti profondità dal p.c.:

- Primo acquifero confinato: 33-42 m
- Secondo acquifero confinato: 55-60 m
- Terzo acquifero confinato: da 70-75 a 100 m
- Quarto acquifero confinato: 115-120 m.

L'assetto stratigrafico del sito è rappresentato in **Allegato 2**.

2.4.3 Falda superficiale

Gli orizzonti più permeabili che si rinvencono da 1-2 m dal p.c. sino ad una profondità variabile tra 8 m (settore settentrionale) e 15 m (settore meridionale della proprietà) ospitano una falda superficiale di soggiacenza variabile tra 1 e 2 m dal p.c. Come già evidenziato al paragrafo 2.4.2, la diversa litologia del settore meridionale comporta in questa zona una suddivisione dell'acquifero superficiale in due orizzonti, rispettivamente denominati "superficiale" e "profondo" nella presente relazione.

In **Allegato 3** è rappresentata la sezione Ovest – Est del sito (sviluppata tra i piezometri Pz21 e Pz11), rappresentativa della struttura idrogeologica della porzione meridionale mentre in **Allegato 4** è riportata la sezione diretta Nord-Sud (sviluppata tra i piezometri Bar1 e Pz11), rappresentativa del settore orientale dell'area.

L'ubicazione della traccia delle citate sezioni geologiche è riportata in **Allegato 5**.

Il deflusso locale della falda superficiale è il seguente:

- Nel settore Nord-Orientale del sito, la direzione di flusso è verso Sud-Est;
- Nel settore Sud-Occidentale la direzione di flusso è verso Est/Sud-Est (orizzonte superficiale) e verso Sud (orizzonte profondo).

Nel tempo sono state eseguite diverse prove di pompaggio, sia a portata variabile che a portata costante, al fine di definire i principali parametri idrogeologici del sistema acquifero superficiale nei diversi comparti del sito, e di dimensionare quindi opportunamente, attraverso il modello di flusso appositamente predisposto, la barriera idraulica tutt'ora attiva nell'ambito della messa in sicurezza della falda superficiale.

Gli esiti di tali prove, in riferimento ai diversi settori di pertinenza all'interno del sito ed **all'orizzonte superficiale** della falda in esame, sono riassunti nella tabella che segue:

Tabella 1 : Esiti della parametrizzazione (orizzonte superficiale)

Settore	Trammissività [m ² /s]	Conducibilità [m/s]
Centrale (Pz23)	1.87×10^{-6}	2.1×10^{-7}
Est (Bar1)	$2.2-4.3 \times 10^{-4}$	$3-5.9 \times 10^{-5}$
Est (Bar2)	$6.5 \times 10^{-5}-1.7 \times 10^{-4}$	$8 \times 10^{-6}-2 \times 10^{-5}$
Meridionale (Pz11, Pz19, Pz20)	7.62×10^{-6}	8.97×10^{-7}

In questo orizzonte i valori di gradiente idraulico aumentano procedendo verso Sud-Est, passando da valori dello 0,6 % a valori dell'1%; fa eccezione il settore delimitato dai nuovi pozzi barriera Bar1 e Bar2 dove i valori risultano notevolmente inferiori, in particolare minori di 0,15%.

La velocità media di flusso è stimata in circa 8 m/anno.

Le caratteristiche idrogeologiche **dell'orizzonte profondo** della falda superficiale, ricavate mediante metodo di Cassan applicato a delle prove di pompaggio a gradini eseguite sul pozzo Pz32P nel dicembre 2006, sono riepilogate nella tabella che segue:

Tabella 2 : Esiti della parametrizzazione (orizzonte profondo)

Settore	Trammissività [m ² /s]	Conducibilità [m/s]
Meridionale (Pz32P)	2×10^{-4}	4×10^{-5}

In questo orizzonte il gradiente idraulico è risultato pari a 0,1%.

Gli esiti delle campagne freatimetriche eseguite nell'ambito del monitoraggio degli interventi di MISE cui la falda superficiale è sottoposta da alcuni anni, evidenziano un livello della superficie piezometrica variabile sia nello spazio sia nel tempo in funzione delle diverse subaree del sito e delle oscillazioni stagionali.

Attraverso tali rilievi si può comunque assumere che il livello di soggiacenza della falda superficiale possa variare mediamente tra 1 e 2 metri dall'attuale piano di campagna, determinando pertanto un livello di quota assoluta di soggiacenza così suddiviso nei diversi settori presenti nel sito:

- Settore Nord Ovest: 35,6 m s.l.m.
- Settore Nord Est: 34,9 m s.l.m.
- Settore Sud Est: 34,2 m s.l.m.
- Settore Sud Ovest: 34,7 m s.l.m..

2.4.4 Acquiferi confinati

Le sezioni idrogeologiche rappresentate in **Allegato 6** illustrano la struttura idrogeologica del sistema acquifero profondo, sia in corrispondenza del sito in esame sia nelle aree limitrofe, e completano il quadro idrogeologico di riferimento.

L'andamento delle isopieze, già desunto alla scala regionale su base bibliografica, evidenzia una direzione di deflusso regolarizzata da Nord verso Sud, confermata anche a livello locale dalle numerose campagne piezometriche eseguite a cadenza mensile all'interno del sito.

I dati geotecnici a maggiore rilevanza desumibili dal quadro geolitologico locale sono in linea generale i seguenti:

- l'assetto stratigrafico locale condiziona in modo evidente la presenza di falde acquifere nel sottosuolo;
- entro le profondità di interesse, che si riferiscono ai primi 120 m di materasso alluvionale, si individuano 4 orizzonti acquiferi profondi oltre alla falda sub-superficiale già descritta in precedenza;
- i livelli produttivi presentano una prevalente costituzione ghiaioso - sabbiosa;
- gli acquiferi rinvenuti si estendono con buona continuità laterale avallando l'ipotesi di un modello idrogeologico omogeneo ed unitario;
- tale osservazione trova conferma nell'analisi delle stratigrafie realizzate durante la perforazione dei piezometri realizzati nell'area.

Nel corso del 2009, tramite la società Sinergeo S.r.l., Zambon Group ha inoltrato agli Enti un documento contenente gli esiti di alcune prove di parametrizzazione eseguite sul comparto acquiferi confinati al fine di rivedere la configurazione e il dimensionamento della barriera idraulica già attiva in tale dominio dal 2005.

Le attività eseguite, analoghe a quanto già eseguito in sede di progettazione della barriera idraulica attivata nel 2005, sono state in sintesi le seguenti:

- Constant Rate Test (CRT): messa in esercizio di un pozzo a portata costante e monitoraggio dell'abbassamento del livello dinamico (Hd) entro il sistema pozzo/piezometri fino a completa stabilizzazione; stima della trasmissività idraulica (T) dell'acquifero.

- Recovery Test (REC): interruzione del pompaggio e misurazione delle modalità di recupero dell'abbassamento indotto (rialimentazione dell'acquifero) fino al ripristino del livello statico iniziale (Hs).

Nella figura che segue sono riassunti gli esiti di tali operazioni di ricalibrazione, che hanno aggiornato i valori ottenuti attraverso le elaborazioni eseguite nel 2005.

PUMP TEST P101			
Piezometro di controllo	T (m ² /s)	k (m/s)	S (adim.)
P102	8.26E-04	1.18E-04	2.39E-05
P103	7.13E-04	1.02E-04	3.43E-05
P104	1.02E-03	1.46E-04	2.26E-04
P105	6.12E-04	8.74E-05	2.99E-05
PUMP TEST P102			
Piezometro di controllo	T (m ² /s)	k (m/s)	S (adim.)
P101	7.53E-04	1.08E-04	4.11E-05
P103	8.76E-04	1.25E-04	2.19E-04
P104	1.12E-03	1.61E-04	3.59E-04
P105	7.94E-04	1.13E-04	6.36E-05
PUMP TEST P103			
Piezometro di controllo	T (m ² /s)	k (m/s)	S (adim.)
P101	1.22E-03	1.74E-04	4.78E-05
P102	1.02E-03	1.46E-04	2.49E-04
P104	1.89E-03	2.71E-04	7.27E-04
P105	1.27E-03	1.81E-04	1.33E-04
PUMP TEST P201			
Piezometro di controllo	T (m ² /s)	k (m/s)	S (adim.)
P202	2.65E-03	4.42E-04	1.48E-05
P203	2.10E-03	3.50E-04	1.57E-05
P204	2.59E-03	4.32E-04	1.92E-05
P205	2.27E-03	3.78E-04	1.48E-05

Figura 2.4 : Esiti della ricalibrazione dei parametri del primo acquifero confinato (2009)

I valori medi ottenuti per i due sistemi acquiferi confinati oggetto del test 2009 sono quindi i seguenti:

1° ACQUIFERO CONFINATO (2009)		
T media (m ² /s)	k media (m/s)	S medio (adim.)
1.01E-03	1.44E-04	1.79E-04

2° ACQUIFERO CONFINATO (2009)		
T media (m ² /s)	k media (m/s)	S medio (adim.)
2.40E-03	4.01E-04	1.61E-05

Figura 2.5 : Parametri idrogeologici medi del primo acquifero confinato (2009)

e sono quindi confrontabili con i valori ottenuti dai test 2005 nel seguito richiamati:

1° ACQUIFERO CONFINATO (2005)		
T media (m ² /s)	k media (m/s)	S medio (adim.)
1.02E-03	1.46E-04	2.43E-04

2° ACQUIFERO CONFINATO (2005)		
T media (m ² /s)	k media (m/s)	S medio (adim.)
3.02E-03	5.04E-04	1.64E-05

Figura 2.6 : Parametri idrogeologici medi del primo acquifero confinato (2005)

La parametrizzazione storica degli acquiferi confinati è stata quindi confermata dai recenti test di campo, eseguiti entro un dominio di monitoraggio più estesamente controllato.

Il **primo acquifero confinato** ha potenza di circa 7-8 metri ed è costituito da terreni a granulometria grossolana (ghiaia sabbiosa con limo); il livello ghiaioso è compreso indicativamente tra 33 e 42 m di profondità, con livello della superficie piezometrica che si attesta a 2÷3 metri dal p.c.

L'elaborazione dei dati ottenuti durante le campagne piezometriche effettuate sui quattro piezometri ha messo in luce che la prima falda confinata ha un andamento circa N-S, risultato costante in tutte le misurazioni effettuate.

Il **secondo livello acquifero confinato** si estende tra i 55 e i 60 metri da piano campagna, e la sua litologia prevalente è rappresentata da ghiaie medie in matrice sabbioso-limosa, con livello di falda compreso tra 2.5 e 3.2 metri da p.c.

In merito alle caratteristiche morfologiche dei deflussi nel secondo acquifero confinato, la direzione di flusso mantiene un andamento approssimato N-S e la superficie piezometrica si pone a 0.3 m circa al di sotto del livello piezometrico del primo sistema confinato.

Nella seguente figura sono riassunte le caratteristiche idrogeologiche del primo e del secondo acquifero confinato, come scaturite dai test eseguiti nel 2009:

	Parametro	Valore impostato
1° acquifero confinato (sistema dei 40 m)	Spessore acquifero (b)	7 m
	Porosità efficace (n_e)	0.2
	Conducibilità idraulica (k)	$1.44 \cdot 10^{-4}$ m/s
	Trammissività idraulica (T)	$1.01 \cdot 10^{-3}$ m ² /s
2° acquifero confinato (sistema dei 60 m)	Spessore acquifero (b)	6 m
	Porosità efficace (n_e)	0.2
	Conducibilità idraulica (k)	$4.01 \cdot 10^{-4}$ m/s
	Trammissività idraulica (T)	$2.40 \cdot 10^{-3}$ m ² /s

Figura 2.7 : Sintesi dei caratteri idrogeologici del primo e secondo acquifero confinato

Il **terzo livello acquifero confinato** si colloca tra 70-75 m e 100 m circa, è litologicamente rappresentato prevalentemente da ghiaie e sabbie e ha livello di falda compreso tra 2.3-3.5 m da p.c.

Nell'ambito di questo sistema sono stati realizzati n. 2 piezometri (P301 e P302), le cui stratigrafie sono riportate in **Allegato 2**.

2.5 Dati meteorologici

La temperatura media mensile del sito varia tra i 4-5 °C dei mesi invernali ai 20-24 °C del periodo estivo, ed è globalmente compresa tra -10 e +35°C.

Le precipitazioni atmosferiche medie complessive del periodo Aprile 2005 – Febbraio 2012 ammontano a circa 3 mm/giorno, e presentano significativi picchi dell'ordine di alcune decine di mm/giorno (fino a 139) nel corso di eventi meteorici intensi, che peraltro si esauriscono generalmente nell'arco di 2-3 giorni.

In merito alla velocità del vento, i dati raccolti nel corso del 2008 da centralina meteo dedicata (già inclusi nell'Analisi di Rischio) consentono di affermare che, pur nell'ambito di una marcata variabilità di direzione di provenienza e intensità di vento, nei mesi invernali i venti provengono in prevalenza dai quadranti settentrionali mentre nel resto dell'anno la direzione prevalente di provenienza è O-SO; in entrambe le situazioni, la velocità media del vento è pari a circa 3.6 km/h (bava di vento) nonostante si verificano talvolta raffiche dell'ordine di 10-15 m/s (brezza tesa).

2.6 Analisi dello stato di contaminazione presente nel sito

2.6.1 Premessa

I contaminanti più diffusi nel sito sono i seguenti:

- MCB (Monoclorobenzene)
- TCM (Triclorometano)
- Idrocarburi aromatici (BTEX)

Il quadro completo dei contaminati con superamenti delle CSC per i terreni (uso residenziale) e acque sotterranee sono riportati nella tabella che segue.

Tabella 2.1: Contaminanti con superamento delle CSC

Inquinanti	Suolo insaturo	Falda superficiale
Mercurio	x	-
Arsenico *	x	x
Piombo	x	-
Rame	x	-
Ferro	-	x
Manganese	-	x
Selenio	-	x
Stagno	x	-
Zinco	x	-
Berillio	x	-
Cobalto	x	-
Cadmio	x	-
Alluminio	-	x
Antimonio	x	-
Fluoruri	-	x
Benzene *	x	x
Etilbenzene *	x	x
Toluene	x	x
Xilene	x	x
Triclorometano *	x	x
Tricloroetilene *	x	x

Inquinanti	Suolo insaturo	Falda superficiale
Tetracloroetilene *	x	x
1,1 - Dicloroetano	x	-
1,2 - Dicloroetilene	x	-
1,2, Dicloropropano *	-	x
Cloruro di vinile *	-	x
Monoclorobenzene	x	x
1,2 (o) Diclorobenzene	-	x
1,4 (p) Diclorobenzene *	x	x
Esaclorobenzene *	-	x
Anilina *	x	x
DDT *	x	-
PCBs *	x	-
p-toluidina *	-	x
Benzo(a)pirene *	x	x
Indenopirene *	x	-
Benzo(g,k,i)perilene	x	x
4-metiltiobenzaldeide	x	-
Idrocarburi leggeri	x	-
Idrocarburi pesanti	x	-
Idrocarburi totali	-	x

* : inquinante cancerogeno

x : inquinante presente

- : inquinante non presente

Ciò premesso, di seguito si riportano le elaborazioni e valutazioni riguardo i livelli di contaminazione rilevati nelle diverse matrici ambientali.

2.6.2 Terreni insaturi

Il suolo insaturo è compreso tra 0 e circa 1,5 m dal p.c., quota media di soggiacenza della falda superficiale.

Dalla presente valutazione sono esclusi i terreni insaturi pertinenti alle due aree di sorgente Nord-Est e Sud-Ovest, in quanto già completamente asportati nel corso dell'intervento di bonifica di Fase 1 descritto nei paragrafi che seguono.

Si precisa inoltre che le valutazioni che seguono si riferiscono ai soli esiti della Caratterizzazione ambientale (cfr. documento “Realizzazione del Piano della Caratterizzazione - D.M. 471/99, 2004”), dal momento che le successive indagini integrative (descritte invece nel documento “*Indagini di dettaglio per la progettazione definitiva degli interventi di bonifica*”, Giugno 2007) si sono concentrate sui terreni saturi e sulle acque di falda.

Per quanto riguarda gli inquinanti organici, in fase di caratterizzazione ambientale è stato rilevato quanto segue:

- In 13 sondaggi su 28, pari al 46% del totale, si sono evidenziati superamenti delle CSC per suoli ad uso residenziale;
- In 4 sondaggi su 28, pari al 14% del totale, si sono evidenziati superamenti delle CSC per suoli ad uso industriale.

Il quadro riassuntivo della contaminazione da inquinanti organici nei terreni insaturi con riferimento alle CSC per un uso residenziale e industriale, è riportato in **Tavola 2a**.

Dalle elaborazioni proposte emerge una lieve contaminazione, scarsamente diffusa, da inquinanti organici, in particolare TCM e MCB.

Gli idrocarburi sono invece concentrati in specifiche zone del sito (presso ex centrale termica, ad esempio).

Si osserva anche la presenza di almeno un *hot spot*, localizzato nel settore est del sito, caratterizzato da elevate concentrazioni di MCB e BTEX.

Per quanto riguarda gli inquinanti inorganici, e in particolare i metalli, emerge quanto segue:

- In 19 sondaggi su 24, pari al 79%, si sono evidenziati superamenti delle CSC per suoli ad uso residenziale;
- In 12 sondaggi su 24, pari al 50%, si sono evidenziati superamenti delle CSC per suoli ad uso industriale.

Il quadro riassuntivo della contaminazione da metalli (in particolare Arsenico, Cadmio, Mercurio e Piombo), con riferimento alle CSC previste per un uso residenziale e industriale, è riportato in **Tavola 2b**; da tali elaborazioni emergono diffusi superamenti delle CSC per uso residenziale per quanto riguarda i metalli (in particolare Arsenico, che in aree anche estese è risultato non conforme anche alle CSC previste dall'uso industriale).

In conformità alle prescrizioni formulate dalla Conferenza dei Servizi del 19 Novembre 2010, nel corso del mese di Luglio 2011 è stata eseguita una campagna analitica volta ad approfondire la conoscenza dello stato di contaminazione del sito.

In particolare, sono state eseguite indagini integrative sulla matrice terreni, con le seguenti finalità:

- Completare le informazioni riguardanti l'orizzonte insaturo, in particolare per quelle porzioni di terreno che durante le indagini di caratterizzazione non era stato possibile sottoporre a campionamento;
- Estendere il protocollo analitico a tutti i parametri riportati nel D.Lgs. 152/06;
- Ricerca mediante uno screening in GC-MS di tutte le sostanze organiche volatili e semivolatili presenti nei terreni e relativa valutazione del rischio correlato alle sostanze non comprese nell'elenco fornito dal D.Lgs. 152/06.

In merito ai terreni insaturi, l'indagine integrativa ha comportato l'esecuzione di n. 13 carotaggi e il prelievo di campioni di terreno dai relativi orizzonti insaturi; gli esiti di tale attività sono in sintesi i seguenti:

- Localmente sono presenti nel terreno insaturo concentrazioni non conformi alle CSC per alcuni parametri che in fase di caratterizzazione ambientale non erano stati rilevati (es. DDT, PCB, IPA);
- In merito alle sostanze rilevate ma non normate dal D.Lgs. 152/2006, la solo 4-metiltiobenzaldeide è stata considerata rilevante ai fini dell'Analisi di Rischio.

Durante la Conferenza dei Servizi del 17 novembre 2011 di approvazione del documento di Analisi di Rischio, gli Enti hanno richiesto l'esecuzione di ulteriori n.2 sondaggi in corrispondenza degli edifici B-C/G recentemente demoliti, al fine di completare la caratterizzazione del sito e verificare la necessità di eventuali modifiche da apportare al documento di Analisi di Rischio.

In data 24 gennaio 2012, sono stati eseguiti in contraddittorio con ARPAV, i suddetti 2 sondaggi in corrispondenza degli edifici demoliti B-C/G (un sondaggio per ciascun edificio).

I due sondaggi sono stati eseguiti a carotaggio continuo per il prelievo di terreni nei punti e alle profondità indicati nella tabella seguente.

Tabella 2.2: Elenco campioni di terreno prelevati e profondità

Campione	Profondità (m da p.c.)
SB1/1	1,0-2,0
SC1/1	1,0-2,0

Su tutti i campioni prelevati è stata eseguita non solo una ricerca completa di tutti i parametri previsti dal D. Lgs. 152/06 ma anche uno screening in GC-MS con lo scopo di rilevare tutte le sostanze volatili e semivolatili presenti nella matrice indagata, comprese le sostanze non normate dal citato decreto.

Tutti i parametri ricercati previsti dal D. Lgs 152/06 sono risultati conformi ai limiti di legge ad eccezione dei parametri arsenico e stagno, per i quali si rilevano in entrambi i sondaggi lievi superamenti delle CSC per uso residenziale. Si ricorda in ogni caso che l'Analisi di Rischio, in relazione alle specifiche soluzioni edilizie previste nel progetto di riqualificazione del sito, considera come unica via di esposizione l'inalazione outdoor e indoor di vapori; i due parametri citati, essendo metalli non volatili, non comportano pertanto alcun rischio per i futuri utilizzatori del sito.

Le analisi eseguite dal laboratorio Arpav, a differenza di quelle eseguite dal laboratorio Chelab (laboratorio di parte), mostrano anche un superamento, per il solo campione SB1, per il parametro sommatoria DDT, DDD e DDE, per il quale è stato rilevato un valore di 0,056 mg/kg contro una CSC per uso residenziale pari a 0,01 mg/kg. Per tale parametro, tuttavia, l'Analisi di Rischio ha già definito una CSR pari a 6,64 mg/kg; valore superiore di 2 ordini di grandezza rispetto al valore rilevato dal laboratorio ARPAV nel campione SB1.

L'analisi di ricerca GS-MS svolta non ha evidenziato la presenza di particolari molecole organiche in concentrazioni apprezzabili.

In conclusione, si ritiene che le indagini eseguite recentemente in corrispondenza degli edifici demoliti non richiedano modifiche da apportare al documento di Analisi di Rischio, approvato nella Conferenza dei Servizi del 17 novembre 2011.

2.6.3 Terreni saturi nelle aree di sorgente

Le due aree di sorgente cui ci si riferisce sono le aree confinate da palancole Nord Est e Sud Ovest. Tali aree sono all'origine di due pennacchi di contaminazione delle acque della falda superficiale.

In merito all'Area NE, le indagini integrative eseguite nel 2007 da Tauw (cfr. documento "*Indagini di dettaglio per la progettazione dell'intervento di bonifica, Giugno 2007*") hanno consentito la perforazione del sondaggio S56 nel quale i terreni saturi sono risultati fortemente contaminati fino

alla profondità di circa 7 metri dal p.c.. Le concentrazioni massime sono state rilevate a circa 5 metri da p.c. (MCB 31000 mg/kg e Benzene 45 mg/kg).

Tali dati sono in accordo con gli esiti della prima indagine eseguita nel 1999 dallo Studio Biancani presso tale sub-area, nella quale erano state riscontrate concentrazioni elevate di MCB e BTEX sino a quote di circa 7 m da p.c.

Tenuto conto delle concentrazioni rilevate nei terreni, è possibile che nel suolo sia presente NAPL costituito da una miscela di MCB e BTEX e delle sostanze rilevate attraverso l'analisi di screening di cui al paragrafo precedente.

Nell'area sono stati rimossi terreni e rifiuti fino ad una profondità di circa 3 m da p.c.

In merito all'Area SO (corrispondente all'area in cui insisteva l'ex Edificio O), la stessa è stata sottoposta nel 2006 ad un'indagine di dettaglio, eseguita tramite combinazione di tecnica convenzionale (sondaggi geognostici e piezometri di monitoraggio) con l'innovativa tecnologia Membrane Interface Probe, mirata alla definizione in tempo reale dello stato di contaminazione da COV e della successione stratigrafica locale (cfr. documento *"Indagini integrative Area Edificio O"*, Maggio 2006).

Tale indagine ha rivelato che nei terreni saturi di tale sub-area sono presenti concentrazioni elevate di MCB e TCM (concentrazioni massime rispettivamente di 5100 e 2900 mg/kg alla profondità di circa 6 metri dal piano di campagna), in particolare nell'angolo sud-ovest dell'ex Edificio O. L'indagine ha evidenziato che i contaminanti sono presenti fino a una profondità di circa 15 metri da p.c.

L'indagine ha evidenziato la presenza di NAPL a diverse profondità, principalmente nel settore Ovest dell'area.

Sono state condotte analisi di laboratorio sul NAPL dalle quali è emerso che lo stesso è costituito da una miscela dei contaminanti sopra citati (MCB, TCM, BTEX) e di altri composti di natura organica quali canfora, cloroacetofenone, 2-metilnaftalene, p-metilmercaptobenzaldeide, (4-metiltiofenil)-1-etanone, difenilsolfuro, N-benzanilina.

E' possibile che nel prodotto NAPL siano presenti anche alcuni dei composti rilevati nelle acque sotterranee attraverso l'analisi di screening richiamata nel paragrafo precedente.

Nell'area sono stati rimossi terreni e sottoservizi (rete fognaria) fino a una profondità di circa 1,5-2 m da p.c.

2.6.4 Acque della falda superficiale

Le acque della falda superficiale sono sottoposte a monitoraggio periodico nell'ambito delle operazioni di Messa in Sicurezza attive dal 2004, pertanto per le valutazioni di dettaglio sul relativo stato di contaminazione si rimanda ai report di aggiornamento sulla gestione della MISE e

sugli esiti del relativo monitoraggio idrochimico, che vengono emessi periodicamente a cadenza trimestrale.

I monitoraggi eseguiti nel periodo 2004-2011, i cui risultati analitici sono riportati in **Allegato 7** e rappresentati in sintesi nella **Tavola 3**, consentono di poter disporre di un quadro dettagliato dello stato di contaminazione.

Lo stato di contaminazione delle acque della falda superficiale è rappresentato dalla presenza dei seguenti pennacchi, riportati in **Tavola 4**:

- Pennacchio Nord – Est
- Pennacchio Centrale
- Pennacchio Sud - Ovest

Pennacchio Nord Est

Questo pennacchio ha origine dall'omonima area di sorgente ed è caratterizzato dalla presenza di MCB e Benzene in concentrazioni elevate, in modo particolare di MCB.

Le concentrazioni maggiori si rilevano in Pz12 (immediatamente a valle dell'area di sorgente) in cui sono presenti circa 80.000 µg/l di MCB, e tendono a decrescere lungo la direttrice di deflusso delle acque fino ai pozzi barriera Bar 1 e Bar 2 posti in prossimità del confine del sito. In particolare si rilevano concentrazioni dell'ordine delle decine di migliaia di µg/l a metà strada tra la sorgente e il confine e dell'ordine delle migliaia di µg/l al confine.

Concentrazioni dell'ordine di migliaia di µg/l sono state rilevate anche a monte dell'area di sorgente (Pz15) presumibilmente per diffusione della contaminazione prima che venisse eseguito l'intervento di confinamento dell'area sorgente stessa (*zona di retrodiffusione o di monte del pennacchio*).

Pennacchio Centrale

Questo pennacchio ha presumibilmente origine da materiali interrati nel settore centrale, già rinvenuti e rimossi durante gli interventi di Fase 1.

I contaminanti che caratterizzano il pennacchio consistono in MCB e Benzene. In particolare è significativa la presenza di MCB (concentrazioni nell'ordine delle decine di migliaia di µg/l).

La contaminazione è stata rilevata in corrispondenza del piezometro Pz36, mentre a valle in Pz11 e Pz18 le concentrazioni rilevate sono prossime o addirittura conformi ai limiti normativi.

Pennacchio Sud Ovest

Questo pennacchio ha origine dall'omonima area di sorgente ed è caratterizzato dalla presenza di MCB, TCM e Benzene in concentrazioni molto elevate.

In questo settore il sottosuolo presenta due orizzonti con caratteristiche idrogeologiche del tutto diverse.

In particolare si riconoscono i seguenti orizzonti:

- Orizzonte *superficiale* (tra il livello di soggiacenza e circa 7-8 metri da p.c.) costituito da orizzonti eterogenei a bassa permeabilità (limi e argille)
- Orizzonte *profondo* (tra 7-8 metri e 15 metri da p.c.) in cui sono presenti sabbie con buone caratteristiche di permeabilità.

Nelle acque dell'orizzonte superficiale si rilevano concentrazioni molto elevate di MCB (circa 100.000 µg/l), di TCM (circa 200.000 µg/l) e di Benzene (600 µg/l).

Nelle acque dell'orizzonte più profondo si rilevano concentrazioni elevate di MCB (24.000 µg/l e TCM (4.400 µg/l) e di Benzene (170 µg/l).

Nel mese di settembre 2011 è stata eseguita in contraddittorio con ARPAV una campagna di monitoraggio finalizzata al prelievo e analisi di campioni di acque di falda dai piezometri Pz12, PzV1 e Pz32P, sui quali sono stati ricercati tutti i parametri compresi nella Tabella 2 dell' Allegato 5, parte IV, Titolo V del D. Lgs 152/06, con esclusione di amianto e diossine, e uno screening mediante GC-MS finalizzato a verificare la presenza di eventuali sostanze non comprese nella medesima tabella.

I risultati restituiti dalle analisi in GC-MS condotte dal laboratorio Chelab e ARPAV hanno evidenziato la presenza in concentrazioni superiori al limite strumentale analitico di 80 sostanze.

La presenza di tali sostanze è stata valutata nell'Analisi di Rischio sito specifica, che ha consentito di poter concludere che nessuno dei composti rilevati può potenzialmente comportare un rischio per gli utilizzatori del sito.

2.6.5 Acque degli acquiferi confinati

Le acque dei tre orizzonti acquiferi confinati sottesi dal sito sono sottoposte a monitoraggio periodico nell'ambito delle operazioni di Messa in Sicurezza attive dal 2005, pertanto per le

valutazioni di dettaglio sul relativo stato di contaminazione si rimanda ai report di aggiornamento sulla gestione della MISE e sugli esiti del relativo monitoraggio idrochimico, che vengono emessi periodicamente a cadenza trimestrale.

I monitoraggi eseguiti nel periodo 2005-2011 consentono di poter disporre di un quadro dettagliato dello stato di contaminazione, riportato in **Allegato 8**.

In questa sede, si riportano le considerazioni sintetiche che seguono.

1° sistema confinato (40 metri)

Le analisi realizzate nell'ultimo periodo di monitoraggio idrochimico (Giugno-Dicembre 2011) portano a concludere quanto segue in riferimento alla prima falda confinata (sistema dei 40 metri):

- i piezometri P101, P102 e P103, rappresentativi della zona meridionale del sito in studio, non evidenziano alcun superamento delle CSC in accordo allo storico disponibile per questi punti di prelievo;
- il piezometro P104, ubicato nella zona centrale del sito, fa riscontrare una moderata non conformità per il Tricloroetilene la cui presenza (anche se ritenuta anomala per il sito in esame), si è dimostrata persistente negli anni in concentrazioni pressoché costanti pari a $2\div 3 \mu\text{g/l}$;
- il punto di monitoraggio di valle P105, posizionato esternamente al sito, presenta una concentrazione di MCB lievemente superiore alla CSC di 40 ppb, con valori in generale diminuzione nel tempo, pur con alcune oscillazioni; nell'ultimo semestre si osserva un abbassamento dei tenori di Benzene, che a partire da Novembre 2011 è conforme al limite normativo pari a $1 \mu\text{g/l}$.

2° sistema confinato (60 metri)

Il sistema confinato dei 60 metri mostra un contesto idrochimico riassumibile nei punti seguenti:

- i piezometri P201 e P203 sono conformi alle CSC;
- a parte un isolato picco di MCB a Settembre 2011 ($46 \mu\text{g/l}$), già rientrato nei prelievi mensili successivi, il piezometro P204 da Novembre 2005 è sempre stato ampiamente conforme alla CSC;
- in P202, ubicato nel settore centrale del sito nei pressi della sorgente di contaminazione, si evidenziano alcune oscillazioni attorno alla CSC del MCB, con valori tornati poi conformi nella recente campagna di Dicembre 2011;

- presso il punto di monitoraggio esterno P205 i tenori di MCB continuano ad oscillare, con trend decrescenti: dalla campagna del 6 Settembre 2011 in poi, le concentrazioni sono sempre risultate inferiori alla CSC e comprese tra 20 e 40 µg/l circa.

3° sistema confinato (100 metri)

Le analisi chimiche eseguite sui due piezometri (P301 e P302) che intercettano l'acquifero profondo del sistema 100 m confermano che in falda sono presenti i seguenti composti:

- Tetracloroetilene in concentrazioni di 2,4 µg/l, (CSC 1,1 µg/l);
- Tricloroetilene in tracce, con concentrazioni sempre inferiori al limite normativo.

Si ritiene che i contaminanti rilevati in tale acquifero non siano contaminanti sito specifici e pertanto le ragioni della loro presenza siano da ricercare in cause esterne al sito.

Tale quadro idrochimico è stabile dall'inizio del monitoraggio in P301 e P302.

3 Interventi di messa in sicurezza e bonifica eseguiti

Nel sito sono stati eseguiti gli interventi di Messa in sicurezza e di bonifica descritti di seguito:

3.1 Messa in sicurezza

A decorrere dal 2004 è in atto un intervento di Messa in sicurezza (MISE) delle acque sotterranee sottese dal sito, e che si articola su due diversi domini del sottosuolo saturo, ovvero falda superficiale e acquiferi confinati, ed è descritto in dettaglio ai successivi paragrafi.

Informazioni di maggiore dettaglio sono ampiamente riportate nei rapporti semestrali inoltrati agli Enti di controllo.

La configurazione dell'intervento di MISE è rappresentata nelle **Tavole 5a e 5b**.

3.1.1 Messa in sicurezza della falda superficiale

L'intervento di MISE del comparto falda superficiale è in atto dal mese di Aprile 2004, ed è stato inizialmente attuato attraverso l'emungimento di acque sotterranee dai piezometri nei quali le campagne di indagine precedenti avevano evidenziato la presenza di contaminanti in concentrazioni superiori ai limiti normativi.

Successivamente è stato sviluppato il modello di flusso sito-specifico, che ha previsto la predisposizione di un sistema di barriera idraulico articolato come segue:

Linea Est

Prelievo di circa 6.2 m³/giorno complessivi (circa 260 l/h), così ripartiti:

- Bar1 ~ 130 l/h
- Bar2 ~ 130 l/h

Linea Sud (orizzonte superficiale)

Prelievo di circa 3.8 m³/giorno complessivi (circa 165 l/h), così ripartiti:

- Bar3 ~ 30 l/h
- Pz19 ~ 40 l/h
- Pz20 ~ 60 l/h
- Pz21 + Pz24 ~ 35 l/h

Linea Sud (orizzonte profondo)

Prelievo di circa 12 m³/giorno complessivi (circa 500 l/h) da Pz32p

Piezometri esterni al sito

Prelievo di circa 1 m³/giorno complessivi (circa 45 l/h), così ripartiti:

- Pz4 ~ 15 l/h
- V1 ~ 15 l/h
- Pz10 ~ 15 l/h

La quantità di acqua emunta ammonta quindi complessivamente a circa 23 m³/giorno.

Le acque estratte sono convogliate attraverso tubazioni dedicate all'impianto di trattamento asservito esclusivamente all'intervento.

L'impianto è costituito da:

- vasca di omogeneizzazione delle acque in ingresso
- vasca di pre-ossidazione metalli
- filtro a sabbia per la rimozione dei metalli precipitati
- colonna di stripping contaminanti
- filtri a carbone attivo contenenti complessivamente 4 m³ di carboni per adsorbimento contaminanti in fase vapore
- filtro a carbone attivo contenente 1 m³ di carboni per adsorbimento contaminanti in fase liquida

Il *lay out* dell'impianto di MISE falda superficiale è riportato in **Tavola 6a**.

Oltre che per il trattamento delle acque emunte dalla MISE, l'impianto è già stato utilizzato nel corso dell'intervento di bonifica di Fase 1 per il trattamento delle acque di rifiuto da esso generate (lavaggio ruote automezzi, acque di dilavamento delle aree di deposito temporaneo dei terreni e simili, drenaggio aree palancole).

Dopo trattamento, le acque sono recapitate nella fognatura di Via Monte Zovetto nel rispetto dell'autorizzazione allo scarico n. 917/2010, che ha rinnovato e dato continuità alla precedente 917.1/2006 rilasciata da Acque Vicentine (già AIM Vicenza).

Le acque allo scarico e le emissioni in atmosfera sono monitorate mediante prelievi ed analisi con frequenza mensile.

L'intervento comporta il monitoraggio periodico idrochimico mediante prelievo ed analisi di acque dalla esistente rete di rilevamento, alla seguente frequenza (fatte salve alcune necessità per evidenze specifiche):

- Trimestrale: pozzi in pompaggio + piezometri esterni di prima fascia (V1, V2, V3, V4)
- Semestrale: altri punti

Tenuto conto delle conoscenze consolidate sullo stato di contaminazione presente nel sito, sono ricercati i seguenti composti:

- Composti organici clorurati cancerogeni e non-cancerogeni
- MCB
- Composti organici aromatici (BTEX)
- Arsenico
- Fluoruri

L'intervento comporta anche il monitoraggio idraulico del livello di falda, mediante acquisizione manuale e automatica delle quote di soggiacenza e l'elaborazione delle piezometrie che ne derivano, per il loro inserimento e valutazione nel rapporto periodico semestrale.

3.1.2 Messa in sicurezza degli acquiferi confinati

L'intervento di MISE del comparto acquiferi confinati è in atto dal mese di Agosto 2005, attraverso l'emungimento di acqua da pozzi-barriera posti al confine idrogeologico di valle del sito e da pozzi ubicati nell'area da cui ha avuto origine la contaminazione (ex pozzo P1).

Attualmente l'intervento si articola mediante l'emungimento di acque dai pozzi ed alle portate di seguito indicate:

1° acquifero confinato (sistema "40 m")

- P101: 1 m³/h
- P102: 3.5 m³/h

2° acquifero confinato (sistema "60 m")

- P201: 2 m³/h
- P202: 0.5 m³/h
- P203: 1.5 m³/h

La quantità di acqua emunta ammonta quindi complessivamente a circa 8.5 m³/h.

Nel corso del corrente mese è stato realizzato il nuovo pozzo barriera P107, posto tra il confine sud del sito ed il piezometro di monitoraggio P105, per il quale è prevista la messa in pompaggio ad integrazione della barriera idraulica esistente, a portate da definire.

Le acque estratte sono convogliate attraverso tubazioni dedicate all'impianto di trattamento asservito esclusivamente all'intervento di MISE degli acquiferi confinati, e che è costituito da:

- vasca di omogeneizzazione delle acque in ingresso
- n. 2 filtri a carbone attivo di volume pari a 500 litri ciascuno
- vasca di rilancio allo scarico finale

Il *lay out* dell'impianto di MISE acquiferi confinati è riportato in **Tavola 6b**.

Le acque sono in seguito recapitate nella fognatura di Via Monte Zovetto nel rispetto dell'autorizzazione allo scarico n. 890/2010, che ha rinnovato e dato continuità alla precedente 890.2005 (e s.m.i.) rilasciata da Acque Vicentine (già AIM Vicenza).

Come consentito dall'autorizzazione citata, al momento è attivo il by-pass dei filtri a carbone attivo e della vasca di rilancio finale in quanto le concentrazioni all'ingresso sono ampiamente conformi ai limiti previsti per lo scarico in fognatura; in accordo a quanto prescritto dalla vigente autorizzazione, tali presidi rimangono peraltro a disposizione per essere prontamente riattivati qualora dal monitoraggio mensile scaturissero concentrazioni in ingresso superiori al 10% dei limiti prescritti allo scarico.

L'intervento comporta il monitoraggio periodico idrochimico mediante prelievo ed analisi di acque dalla esistente rete di rilevamento con frequenza mensile.

La rete di rilevamento è stata integrata nel corso del corrente mese con la realizzazione dei piezometri di monitoraggio esterni al sito P106 (1° acquifero) e P206 (2° acquifero).

Tenuto conto delle conoscenze consolidate sullo stato di contaminazione presente nel sito, sono ricercati i seguenti composti:

- Composti organici clorurati cancerogeni e non cancerogeni
- MCB
- Composti organici aromatici (BTEX)

L'intervento comporta anche il monitoraggio idraulico del livello di falda mediante acquisizione manuale e automatica delle quote di soggiacenza e l'elaborazione delle piezometrie che ne derivano, per il loro inserimento e valutazione nel rapporto periodico semestrale.

3.1.3 Chiusura pozzi idrici

Sulla base del modello concettuale predisposto, il primo e il secondo acquifero confinato sono stati contaminati a seguito della veicolazione negli stessi di acque della falda superficiale.

Tali acque si sono infiltrate in alcuni punti della tubazione del pozzo P1 (a seguito di rottura causata presumibilmente da fenomeni di corrosione) ed hanno trasferito la contaminazione in esse presenti agli acquiferi profondi.

Al fine di far cessare il fenomeno si è quindi provveduto alla sigillatura del pozzo P1, determinando con ciò l'eliminazione della sorgente secondaria che era causa dei fenomeni di contaminazione rilevati negli acquiferi profondi.

L'intervento di chiusura del pozzo P1 è stato eseguito nel mese di luglio 2005 da ditta specializzata incaricata da Zambon, secondo le modalità previste nel documento "*Ex area industriale di Vicenza – Via dei Cappuccini – Messa in sicurezza ai sensi del D.M. 471/99 – Progetto di chiusura pozzi 1, 2, 3, Sinergeo Srl, Maggio 2005*" [13], approvato dagli Enti di Controllo nella riunione tecnica del 30.05.05.

Seppur sia stato appurato che non sono stati veicoli di contaminazione, a scopo cautelativo si è provveduto, attraverso ditta specializzata incaricata da Zambon, alla chiusura dei pozzi P2 e P3 (Agosto 2005), P4 (Febbraio 2006) e P5 (ottobre 2007), secondo le modalità approvate dagli Enti e previste nei documenti in loro possesso.

3.2 Bonifica (Fase 1)

Nell'area sono stati eseguiti nel periodo 2006-2008 interventi di bonifica che hanno previsto le attività riportate nei documenti di seguito elencati, ai quali si può fare riferimento per gli aspetti di dettaglio:

- Ex area industriale di Vicenza – Via dei Cappuccini – Progetto Definitivo di Bonifica di Fase 1 – Interventi a stralcio – EcoAppraisal Srl – presentato il 2 gennaio 2006, approvato con prescrizioni con atto del Comune di Vicenza – Settore Ambiente e Tutela del Territorio – P.G.N. n. 15272 del 15 marzo 2006.
- Ex area industriale di Vicenza – Via dei Cappuccini – Progetto Definitivo di Bonifica di Fase 1 – 2° intervento a stralcio – EcoAppraisal Srl – presentato il 11 giugno 2007, approvato con prescrizioni con atto del Comune di Vicenza – Settore Ambiente e Tutela del Territorio – P.G.N. n. 434499 del 2 agosto 2007.

In sintesi, le attività previste nei progetti di cui sopra, sono consistite in:

- rimozione dei rifiuti nelle aree di sorgente Nord-Est e Sud-Ovest;
- rimozione di sottoservizi, serbatoi e tratti di fognatura
- realizzazione di palancolata nell'area di sorgente Sud – Ovest

Le attività eseguite sono descritte in dettaglio nel documento predisposto dal Direttore dei Lavori "Ex area industriale di Vicenza, Via dei Cappuccini - Relazione descrittiva delle attività di bonifica di Fase 1 eseguite (Dott. Carlo Bossi, Direttore dei Lavori, rif. 01r011cbo, Febbraio 2011)", al quale si può fare riferimento per le informazioni di dettaglio.

Da tale relazione, si rileva che le attività eseguite, anche in termini di quantità, sono state le seguenti:

Rimozione di rifiuti presenti nel settore Nord - Est

L'intervento ha interessato sia l'area palancolata che quella posta immediatamente a Sud di essa. Gli scavi all'interno dell'area palancolata nord-est sono avvenuti dopo aver abbassato il livello delle acque sotterranee tramite il sistema di drenaggio delle acque sotterranee realizzato allo scopo, con invio delle stesse all'impianto interno di depurazione. La profondità media dello scavo si è attestata a circa - 2,4 e - 4,10 m di profondità dal p.c., per una profondità media di scavo di circa 3 metri da p.c.

Lo scavo è stato esteso alla profondità cui è stato possibile estenderlo rispetto a quanto consentito dal sistema di palancole infisse.

L'estensione dell'area di intervento è stata di circa 1.000 m², inferiore rispetto alla superficie dell'intera area (circa 1.440 m²) in quanto parte di essa risultava già depressa rispetto al p.c. a seguito di asportazioni precedenti di volumi di terreno/rifiuti.

La quantità di materiali rimossi all'interno ammonta complessivamente a circa 2.808 m³.

Gli scavi all'esterno dell'area palancolata hanno interessato una superficie di circa 270 m² e una profondità di circa 1,30 m, per un volume di materiali rimossi pari a circa 346 m³.

Nel complesso, da questo settore sono stati rimossi circa 3.154 m³ di rifiuti.

Durante tale scavo sono stati rinvenuti anche volumi di terreno con presenza di frammenti di coperture in cemento-amianto. La rimozione di tali rifiuti è stata affidata nel mese di aprile 2007 alla Società specializzata Eureka - Via Colombara, 125 M - Marghera (VE), la quale ha operato sulla base del Piano di lavoro n. 26, approvato dell'ULSS n. 6 SPISAL.

Rimozione di rifiuti presenti nel settore Sud - Ovest

Gli scavi nell'area sud-ovest hanno comportato dapprima la demolizione della pavimentazione degli edifici preesistenti e successivamente all'approfondimento dello scavo per un ulteriore metro.

Lo spessore rimosso è stato quindi di circa 1,5 metri dal precedente p.c. consistente nel piano di calpestio degli edifici preesistenti.

Lo scavo è stato esteso in profondità sino al raggiungimento del livello di falda, rimandando ulteriori interventi alle operazioni di bonifica da eseguire in tale dominio.

Contestualmente alla rimozione del terreno al di sotto della pavimentazione, è stata rimossa la rete fognaria ed i sottoservizi esistenti.

La quantità di materiali rimossi in tale settore ammonta complessivamente a circa 3.000 m³.

A scavi completati, sono state realizzate, con materiali non contaminati provenienti dalle altre attività e trattamento, piste e rampe per l'accesso del macchinario di infissione delle palancole al fondo scavo e pertanto l'area si presenta attualmente depressa rispetto al p.c., tranne che per le parti interessate da tali opere provvisoriale.

Rimozione di rifiuti presenti in altri punti del sito

Nel corso degli interventi di Fase 1, sono stati individuati alcune aree in cui sono stati rilevati materiali interrati, che sono stati rimossi nel corso dell'intervento.

I punti dai quali sono state eseguite tali asportazioni sono riportati nella tabella che seguono e individuati in **Tavola 7**.

Tabella 3.1: Fase 1 – Rimozione rifiuti da Hot Spot

n.	ubicazione	descrizione	volume approssimativo
1	area serbatoi interrati SO	terreni contaminati	400 m ³
2	area viale centrale (tra gli Edifici O e B)	terreni con ceneri di pirite	30 m ³
3	area viale centrale (tra gli Edifici O, B e G)	terreni frammisti a fialette	60 m ³
4	area attigua al pozzo 1	terreni contaminati	10 m ³
5	area Edificio X (ad ovest edifici K e Z)	terreni contaminati	200 m ³

Il volume totale di terreno e rifiuti rimossi ammonta a circa 700 m³.

Rimozione di serbatoi interrati

Nel corso degli interventi di Fase 1, sono stati rimossi n.10 serbatoi interrati, individuati in **Tavola 7**.

Rispetto ai serbatoi individuati a seguito delle attività di indagine, resta da rimuovere il serbatoio presente nell'edificio ex centrale termica, che è stato comunque messo in sicurezza mediante svuotamento e bonifica.

Rimozione di tratti di rete fognaria

Nel corso degli interventi di Fase 1, sono stati rimossi i tratti di rete fognaria sono riportati nella tabella che segue ed individuati in mappa in **Tavola 7**:

Tabella 3.2: Tratti di fognatura rimossi

Settore	Metri rimossi
Edificio V	290
Edificio O	230
Piazzali	305

Complessivamente sono stati rimossi circa 825 metri di tratti fognari.

Restano da rimuovere i tratti fognari sui quali non è stato possibile intervenire causa presenza di edifici e impedimenti di altro genere.

Realizzazione della palancolata Sud – Ovest

In previsione degli interventi di bonifica di Fase 2, l'area Sud. Ovest è stata confinata mediante posa di palancole.

L'area palancolata si sviluppa su di un perimetro di circa 215 m, per un'estensione areale di circa 2.700 m².

L'area interessata dalla palancolata è rappresentata in **Tavola 1**.

All'interno di una trincea perimetrale di invito scavata fino alla profondità di – 1,5 metri da p.c., sono state infisse palancole tipo Larsen AU20, di lunghezza pari a 16 m e larghezza 0.75 m.

Le palancole sono state infisse fino alla profondità di – 17 m da p.c., con testa posta a – 1 m da p.c.

Prima dell'infissione, le palancole sono state condizionate mediante predisposizione nel gargame di giunto bitumato tipo Beltan.

Per maggiori dettagli si rimanda al documento "Relazione Tecnica" redatta dalla Direzione Lavori il 5 maggio 2008 ed allegata al certificato di collaudo.

Gestione dei materiali rimossi

I materiali rimossi sono stati suddivisi e caratterizzati per l'invio a smaltimento fuori sito e/o recupero in sito secondo le procedure previste nei progetti e nei protocolli approvati.

In particolare, oltre a quanto previsto nei progetti, i documenti di riferimento per la gestione dei materiali rimossi sono stati:

- Ex area industriale di Vicenza – Via Cappuccini. Progetto definitivo di bonifica – Fase 1 – Interventi a stralcio – Piano di campionamento ed analisi", EcoAppraisal Srl, Rif. 1089_002r06gib del 07.11.06
- Ex area industriale di Vicenza – Via Cappuccini. Progetto definitivo di bonifica – Fase 1 – Interventi a stralcio – Procedure di gestione dei materiali derivanti dalle operazioni di bonifica – Tauw Italia S.r.L., Rif. 1038_007r09gib del 11.02.09

Le procedure previste in questi documenti saranno riprese, con eventuali modifiche adeguate all'intervento, anche per la gestione dei materiali asportati a seguito degli interventi di Fase 2 previsti nel presente progetto.

In sintesi, la gestione dei materiali nel corso degli interventi di Fase 1, si è articolata come segue:

- Rifiuti: smaltimento in impianti esterni autorizzati

- Terreni non conformi al riutilizzo in sito (> colonna A): smaltimento in impianti esterni autorizzati
- Terreni conformi al riutilizzo in sito (< colonna A): recupero in sito
- Materiali da demolizione non conformi al riutilizzo in sito (test di cessione non conforme a D.M. 186/2006): smaltimento in impianti esterni autorizzati
- Materiali da demolizione conformi al riutilizzo in sito (rifiuto speciale non pericoloso e test di cessione conforme a D.M. 186/2006): recupero in sito per ritombamento scavi, previa vagliatura e frantumazione con impianto mobile autorizzato ex Art. 208 D. Lgs. 152/2006

I rifiuti avviati a smaltimento in impianti esterni sono riportati nella tabella che segue:

Tabella 3.3 : Riepilogo quantitativi smaltiti/recuperati Fase 1

CER	Q (t)	Q (mc)
Rifiuti a smaltimento esterno		
191302	3.213,20	
191301*	1.373,36	
140604*	34,00	
191308	26,44	
170302	593,00	
170405	27,38	
170107	62,96	
170504	2.257,74	
170503	433,32	
191209	3.543,29	
191305	0,28	
Totale a smaltimento esterno	11.564,97	
Materiali recuperati in sito		1670,00
Materiali in giacenza conformi per recupero in sito		430,00

Tutti i materiali prodotti durante le operazioni di bonifica sono stati caricati in qualità di rifiuti sul registro carico e scarico “di cantiere” e poi scaricati in funzione del destino individuato (smaltimento esterno o trattamento in sito).

I materiali sottoposti a trattamento (vagliatura e frantumazione) sono stati caricati sul registro carico e scarico “di impianto” e poi scaricati in funzione del destino individuato (smaltimento esterno o recupero in sito).

4 Progetto Operativo di bonifica – Fase 2

4.1 Scopo dell'intervento

Secondo quanto previsto dal D.Lgs. 152/06, Art.242, Comma 7, qualora gli esiti della procedura di analisi di rischio dimostrino che la concentrazione dei contaminanti presenti in un sito è superiore ai valori di Concentrazione Soglia di Rischio individuati (CSR), è necessario sviluppare un progetto degli interventi di bonifica.

Il presente documento progettuale descrive pertanto le attività di bonifica da eseguirsi in relazione agli esiti dello studio di analisi di rischio al fine di ricondurre le concentrazioni dei contaminanti presenti nel suolo insaturo e nelle acque di falda entro i valori soglia di rischio (CSR).

Si ricorda che una prima attività di bonifica (interventi di Fase 1) è già stata eseguita, con lo scopo di allontanare dal sito i rifiuti nelle aree sorgente, i serbatoi interrati, sottoservizi e tratti di fognatura.

4.2 Obiettivi di bonifica

Gli obiettivi di bonifica sono stati calcolati mediante uno studio di analisi di rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 che ha definito, per ogni contaminante, CSR in funzione di un progetto di riqualificazione urbanistica che prevede un utilizzo composito dell'area, compatibile con il contesto urbano circostante. In particolare, si distinguono 3 settori con diverse destinazioni d'uso:

- Settore Nord: Residenziale, con presenza di box auto/cantine/locali tecnici alla base degli edifici;
- Settore Sud-Est: Servizi (assimilabile a Commerciale);
- Settore Sud-Ovest: Ricreativo/Commerciale.

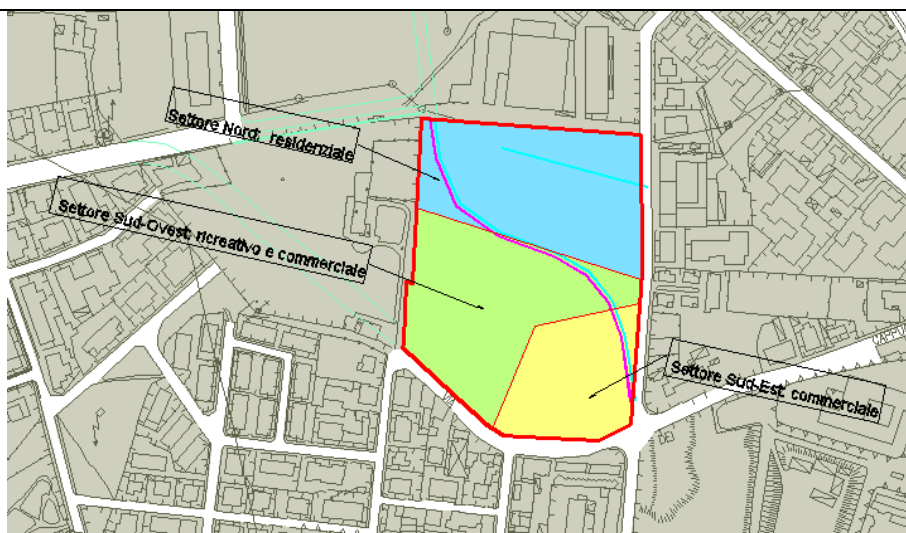


Figura 4.1: Suddivisione del sito in settori, ognuno con una diversa destinazione d'uso

Nei seguenti paragrafi sono riportate le CSR relative ai tre settori distinti nel sito, sia riferite al suolo insaturo che alla falda superficiale. I valori di CSR restituiti dall'Analisi di Rischio rappresentano, pertanto, i nuovi *target* di bonifica dell'area in esame.

Si ricorda che le CSR restituite dallo studio di AdR sono vincolate alle soluzioni edilizie esplicitate nel progetto di riconversione urbanistica, di seguito riassunte:

Tabella 4.1 : Suddivisione in settori e soluzioni edilizie sito specifiche

Settore	Scenario	Recettori	Soluzioni edilizie specifiche
Nord	Residenziale - con box auto alla base degli edifici	Uso continuativo dell'area che prevede la presenza di adulti e bambini. L'inhalazione <i>indoor</i> è riferita all'utilizzo non continuativo dei box auto.	Innalzamento del piano di campagna di almeno 50 cm in corrispondenza delle zone pavimentate (edifici / parcheggio) e di almeno 1 metro in corrispondenza delle zone non pavimentate. Edifici con box auto alla base provvisti di un sistema di ventilazione che garantisce un ricambio d'aria all'ora. Soletta fondazioni di spessore pari ad almeno a 50 cm.
Sud Est	Servizi/Commerciale	Uso non continuativo dell'area che prevede la presenza di soli adulti.	Innalzamento del piano di campagna di almeno 50 cm in corrispondenza delle zone pavimentate (edifici / parcheggio) e di almeno 1 metro in

		Viene in ogni caso valutata la presenza di residenti (adulti e bambini) nel settore adiacente.	corrispondenza delle zone non pavimentate. Edifici privi di piani interrati. Soletta fondazioni edifici di spessore pari ad almeno a 50 cm.
Sud Ovest	Ricreativo (parco pubblico) + presenza edificio ad uso commerciale	Uso non continuativo dell'area che prevede la presenza di adulti e bambini (ambito ricreativo) e adulti (ambito commerciale). Viene in ogni caso valutata la presenza di residenti (adulti e bambini) nel settore adiacente.	Innalzamento del piano di campagna di almeno 1 metro. Edifici privi di piani interrati. Soletta fondazioni edifici di spessore pari ad almeno a 50 cm.

4.2.1 CSR terreno insaturo

Nella tabella seguente sono riportate le CSR restituite dall'AdR per il suolo insaturo.

Tabella 4.2: CSR cumulate suolo insaturo

Parametro	CSR	CSR	CSR
	Settore Nord mg/kg	Settore SE mg/kg	Settore SW mg/kg
Mercurio	4.81E-01	4.81E-01	4.81E-01
Benzene	2.42E-01	6.01E-01	6.01E-01
Etilbenzene	3.62E+00	2.27E+00	2.27E+00
Toluene	5.16E+00	3.54E+00	3.54E+00
Xilene	9.54E+00	6.20E+00	6.20E+00
Triclorometano	7.66E-02	2.17E-01	2.17E-01
Tricloroetilene	1.05E+00	1.02E+00	1.02E+00
Tetracloroetilene	3.05E-01	2.50E-01	2.50E-01
1,1 - Dicloroetano	1.96E+00	6.64E-01	6.64E-01
1,2 - Dicloroetilene	4.50E-01	2.79E-01	2.79E-01
Monoclorobenzene	2.30E+00	2.39E+00	2.39E+00
1,4 (p) Diclorobenzene	7.93E-01	7.93E-01	7.93E-01
Anilina	3.19E-01	3.19E-01	3.19E-01
DDT	6.64E+00	6.64E+00	6.64E+00

PCB	1.75E-01	1.75E-01	1.75E-01
Benzo(a)pirene	2.56E+00	2.56E+00	2.56E+00
Indeno(1,2,3,c,d)Pirene	7.92E+01	7.92E+01	7.92E+01
Benzo(g,h,i)Perilene	1.13E+02	1.13E+02	1.13E+02
4 Metiltiobenzaldeide	5.18E-01	5.18E-01	5.18E-01
Idrocarburi leggeri	1.05E+01	1.05E+01	1.05E+01
Idrocarburi pesanti	1.86E+02	1.86E+02	1.86E+02

Si ritiene importante evidenziare che, in relazione alle soluzioni edilizie sito specifiche e sulla base del conseguente modello concettuale considerato nell'AdR, le CSR sono riferite esclusivamente ai composti volatili in quanto unica via di esposizione potenzialmente attiva. In quest'ottica, per quanto riguarda il mercurio, l'AdR ha considerato le concentrazioni rilevate per tale contaminante interamente come mercurio elementare (volatile), sebbene, come noto, nel terreno tale parametro si trovi principalmente sotto forma di composti inorganici e/o organici la maggior parte dei quali non sono volatili o hanno una volatilità del tutto trascurabile. Di conseguenza, la CSR individuata per il mercurio è riferita in termini di obiettivi di bonifica unicamente ai composti volatili del mercurio e pertanto si ritiene opportuno prevedere in fase di bonifica una speciazione dei composti in cui è presente con lo scopo di meglio definire gli effettivi superamenti delle CSR correlati al rischio calcolato per l'inalazione di vapori di mercurio.

4.2.2 CSR falda superficiale

In riferimento a quanto riportato dal D.Lgs. 4/2008, al POC (Punto di Conformità per le acque sotterranee), coincidente con il confine idrogeologico dello stabilimento (limite di proprietà meridionale e orientale), le CSR (obiettivi di bonifica) sono poste pari alle CSC (*Concentrazioni Soglia di Contaminazione*) previste dal D.Lgs. 152/06, con lo scopo di garantire il principio di multifunzionalità delle acque sotterranee. Dal momento che al confine del sito è presente una barriera idraulica che impedisce di fatto la migrazione *off site* dei contaminanti attraverso le acque di falda, si ritiene che l'adempimento normativo sia già stato conseguito. Resta inteso che la barriera idraulica potrà essere dismessa nel momento in cui i monitoraggi delle acque di falda in corrispondenza dei piezometri ubicati al confine del sito (in posizione di valle idrogeologica) dimostrino, per tutti i contaminanti di interesse, la conformità con le CSC.

Ferma restando la garanzia delle CSC al POC, nelle aree interne dovrà comunque essere garantito il conseguimento delle CSR a protezione degli utilizzatori del sito, calcolate mediante AdR. Nella seguente tabella sono riportate le CSR relative ai tre settori previsti dal progetto di riconversione urbanistica.

Tabella 4.3: CSR cumulate falda superficiale

Parametro	CSR		
	Settore Nord	Settore SE	Settore SW
	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Benzene	3.12E+02	3.12E+02	3.12E+02
Etilbenzene	2.23E+03	1.14E+03	1.14E+03
Toluene	8.71E+03	3.48E+03	3.48E+03
Xilene	6.83E+03	5.70E+03	5.70E+03
Triclorometano	1.28E+02	1.28E+02	1.28E+02
Tricloroetilene	5.22E+02	1.11E+03	1.11E+03
Tetracloroetilene	1.84E+02	2.24E+02	2.24E+02
1,2, Dicloropropano	2.13E+02	2.13E+02	2.13E+02
Cloruro di vinile	5.91E+01	8.49E+01	8.49E+01
Monoclorobenzene	5.33E+03	5.33E+03	5.33E+03
1,2 (o) Diclorobenzene	1.88E+04	2.82E+03	2.82E+03
1,4 (p) Diclorobenzene	7.75E+02	3.87E+02	3.87E+02
Esaclorobenzene	3.08E+01	3.08E+01	3.08E+01
Anilina	6.94E+03	3.47E+03	3.47E+03
p-toluidina	8.50E+02	8.50E+02	8.50E+02
Benzo(a)Pirene	2.45E+02	2.45E+02	2.45E+02
Benzo(g,h,i)Perilene	7.05E+03	7.05E+03	7.05E+03
Idrocarburi totali (come n-esano)	2.94E+03	2.94E+03	2.94E+03

4.3 Criteri progettuali

La progettazione dovrà tener conto delle concentrazioni di partenza e delle concentrazioni obiettivo da raggiungere (CSR), delle caratteristiche chimico-fisiche dell'inquinante, dei tempi e dei costi specifici di ogni metodologia di bonifica, privilegiando comunque metodologie che non comportino ulteriore impatto all'ambiente.

Con specifico riferimento all'Allegato 3, Titolo V, Parte IV del D.Lgs152/06, gli interventi di bonifica dovranno essere condotti secondo i seguenti criteri generali:

- privilegiare le tecniche di bonifica che riducono permanentemente e significativamente le concentrazioni nelle diverse matrici ambientali;
- privilegiare le tecniche di bonifica tendenti a trattare e riutilizzare il suolo nel sito, trattamento *in situ* ed *on site* del suolo contaminato, con conseguente riduzione dei rischi derivanti da trasporto e messa a discarica di terreno inquinato;
- privilegiare le tecniche di bonifica che permettono il trattamento e riutilizzo nel sito anche di materiali eterogenei o di risulta utilizzati nel sito come materiali di riempimento;
- prevedere il riutilizzo del suolo e dei materiali eterogenei sottoposti a trattamento sia nel sito medesimo che in altri siti che presentino le caratteristiche ambientali sanitarie adeguate;
- evitare ogni rischio aggiuntivo a quello esistente di inquinamento dell'aria, delle acque sotterranee e superficiali, del suolo e sottosuolo, nonché ogni inconveniente derivante da rumori e odori;
- evitare rischi igienico-sanitari per la popolazione durante lo svolgimento degli interventi.

La progettazione dovrà, inoltre, garantire lo svolgimento delle attività di bonifica in piena sicurezza, sviluppando la pianificazione degli interventi in modo da ridurre al minimo il rischio di interferenza delle operazioni di cantiere e considerando le disposizioni di sicurezza specificate dalla normativa di settore.

5 Selezione e scelta delle tecniche di bonifica

5.1 Generalità

Grazie ai recenti sviluppi tecnici intervenuti nel settore delle bonifiche dei siti contaminati, sono oggi disponibili numerose tecniche di trattamento potenzialmente utilizzabili, la cui applicabilità alla bonifica dell'ex area industriale di Via dei Cappuccini è però da valutare in funzione delle caratteristiche sito-specifiche peculiari di quest'ultima.

Tra le tecniche potenzialmente applicabili è possibile distinguere tra le tecniche da applicare alle zone di sorgente (terreni insaturi e saturi) e quelle destinate invece ai pennacchi (acque di falda).

In particolare:

- le prime sono metodi intensivi progettati per rimuovere in tempi brevi, a fronte generalmente di maggiori costi unitari, grandi quantità di contaminanti presenti in volumi relativamente ridotti;
- le seconde, solitamente meno intensive, a fronte di un maggiore impiego di tempo, consentono la bonifica, a costi unitari inferiori, di volumi elevati di matrici a minore contaminazione rispetto alle zone di sorgente.

Un'ulteriore distinzione generalizzata delle tecniche applicabili può essere effettuata in base alla necessità di eseguire o meno la rimozione del terreno contaminato; in merito, si possono riconoscere le seguenti due principali categorie di interventi di bonifica:

- interventi *in situ*: non prevedono la rimozione delle matrici ambientali contaminate;
- interventi *ex situ*: comportano la rimozione delle matrici ambientali contaminate.

5.1.1 Interventi in situ

Le tecniche di bonifica *in situ* consentono di evitare la movimentazione e la gestione *ex situ* di materiali contaminati; a fronte di tale vantaggio, l'approccio *in situ* comporta che il trattamento debba avvenire nella matrice litologica originaria presente nella porzione di sottosuolo interessata dalla contaminazione, e pertanto l'effettiva riuscita della bonifica dipende anche da alcune variabili fisse (es. permeabilità del sottosuolo) sulle quali non è possibile intervenire.

Per i motivi di cui sopra le tecniche in situ comportano di solito tempi di intervento piuttosto lunghi, legati alla minore disponibilità delle molecole inquinanti per i sistemi di trattamento.

5.1.2 Interventi ex-situ

Le tecniche ex-situ comportano invece la rimozione delle matrici contaminate e, a fronte della maggiore rapidità ed efficacia consentite dall'asportazione radicale dei contaminanti, comportano la necessità di dover gestire i materiali rimossi.

A loro volta, gli interventi ex situ si dividono in:

- interventi *on-site*: il trattamento delle matrici contaminate avviene all'interno del sito;
- interventi *off-site*: le matrici contaminate sono trattate e/o smaltite in impianti esterni al sito, autorizzati ai sensi del D. Lgs. 152/2006.

Il vantaggio degli interventi *on-site* consiste nella possibilità di poter recuperare in sito parte dei materiali (in particolare dei terreni) dopo trattamento, evitando quindi i relativi costi di trasferimento a impianti esterni autorizzati (come avviene ad esempio nell'approccio *off-site*); tale approccio è peraltro previsto dal D. Lgs. 152/06, che infatti, nel definire i criteri generali per la bonifica raccomanda di "*privilegiare le tecniche di bonifica tendenti a trattare e riutilizzare il suolo nel sito - trattamento in situ ed on site del suolo contaminato - con conseguente riduzione dei rischi derivanti dal trasporto e messa a discarica del terreno inquinato*".

Per contro, il trattamento *on-site* comporta svantaggi derivanti dall'impatto che determinate tecniche di trattamento possono avere sull'esterno: a tale proposito, nel caso specifico deve essere tenuta in debita considerazione la particolare ubicazione dell'area, inserita in un contesto residenziale con edifici ad uso abitativo che si affacciano sulla stessa.

L'invio dei terreni al trattamento *off-site* consente invece di evitare tale impatto ma, per contro, determina i seguenti significativi svantaggi:

- impatto ambientale provocato dal flusso degli automezzi dedicati al trasporto dei terreni;
- incremento dei costi per il trasporto;
- reperimento dei materiali necessari per il ritombamento degli scavi, a seguito dell'impossibilità di riutilizzare i terreni scavati dopo trattamento.

Di fatto le tecniche di trattamento *on-site* e *off-site* applicabili sono le stesse per entrambe le opzioni, se si eccettua il fatto che le seconde comprendono anche soluzioni di smaltimento finale, che non possono essere attuate *on-site* nello specifico sito in esame, quali ad esempio:

- discariche;
- impianti di incenerimento;
- impianti di inertizzazione;
- impianti di trattamento chimico – fisico;
- impianti di recupero.

Di seguito si descrivono le tecniche che si ritiene possano essere potenzialmente applicate, suddivise in funzione dell'obiettivo (terreni insaturi, terreni saturi in aree di sorgente, acque di falda dei pennacchi).

5.2 Selezione preliminare delle tecniche potenzialmente applicabili

Come già evidenziato in precedenza, i seguenti domini sui quali sarà necessario intervenire per ricondurre le concentrazioni dei contaminanti alle CSR (obiettivi di bonifica stabiliti dall'Analisi di Rischio) sono i seguenti:

- Terreni insaturi;
- Terreni saturi nelle aree di sorgente;
- Acque della falda superficiale;
- Acque degli acquiferi confinati.

Nei paragrafi che seguono, sono state messe a confronto le tecniche di bonifica potenzialmente applicabili a ciascuna matrice, al fine di individuare la migliore soluzione applicabile.

L'analisi è stata fatta valutando dapprima l'efficacia delle tecniche rispetto agli obiettivi da raggiungere ed è continuata con la valutazione degli aspetti relativi a durata, costi e impatto ambientale solo per le tecniche la cui efficacia si ritiene possa consentire il raggiungimento degli obiettivi di bonifica.

5.2.1 Terreni insaturi

Come evidenziato dalle diverse indagini eseguite presso il sito, suolo insaturo del sito è costituito da:

- Terreni;
- Materiali di riporto;
- Manufatti della rete fognaria.

La presente sezione si riferisce alle tecniche potenzialmente applicabili per la bonifica dei soli terreni insaturi, e non anche all'eventuale trattamento di materiali estranei giacenti nel dominio insaturo del sottosuolo locale, che saranno in ogni caso destinati a diverso destino (smaltimento diretto come rifiuto oppure frantumazione e recupero in sito).

5.2.1.1 Tecniche *in-situ*

Le tecniche di decontaminazione *in situ* potenzialmente applicabili ai terreni insaturi del sito in esame sono le seguenti.

Soil vapor extraction (SVE)**Fattibilità tecnica**

La tecnica si basa sull'estrazione dei contaminanti volatili presenti nel terreno, tramite pozzi di aspirazione verticali o orizzontali di profondità e spaziatura reciproca adeguata.

L'aria estratta viene sottoposta a trattamento di depurazione (di regola un sistema di filtrazione su carbone attivo o di ossidazione termica) prima dello scarico in atmosfera.

L'efficacia della tecnica dipende dalle caratteristiche del terreno in cui sono presenti i contaminanti e dalle caratteristiche chimico – fisiche degli stessi.

Nel caso specifico, mentre la natura dei principali contaminanti (composti volatili quali MCB, TCM, BTEX) ne consentirebbe l'applicazione, la marcata eterogeneità stratigrafica locale determinerebbe la necessità di dover intervenire con interventi distinti su tali strati con soluzioni impiantistiche onerose. Tale disomogeneità non consentirebbe inoltre l'omogeneo trattamento di tutto lo spessore da sottoporre a bonifica.

L'esigenza di impedire la creazione di corto-circuiti all'aspirazione, ovvero l'estrazione di aria proveniente dall'atmosfera esterna in luogo dei vapori interstiziali, comporterebbe la necessità di ricoprire in maniera adeguata molte delle aree da sottoporre a bonifica, le cui superfici di copertura sono infatti attualmente largamente rimaneggiate o del tutto assenti.

Infine, la necessità di dover rimuovere in ogni caso materiali estranei alla matrice terreno (rifiuti, aste fognarie, soletta industriale, riporti) presenti nel suolo insaturo, impone di dover comunque intervenire in tale matrice con operazioni di scavo, rendendo così controproducenti interventi di bonifica in situ.

Conclusioni

Per i motivi di cui sopra si ritiene che la tecnica non sia applicabile al caso specifico.

Bioventing**Fattibilità tecnica**

La tecnica consiste nella ventilazione nel sottosuolo al fine di favorire il processo di degradazione biologica dei contaminanti biodegradabili in fase aerobica.

L'efficacia della tecnica dipende dalle caratteristiche del terreno in cui sono presenti i contaminanti e dalle caratteristiche chimico – fisiche degli stessi.

Dal punto di vista della natura dei contaminanti presenti nel sito, si osserva che la tecnica potrebbe essere applicata per la degradazione del MCB, BTEX e idrocarburi, mentre non è efficace per la degradazione del TCM in quanto tale composto si degrada in ambiente anaerobico. Per ciò che riguarda la natura dei contaminanti, la tecnica potrebbe essere quindi applicata solo in quei settori in cui non è presente contaminazione da TCM.

Per ciò che riguarda invece le caratteristiche del terreno, si ripropongono per intero le criticità che hanno determinato la valutazione negativa circa l'applicabilità dello SVE.

Conclusioni

Per i motivi di cui sopra, si ritiene che la tecnica non sia applicabile al caso specifico.

5.2.1.2 Tecniche ex-situ

Come già descritto in precedenza, l'applicazione di tecniche ex-situ alla bonifica dei terreni insaturi ne comporterebbe l'asportazione meccanica mediante escavazione e il successivo trattamento all'interno del sito (*on-site*) o l'avvio a trattamento/smaltimento in impianti esterni autorizzati (*off-site*). Tali soluzioni di bonifica comporterebbero pertanto, in linea generale, un potenziale rischio di emissioni di polveri, vapori e/o odori durante le fasi di scavo, con esposizione di vaste superfici di terreno.

Nel seguito sono descritte le tecniche ex-situ potenzialmente applicabili nel caso specifico alla bonifica dei terreni insaturi contaminati.

Desorbimento termico

Fattibilità tecnica

Il trattamento mediante desorbimento termico consiste nel riscaldamento delle matrici solide contaminate in un forno rotativo, alle temperature necessarie per il desorbimento dei contaminanti in esse presenti.

Si tratta di un processo fisico a seguito del quale i contaminanti vengono trasferiti in fase aeriforme e successivamente trattenuti in impianti di abbattimento adeguati ai contaminanti estratti.

L'applicazione della tecnica richiede l'installazione di impianti complessi , sia per la sezione di desorbimento che di trattamento degli effluenti. In tal senso sono disponibili sul mercato impianti mobili in grado di fornire ampie garanzie sia per gli esiti del trattamento che per l'affidabilità dei presidi di contenimento delle emissioni.

La tecnica è efficace per desorbire composti organici volatili e semivolatili ed è quindi adatta per i contaminanti presenti nel sito.

Impatto ambientale

Dal punto di vista dell'impatto ambientale il punto cruciale consiste nel sistema di trattamento degli effluenti che deve fornire garanzie sulla possibilità di trattenere i composti estratti; a tale proposito la tecnologia consente di poter disporre di impianti che forniscono adeguata garanzia in tal senso.

Tempi

Gli impianti disponibili hanno potenzialità tale da poter consentire una durata dell'intervento in linea con i tempi complessivi di bonifica del sito.

Costi

Per la sua applicazione, la tecnica comporta l'installazione di impianti complessi, con elevati costi iniziali e di esercizio, giustificabili solo in caso di adeguati volumi da sottoporre a trattamento e di concentrazioni elevate dei contaminanti da rimuovere.

Conclusioni

In considerazione dei volumi che si prevede di dover sottoporre a trattamento e delle modeste concentrazioni dei contaminanti da dover estrarre da essi, si ritiene di non disporre delle economie di scala che possano giustificare l'installazione di un impianto di desorbimento e pertanto non si ritiene conveniente l'applicazione di questa tecnica per la bonifica del terreno insaturo.

Land- farming

Fattibilità tecnica

La tecnica di *land-farming* si basa sulla degradazione biologica dei contaminanti biodegradabili mediante trattamento del terreno con tecniche di derivazione agricola quali rivoltamento, umidificazione e aggiunta di nutrienti all'intera massa.

L'efficacia del trattamento è subordinata all'utilizzo di limitati spessori verticali dei cumuli di terreno, il che, a parità di volumi da bonificare, si traduce nella necessità di elevate superfici.

Per quanto riguarda le caratteristiche granulometriche dei terreni da sottoporre a trattamento, si rileva che le matrici fini presenti nel sito inibiscono la diffusione omogenea dei composti necessari per il processo e quindi determinerebbero la necessità di dover procedere a numerosi rivoltamenti e a tempi di trattamento medio lunghi.

Dal punto di vista invece della natura dei contaminanti, si osserva che la tecnica potrebbe essere applicata per la degradazione aerobica di MCB, BTEX e idrocarburi, mentre per il TCM è necessario un processo anaerobico che richiederebbe l'inversione del processo e quindi un ulteriore allungamento dei tempi di trattamento.

Conclusioni

Le criticità riportate nei precedenti capoversi fanno ritenere che l'applicazione della tecnica non sia adatta al caso specifico.

Soil washing

Fattibilità tecnica

È noto che, in terreni e sedimenti, le sostanze contaminanti tendono principalmente a concentrarsi nelle frazioni più fini, che a loro volta aderiscono alle frazioni più grossolane determinando una conseguente contaminazione di tutta la massa.

La tecnica in esame prevede il lavaggio dei terreni (*soil washing*) e il conseguente passaggio dei contaminanti sia nel liquido di lavaggio (di solito acqua con eventuali additivi) sia nella frazione più fine che, separata dal resto, viene avviata allo smaltimento, mentre la frazione grossolana decontaminata è di regola destinata al riutilizzo.

Per facilitare il distacco delle particelle più fini dalla frazione grossolana e consentire un ottimale contatto tra il liquido di lavaggio e la matrice contaminata, il terreno è sottoposto a movimentazione meccanica e a flussi di lavaggio in contro-corrente.

La natura del trattamento sopra descritto fa sì che l'efficacia e la convenienza del metodo siano inversamente proporzionali alla frazione fine (cioè limoso-argillosa) presente nel terreno da sottoporre a trattamento.

I vantaggi del *soil washing* sono la rapidità del trattamento, il limitato ingombro richiesto per l'installazione degli impianti e l'applicabilità a tutte le categorie di contaminanti.

Nel caso specifico però la presenza di terreni a prevalente granulometria fine determinerebbe la produzione di un'elevata quantità di volumi di rifiuti da avviare a smaltimento rispetto ai volumi recuperati.

In aggiunta a quanto sopra, i quantitativi da destinare a trattamento non consentirebbero in ogni caso un'adeguata economia di scala che renda conveniente il lavaggio on-site.

Conclusioni

Per i motivi sopra riportati si ritiene che la tecnica non sia applicabile al caso specifico.

Scavo e trattamento di estrazione on site dei contaminanti in fase vapore

Fattibilità tecnica

Prendendo spunto dai presupposti alla base della tecnica di SVE in situ, è stata valutata l'applicabilità di una tecnica simile ad essa ma con varianti tali da ovviare alle criticità segnalate. La tecnica che si intende valutare consiste nell'asportazione del terreno e nell'estrazione dei contaminanti in fase vapore on-site, mediante un sistema configurato come segue:

- asportazione del terreno dalla giacitura originaria;
- deposito del terreno in cumulo di dimensioni opportune;
- aspirazione dei vapori interstiziali mediante soffiante collegata ad opportuno piping di estrazione posto sul fondo del cumulo, fino ad ottenere concentrazioni inferiori agli obiettivi di bonifica;
- trattamento dei contaminanti in fase vapore mediante impianti dedicati (filtri a carbone attivo).

Tale applicazione consente di ovviare agli inconvenienti che determinano la non applicabilità della tecnica SVE in situ, ed in particolare permette la creazione di una massa uniforme di terreni dalla quale estrarre in modo omogeneo i contaminanti in fase vapore.

La tecnica è stata verificata attraverso test pilota, descritto al paragrafo successivo, il quale ha fornito indicazioni positive circa la sua efficacia ed applicabilità.

Impatto ambientale

Dal punto di vista dell'impatto ambientale, si ritiene che la tecnica non comporti particolari criticità in quanto le concentrazioni dei contaminanti rilevate nei terreni insaturi sono di modesta entità e quindi non comporteranno emissioni diffuse rilevanti nella fase di asportazione dei terreni.

Inoltre tali emissioni potranno essere contenute adottando modalità operative già collaudate nel corso di precedenti interventi, quali aspirazioni localizzate e copertura delle aree di scavo con materiali assorbenti (torba).

Gli impianti di trattamento dei terreni possono essere allocati all'interno di edifici coperti dotati di sistemi di contenimento ed abbattimento delle emissioni che si generano a seguito del trattamento.

Adeguati sistemi di monitoraggio sono previsti per il controllo di processo e degli effluenti.

Si ritiene quindi che dal punto di vista ambientale il sistema possa essere, con gli opportuni presidi / procedure operative finalizzati ad attenuare la potenziale produzione di polveri, vapori e odori, compatibile con il contesto urbano in cui è presente il sito.

Tempi

Dal punto di vista della durata dell'intervento, il test ha fornito indicazioni positive circa la possibilità di poter raggiungere i limiti obiettivo di bonifica in tempi relativamente brevi (poche settimane per ciascun lotto in trattamento) e pertanto si ritiene che la tecnica possa consentire il completamento dell'intervento per questa matrice entro i tempi previsti (compresi tra circa 8 e 12 mesi).

Costi

In merito ai costi di intervento, si valuta che gli stessi siano convenienti, soprattutto se confrontati con costi di smaltimento in impianti esterni e con la possibilità di poter recuperare il terreno dopo trattamento per il riempimento degli scavi.

Conclusioni

Sulla base di quanto sopra, si ritiene che la tecnica possa essere applicata con successo al sito in esame e pertanto viene proposta quale alternativa progettuale da mettere in atto per la bonifica del terreno insaturo contaminato presente nel sito.

5.2.2 Terreni saturi nelle aree di sorgente

Come evidenziato in precedenza, sorgenti di contaminazione ancora attive (anche se isolate mediante installazione di palancole) sono presenti anche nella porzione di sottosuolo saturo, in particolare nelle aree Nord Est e Sud Ovest

Nei successivi capitoli sono descritte le tecniche potenzialmente applicabili nel caso specifico per la bonifica di tale matrice nelle aree di sorgente.

5.2.2.1 Interventi attraverso tecniche ex-situ

Scavo e trattamento terreno ex situ

Fattibilità tecnica

Come indicato nelle premesse al presente capitolo, le tecniche di bonifica ex situ comportano l'asportazione mediante escavazione del terreno contaminato, per essere poi trattato all'interno del sito (*on site*) o avviato a trattamento/smaltimento in impianti esterni (*off site*).

Nel caso specifico, occorre innanzi tutto considerare che la contaminazione presente nelle aree si estende sino a profondità elevate, ed in particolare fino a circa 7 metri da p.c. nell'area Nord Est e fino a 15 metri da p.c. nell'area Sud Ovest.

Tale profondità determina un'evidente criticità legata alle modalità di scavo, in particolare per il sostentamento delle pareti dello scavo che dovrebbe essere supportato attraverso la realizzazione di opere provvisorie costose e di complicata realizzazione.

Le palancole installate sono state infatti infisse principalmente per scopi di contenimento della contaminazione, ad una profondità tale da consentire solo un'asportazione parziale del terreno in profondità (circa 1/3 dello spessore contaminato). Anche operazioni di ancoraggio di tali palancole non consentirebbero estensioni delle profondità di scavo superiori a 1/2 dello spessore da rimuovere e risulterebbero pertanto incomplete rispetto allo scopo del lavoro.

Impatto ambientale

In merito all'impatto ambientale, occorre considerare che nelle aree in cui è necessario intervenire sono presenti terreni saturi che, diversamente da quelli presenti nel suolo insaturo, presentano concentrazioni molto elevate di contaminanti volatili che si possono diffondere in atmosfera in modo significativo durante le operazioni di scavo. Tale criticità sarebbe ampliata dal fatto di dover operare in condizioni disagiate legate alla profondità delle aree di scavo.

L'intervento di rimozione dei terreni saturi determinerebbe la necessità di avviarli, per buona parte, a smaltimento in impianti esterni, con conseguente impatto sull'ambiente circostante legato alla movimentazione di elevati quantitativi di rifiuti internamente ed esternamente al sito.

Tempi

La durata dell'intervento sarebbe dettata, oltre che dal tempo di trattamento dei materiali on site, dai quantitativi accettati dagli impianti di smaltimento esterni.

Tenuto conto degli elevati volumi da gestire, tale variabile costituisce una ulteriore incertezza sulla fattibilità dell'intervento.

Costi

L'asportazione dei terreni nelle aree di sorgente genererebbe una elevata quantità di rifiuti (si stima una quantità pari a circa 42.000 mc, corrispondente a circa 75.000 t), in larga parte, visto il tenore di contaminazione, da avviare a smaltimento in impianti esterni.

Ai costi di scavo e di realizzazione delle opere provvisorie (queste ultime non facilmente quantificabili se non a seguito di studi specifici stante la complessità, ma in ogni caso in senso assoluto molto onerose) andrebbero ad aggiungersi i costi di smaltimento molto elevati che renderebbero l'applicazione della tecnica non conveniente dal punto di vista economico.

Conclusioni

Per tutti i motivi sopra elencati, non si ritiene applicabile al caso specifico un approccio che preveda la rimozione dei terreni saturi presenti nelle aree di sorgente.

5.2.3 Interventi mediante tecniche in-situ

A fianco dei tradizionali approcci di scavo e trattamento ex-situ delle matrici contaminate relative al sottosuolo saturo, le tecniche in situ di seguito descritte sono ritenute generalmente adatte agli inquinanti presenti nel sito.

Ossidazione chimica in situ (ISCO)

Fattibilità tecnica

La tecnica di *in situ chemical oxidation (ISCO)*, è basata sull'iniezione nella matrice contaminata di una sostanza ossidante in grado di degradare chimicamente il contaminante senza necessità di dover estrarre la matrice contaminata.

L'applicazione della tecnica va valutata in funzione della natura dei contaminanti e della litologia della matrice sulla quale è necessario intervenire.

Nel caso specifico la scarsa permeabilità del terreno costituisce un impedimento alla diffusione degli agenti ossidanti e quindi una limitazione all'applicazione. Solo nella parte più profonda del settore Sud Ovest, in cui sono presenti orizzonti sabbiosi, la tecnica può essere potenzialmente applicabile per ciò che riguarda gli aspetti litologici del terreno.

Oltre a ciò, occorre considerare che la matrice in cui sono presenti i contaminanti contiene anche altri componenti organici che vengono ossidati a seguito del trattamento e pertanto concorrono anch'essi al consumo del reagente, spesso in modo predominante rispetto ai contaminanti che devono essere ossidati. Nel caso specifico, tenuto conto dei volumi elevati di terreno saturo da sottoporre a trattamento, elevate quantità di ossidante saranno consumate dalla materia organica presente nel terreno, richiedendo pertanto elevati quantitativi di prodotti da iniettare con conseguente aggravio dei costi.

Conclusioni

Per quanto sopra, la tecnica ISCO non è ritenuta applicabile per la bonifica dei terreni saturi nelle aree di sorgente.

Degradazione biologica

Fattibilità tecnica

I composti organici possono essere degradati grazie alla creazione di condizioni anaerobiche o aerobiche (o anche da una combinazione delle due) e all'ottimizzazione dell'apporto di nutrienti.

Nel sito in esame è stata peraltro riscontrata la presenza di contaminanti in fase separata, quali per esempio forme di NAPL o residui di inquinanti presenti nei pori del terreno, nei confronti dei quali i processi di biodegradazione non sono efficaci.

Conclusioni

Per quanto sopra, la degradazione biologica non può essere considerata una tecnica perseguibile per la bonifica delle sorgenti di contaminazione presenti nell'area in esame.

Multi Phase Extraction

Fattibilità tecnica

La tecnica si basa sull'estrazione dei contaminanti in fase liquida e vapore. Attraverso pozzi di estrazione collegati ad un sistema di aspirazione, i contaminanti vengono portati in superficie, separati nelle diverse fasi liquido/gassosa/acquosa e sottoposti a trattamento in impianti installati nel sito (fase gassosa e acquosa) e a smaltimento in impianti esterni (fase liquida NAPL).

Nel caso specifico la tecnica è potenzialmente applicabile per la rimozione massiva dei contaminanti ma, tenuto conto della bassa permeabilità dell'Area Nord Est e dell'eterogeneità dell'Area Sud Ovest, non si ritiene che possa garantire il raggiungimento degli obiettivi di bonifica in zone in cui i contaminanti sono presenti in quantità elevata se non abbinata ad un trattamento che consenta di aumentare la mobilità dei contaminanti stessi, aumentando l'efficienza del processo di estrazione.

Conclusioni

Sulla base di quanto sopra, si ritiene pertanto che la tecnica, seppur applicabile, non costituisca la soluzione ottimale per il caso specifico.

Estrazione contaminanti in fase liquido-vapore abbinata al riscaldamento del suolo

Fattibilità tecnica

L'estrazione dei contaminanti può essere favorita attraverso il riscaldamento del suolo con lo scopo di aumentarne la mobilità e facilitarne l'estrazione dalla matrice che li contiene.

L'incremento della temperatura nel suolo determina infatti l'incremento della volatilità e la diminuzione della viscosità dei contaminanti e di conseguenza ne facilita la possibilità di estrazione tramite sistemi SVE e MPE.

Attraverso il trattamento, i contaminanti vengono portati in superficie, separati nelle diverse fasi liquido/gassosa/acquosa e sottoposti a trattamento in impianti installati nel sito (fase gassosa e acquosa) e a smaltimento in impianti esterni (NAPL).

Tale soluzione è concettualmente applicabile al caso specifico in quanto, tenuto conto delle caratteristiche di bassa volatilità dei contaminanti, ne favorirebbe l'estrazione in fase vapore avviando le criticità messe in evidenza circa l'applicazione dell'estrazione mediante MPE.

Il trattamento termico va infatti inteso come un trattamento parallelo al sistema di estrazione dei contaminanti, finalizzato ad aumentarne l'efficacia.

Esistono in proposito due diverse possibilità consolidate di riscaldamento del suolo, in particolare:

- riscaldamento mediante iniezione di vapore
- riscaldamento elettrico

Il riscaldamento mediante iniezione di vapore si basa sul riscaldamento del suolo a seguito dell'iniezione di vapore a determinate temperature e pressioni. Oltre all'azione di riscaldamento, il vapore determina altresì un'azione di strippaggio dei contaminanti che vengono mobilizzati nel flusso del vapore stesso. Tale tecnica non è applicabile a terreni poco permeabili per la difficoltà del flusso di vapore a penetrare in orizzonti compatti e quindi non è applicabile al sito in esame.

Il riscaldamento elettrico si basa invece sul calore trasferito al terreno attraverso resistenze elettriche installate nel suolo. Tale tecnica non risente in modo particolare della permeabilità del terreno e quindi, relativamente a questa variabile, può essere applicata anche a casi, come quello in esame, in cui tale parametro è particolarmente ridotto.

Impatto ambientale

Dal punto di vista dell'impatto ambientale, al sistema sono applicati presidi atti ad evitare la dispersione dei contaminanti nell'ambiente esterno. In particolare il contenimento delle emissioni avviene attraverso un'adeguata rete di estrazione vapori (pozzi verticali SVE/MPE e tubazioni orizzontali SVE) ed una soletta isolante in cemento realizzata sulla sommità dell'area di intervento. Nel caso specifico è presente anche un confinamento laterale delle aree di intervento costituito da palancole, che consentirà il contenimento laterale di vapori e dei contaminanti in fase liquida resi più fluidi a seguito del riscaldamento.

Adeguati sistemi di monitoraggio sono previsti per il controllo di processo e degli effluenti.

Si ritiene quindi che dal punto di vista ambientale il sistema possa essere, con i presidi descritti, compatibile con il contesto urbano in cui è presente il sito.

Durata

La durata dell'intervento è stimata in circa 18/24 mesi, di cui circa 12/18 di trattamento, ed è compatibile con i tempi attesi per l'intervento di bonifica dell'intero sito (circa 3 anni).

Costi

L'applicazione della tecnica comporta costi elevati legati al consumo energetico, al trattamento degli effluenti ed alla realizzazione e gestione di impianti complessi.

I costi elevati sono tuttavia compensati dall'efficacia della tecnica rispetto agli obiettivi da raggiungere.

Conclusioni

Si ritiene che la tecnica estrazione dei contaminanti in fase liquida e vapore abbinata al riscaldamento elettrico del suolo costituisca l'alternativa progettuale più indicata per il caso specifico.

5.2.4 Acque della falda superficiale

Come evidenziato al Capitolo 2, la falda superficiale è caratterizzata da n. 3 pennacchi di contaminazione, ed in particolare:

- Pennacchio Nord Est: ha come sorgente i focolai presenti nell'omonima area palancolata e come principali contaminanti MCB, BTEX e idrocarburi;
- Pennacchio Sud Ovest: trae origine dalla sorgente ubicata presso l'omonima area palancolata e ha come principali contaminanti TCM, MCB e BTEX;
- Pennacchio Centrale: ha origine da materiali interrati nell'omonimo settore e come principali contaminanti MCB, BTEX e idrocarburi.

In questo paragrafo sono valutate le tecniche potenzialmente applicabili alla bonifica dei pennacchi di contaminazione.

Ossidazione chimica (ISCO)

Fattibilità tecnica

L'applicazione della tecnica incontra le medesime criticità evidenziate per la sua applicazione nelle aree di sorgente, il cui limite principale è correlato alle difficoltà di diffusione del prodotto ossidante in corrispondenza di un acquifero caratterizzato da orizzonti limosi.

Nonostante ciò, si ritiene che nell'orizzonte profondo del Settore SO (indicativamente tra 8 e 15 metri dal p.c.), caratterizzato dalla presenza di sabbie tale tecnica possa essere applicata in quanto la permeabilità associata a tale litologia consentirebbe, una omogenea diffusione dell'ossidante.

La presenza di composti diversi nel pennacchio determina la necessità di individuare un ossidante in grado di esercitare un'adeguata azione sulla totalità di essi.

Recenti esperienze hanno evidenziato la possibilità di degradare i composti sito specifici utilizzando reagenti quali persolfato attivato e Fenton.

La scelta del reagente più idoneo avverrà attraverso prove di laboratorio e di campo.

Impatto ambientale

L'intervento potrà essere attuato mantenendo un presidio idraulico di valle e pertanto non si ravvisano impatti sull'ambiente esterno.

Tempi

I tempi per tale tipologia di intervento sono relativamente brevi in quanto l'azione degli ossidanti si manifesta immediatamente a seguito della loro iniezione. Anche se è possibile che sia necessario ripetere le iniezioni più volte, si valuta che i tempi di intervento siano compatibili con i tempi complessivi attesi per la bonifica del sito.

Costi

Il fattore che determina i costi è condizionato dalla quantità di ossidante consumato dalla sostanza organica presente nel terreno saturo. Considerata la matrice sabbiosa presente nell'area di intervento, ci si attende una quantità di materia organica non elevata e quindi si valuta che i costi di intervento siano compatibili con lo stato di contaminazione presente e gli obiettivi da raggiungere.

Conclusioni

Per quanto sopra esposto si ritiene che l'ossidazione chimica in situ possa rappresentare una valida alternativa progettuale per la bonifica della porzione più profonda del pennacchio Sud-Occidentale.

Air Sparging e Soil Vapor Extraction

Fattibilità tecnica

La tecnica di *Air Sparging* abbinata a *Soil Vapor Extraction (SVE)* consiste nell'insufflazione di aria nella matrice satura con lo scopo di determinare un'azione di strippaggio dei composti volatili, che di seguito vengono captati attraverso una rete di pozzi SVE installati nel mezzo insaturo e sottoposti a trattamento prima di essere immessi in atmosfera.

La tecnica presenta criticità nell'applicazione in litologie non omogenee e poco permeabili come quelle presenti nel sito.

Si ripropongono infatti le stesse criticità evidenziate per i terreni insaturi, ed in particolare la marcata eterogeneità stratigrafica locale che determina difficoltà nella diffusione dell'aria nel suolo saturo e nella captazione dei vapori dal suolo insaturo.

Conclusioni

Per i motivi di cui sopra la tecnica non è quindi ritenuta una valida alternativa di bonifica.

Degradazione biologica

Fattibilità tecnica

La tecnica consiste nella degradazione biologica *in-situ* dei contaminanti, attraverso processi di degradazione aerobica o anaerobica in funzione della natura e delle caratteristiche dei contaminanti.

Nel caso specifico, MCB, BTEX e idrocarburi sono degradabili in condizioni aerobiche, mentre la degradazione del TCM avviene in condizioni anaerobiche per poi completarsi attraverso la degradazione in fase aerobica dei suoi prodotti di degradazione diclorometano e cloro metano.

L'applicabilità della tecnica è stata verificata attraverso il test pilota descritto al paragrafo 5.3, il quale ha fornito risultati non del tutto soddisfacenti, soprattutto per la fase di degradazione aerobica, che si ritiene siano imputabili anche in questo caso alla bassa permeabilità del suolo saturo che non consente un'adeguata diffusione dei composti necessari al processo (ossigeno e nutrienti).

Conclusioni

Si ritiene pertanto che tale tecnica non costituisca la soluzione ottimale per il caso specifico; pur tuttavia, non si ritiene di doverne completamente escludere l'applicazione a seguito di nuove prove di campo finalizzate ad ottimizzare la diffusione dei reagenti.

Pump & treat

Fattibilità tecnica

La tecnica si basa sull'estrazione e successivo trattamento depurativo delle acque contaminate presenti nei pennacchi.

Già da alcuni anni, nell'ambito della MISE, acque di falda contaminate di alcuni settori sono estratte e trattate in impianto di trattamento dedicato prima dello scarico in fognatura.

L'intervento ha evidenziato una lenta riduzione delle concentrazioni dei contaminanti per effetto della massa estratta.

Nonostante ciò, l'effetto è limitato dai seguenti principali fattori:

- la relativamente bassa solubilità dei composti organici clorurati in acqua non consente una significativa rimozione massiva degli stessi attraverso la loro dissoluzione nella matrice acquosa
- il relativamente alto coefficiente di ripartizione ottanolo - acqua dei composti organici clorurati determina una preferenza di partizione nella matrice organica piuttosto che nella matrice acquosa, rendendo i contaminanti più difficili da estrarre

Conclusioni

Quanto sopra fa sì che la tecnica non possa costituire, da sola, un'alternativa sufficiente per raggiungere gli obiettivi di bonifica nei pennacchi.

Nonostante ciò, si ritiene che la sua applicazione possa essere proposta, per determinati settori e a integrazione di altre tecniche, prevedendo pompaggi intensivi che consentano l'estrazione di un maggior volume di acque e di conseguenza di massa di contaminanti.

Multi-phase extraction (MPE)

Fattibilità tecnica

La tecnica si basa sull'estrazione dei contaminanti in fase liquida e vapore. Attraverso pozzi di estrazione i contaminanti vengono portati in superficie, separati nelle diverse fasi liquido/gassosa/acquosa e sottoposti a trattamento in impianti installati nel sito (fase gassosa e acquosa) e a smaltimento in impianti esterni (fase liquida NAPL).

La tecnica è ritenuta efficace per la rimozione dei contaminanti nelle aree appena al di fuori delle aree di sorgente confinate, nelle quali il trattamento termico non è convenientemente applicabile per motivi economici e logistici.

Impatto ambientale

La tecnica prevede che i contaminanti estratti vengano sottoposti a trattamento in appositi impianti prima di essere immessi nell'ambiente esterno. Tali presidi, sottoposti ad un adeguato

programma di controllo, fanno sì che l'intervento non determini impatti negativi sull'ambiente esterno.

Tempi

Si valuta che l'intervento possa essere completato in un arco di tempo di circa 2-3 anni, quindi in linea con i tempi complessivi di bonifica del sito attesi.

Costi

I costi sono determinati dall'installazione e dalla gestione degli impianti (pozzi di estrazione e impianti di estrazione) e dal trattamento degli effluenti. Si ritiene che tali costi siano adeguati rispetto agli obiettivi da raggiungere.

Conclusioni

Si ritiene che la tecnica possa essere convenientemente applicata per la bonifica dei pennacchi NE e SO immediatamente al di fuori delle aree omonime aree di sorgente confinate e per la bonifica del Pennacchio centrale.

5.2.5 Acque degli acquiferi confinati

Le acque degli acquiferi confinati, a seguito degli interventi di chiusura del Pozzo P1 e dell'azione di pompaggio che si susseguono dal 2005, presentano concentrazioni dei contaminanti (MCB) conformi o prossime ai limiti normativi.

Del resto, il meccanismo di contaminazione degli acquiferi confinati non è correlabile, come per l'acquifero superficiale, al lento rilascio dal terreno saturo dei contaminanti assorbiti in decenni di attività industriale, ma piuttosto all'infiltrazione di acqua contaminata proveniente dalla falda superficiale, e veicolata attraverso il Pozzo 1, negli acquiferi confinati. In quest'ottica, l'intervento di chiusura del pozzo P1 può essere considerato l'intervento principale associato alla bonifica degli acquiferi confinati in quanto l'eliminazione della fonte di veicolazione della contaminazione verso di essi stessi consentirà l'esaurimento nel tempo del fenomeno di contaminazione.

Anche l'azione del sistema di pompaggio installato per l'intervento di MISE determina l'estrazione dei contaminanti presenti in tale dominio e di conseguenza costituisce un intervento di bonifica ad esso applicato.

A conferma di ciò, si evidenzia come l'attenuazione della contaminazione nel sito è stata verificata attraverso i monitoraggi che si susseguono con frequenza mensile dal 2005 e che mostrano

all'interno del sito concentrazioni dei contaminanti sito specifici conformi, tranne che in alcuni sporadici casi, con i limiti di Legge.

Fa eccezione il piezometro di monitoraggio esterno al sito P105, nel quale si rilevano superamenti dei limiti normativi.

A tale proposito, è in fase di attuazione un intervento di estensione della rete di monitoraggio esterna attraverso la realizzazione di ulteriori due piezometri di monitoraggio a valle di P105 (di cui uno nel primo acquifero confinato e uno nel secondo) e di un nuovo pozzo di emungimento ubicato tra il confine meridionale del sito e P105.

Conclusioni

A seguito di quanto sopra si ritiene che l'alternativa di intervento consista esclusivamente nella continuazione dell'azione di pompaggio in corso, fino al raggiungimento stabile degli obiettivi di bonifica.

5.3 Test eseguiti

Al fine di testare sul campo alcune tecniche di bonifica nonché di recuperare dati/informazioni utili alla progettazione degli interventi *full scale*, nel corso del 2007-2008 sono state eseguite in sito 4 prove pilota, di seguito elencate, riguardanti il trattamento sia di terreni che acque della falda superficiale.

- Estrazione di vapore da terreni *ex situ* (prova pilota per la bonifica *ex situ* dei terreni saturi ed insaturi).
- Riscaldamento elettrico del suolo (prova pilota per la bonifica *in situ* dei terreni saturi).
- Biodegradazione aerobica dei contaminanti presenti nel pennacchio Nord-Est (prova pilota per la bonifica *in situ* delle acque sotterranee).
- Biodegradazione anaerobica dei contaminanti presenti nel pennacchio Sud-Ovest (prova pilota per la bonifica *in situ* delle acque sotterranee).

Nei seguenti paragrafi è portata una breve descrizione delle attività eseguite e dei risultati conseguenti durante le prove pilota; per ulteriori dettagli si invita a consultare il documento: *“Progetto Definitivo di Bonifica – Esecuzione delle Prove Pilota”, Tauw Italia, 25/07/2008.*

5.3.1 Estrazione di vapori da terreni *ex situ*

La prova pilota di estrazione vapori da terreni *ex situ* ha lo scopo di verificare la fattibilità di tale tecnica per la bonifica dei terreni insaturi e saturi. A tale scopo sono stati allestiti due cumuli di terreni, da circa 15 m³ ciascuno, provenienti dai due focolai di contaminazione (area Nord-Est e area Sud-Ovest) ad oggi confinati mediante installazione di palancole.

I cumuli di terreno, una volta drenati dall'acqua in essi contenuta, sono stati alloggiati in n. 2 vasche di dimensioni pari a 4 x 3 metri ciascuna e attrezzate con una rete di tubazioni forate immerse in uno strato di 20 cm di ghiaia allo scopo di impedire un contatto diretto col terreno fine soprastante che potrebbe comportare l'intasamento delle tubazioni stesse, rendendo inefficace l'estrazione di vapore.

Le tubazioni sono state allacciate ad un unico condotto terminale a sua volta collegato ad una soffiante, in grado di creare una depressione sufficiente ad estrarre i gas interstiziali presenti nel terreno. A sua volta la soffiante è stata collegata ad una batteria di n. 4 filtri contenenti carbone attivo per l'adsorbimento dei contaminanti estratti.

I valori rilevati nei campioni di aria presso le linee di estrazione dell'impianto mostrano un efficiente prelievo di contaminante in fase gassosa. In soli 3 mesi di trattamento si stima una quantità di contaminante estratto pari a circa 16 kg per il MCB, 7,5 kg per il TCM e 0,8 kg per i BTEX. La prova pilota ha evidenziato la necessità di rimescolare frequentemente i cumuli di terreno al fine di impedire la formazione nei cumuli stessi di canali preferenziali di estrazione che possono diminuire il raggio di influenza della depressione indotta dalla soffiante.

Nel complesso il test eseguito ha evidenziato la possibilità di applicare la tecnica al caso specifico.

5.3.2 Riscaldamento elettrico del suolo saturo

La prova pilota consiste nel verificare la possibilità di riscaldare con elettrodi il suolo al fine di aumentare la tensione di vapore dei contaminanti e favorire così l'estrazione degli stessi in fase gassosa. Tenuto conto che l'esecuzione di una prova pilota completa avrebbe comportato costi elevati in quanto sarebbe stato necessario l'approntamento di impianti che si avvicinino all'applicazione *full scale*, la prova eseguita è consistita in un primo test di campo per determinare le proprietà di resistività elettrica del suolo e verificare così a livello preliminare la possibilità di applicare la tecnica di riscaldamento elettrico.

La prova è stata eseguita in corrispondenza del terreno saturo all'interno delle due aree palancoate (focolai di contaminazione ubicati nelle porzioni Nord-Est e a Sud-Ovest del sito). Le proprietà sito specifiche di resistività elettrica sono state determinate mediante l'installazione di elettrodi alimentati a differenti intensità di corrente e registrando il passaggio di corrente tra coppie di elettrodi posizionati a diverse distanze l'uno dall'altro (4, 5 e 6 metri); tale operazione è stata ripetuta a differenti profondità, ad intervalli di 1 metro di spessore.

La media dei valori di resistività registrati a diverse profondità non differisce molto tra i due focolai di contaminazione, evidenziando, in linea generale, una maggior resistenza in corrispondenza degli strati di sottosuolo più profondi in risposta ad un aumento di permeabilità nel terreno. I dati rilevati durante la prova, insieme alle informazioni restituite dalle attività di indagine svolte in questi anni, sono stati introdotti in uno specifico software ed elaborati al fine di determinare, mediante una simulazione, la potenza elettrica necessaria per il riscaldamento, la distribuzione dell'energia, la propagazione del calore nel sottosuolo, la massa della contaminazione rimossa.

Come rappresentato nelle seguente figura, la simulazione fornita dal modello mostra una buona efficacia della tecnologia di bonifica, con la rimozione di circa l'80% della massa della contaminazione. In aggiunta, si prevede una rimozione dei contaminanti per via degradativa (in particolare pirolisi e idrolisi) stimabile attorno al 20%.

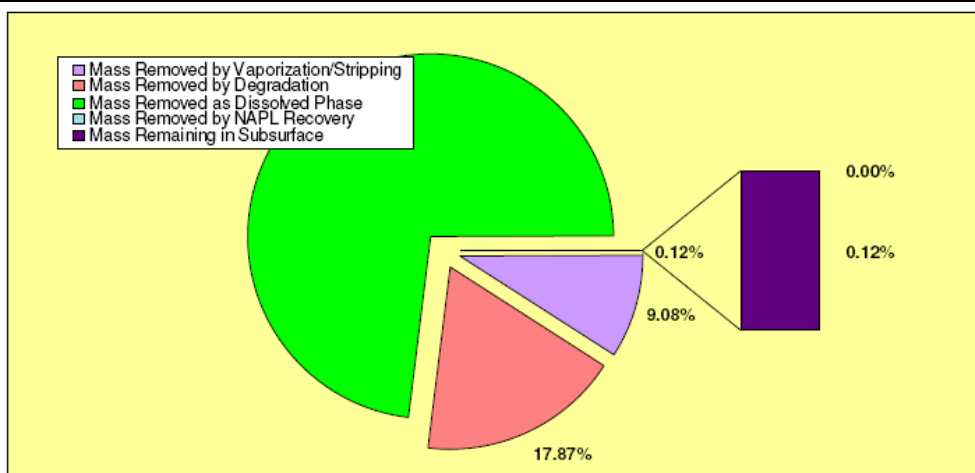


Figura 5.1 : Simulazione della massa di contaminante rimossa

Il test eseguito ha evidenziato la possibilità di applicare la tecnica al caso specifico.

5.3.3 Biodegradazione aerobica delle acque sotterranee

La prova pilota ha consentito di valutare la fattibilità di un intervento di bonifica mediante la stimolazione di una biodegradazione aerobica della contaminazione presente nelle acque sotterranee, con particolare riferimento alla porzione del sito idrologicamente a valle rispetto all'area palancolata Nord-Est, dove sono stati rilevate alte concentrazioni di MCB e BTEX.

La prova pilota è consistita nell'iniezione nella matrice di terreno saturo di una miscela di Ossidrossido di calcio $[CaO(OH)_2]$ e Idrossido di calcio $[Ca(OH)_2]$ integrata con fosfato di potassio in forma cristallina per consentire il rilascio lento e continuo di ossigeno. Nel momento in cui il prodotto iniettato viene a contatto con l'acqua, si idrolizza e rilascia lentamente ossigeno come prodotto dell'idrolisi. L'ossigeno diventa così disponibile per i microrganismi presenti in falda che lo utilizzano come accettore di elettroni nel processo di degradazione dei contaminanti in soluzione. Composti quali MCB e BTEX vengono ossidati direttamente senza produrre composti intermedi stabili. I prodotti finali della degradazione saranno pertanto CO_2 , H_2O e Cl^- .

La prova, monitorata per circa un anno dall'iniezione mediante piezometri fenestrati a diverse profondità per verificare gli effetti su tutto lo spessore dell'acquifero, ha restituito valori altalenanti dei contaminanti (MCB e BTEX), non uniformi e spesso non allineati con una prevista riduzione del parametro COD (*Chemical Oxygen Demand*).

In conclusione, la tecnica di bonifica con ossidazione biologica mediante iniezione di prodotti a lento rilascio di ossigeno sembra non essere indicata per le caratteristiche stratigrafiche del sito. La variabilità dei profili stratigrafici, infatti, sembra ostacolare una diffusione regolare del prodotto iniettato, influenzando l'esito della degradazione.

5.3.4 Biodegradazione anaerobica delle acque sotterranee

La prova pilota ha consentito di valutare la fattibilità di un intervento di bonifica mediante la stimolazione di una biodegradazione aerobica della contaminazione presente nelle acque sotterranee, con particolare riferimento alla porzione del sito idrologicamente a valle rispetto all'area palancolata Sud-Ovest, dove sono stati rilevate alte concentrazioni di TCM, oltre che MCB e BTEX. La prova è stata rivolta solamente alla degradazione del TCM, in quanto i processi di degradazione di MCB e BTEX necessitano di condizioni aerobiche. La biodegradazione anaerobica viene stimolata mediante l'iniezione di un substrato in grado di fungere da donatore di elettroni e facilitare il processo di dechlorurazione riduttiva.

Il prodotto utilizzato nella prova pilota è costituito essenzialmente da polilattati legati a molecole di glicerina in modo da poter essere lentamente rilasciati in falda. Il lattato costituisce il substrato per la stimolazione della dechlorurazione riduttiva in quanto donatore di elettroni. Il processo consiste essenzialmente nell'ossidazione del lattato da parte dei microrganismi presenti in falda e nella conseguente riduzione dei composti clorurati attraverso la sostituzione degli atomi di cloro con atomi di idrogeno. A seguito di ciò, come illustrato nella figura seguente, il TCM viene in varie fasi degradato in diclorometano, clorometano ed infine in metano.

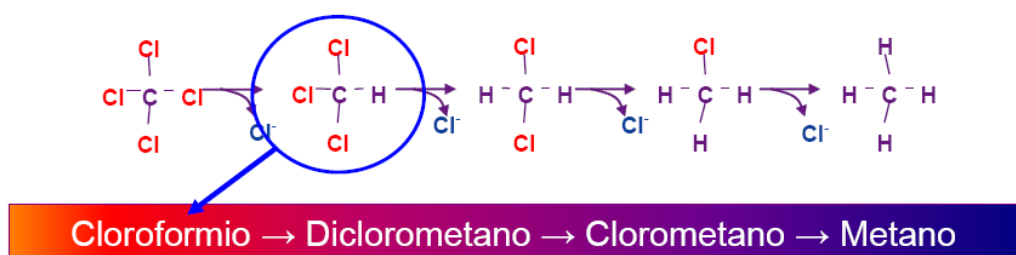


Figura 5.2 : Via degradativa del Cloroformio

A differenza di quanto evidenziato dalla prova di biodegradazione aerobica, l'andamento dei valori di concentrazione rilevati nei piezometri di monitoraggio segue un andamento abbastanza regolare, in funzione delle concentrazioni iniziali e delle distanze tra punti di iniezione e punti di monitoraggio.

Come rappresentato nella figura seguente, i risultati restituiti dal monitoraggio, proseguito fino a circa un anno dalla data di iniezione, rilevano una buona degradazione del TCM, in particolare nei piezometri in cui le concentrazioni rilevate prima dell'iniezione del prodotto sono risultate dell'ordine o inferiori a 10.000 µg/l.

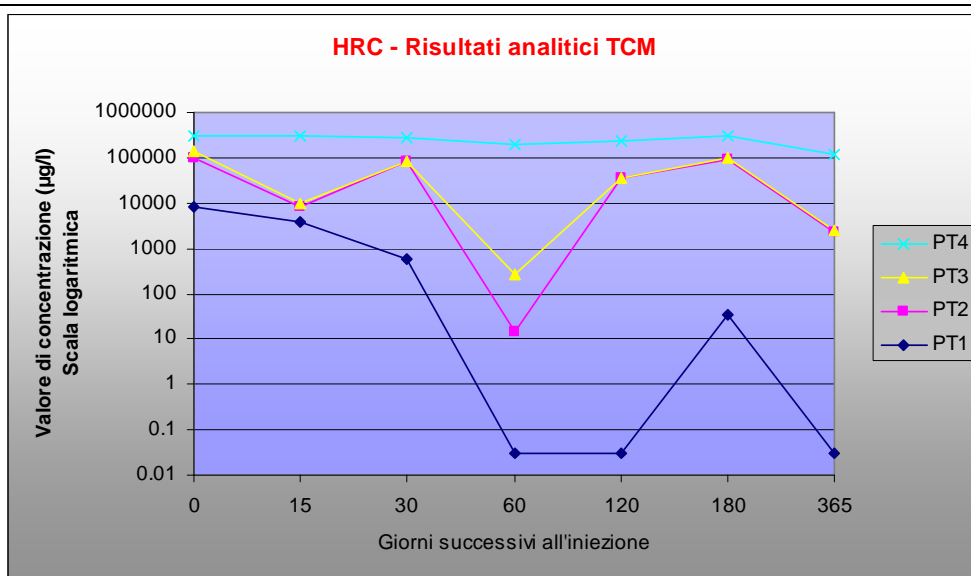


Figura 5.3 : Andamento dei valori di TCM durante le campagne di monitoraggio

L'evidenza del processo di degradazione del cloroformio è stata verificata registrando non solo la riduzione del valore di concentrazione del TCM, ma anche la variazione dei composti intermedi fino al prodotto finale della dechlorurazione riduttiva, il metano.

In conclusione, la prova ha mostrato la fattibilità della tecnica di bonifica, evidenziandone alcuni limiti di applicabilità, soprattutto in relazione alle concentrazioni iniziali di TCM.

In ogni caso, come già evidenziato, la contaminazione delle acque sotterranee a valle del focolaio Sud-Ovest è interessata anche da composti, come il MCB e BTEX, che per essere degradati seguono una via ossidativa e quindi necessitano di un ambiente aerobico. Pertanto, nel caso specifico, la biodegradazione anaerobica non può essere considerata un intervento di bonifica risolutivo per il pennacchio di contaminazione presente nell'area Sud-Ovest, ma deve necessariamente essere integrata con una tecnica di bonifica in grado di rimuovere i contaminanti residui.

5.4 Scelta delle tecniche di bonifica

In **Tabella 5.1** sono riepilogati gli esiti delle valutazioni riportate nei precedenti paragrafi mentre in **Tabella 5.2** sono riportate le tecniche che si intende proporre.

Tabella 5.1: Riepilogo esiti selezione tecniche di bonifica

Matrice	Tecnica	Valutazione
Terreni saturi nelle aree di sorgente	Scavo e trattamento ex situ	Non applicabile
	ISCO	Non applicabile
	Degradazione biologica	Non applicabile
	MPE	Non applicabile
	Riscaldamento suolo e estrazione contaminanti	Applicabile
Terreni insaturi	SVE	Non applicabile
	Bioventing	Non applicabile
	Desorbimento termico	Non applicabile
	Landfarming	Non applicabile
	Soil washing	Non applicabile
	Scavo ed estrazione vapori on site	Applicabile
	Scavo e smaltimento off site	Applicabile
Falda superficiale	AS/SVE	Non applicabile
	ISCO	Applicabile in alcuni settori
	Pump & treat	Applicabile in alcuni settori
	Degradazione biologica	Da valutare con altri test
	Multi Phase Extraction	Applicabile
Acquiferi confinati	Pump & treat	Applicabile

Tabella 5.2: Tecniche proposte

Matrice	Settore	Tecnica proposta
Terreni saturi nelle aree di sorgente	NE e SO	Riscaldamento del suolo ed estrazione contaminanti
Terreni insaturi	Terreni con composti volatili < circa 100*CSR	Scavo e trattamento on site
	Terreni non trattabili on site , materiali non recuperabili	Scavo e smaltimento off site
Falda superficiale	Pennacchio NE	Multi Phase Extraction
	Pennacchio NE	Pump & Treat
	Pennacchio Centrale	Multi Phase Extraction
	Pennacchio SO – Porzione superficiale	Multi Phase Extraction
	Pennacchio SO – Porzione profonda	ISCO
Acquiferi confinati	Tutti	Pump & Treat

6 Individuazione delle aree da sottoporre a bonifica

6.1 Interventi di bonifica già eseguiti

Nel Paragrafo 3.2 del presente documento sono descritti gli interventi di bonifica già eseguiti nell'area nel periodo 2006-2008 e riportati in **Tavola 7**; in particolare gli interventi hanno riguardato:

- *La rimozione dei rifiuti nelle aree di sorgente Nord-Est*: l'intervento ha interessato sia l'area palancolata che quella posta immediatamente a sud di essa. All'interno dell'area palancolata la profondità media di scavo è stata di circa 3 metri dal p.c. per un'estensione dell'area di intervento di circa 1.000 m²; la quantità di materiali rimossi all'interno dell'area palancolata è stata pertanto complessivamente di circa 2.808 m³. Per quanto riguarda l'area esterna a sud di quella palancolata, gli scavi hanno interessato una superficie di circa 270 m² e una profondità di circa 1,30 m per un volume di materiali rimossi pari a 346 m³. I materiali rimossi nel complesso sono stati circa 3.154 m³.
- *La rimozione di rifiuti presenti nel settore Sud-Ovest*: l'intervento ha riguardato la rimozione del terreno al di sotto della pavimentazione e la rimozione della rete fognaria e dei sottoservizi esistenti. Lo spessore rimosso è stato di circa 1,5 m dal p.c. mentre i materiali rimossi nel complesso sono stati circa 3.000 m³.
- *La rimozione di rifiuti presenti in altre parti del sito*: il volume totale di terreno e di rifiuti rimossi è stato di circa 700 m³.
- *La rimozione di serbatoi interrati*: rimozione di n.10 serbatoi interrati.
- *La rimozione di tratti di rete fognaria*: sono stati rimossi circa 825 metri di tratti fognari
- *La realizzazione della palancolata Sud – Ovest*: l'area palancolata si è sviluppata su di un perimetro di circa 215 m, per un'estensione totale di circa 2.700 m².
- *La gestione dei materiali rimossi*: i materiali rimossi sono stati suddivisi e caratterizzati per l'invio a smaltimento fuori sito e/o recupero in sito secondo le procedure previste nei progetti e nei protocolli approvati. In totale i materiali mandati a smaltimento esterno sono stati 11.564.97 t, quelli recuperati in sito 1.670 t e quelli in giacenza conformi per recupero in sito 430 t.

6.2 Confronto delle CSR con lo stato di contaminazione presente nel sito

6.2.1 Terreni insaturi

Come rappresentato in **Tavola 8**, nel suolo insaturo i superamenti delle CSR riguardano i sondaggi S8, S10, S13, S16, S17, S19, S23, S24, S27, S36, S37, S40. In particolare, si evidenziano i seguenti superamenti:

- Per il sondaggio S8, ubicato nel Settore Nord, si rilevano superamenti delle rispettive CSR per il triclorometano (rilevato 0,26 mg/kg contro una CSR pari a 0,0766 mg/kg), i PCB (rilevato 0,60 mg/kg contro una CSR pari a 0,175 mg/kg) e il 4 metiltiobenzaldeide (rilevato 3,335 mg/kg contro una CSR pari a 0,518 mg/kg).
- Per il sondaggio S10, ubicato nel Settore Nord, si rilevano superamenti delle rispettive CSR solo per il monoclorobenzene (rilevato 19,5 mg/kg contro una CSR pari a 2,3 mg/kg).
- Per il sondaggio S13, ubicato nel Settore Sud-Ovest, si rilevano superamenti delle rispettive CSR per gli idrocarburi leggeri (rilevati 350 mg/kg (S13/1 tra 0,5 – 0,9 m) e 210 mg/kg (S13/2 tra 0,9-1,6 m) contro una CSR pari a 10,5 mg/kg) e per gli idrocarburi pesanti (rilevato 4100 mg/kg (S13/1 tra 0,5 – 0,9 m) e 2200 mg/kg (S13/2 tra 0,9-1,6 m) contro una CSR pari a 186 mg/kg).
- Per il sondaggio S16, ubicato nel Settore Nord, si rilevano superamenti delle rispettive CSR per gli idrocarburi leggeri (rilevati 30 mg/kg contro una CSR pari a 10,5 mg/kg) e per gli idrocarburi pesanti (rilevato 2800 mg/kg (S16/1) e 1200 (S16bis/1) contro una CSR pari a 186 mg/kg).
- Per il sondaggio S17, ubicato nel Settore Sud-Ovest, si rilevano superamenti delle rispettive CSR solo per gli idrocarburi pesanti (rilevato 750 mg/kg contro una CSR pari a 186 mg/kg).
- Per il sondaggio S19, ubicato nel Settore Nord, si rilevano superamenti delle rispettive CSR per il mercurio (rilevato 13,30 mg/kg (S19bis/1) contro una CSR pari a 0,48 mg/kg) e per l'anilina (rilevato 1,46 mg/kg (S19bis/1) contro una CSR pari a 0,319 mg/kg).
- Per il sondaggio S23, ubicato nel Settore Sud-Est, si rilevano superamenti delle rispettive CSR per il mercurio (rilevato 10 mg/kg contro una CSR pari a 0,48 mg/kg), il benzene (rilevato 22 mg/kg contro una CSR pari a 0,6 mg/kg), l'etilbenzene (rilevato 5 mg/kg contro una CSR pari a 2,27 mg/kg) il monoclorobenzene (rilevato 393 mg/kg contro una CSR pari a 2,39 mg/kg) l'anilina (rilevato 1,8 mg/kg contro una CSR pari a 0,319 mg/kg) gli idrocarburi

leggeri (rilevato 260 mg/kg contro una CSR pari a 10,5 mg/kg) e gli idrocarburi pesanti (rilevato 2300 mg/kg contro una CSR pari a 186 mg/kg).

- Per il sondaggio S24, ubicato nel Settore Sud-Ovest, si rilevano superamenti delle rispettive CSR per il mercurio (rilevato 26,6 mg/kg (S24bis/1) contro una CSR pari a 0,48 mg/kg) e per i PCB (rilevato 0,212 mg/kg contro una CSR pari a 0,175 mg/kg) .
- Per il sondaggio S27, ubicato nel Settore Sud-Est, si rilevano superamenti delle rispettive CSR per il mercurio (rilevato 6,6 mg/kg contro una CSR pari a 0,48 mg/kg) e il triclorometano (rilevato 1,5 mg/kg contro una CSR pari a 0,217 mg/kg).
- Per il sondaggio S36, ubicato nel Settore Nord, si rilevano superamenti delle rispettive CSR per il benzene (rilevato 0,62 mg/kg contro una CSR pari a 0,242 mg/kg) il monoclorobenzene (rilevato 275 mg/kg contro una CSR pari a 2,3 mg/kg) e per l'1-4 diclorobenzene (rilevato 2,2 mg/kg contro una CSR pari a 0,793 mg/kg).
- Per il sondaggio S37, ubicato nel Settore Nord, si rilevano superamenti delle rispettive CSR per il monoclorobenzene (rilevato 7,8 mg/kg contro una CSR pari a 2,3 mg/kg) e per gli idrocarburi pesanti (rilevato 250 mg/kg contro una CSR pari a 186 mg/kg).
- Per il sondaggio S40, ubicato nel Settore Nord, si rilevano superamenti delle rispettive CSR solo per il monoclorobenzene (rilevato 10,5 mg/kg contro una CSR pari a 2,3mg/kg).

Sulle aree interessate da tali sondaggi è necessario intervenire al fine di consentire il raggiungimento delle CSR calcolate per i terreni insaturi.

6.2.2 Terreni saturi nelle aree di sorgente

Nel sito sono presenti due aree di sorgente nelle quali sono presenti contaminanti che sono stati all'origine di due pennacchi di contaminazione delle acque della falda superficiale.

Tali aree sono costituite dall'Area Nord Est e dall'Area Sud Ovest, rispettivamente all'origine dei pennacchi Est e Sud.

Su tali aree è necessario intervenire al fine di consentire il raggiungimento delle CSR calcolate per le acque sotterranee.

6.2.3 Acque della falda superficiale

Per quanto riguarda la falda superficiale, le campagne periodiche di monitoraggio hanno rilevato numerosi superamenti delle CSR, in particolare per i parametri benzene, toluene, TCM e MCB, con maggiore frequenza nei piezometri locati in corrispondenza dei due focolai di contaminazione e in posizione di valle idrogeologica rispetto ai focolai stessi. Nella **Tavola 9** è rappresentata l'area interessata dai superamenti delle CSR nella falda superficiale con evidenziati i piezometri nei quali durante l'ultimo anno di monitoraggio disponibile è stato rilevato un superamento delle CSR per almeno un parametro.

In tali aree è necessario intervenire al fine di consentire il raggiungimento delle CSR calcolate per le acque sotterranee.

6.3 Aree con presenza di materiale interrato

Come riportato nel Verbale della Conferenza dei Servizi del 19 Novembre 2012 e in riferimento al documento "Realizzazione del Piano della caratterizzazione (D.M. 471/99) – Relazione tecnico descrittiva delle attività svolte e dei risultati ottenuti" (Rif. 887_002r04aci) durante le indagini eseguite in vari punti del sito è stata rilevata la presenza di materiale interrato, come riportato nella tabella seguente:

Tabella 6.1: Lista dei campioni di terreno e dei materiali riscontrati

Sondaggio	Profondità [m da p.c.]	Tipo di materiale interrato
S2	0.0-0.4	Scorie violacee
S6	1.2-1.7	Vetro, mattoni, fiale
S8	1.0-1.5	Materiale di riporto (Mattoni refrattari)
S10	0.8-1.2	Mattoni, cemento
S12	0.8-1.5	Materiale di riporto (mattoni, cemento)
S14	1.0-1.6	Materiale di riporto (mattoni, cemento)
S16	1.1-1.3	Materiale di riporto (mattoni, cemento)
S22	1.0-1.2	Ceneri di pirite
	1.8-2.1	Materiale di riporto (mattoni, cemento)
S23	1.3-1.5	Materiale di riporto (mattoni, cemento)
	1.3-2.4	Vetro, mattoni e fiale
S25*	0.5-0.7	Ceneri di pirite

S27	1.0-1.5	Ceneri di pirite
S29	0.3-0.5	Mattoni, cemento
S34	0.9-1.6	Materiale di riporto (mattoni, cemento)
S36	1.1-1.6	Materiale di riporto (mattoni, cemento)
S37	0.7-1.2	Materiale di riporto (mattoni, cemento)
S42*	0.5-1.1	Materiale di riporto (mattoni, cemento)
S45	0.9-1.5	Materiale di riporto (mattoni, cemento)
S46	1.1-1.5	Materiale di riporto (mattoni, cemento)
S48	1.5-1.6	Scorie rossastre
		Materiale nerastro con fiale
S51*	1.6-2.2	(presenza di granuli gialli)
	2.2-2.8	Materiale nerastro con mattoni
S52	0.3-0.4	Materiale di riporto e ceneri di pirite
S53	0.1-0.9	Materiale di riporto

* sondaggi ricadenti all'interno delle aree palancolate

Nella **Tavola 10** sono riportati i sondaggi con le profondità a cui sono stati ritrovati i materiali interrati e i poligoni di Thiessen in cui ricadono i sondaggi.

I materiali presenti nei sondaggi ricadenti all'interno delle aree palancolate (S25, S42 e S51) sono stati già rimossi durante gli scavi effettuati nel corso dell'intervento di bonifica di Fase 1, mentre i restanti verranno rimossi durante le fasi di scavo previste nel presente progetto.

6.4 Altre aree di intervento

A completamento delle operazioni di rimozione strutture/manufatti interrati e fuori terra eseguite durante gli interventi di Fase 1, gli edifici e le pavimentazioni ancora presenti nel sito dovranno essere demoliti e il materiale di risulta (materiale da demolizione) rimosso e gestito in conformità con la normativa vigente.

Secondo lo stesso criterio, in corrispondenza della porzione orientale del sito, in particolare in corrispondenza degli edifici B, C e G, recentemente demoliti, sono presenti alcuni tratti della rete fognaria che dovranno essere rimossi insieme ai manufatti ad essi connessi, comprensivi dei sedimenti, e di eventuali focolai di contaminazione rilevati nel loro contorno. In corrispondenza dell'edificio G, inoltre, dovrà essere rimosso un serbatoio interrato rilevato durante le fasi di caratterizzazione.

6.5 Conclusioni

In conclusione, riepilogando quanto descritto nei paragrafi precedenti, di seguito sono riassunte le aree oggetto di intervento suddivise tra dominio insaturo e saturo.

Come rappresentato nella **Tavola 11**, le aree di intervento che interessano il dominio insaturo sono le seguenti:

- Aree con terreni con superamenti delle CSR;
- Aree con presenza di materiale interrato;
- Aree con pavimentazioni da demolire e rimuovere;
- Aree con tratti rete fognaria/strutture/sottoservizi da rimuovere.

Per quanto riguarda la falda superficiale, invece, le aree di trattamento sono le seguenti:

- Area sorgente Nord Est;
- Area sorgente Sud Ovest;
- Pennacchio Nord Est;
- Pennacchio Centrale;
- Pennacchio Sud Ovest.

7 Descrizione dell'intervento di bonifica

Nel sito sono presenti le seguenti matrici che sono contaminate a seguito della presenza di composti e sostanze oltre i limiti (CSR) definiti dall'AdR:

- terreni insaturi
- terreni saturi nelle aree di sorgente
- acque sotterranee della falda superficiale

Su tali ambiti è necessario intervenire al fine di ricondurre le concentrazioni dei contaminanti entro i limiti previsti.

Le attività saranno integrate con interventi sulle acque sotterranee degli acquiferi confinati al fine di ricondurre le concentrazione dei contaminanti in essi presenti a valori stabilmente conformi alle CSC al confine del sito.

Nei paragrafi che seguono sono descritti gli interventi di bonifica che si intende porre in atto.

7.1 Bonifica del suolo saturo nelle aree di sorgente

Nel sito sono presenti due aree di sorgente che sono all'origine di due pennacchi di contaminazione delle acque della falda superficiale.

Tali aree sono costituite dall'Area Nord Est e dall'Area Sud Ovest, rispettivamente all'origine dei pennacchi Est e Sud, e sono rappresentate nella figura che segue.



Figura 7.1 : Aree di sorgente

In tali aree sono già stati eseguiti parziali interventi di bonifica (Fase 1) consistenti nella rimozione di rifiuti, rete fognaria e terreni contaminati presenti nel suolo insaturo.

Restano ancora in posto all'interno di tali aree (peraltro in condizioni di sicurezza in quanto confinati attraverso una barriera fisica costituita da palancole intestate fino alla base dell'acquifero superficiale, che ne impedisce la migrazione verso l'esterno) terreni saturi

contaminati sui quali è comunque necessario intervenire al fine di consentire il raggiungimento degli obiettivi di bonifica anche all'interno di tali aree.

Come indicato nel Capitolo 5 nel quale sono stati definite le tecniche da applicare, l'intervento previsto in tali aree consiste nell'estrazione dei contaminanti in fase vapore, favorita dal riscaldamento del suolo, ed è descritto nei paragrafi che seguono.

7.1.1 Definizione delle aree e dei volumi sui quali è necessario intervenire

Le indagini eseguite e l'analisi dello stato di contaminazione riportato al paragrafo 2.6 consentono di delineare la contaminazione presente nelle aree in cui è necessario intervenire e di definire di conseguenza gli interventi che devono essere messi in atto in tali aree al fine del raggiungimento in esse degli obiettivi di bonifica.

Di seguito sono riportati i calcoli eseguiti per definire i volumi da sottoporre a trattamento e la stima dei quantitativi dei contaminanti da estrarre, al fine del dimensionamento degli impianti di bonifica.

Area Nord Est

L'area ha una superficie di 1.437 m² ed è stata confinata fisicamente nel 2003 mediante infissione di palancole metalliche fino a 10 metri da p.c.

Nell'area sono stati rimossi terreni e rifiuti fino ad una profondità di circa 3 m da p.c.

Le indagini eseguite (Studio Biancani nel 1999 e Tauw nel 2007) hanno evidenziato la presenza di contaminazione fino a circa 7 metri da p.c.

Lo spessore da sottoporre a bonifica è quindi quello compreso tra 3 e 7 metri da p.c.

Le concentrazioni massime sono state rilevate nel sondaggio S56 realizzato da Tauw in posizione centrale, nel quale sono stati misurati circa 31.000 mg/kg di MCB e circa 45 mg/kg di BTEX. Tali composti costituiscono i contaminanti caratteristici di questo settore.

Tenuto conto delle concentrazioni rilevate nel suolo, è possibile che sia presente NAPL costituito da una miscela dei contaminanti rilevati nel settore (MCB) e di altre sostanze organiche derivanti dalle attività svolte nel sito.

Elaborando i dati ottenuti dalle indagini eseguite, in particolare l'estensione in profondità della contaminazione e le concentrazioni dei contaminanti misurate nei terreni saturi, i volumi di terreno saturo da sottoporre a trattamento sono quelli riportati nella tabella che segue:

Tabella 7.1: Area NE. Volume di terreno da sottoporre a trattamento

Superficie (mq)	Profondità contaminazione (m)	Spessore da trattare (m ³)	Volume da trattare (m ³)	Massa da trattare (t)
1437	7,0	4,0	5.750	10.060

Considerato che gli interventi che si intende eseguire per la bonifica dell'area comportano l'impiego di risorse importanti dal punto di vista degli impianti da installare e del fabbisogno

energetico da fornire al sistema di bonifica, si ritiene opportuno, prima dell'esecuzione dell'intervento, poter disporre di un dettaglio ancora maggiore sull'attuale stato di contaminazione presente nelle aree rispetto a quello disponibile, con lo scopo di ottimizzare il dimensionamento dei sistemi di bonifica ed in particolare di ottimizzare l'apporto energetico da applicare al sistema. Le informazioni necessarie saranno reperite mediante l'esecuzione dei sondaggi decritti al paragrafo 7.1.4.2.

Area Sud Ovest

L'area ha una superficie di 2.830 m² ed è stata confinata fisicamente nel 2008 mediante infissione di palancole metalliche fino a 17 metri da p.c.

Nell'area sono stati rimossi terreni e materiali (pavimentazione e rete fognaria) fino ad una profondità di circa 2 m da p.c.

Indagini specifiche nell'area sono state eseguite da Tauw nel 2006 mediante sondaggi convenzionali e MIP.

Tali indagini hanno evidenziato la presenza nei terreni saturi di MCB (fino a circa 2.900 mg/kg), TCM (fino a circa 5.100 mg/kg) e BTEX (fino a circa 310 mg/kg), che costituiscono i contaminanti specifici di questo settore.

Le indagini hanno evidenziato anche la presenza di prodotto NAPL in alcune parti dell'area, costituito da una miscela dei contaminanti principali (MCB, TCM e BTEX) e di altri composti organici derivanti dalle lavorazioni svolte nel sito. Lo stato di contaminazione si estende a differenti profondità (fino a 15 metri da p.c. nei settori più impattati) in modo non uniforme, e pertanto, per definire in modo ottimale gli ambiti di intervento si è ritenuto opportuno suddividere l'area in quattro sub aree (rappresentate nella figura che segue) in funzione dell'estensione verticale della contaminazione.

Sulla base di tale suddivisione ed elaborando i dati di concentrazione dei terreni rilevati nelle indagini eseguite, i volumi di terreno saturo da sottoporre a trattamento sono quelli riportati nella tabella che segue:

Tabella 7.2: Area SO. Volume di terreno da sottoporre a trattamento

Sub area	Superficie (mq)	Profondità contaminazione (m)	Spessore da trattare (m ³)	Volume da trattare (m ³)	Massa da trattare (t)
1	630	15	13	8.190	14.350
2	980	8,5	6,5	6.370	11.150
3	430	6,0	4,0	1.720	3.000
4	790	8,5	6,5	5.135	9.000
Totale	2.830			21.400	37.500

La litologia del suolo è costituita da alternanze di orizzonti a bassa permeabilità quali argille e limi sabbiosi. In alcuni settori, da circa 7-8 metri a circa 15 metri da p.c. (base dell'acquifero superficiale in questo settore) sono presenti orizzonti a maggiore permeabilità costituiti da sabbie.

Per gli stessi motivi riportati per la definizione degli interventi nell'Area Nord Est, anche per l'Area Sud Ovest si ritiene opportuno poter disporre di un maggiore dettaglio dell'attuale stato di contaminazione rispetto a quello disponibile, con lo scopo di ottimizzare il dimensionamento dei sistemi di bonifica ed in particolare di ottimizzare l'apporto energetico da applicare al sistema. Le informazioni saranno reperite mediante l'esecuzione dei sondaggi descritti al paragrafo 7.1.4.2.

7.1.2 Descrizione della tecnica di intervento

7.1.2.1 Informazioni generali sulla tecnica applicata

Come riportato nel capitolo relativo alla scelta delle tecniche di bonifica da adottare, l'intervento che si prevede di applicare alle aree di sorgente consiste nel riscaldamento elettrico del suolo e nell'estrazione dei contaminanti in fase liquido/vapore.

Tale tecnica è stata applicata con successo in diversi interventi di bonifica di siti contaminati da composti organici clorurati, idrocarburi, ecc.

L'efficacia della tecnica si basa sulla mobilizzazione dei contaminanti in fase liquida e vapore per effetto del riscaldamento apportato al suolo.

A seguito di tale mobilizzazione i contaminanti vengono estratti e trasferiti in superficie a sistemi di trattamento (assorbimento, distruzione, smaltimento) collegati al sistema di estrazione.

Fondamentalmente sono disponibili due diverse varianti applicative della tecnica, consistenti in:

- Riscaldamento elettrico conduttivo (TCH)
- Riscaldamento elettrico resistivo (ERH)

Le due diverse varianti trovano diversa applicazione in funzione delle caratteristiche sito specifiche delle aree in cui è necessario intervenire, in particolare:

- Riscaldamento elettrico conduttivo (TCH) : tale applicazione, governata dalla conducibilità termica del suolo, può essere applicata per suoli a bassa e media permeabilità in presenza di acqua di falda e in qualsiasi tipo di suolo in caso di desaturazione del suolo;
- Riscaldamento elettrico resistivo (ERH) : tale applicazione, governata dalla conducibilità elettrica del suolo, può essere applicata per suoli a bassa e media permeabilità.

I criteri di gestione degli interventi sono univoci per le due applicazioni e includono sistemi di estrazione di vapore, di acqua e di prodotto in fase separata. I contaminanti estratti vengono trasportati in superficie, separati attraverso appositi impianti ed avviati a trattamento come segue:

- acque: trattamento mediante stripping o adsorbimento su carbone attivo
- vapori: adsorbimento su carbone attivo o trattamento termico
- prodotto in fase separata: smaltimento in impianti autorizzati

Il sistema di estrazione prevede adeguati presidi necessari per catturare i contaminanti attraverso di esso, prevenendo la migrazione dei contaminanti all'esterno delle aree di trattamento. Nella figura che segue è riportato uno schema di massima dell'applicazione, poi ripresa in seguito più in dettaglio per quanto riguarda il caso specifico.

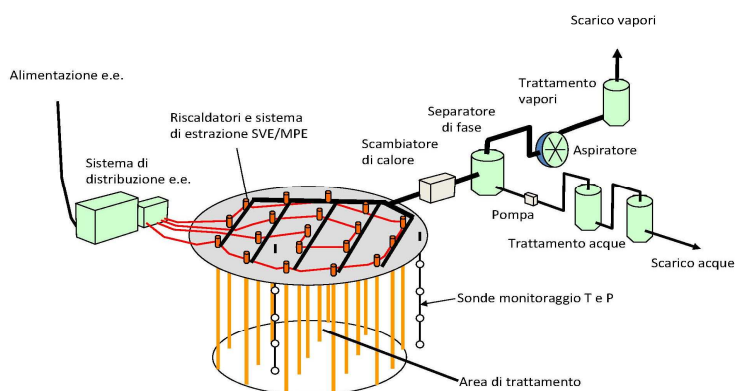


Figura 7.2 : Schema di massima del sistema di riscaldamento suolo e estrazione vapori

7.1.2.2 Esperienze nell'applicazione della tecnica

La tecnica di estrazione dei contaminanti favorita dal riscaldamento del suolo è una tecnica consolidata che è stata applicata in numerosi interventi di bonifica nel mondo.

In **Allegato 9** si riporta l'elenco e le caratteristiche di alcuni degli interventi di bonifica eseguiti applicando tale tecnica.

Da tale elenco si evince come la tecnica sia stata applicata con successo in almeno 88 interventi per la bonifica di siti nei quali erano presenti contaminanti in alcuni casi identici a quelli presenti

nel sito oggetto del presente intervento. Anche le caratteristiche geologiche del suolo nei siti oggetto degli interventi elencati presentano una variabilità completa che include anche le caratteristiche del sito nel quale si prevede di intervenire.

In **Allegato 10** sono riportate le certificazioni rilasciate da Enti locali in merito alla buona esecuzione di alcuni degli interventi riportati nell'elenco.

7.1.2.3 Meccanismi del processo di bonifica

L'efficacia della tecnica di riscaldamento è determinata dal cambiamento delle condizioni termodinamiche del sottosuolo durante il riscaldamento.

La principale forma di efficacia consiste nella vaporizzazione dei contaminanti presenti nei pori del suolo saturo per effetto dell'aumento della tensione di vapore e della costante di Henry determinato dall'aumento della temperatura nel suolo.

In conseguenza di ciò i contaminanti sono inclini ad uscire dai pori che li contengono e quindi ad essere più facilmente estratti dal sottosuolo.

Simili meccanismi si verificano in caso di presenza di interfaccia acqua/prodotto in fase separata, dove vapori ricchi di contaminanti si generano per effetto dell'aumento della temperatura e si mobilitano consentendone una più efficace estrazione.

In caso di presenza di prodotto in fase separata (NAPL), si verificano infatti i seguenti principali aspetti:

- la viscosità dei composti che costituiscono NAPL diminuisce, rendendoli più mobili e quindi più facilmente rimovibili;
- la tensione di vapore dei composti NAPL aumenta sensibilmente con l'incremento della temperatura (alla temperatura cui è riscaldato il suolo - circa 100°C - la tensione di vapore aumenta di circa 10-30 volte);
- i coefficienti di adsorbimento dei diversi composti si riducono a seguito del riscaldamento, favorendone il desorbimento dal suolo.

Oltre alla vaporizzazione, nei confronti dei contaminanti intervengono anche i seguenti meccanismi che determinano anch'essi la riduzione della contaminazione:

- degradazione mediante ossidazione e pirolisi nei contorni degli elementi riscaldanti;
- mineralizzazione;
- idrolisi.

Per i contaminanti sito specifici (MCB, TCM e BTEX) il principale meccanismo di rimozione determinato dal trattamento termico consiste nella loro vaporizzazione ed estrazione in fase vapore. Identica azione viene esercitata anche su altre sostanze organiche volatili e semivolatili presenti nelle aree di intervento.

Nella **Tabella 7.3** sono riportate le caratteristiche chimico – fisiche dei contaminanti da rimuovere mentre nella **Tabella 7.4** sono riportati gli effetti determinati su tali contaminanti a seguito del trattamento termico.

Tabella 7.3: Principali caratteristiche chimico – fisiche dei contaminanti da rimuovere

COC	PE (°C)	Densità (kg/l 20 °C)	Viscosità (cP 25 °C)	Solubilità (mg/l 20 °C)	P Vapore (mm Hg 10 °C)	P Vapore (mm Hg 50 °C)	K Henry (25 °C)
MCB	132	1,1	0,75	470	6,9	324 (*)	0,14
TCM	61	1,48	0,54	8000	98,6	541	0,15
Benzene	80	0,88	0,6	1770	47,8	307,8	0,22
Toluene	110	0,86	0,56	515-540	14,3	579 (*)	0,27
Etilbenzene	136	0,86	0,63	160	6	295,7 (*)	0,32
Xileni	138-144	0,86-0,88	0,61 – 0,8	160-180	4,5-5,6	238,9-280,8 (*)	0,20-0,28

(*) a 100 °C

Tabella 7.4: Effetto del trattamento termico sulle proprietà dei contaminanti

Proprietà	Effetto a seguito dell'incremento di T
Densità liquidi	Decresce moderatamente
Tensione di vapore	Aumenta significativamente (da 10 a 20 volte)
Viscosità liquidi	Decresce significativamente
Viscosità vapori	Aumenta leggermente
Mobilità	Aumenta
Solubilità in acqua	Aumenta
Costante di Henry	Aumenta
Coefficiente di ripartizione	Decresce
Degradazione biologica	Aumenta
Degradazione abiotica	Aumenta

7.1.2.4 Modalità di riscaldamento del suolo (TCH: metodo conduttivo)

Nel sottosuolo sono installati, all'interno di tubazioni verticali in acciaio, elementi riscaldanti a loro volta collegati alla rete di distribuzione energia elettrica tramite cavo di alimentazione.

L'energia termica prodotta dagli elementi riscaldanti verticali è trasferita al suolo per conduzione. La temperatura raggiunta nei riscaldatori (400 – 800 °C) consente di ottenere un gradiente termico nel loro contorno, fino al raggiungimento della temperatura di processo. Il fattore di conducibilità termica del suolo varia secondo un fattore limitato (circa 3) e quindi può essere

definita con buona approssimazione la propagazione del calore in funzione della permeabilità e dell'eterogeneità del suolo.

Il calore prodotto dai riscaldatori si propaga verso il suolo per conduzione e convezione, e la sovrapposizione di calore generato dai riscaldatori installati in diversi punti consente un incremento della temperatura nell'intera area di trattamento.

La temperatura nel suolo aumenta fino a raggiungere mediamente nel suolo circa 100 °C, determinando la vaporizzazione dei contaminanti e dell'acqua.

I contaminanti in fase liquida e vapore sono catturati ed estratti attraverso il sistema descritto al paragrafo 7.1.2.6.

7.1.2.5 Modalità di riscaldamento del suolo (EHR: metodo resistivo)

Nel sottosuolo sono installati elettrodi a loro volta collegati alla rete di distribuzione energia elettrica tramite cavo di alimentazione.

Per effetto delle proprietà resistive del suolo, l'energia elettrica alimentata agli elettrodi si dissipa in modo resistivo nel suolo determinandone il riscaldamento a temperature di circa 100 °C.

L'aumento di temperatura determina la vaporizzazione dell'acqua e dei contaminanti presenti nel suolo, i quali sono catturati ed estratti attraverso il sistema descritto paragrafo 7.1.2.6.

La potenza necessaria al sistema è inversamente proporzionale alla resistività del suolo e direttamente proporzionale al quadrato della tensione applicata, sulla base della seguente equazione derivata dalla legge di Ohm:

$$\text{Potenza} = \text{tensione}^2 / \text{resistenza}$$

La resistenza del suolo dipende a sua volta dal contenuto di acqua, presenza di ioni nell'acqua, capacità di scambio di ioni del terreno e dal contenuto di sostanza organica presente nel terreno. Infine, la resistività del suolo decresce con l'aumento della temperatura per effetto dell'aumento della conducibilità di ioni.

Nel caso specifico sono stati misurati in campo valori di resistività del suolo che hanno fornito valori idonei per l'applicazione della tecnica.

L'applicazione tipica prevede l'installazione di una schiera circolare di elettrodi (6) attorno ad un elettrodo centrale (neutro) con lo scopo di distribuire uniformemente la corrente evitando correnti elevate agli elettrodi.

La lunghezza degli elettrodi deve interessare lo spessore delle aree da sottoporre a trattamento, il dimensionamento dipende dalle caratteristiche sito – specifiche (mediamente una schiera di elettrodi occupa una superficie di circa 100 m²).

Considerato che il sistema determina un flusso di corrente elettrica nel suolo, elementi conduttori presenti nelle aree di intervento (pozzi di estrazione, sonde di monitoraggio e palancole) dovranno essere collegati ad un'adeguata rete di terra.

7.1.2.6 Modalità di estrazione e trattamento degli effluenti

Per entrambe le applicazioni, i vapori ed il liquidi sono catturati ed estratti attraverso un sistema di Soil Vapor Extraction (SVE), costituito da pozzi verticali di estrazione e da una rete orizzontale posta alla sommità dell'area di trattamento, e da pozzi di estrazione Multi Phase Extraction (MPE) in grado di desaturare dall'acqua l'area di trattamento e di completare la rimozione dei contaminanti in fase liquida e vapore.

Gli effluenti estratti attraverso i sistemi SVE e MPE sono convogliati ad un impianto di trattamento degli effluenti.

L'area di intervento è isolata alla sommità attraverso una soletta di cemento di spessore pari a circa cm 30 (Fig. 7.3) con il seguente scopo:

- consentire l'isolamento termico dell'area in trattamento, evitando così perdite di calore verso l'esterno;
- prevenire l'infiltrazione di acqua meteoriche nell'area di trattamento, evitando così una maggiore richiesta di calore e quindi di energia per il riscaldamento del suolo;
- consentire l'isolamento del suolo dall'atmosfera in modo da ottenere nel suolo il vuoto necessario per catturare tutti i vapori rendere possibile la creazione del vuoto nell'area di trattamento e rendere così possibile la cattura dei contaminanti in fase vapore.



Figura 7.3 : Isolamento sommitale dell'area di trattamento

L'isolamento sommitale, associato al sistema di estrazione, consente l'applicazione in sicurezza in qualsiasi contesto.

In **Figura 7.4** è rappresentata l'esecuzione di un intervento di bonifica simile a quello che si intende proporre contigua ad un edificio residenziale.

Al Capitolo 11.3 sono riportate le valutazioni degli effetti del riscaldamento del suolo nelle aree esterne a quelle di intervento.

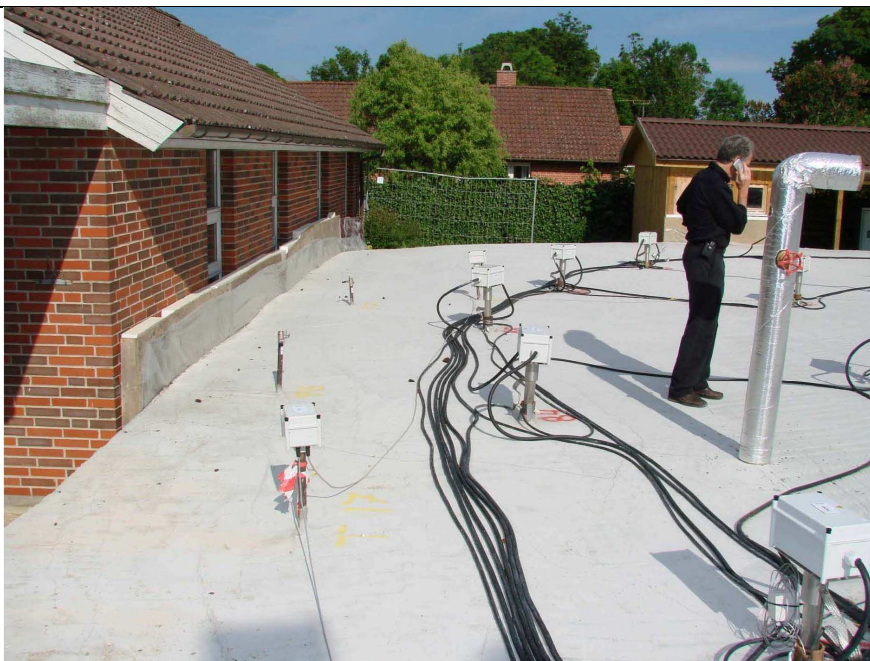


Figura 7.4 : Esecuzione di un intervento di bonifica in area residenziale

7.1.3 Dimensionamento degli impianti

Per l'esecuzione dell'intervento è indispensabile poter disporre di energia elettrica di adeguata potenza. A tale proposito è stata consultata l'azienda energetica locale AIM Vicenza Energy, la quale ha confermato la possibilità di fornire circa 1.000 kW attraverso la rete presente in prossimità del sito, mentre la fornitura di maggiore potenza (2.000 kW) potrà avvenire mediante posa di cavo dedicato, allacciato ad una cabina di distribuzione esistente ad una distanza di circa 500 metri dal sito. L'allacciamento richiederà l'esecuzione di scavi in sede stradale per la posa del cavo di alimentazione e l'ottenimento dei permessi da parte delle autorità preposte. Per entrambe le potenze, la fornitura avverrà in media tensione.

L'esecuzione degli interventi è stata quindi dimensionata, in termini di durata e di sequenzialità, sulla base della potenza elettrica disponibile, pari a 2.000 kW.

Tenuto conto della potenza elettrica disponibile, sarà necessario suddividere l'intervento nei due seguenti lotti, da eseguirsi in modo sequenziale:

- Lotto 1: Area Nord Est
- Lotto 2: Area Sud Ovest

Il dimensionamento degli impianti per l'applicazione è riportato nella tabella che segue. Si precisa che il dimensionamento riguarda l'applicazione della tecnica TCH (riscaldamento conduttivo), nonostante possa essere applicata al caso anche la tecnica EHR (riscaldamento resistivo) in condizioni simili.

Tabella 7.5: Dimensionamento impianti

Volumi	u.m.	Area NE	Area SO
Volume zona di trattamento	mc	5.750	21.400
Porosità	%	35	35
Volume terreno	mc	3.750	13.900
Volume pori	mc	2.000	7.500
Saturazione pori	%	60	60
Massa terreno	kg	9.814.000	36.820.000
Massa acqua	kg	1.198.000	4.493.000
Bilancio energetico			
Capacità termica terreno	MJ/°C	10.273	38.521
Capacità termica acqua	MJ/°C	5.017	18.811
Capacità termica totale	MJ/°C	15.290	57.332
Temperatura iniziale	°C	15	15
Temperatura da raggiungere	°C	100	100
Energia termica necessaria	MJ	1.300.000	4.873.000
Perdita di calore (caso peggiore)	%	80	52
Potenza elettrica necessaria	kW	575	1.555
Dimensionamento impianti			
Elementi riscaldanti	n	~ 115	~ 210
Pozzi estrazione vapori (SVE)	n	50	73
Pozzi MPE	n	8	15
Sonde monitoraggio T	n	15	24
Sonde monitoraggio P	n	3	3
Durata intervento			
Incremento T 15 -100 °C	g	76	94
Riscaldamento T 100 °C	g	68	74
Trattamento vapori post intervento	g	14	14
Consumi			
Q energia elettrica necessaria per l'intervento	kWh	2.466.000	6.744.000
Q gas per alimentazione ossidatore termico	Nmc	113.000	367.000
Q NaOH per abbattimento fumi ossidatore termico	kg	18.000	128.000
Q carbone per trattamento acque	kg	4.000	8.000

Di seguito si riportano le caratteristiche delle principali sezioni che costituiscono il sistema.

7.1.3.1 Sezione di distribuzione energia elettrica

Il sistema di distribuzione dell'energia elettrica necessaria per il riscaldamento dell'area di trattamento e per l'alimentazione degli impianti di estrazione e trattamento degli effluenti sarà costituito da:

- Cabina mobile di trasformazione energia elettrica MB/BT (in modulo prefabbricato), dotata di trasformatore di adeguata potenza (2.000 kVA), interruttori di sezionamento e quadri di distribuzione
- Box container 20' contenente quadri elettrici di distribuzione dell'e.e. alle diverse utenze;
- Box container 20' contenente i sistemi di alimentazione e controllo degli elementi riscaldanti
- Box container 10' contenente la strumentazione di controllo del sistema.

Il sistema sarà integrato da un generatore di energia elettrica di adeguata potenza alimentato a gasolio, che si avvierà automaticamente in caso di interruzione dell'energia elettrica di rete con lo scopo di mantenere in funzione il sistema di estrazione e trattamento vapori.

7.1.3.2 Sezione di captazione ed estrazione dei contaminanti

Il sistema di captazione ed estrazione dei contaminanti è rappresentato nella figura che segue.

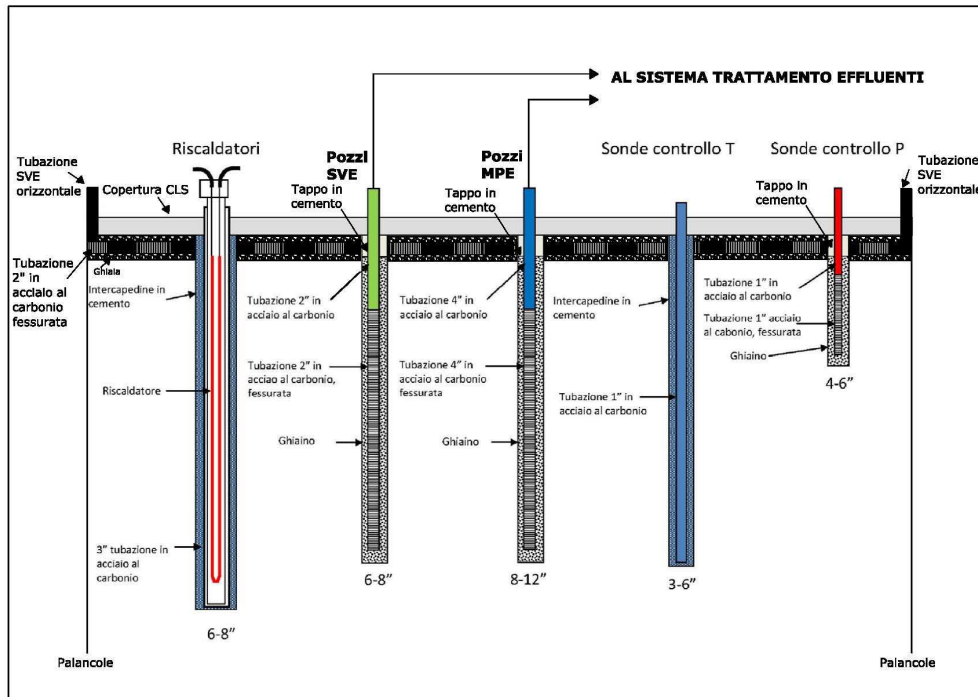


Figura 7.5: Schema del sistema di captazione ed estrazione contaminanti dalle aree di trattamento

Area Nord Est

- 50 pozzi di estrazione SVE ubicati ad una distanza tra di loro di 6 metri (Raggio d'Influenza: 3 metri). I pozzi saranno costituiti da tubazione in acciaio al carbonio diametro 2" , fessurata per tutto lo spessore sul quale è necessario intervenire;
- 8 pozzi di estrazione MPE ubicati ad una distanza tra di loro di 15 metri (Raggio d'Influenza: 7,5 metri). I pozzi saranno costituiti da tubazione in acciaio al carbonio diametro 4" , fessurata per tutto lo spessore sul quale è necessario intervenire.
- sistema di estrazione SVE orizzontale costituito da una rete di tubazioni fessurate in acciaio al carbonio diametro 2" , installato nella parte sommitale dell'area di intervento al di sotto della soletta in cemento.

Area Sud Ovest

- 73 pozzi di estrazione SVE ubicati ad una distanza tra di loro di 7 metri (Raggio d'Influenza: 3,5 metri). I pozzi saranno costituiti da tubazione in acciaio al carbonio diametro 2" , fessurata per tutto lo spessore sul quale è necessario intervenire;

- 15 pozzi di estrazione MPE ubicati ad una distanza tra di loro di 15 metri (Raggio d'Influenza: 7,5 metri). I pozzi saranno costituiti da tubazione in acciaio al carbonio diametro 4" , fessurata per tutto lo spessore sul quale è necessario intervenire.
- sistema di estrazione SVE orizzontale costituito da una rete di tubazioni fessurate in acciaio al carbonio diametro 2" , installato nella parte sommitale dell'area di intervento al di sotto della soletta in cemento.

In entrambe le aree, nella parte sommitale di esse sarà realizzata una soletta in cemento di spessore pari a circa 30 cm, in grado di isolare l'area in trattamento dall'esterno.

La copertura in cemento e il sistema di estrazione dei vapori consentiranno di evitare l'uscita di vapori dall'area in trattamento verso l'esterno.

Entrambe le aree sono dotate di sistema di confinamento laterale che consentirà di evitare la diffusione in senso orizzontale dei contaminanti, sia in fase vapore che liquida.

Il sistema di estrazione dei contaminanti di entrambe le aree in trattamento sarà collegato al sistema di trattamento degli effluenti descritto al paragrafo che segue.

7.1.3.3 Sezione di trattamento degli effluenti

Gli effluenti provenienti dai sistemi di estrazione saranno sottoposti a trattamento in un impianto dedicato in grado di consentirne lo scarico entro i limiti previsti dal D. Lgs. 152/06.

Nella figura che segue è rappresentato uno schema di massima della sezione di trattamento degli effluenti.

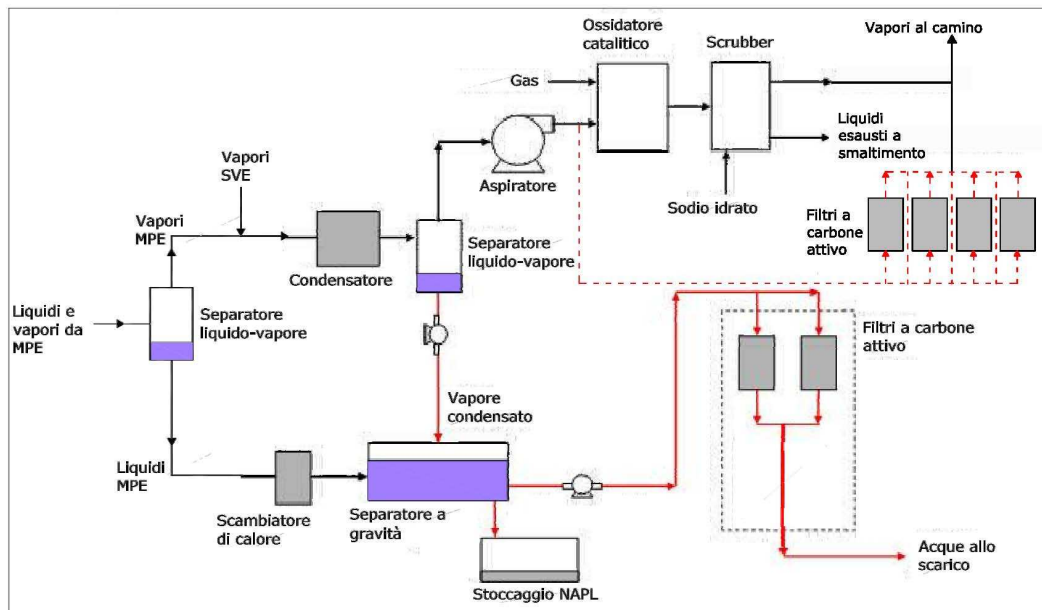


Figura 7.6 : Schema di massima della sezione di trattamento degli effluenti

Il processo di trattamento si articola nelle seguenti fasi:

- i liquidi estratti attraverso il sistema MPE sono raffreddati e alimentati in un separatore a gravità finalizzato alla separazione del prodotto in fase libera dall'acqua;
- i vapori estratti attraverso il sistema SVE e MPE sono raffreddati e condensati per separare la frazione condensabile da quella incondensabile;
- l'acqua derivante dal sistema di separazione SVE e MPE viene sottoposta a trattamento mediante filtrazione su carbone attivo e scaricata in fognatura. E' prevista l'installazione di almeno due filtri in serie di volume complessivo non inferiore a $0,6 \text{ m}^3$. Tenuto conto che il quantitativo di acqua che si prevede di estrarre ammonta a circa $1,8 \text{ m}^3/\text{h}$, il volume dei filtri è sufficiente per un tempo di permanenza medio degli effluenti superiore a 15' e di garantire così il rispetto dei limiti allo scarico;
- il prodotto separato viene avviato a smaltimento in impianti esterni autorizzati;
- i vapori incondensabili (circa $850 \text{ m}^3/\text{h}$ per il settore Nord-Est e circa $2.500 \text{ m}^3/\text{h}$ per il settore Sud-Ovest) sono sottoposti a trattamento in ossidatore termico. L'ossidatore sarà dimensionato per poter trattare una portata in eccesso del 40% rispetto alla

massima portata estratta: $2.500 \text{ m}^3/\text{h} \times 1,4 = 3.500 \text{ m}^3/\text{h}$. In caso di avaria dell'ossidatore termico, i vapori sono trasferiti a filtri a 4 filtri a carbone attivo di volume pari a $3,5 \text{ m}^3$ ciascuno, collegati in serie o in parallelo in funzione delle concentrazioni in ingresso del momento;

- l'ossidatore termico genera fumi acidi per presenza di HCl che vengono neutralizzati in un abbattitore ad umido (*scrubber*) mediante contatto intimo con soluzione di sodio idrossido. La soluzione esausta di sodio idrossido viene avviata a smaltimento in impianti esterni autorizzati;
- le emissioni sono monitorate in continuo mediante analizzatore di vapori in linea e periodicamente mediante prelievo di campioni di vapori e analisi di laboratorio.

Il dimensionamento di dettaglio del sistema di abbattimento è riportato in **Allegato 11**.

Le prestazioni del sistema saranno tali da garantire limiti alle emissioni (acque e vapori) conformi con i limiti indicati dal D. Lgs. 152/06.

7.1.4 Sequenza delle operazioni

Per i motivi riportati al precedente paragrafo, l'intervento sarà suddiviso nei due seguenti lotti:

- Lotto 1: Area NE
- Lotto 2: Area SO

La sequenza delle operazioni sarà la seguente:

- Predisposizione delle aree di intervento
- Esecuzione di sondaggi nelle aree di intervento
- Predisposizione degli allacciamenti alla rete elettrica e gas
- Installazione degli impianti
- Avviamento, collaudo e messa a regime degli impianti
- Esecuzione dell'intervento
- Arresto e collaudo dell'intervento
- Demobilizzazione degli impianti

Di seguito si descrivono le fasi sequenziali dell'intervento.

7.1.4.1 Predisposizione delle aree di intervento

Prima dell'inizio delle operazioni, le aree di intervento dovranno essere predisposte per l'intervento come di seguito descritto.

Preparazione dell'area di intervento Nord Est

L'area si presenta con al suo interno acque meteoriche che nel tempo si sono accumulate a seguito dell'esistente sistema di confinamento fisico laterale (palancole) e con specie vegetative (arbusti, canne palustri) che si sono sviluppate dopo gli interventi di Fase 1 (Figura 7.11), che dovranno quindi essere rimosse prima dell'esecuzione dell'intervento di bonifica.

Per la rimozione dell'acqua, l'area è già dotata di un sistema di pompaggio e di tubazioni di collegamento all'impianto di trattamento acque di MISE già installato in sito. Tale utilizzo è previsto nell'autorizzazione allo scarico rilasciata da Acque Vicentine. L'estrazione dell'acqua avverrà pertanto attraverso tale sistema, per tempi e modi tali da non influire sul sistema di MISE. In funzione di ciò, si prevede di poter avviare all'impianto circa 50 m³/giorno di acque e pertanto, considerato un volume di acque da estrarre pari a circa 3.000 m³, per lo svuotamento saranno necessari circa 60 giorni. Tale operazione potrà essere eseguita in anticipo rispetto agli interventi di bonifica. Seppur le acque contenute all'interno del sistema confinato siano prevalentemente di natura meteorica, tenuto conto del possibile contatto con i terreni contaminati presenti nell'area, prima dell'invio all'impianto sarà eseguito di esse un controllo analitico finalizzato a verificare la conformità con il processo depurativo.

La rimozione della vegetazione avverrà mediante mezzi meccanici dopo svuotamento dell'acqua. Sarà inoltre necessario eseguire il livellamento del fondo al fine di creare una superficie omogenea idonea alla realizzazione della pavimentazione sommitale in cemento. Tale operazione non richiederà asportazione di terreno, tuttavia, qualora ciò fosse invece indispensabile, lo stesso verrà depositato all'interno dell'edificio W e gestito in conformità con quanto previsto nell'apposito successivo capitolo relativo alla gestione dei terreni.

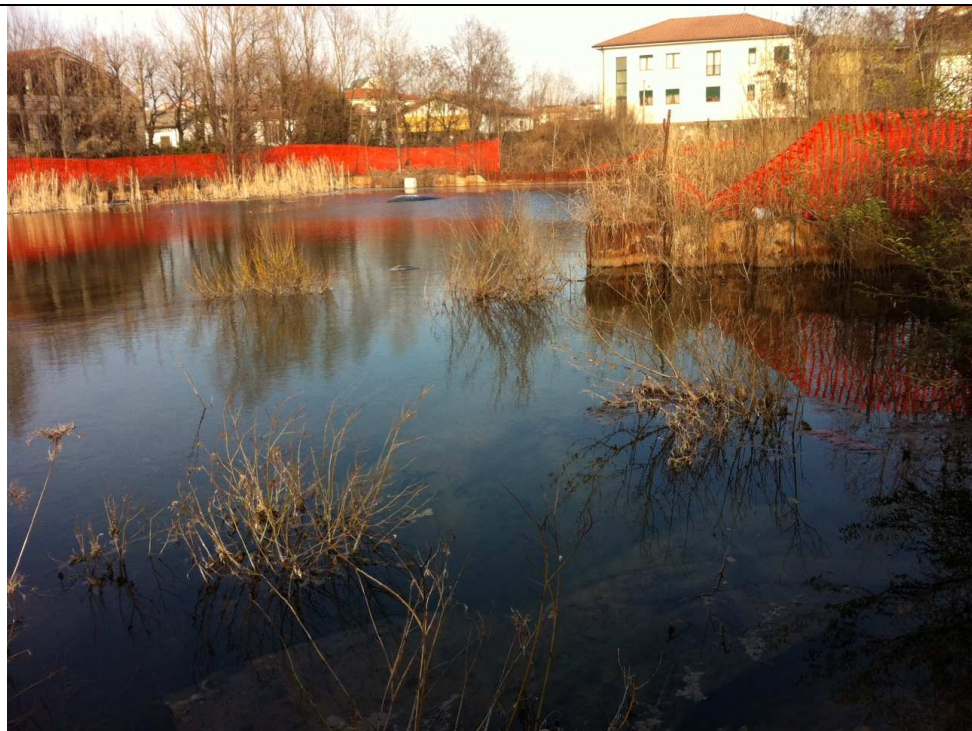


Figura 7.7 : Stato di fatto dell'area di intervento NE

Preparazione dell'area di intervento Sud Ovest

L'area si presenta con al suo interno specie vegetative (prevalentemente arbusti) che si sono sviluppate dopo gli interventi di Fase 1 e che dovranno pertanto essere rimosse.

L'interno dell'area si presenta inoltre con piano quotato non omogeneo, in particolare per la presenza di materiali di riporto utilizzati per la creazione delle piste di accesso ai mezzi utilizzati per installare il sistema di confinamento mediante palancole.

Tali materiali dovranno essere rimossi al fine di realizzare un piano omogeneo idoneo alla realizzazione della pavimentazione sommitale in cemento.

Si evidenzia che i materiali utilizzati per la realizzazione delle piste sono costituiti da materiale da demolizioni frantumato derivante dalle operazioni di bonifica di Fase 1 e, per essi, a suo tempo era stata verificata la conformità al recupero. La loro rimozione non comporterà pertanto impatti dal punto di vista delle emissioni e pertanto potranno essere depositati nell'area di deposito A, per le ulteriori verifiche di conformità al recupero previste nel presente documento per tale tipologia di materiale.

La rimozione della vegetazione e dei terreni avverrà mediante l'utilizzo di mezzi meccanici.

L'area è già dotata di un sistema di pompaggio e di tubazioni di collegamento all'impianto di trattamento acque di MISE già installato in sito e pertanto eventuali acque meteoriche presenti al suo interno potrà essere eseguita attraverso tale sistema con le medesime modalità previste per l'Area NE.



Figura 7.8 : Stato di fatto dell'area di intervento SO

7.1.4.2 Esecuzione di sondaggi nelle aree di intervento

Considerato che gli interventi proposti per la bonifica delle aree di sorgente comportano l'impiego di risorse importanti dal punto di vista degli impianti da installare e del fabbisogno energetico da fornire al sistema di bonifica, si ritiene opportuno, prima dell'esecuzione dell'intervento, poter disporre di un dettaglio ancora maggiore sull'attuale stato di contaminazione delle aree rispetto a quello disponibile, con lo scopo di ottimizzare il dimensionamento dei sistemi di bonifica e l'apporto energetico da applicare al sistema.

Le informazioni necessarie saranno reperite come di seguito descritto.

Area Nord Est

E' prevista l'esecuzione di n. 4 sondaggi distribuiti nell'area e rappresentativi di una superficie di circa 350 m².

I sondaggi saranno eseguiti mediante perforazione a carotaggio diametro 4" e spinti dall'attuale piano interno all'area palancolata (circa – 3 metri dal piano di campagna originario) sino alla profondità alla quale era stata rilevata la contaminazione nel corso delle indagini eseguite (circa 8 metri da p.c.).

Area Sud Ovest

E' prevista l'esecuzione di n. 8 sondaggi distribuiti nell'area e rappresentativi ciascuno di una superficie di circa 350 m².

I sondaggi saranno eseguiti mediante perforazione a carotaggio diametro 4" e spinti dall'attuale piano interno all'area palancolata (circa – 2 metri dal piano di campagna originario) sino alla profondità alla quale era stata rilevata la contaminazione nel corso delle indagini eseguite (circa 15 metri da p.c.).

Sui campioni di terreno prelevati (circa 20 nell'Area Nord Est e circa 104 nell'Area Sud Ovest) verranno eseguite analisi rappresentative di ogni metro di spessore, mirate alla determinazione dei contaminanti di interesse, ed in particolare:

- Clorobenzeni;
- Composti organici clorurati;
- Idrocarburi aromatici (BTEX);
- Idrocarburi totali.

Le informazioni ottenute attraverso i sondaggi descritti al precedente paragrafo, unitamente alle informazioni già disponibili e a quanto previsto nel presente progetto, consentiranno la definizione a livello esecutivo degli interventi da eseguire. Tale definizione riguarderà esclusivamente i dettagli degli interventi da eseguire, fermo restando l'impostazione concettuale prevista nel presente documento.

Successivamente alla definizione di dettaglio degli interventi si passerà alla fase esecutiva, descritta nei paragrafi che seguono.

7.1.4.3 Predisposizione degli allacciamenti alla rete elettrica e gas

Una volta dimensionato definitivamente il sistema da installare, prima dell'inizio dei lavori sarà necessario provvedere alla predisposizione degli allacciamenti alla rete elettrica (alimentazione sistema di riscaldamento e di trattamento effluenti) e gas (alimentazione ossidatore termico).

Per l'allacciamento alla rete elettrica, qualora non sarà ritenuta sufficiente la potenza attualmente disponibile in prossimità del sito (1.000 kW) sarà necessaria la posa di cavo di adeguata potenza derivato da cabina elettrica di smistamento, ubicata in Viale Trento a una distanza di circa 500 m dal sito, per l'alimentazione di potenza superiore (2.000 kW). La posa del cavo richiederà l'ottenimento delle autorizzazioni previste a livello comunale (esecuzione di scavi in sede stradale) e sovra comunale (posa del cavo in Media Tensione). Tali autorizzazioni richiedono mediamente 4-6 mesi per l'espletamento del normale iter amministrativo e pertanto sarà necessario inoltrare le relative istanze con congruo anticipo rispetto all'esecuzione dei lavori. Per l'allacciamento alla rete gas è invece disponibile lungo la Via Monte Zovetto la tubazione di alimentazione e pertanto sarà possibile l'allacciamento ad essa attraverso l'azienda di fornitura locale.

7.1.4.4 Installazione degli impianti

L'installazione degli impianti prevede le seguenti fasi:

- Installazione degli elementi riscaldanti mediante attrezzatura *direct push*
- Installazione dei pozzi di estrazione vapori (SVE orizzontale e verticale) e MPE
- Installazione delle sonde di controllo del processo (temperatura e pressione)
- Realizzazione della pavimentazione di isolamento sommitale delle aree di intervento
- Installazione della cabina provvisoria di trasformazione di energia elettrica MT/BT
- installazione della sezione di distribuzione e.e. e controllo
- Installazione della sezione di trattamento degli effluenti
- Collegamento idraulico, elettrico, gas e vapori delle diverse utenze

7.1.4.5 Avviamento, collaudo e messa a regime degli impianti

Successivamente all'installazione degli impianti si procederà al collaudo e all'avviamento degli stessi sulla base di uno specifico programma.

Dapprima si procederà al collaudo in bianco delle varie apparecchiature e, a seguito di esito positivo, all'avviamento sequenziale delle diverse utenze per il collaudo funzionale di ogni singola unità.

Infine, si procederà all'avviamento ed al collaudo funzionale del sistema nel suo complesso.

A seguito di collaudo positivo si procederà all'avviamento dell'intervento di bonifica, come segue:

- si procederà dapprima ad avviare il sistema di estrazione MPE in modo da desaturare il suolo saturo e metterlo in equilibrio dal punto di vista pneumatico e idraulico. In tale fase saranno verificate le prestazioni del sistema di trattamento degli effluenti;

- dopo il collaudo del sistema di estrazione degli effluenti e dopo che l'area di intervento sarà sotto controllo dal punto di vista pneumatico ed idraulico, si avvierà il riscaldamento del suolo. Tale operazione avverrà in tre fasi:
 - preriscaldamento (tale fase avverrà per gradi in modo tale da poter verificare contestualmente ad essa l'efficacia del sistema di estrazione e trattamento degli effluenti)
 - riscaldamento alla massima potenza per raggiungere la T di processo (100 °C)
 - riscaldamento per mantenimento della T di processo (100 °C)

Contestualmente all'avviamento del sistema nel suo complesso si avvierà il controllo di processo secondo specifico protocollo che comprenderà le verifiche riportate al paragrafo che segue.

7.1.4.6 Esecuzione dell'intervento

Successivamente alla messa a regime degli impianti si continuerà con l'esecuzione dell'intervento ed in particolare con la gestione degli impianti con l'obiettivo di mantenere nell'area di intervento le temperature ottimali di processo, massimizzare l'estrazione dei contaminanti e gestire gli impianti di trattamento degli effluenti in modo tale da garantire le prestazioni previste.

La gestione dell'intervento avverrà attraverso un controllo continuo e sistematico dei dati di processo ottenuto mediante monitoraggio dei parametri riportati nella tabella che segue.

Tabella 7.6: Monitoraggio parametri di processo

Parametro	Online	Offline
Temperatura suolo	X	
Temperatura vapori SVE	X	X
Temperatura impianto di trattamento (aria e acqua)		X
Temperatura acqua estratta	X	X
Temperatura riscaldatori	X	
Temperatura acqua di raffreddamento	X	
Pressione nel suolo	X	X
Pressione impianto di trattamento (aria e acqua)	X	
Flusso effluenti estratti (aria, vapori, liquidi)	X	
Analisi vapori in/out (PID)		X
Analisi vapori in/out (online)	X	
Analisi vapori in/out (analisi di laboratorio)		X
Acque in/out		X
Consumo energia elettrica per riscaldamento suolo	X	
Consumo energia elettrica per impianti di trattamento	X	

Consumo gas per ossidatore catalitico	X	
Bilancio di massa	X	
Bilancio energetico	X	

7.1.4.7 Arresto degli impianti e collaudo dell'intervento

Nel corso dell'intervento di bonifica, in particolare dal raggiungimento delle condizioni ottimali di processo in avanti, le concentrazioni dei contaminanti nel flusso dei vapori estratti (frazione condensabile ed in condensabile) tenderanno nel tempo a decrescere.

Al momento in cui la curva di riduzione di tali concentrazioni avrà raggiunto valori minimi tendenti all'asintoto, si potrà considerare completato il trattamento termico, poiché non più conveniente in termini di costi/ benefici.

Si procederà di conseguenza alla verifica del raggiungimento degli obiettivi di bonifica mediante prelievo e analisi di campioni di terreno secondo le procedure definite al capitolo relativo ai collaudi.

In caso di esito positivo si procederà all'arresto del sistema di riscaldamento, mantenendo in funzione gli impianti di estrazione e trattamento degli effluenti fino a quando saranno rilevate concentrazioni apprezzabili nel sistema di estrazione vapori.

Il sistema di estrazioni vapori potrà essere mantenuto in funzione anche per tempi successivi al fine della rimozione di concentrazioni residue dei contaminati e del raggiungimento degli obiettivi di bonifica.

Al termine dell'intervento si procederà alla demobilizzazione degli impianti e a rendere disponibili le aree da essi occupate per i successivi interventi di bonifica previsti nel sito.

7.1.5 Piano di gestione delle emergenze

L'intervento può determinare alcune situazioni di emergenza legate al funzionamento degli impianti, che devono essere adeguatamente gestite.

A tale proposito verrà predisposto un dettagliato Piano di gestione delle emergenze che prenderà in considerazione tutte le eventuali possibili criticità e le modalità operative su come affrontarle.

Gli impianti saranno dotati di tutta la strumentazione necessaria per il controllo di funzionamento degli stessi e per la comunicazione in remoto di allarmi.

Le principali emergenze che potrebbero verificarsi e le azioni che verranno messe in atto per fronteggiarle sono riportate nella tabella che segue:

Tabella 7.7: Gestione emergenze

Emergenza	Presidi	Azioni
Sospensione fornitura energia elettrica	Allarmi Interruttore automatico Generatore energia elettrica alimentato a gasolio	Arresto riscaldamento. Avvio automatico generatore per alimentazione sistema di estrazione vapori e impianti di trattamento acqua e vapori
Sospensione fornitura gas per alimentazione impianto trattamento vapori (ossidatore termico)	Allarmi	Rallentamento riscaldamento Riduzione estrazione vapori <i>By pass</i> ossidatore termico mediante deviazione flusso vapori su filtri a carbone attivo
Avaria ossidatore termico	Allarmi Analizzatore in continuo emissioni	Rallentamento riscaldamento Riduzione estrazione vapori <i>By pass</i> ossidatore termico mediante deviazione flusso vapori su filtri a carbone attivo
Avaria impianto di trattamento acque	Allarmi	Rallentamento riscaldamento Rallentamento MPE Stoccaggio acque
Mancato funzionamento aspiratore vapori	Aspiratore gemello	Avvio automatico aspiratore gemello
Mancato funzionamento pompe di trasferimento liquidi	Pompa gemella	Avvio automatico pompa gemella
Perdita di liquidi dal sistema di trattamento acque	Sensori di allarme Bacino di contenimento	Arresto sistema di trasferimento liquidi

7.1.6 Durata prevista dell'intervento

La durata complessiva dell'intervento è stimata in circa 18/24 mesi.

7.2 Bonifica delle acque sotterranee – Falda superficiale

Come riportato nel Capitolo 2 nel quale è stato analizzato lo stato di contaminazione presente nel sito, le acque dell'acquifero superficiale sono contaminate per la presenza di diversi composti in concentrazioni superiori alle CSR.

Stante l'attuale stato di contaminazione, è quindi necessario intervenire sulle acque dell'acquifero superficiale con interventi di bonifica atti a ricondurre le concentrazioni dei contaminanti entro le CSR.

Si sottolinea, come già evidenziato nel presente documento, che tali CSR sono applicate esclusivamente per le acque all'interno del sito, mentre al confine verranno garantite in ogni caso le CSC mediante il mantenimento in funzione del sistema di barriera idraulico.

7.2.1 Individuazione dei pennacchi e delle tecniche di intervento

Sempre facendo riferimento alle esposizioni precedenti, nel sito sono presenti i seguenti tre distinti pennacchi di contaminazione sui quali è necessario intervenire:

- Pennacchio Nord Est
- Pennacchio Centrale
- Pennacchio Sud Ovest

Nel seguito sono brevemente descritti tali pennacchi ed individuate le tecniche di intervento scelte, che vengono descritte nell'apposito paragrafo con maggior dettaglio.

Pennacchio Nord Est

Questo pennacchio ha origine dall'omonima area di sorgente ed è caratterizzato dalla presenza di MCB e Benzene. In particolare è significativa la presenza di MCB oltre le CSR, mentre il Benzene è prossimo alla conformità.

Il pennacchio, indicato nella **Tavola 12**, si estende su di una superficie di circa 6.650 m², mentre lo spessore interessato dalla contaminazione è quello che ospita l'acquifero superficiale, quindi compreso tra il livello di soggiacenza (1,5 metri circa da p.c. e circa 7-8 metri da p.c., profondità alla quale si trova un consistente strato di argilla che costituisce la base di tale acquifero. L'area di intervento riguarderà quindi una superficie di circa 6.650 m² ed uno spessore di circa 6 metri.

Le concentrazioni maggiori si rilevano in Pz12 (immediatamente a valle dell'area di sorgente) in cui sono presenti circa 80.000 µg/l di MCB (CSR pari a 5.000 µg/l), e tendono a decrescere lungo la direttrice di deflusso fino a valori dello stesso ordine di grandezza delle CSR nei pozzi barriera Bar 1 e Bar 2 posti in prossimità del confine est del sito. In particolare si rilevano concentrazioni dell'ordine delle decine di migliaia di µg/l a metà strada tra la sorgente e il confine, e dell'ordine delle migliaia di µg/l al confine.

In altre parole, la concentrazione passa da oltre un ordine di grandezza superiore alle CSR immediatamente a valle della zona sorgente (*zona settentrionale del pennacchio*), per poi diminuire a 2-4 volte la CSR *nella zona mediana del pennacchio* ed arrivare a concentrazione prossima alle CSR *nella zona terminale del pennacchio*, in prossimità del confine.

Concentrazioni oltre le CSR (migliaia di µg/l, 1-2 volte le CSR) sono state rilevate anche a monte dell'area di sorgente (Pz15) presumibilmente per diffusione della contaminazione prima che venisse eseguito l'intervento di confinamento dell'area sorgente stessa (*zona di retrodiffusione o di monte del pennacchio*).

La contaminazione nella matrice satura è stata rilevata anche nei terreni saturi; in particolare appena a valle dell'area di sorgente è stata rilevata la presenza di MCB in concentrazione significativa (2.300mg/kg); come per le acque, anche nei terreni le concentrazioni dei contaminanti tendono a decrescere di ordini di grandezza man mano che ci si avvicina al confine orientale del sito.

Si evidenzia che tale valore relativo al terreno saturo non è da confrontare con la normativa vigente sulle concentrazioni soglia (CSC o CSR), ma è tuttavia un parametro importante per individuare la quantità di contaminante presente nel sottosuolo, e quindi poter meglio guidare nella scelta della tecnica di bonifica e nel suo dimensionamento.

In quest'area si prevedono i seguenti interventi:

- *Zona settentrionale del pennacchio (area colore azzurro)*: concentrazioni oltre 10 volte superiori alle CSR, prossime al limite di solubilità dei contaminanti, con possibile presenza di NAPL: MPE
- *Zona di monte del pennacchio (area colore azzurro)*: concentrazioni da 2 a 4 volte superiori alle CSR, molto inferiori al limite di solubilità dei contaminanti: MPE
- *Zona mediana del pennacchio (area colore verde)*: concentrazioni da 2 a 4 volte superiori alle CSR, molto inferiori al limite di solubilità dei contaminanti: Pump & Treat
- *Zona terminale del pennacchio (area colore verde)*: concentrazione prossima alla CSR: Pump & Treat

Pennacchio Centrale

Questo pennacchio ha presumibilmente origine da materiali interrati, già rinvenuti e rimossi durante gli interventi di Fase 1.

L'area del pennacchio è stimata in circa 1.000 m² (vedi **Tavola 12**), mentre lo spessore è compreso tra il livello di soggiacenza (circa 1,5 metri da p.c.) e circa 7 - 8 metri da p.c..

I contaminanti che caratterizzano il pennacchio consistono in MCB e Benzene. In particolare è significativa la presenza di MCB oltre le CSR (concentrazioni nell'ordine delle decine di migliaia di µg/l, ovvero fra 2 e 5 volte le CSR) , mentre le concentrazioni di Benzene sono prossime alla conformità.

Anche in questo settore la presenza di contaminanti è stata rilevata anche nei terreni saturi, in particolare concentrazioni di MCB pari a 50 mg/kg.

La contaminazione è stata rilevata in corrispondenza del piezometro Pz36, mentre a valle in Pz11 e Pz18 le concentrazioni rilevate sono ampiamente conformi alle CSR.

L'intervento che si intende porre in atto in quest'area consiste nella rimozione dei contaminanti in fase liquida e vapori mediante tecnica MPE.

Pennacchio Sud Ovest

Questo pennacchio, indicato nella **Tavola 12**, ha origine dall'omonima area di sorgente ed è caratterizzato dalla presenza di MCB, TCM e Benzene. In particolare è significativa la presenza di MCB e TCM oltre le CSR.

In questo settore il sottosuolo presenta due orizzonti con caratteristiche idrogeologiche del tutto diverse.

In particolare si riconoscono i seguenti orizzonti:

- Orizzonte *superficiale* (tra il livello di soggiacenza e circa 7-8 metri da p.c.) costituito da orizzonti eterogenei a bassa permeabilità (limi e argille)
- Orizzonte *profondo* (tra 7-8 metri e 15 metri da p.c.) in cui sono presenti sabbie con buone caratteristiche di permeabilità.

Il pennacchio si estende su di una superficie di circa 1100 m².

Nelle acque dell'orizzonte superficiale si rilevano concentrazioni molto elevate di MCB (circa 100.000 µg/l) e di TCM (circa 200.000 µg/l). Nei terreni saturi sono state rilevate concentrazioni fino a circa 37.500 mg/kg di MCB e 11.900 mg/kg di TCM.

Nelle acque dell'orizzonte più profondo si rilevano concentrazioni elevate di MCB e TCM (dell'ordine delle decine di migliaia di $\mu\text{g/l}$). Le concentrazioni nei terreni saturi in tale spessore sono nell'ordine delle unità di mg/kg .

Gli interventi su questo pennacchio sono diversificati tra la parte superficiale e la parte profonda, in virtù delle diverse caratteristiche idrogeologiche di ciascun orizzonte.

In particolare si prevedono:

- *Orizzonte superficiale*: caratterizzato da bassa permeabilità, forte eterogeneità ed elevate concentrazioni: MPE
- *Orizzonte profondo* dell'acquifero superficiale: caratterizzato da buona permeabilità, buona omogeneità e limitate concentrazioni: ISCO

7.2.2 Descrizione delle tecniche di intervento

In funzione delle caratteristiche idrogeologiche ed idrochimiche della porzione di acquifero interessata, si prevede di applicare le tecniche indicate al precedente paragrafo e descritte nei seguenti.

Gli interventi saranno preceduti dalla ricalibrazione del modello idraulico già implementato per gli interventi di MISE in atto nel sito al fine di garantire il contenimento dei contaminanti nel sito anche in funzione degli interventi di bonifica da eseguire.

Inoltre, la definizione di dettaglio degli interventi avverrà a seguito di test di campo e monitoraggi di dettaglio, che consentiranno il dimensionamento *full-scale* degli interventi stessi e degli impianti.

7.2.2.1 Intervento di MPE

La tecnica si basa sull'estrazione dei contaminanti in fase liquida e vapore. Attraverso pozzi di estrazione collegati ad un sistema di aspirazione, i contaminanti vengono portati in superficie, separati nelle diverse fasi liquido/gassosa/acquosa e sottoposti a trattamento in impianti installati nel sito (fase gassosa e acquosa) e a smaltimento in impianti esterni (fase liquida NAPL).

Nel caso specifico, l'intervento verrà effettuato con gruppi aspiranti (pompe ad anello liquido) in modo da indurre nel sottosuolo un'elevata depressione (600-800 mbar negativi). Tale depressione permetterà la rimozione del contaminante presente in fase disciolta nelle acque di

falda, del contaminante in fase separata presente nella porosità intergranulare e del contaminante in fase gassosa.

Per gli interventi nelle diverse aree è prevista l'installazione di due moduli, asserviti rispettivamente a:

- Modulo 1: pennacchio NE
- Modulo 2: pennacchio centrale e SO

Nel settore SO l'intervento sostituirà il sistema di MISE attualmente in funzione nel settore in quanto l'azione di estrazione di acqua sarà esercitata attraverso il sistema MPE.

Sulla base dei dati attualmente disponibili si prevede che la portata della fase acquosa rimossa dal pompaggio MPE da ciascun modulo sia di circa 0,7 m³/h, per complessivi circa 1,4 m³/h.

L'acqua estratta sarà avviata al trattamento nell'impianto di depurazione acque MISE falda già presente nel sito, in quanto, come dimostrato in Allegato 11, ha riserve di capacità in grado di accogliere anche le acque di tale intervento.

Tenuto conto delle caratteristiche del suolo, la quantità di aria che si prevede di estrarre dal sistema ammonta a circa 1.100 m³/h, di cui circa 500 m³/h attraverso il Modulo 1 e circa 600 m³/h attraverso il Modulo 2.

Ciascun modulo di estrazione MPE sarà costituito dai seguenti componenti:

- gruppo aspirante costituito da pompa per vuoto ad anello liquido (potenza installata 15 kW) in grado di estrarre le portate richieste ad una pressione negativa di circa 600-800 mbar;
- serbatoio per separazione liquidi – vapori, dotato di pompa centrifuga per estrazione liquidi (potenza 0,3 kW);
- serbatoio per separazione eventuale fase libera/acqua, dotato di pompa per trasferimento liquidi (potenza 0,3 kW);
- separatore di condensa;
- batteria di 2 filtri a carbone attivo di volume pari a 3,5 m³ ciascuno;
- quadro elettrico di comando e controllo dotato di PLC;
- tubazioni, strumentazione di controllo e misura;
- container 20 ft per alloggiamento componenti.

Di seguito si riporta lo schema dell'impianto di estrazione e trattamento MPE.

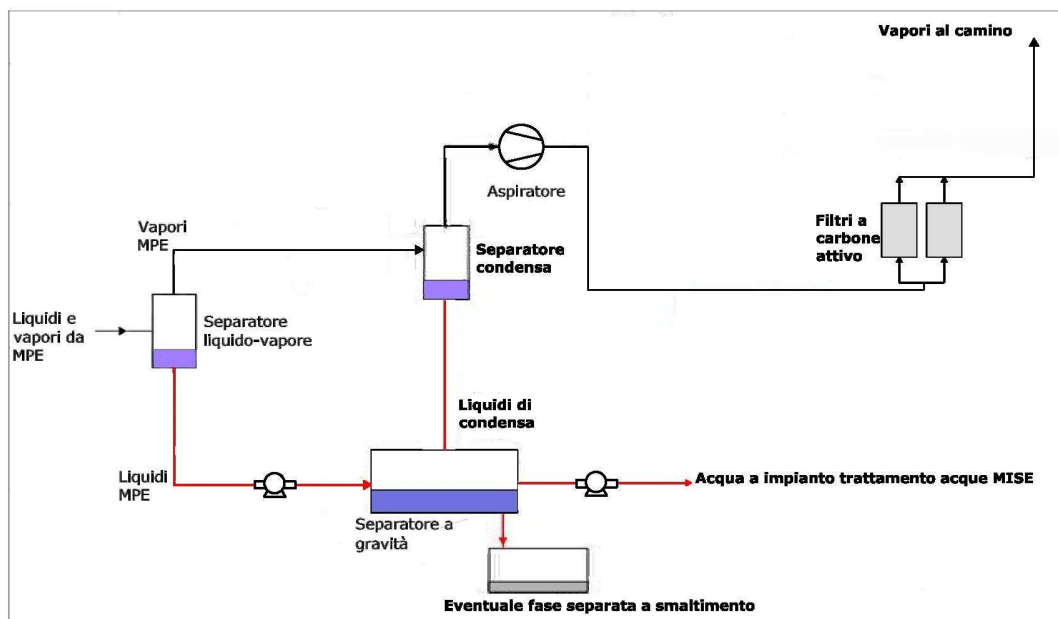


Figura 7.9 : Schema di massima del sistema di estrazione e trattamento effluenti MPE

Il dimensionamento di dettaglio del sistema di abbattimento è riportato in **Allegato 11**.

Gli impianti di abbattimento installati saranno dimensionati in dettaglio in modo da consentire il rispetto dei limiti alle emissioni fissati dal D. Lgs. 152/06.

L'efficienza dell'impianto di abbattimento vapori sarà verificata attraverso i monitoraggi previsti al paragrafo 8.1.

Al momento in cui tali monitoraggi evidenzieranno la prossimità all'esaurimento della carica di carbone, si procederà alla sua sostituzione con invio a smaltimento/recupero in impianti esterni autorizzati.

Come rappresentato in **Tavola 13**, il numero di pozzi di aspirazione necessari nelle varie aree può essere preliminarmente stimato come segue:

- 3 pozzi nel pennacchio Nord-Est (immediatamente a monte dell'omonima area sorgente)

- 24 pozzi nel pennacchio Nord-Est (immediatamente a valle dell'omonima area sorgente)
- 15 pozzi nel pennacchio centrale
- 15 pozzi nel pennacchio Sud-Ovest

Il test di campo preliminari all'intervento consentiranno di valutare l'eventuale necessità di immissione forzata di aria per aumentare il gradiente di pressione ed aumentare l'estrazione dei contaminanti.

I pozzi saranno fenestrati in modo tale da massimizzare la rimozione dei contaminanti dall'insieme degli orizzonti attraversati, evitando per quanto possibile di estrarre aria quasi esclusivamente dai soli orizzonti sabbiosi presenti nell'acquifero superficiale. Il diametro sarà adeguato per garantire una velocità del flusso ascendente superiore ai 15 m/s circa, per permettere l'evacuazione della condensa dai pozzi stessi.

Le caratteristiche costruttive dei pozzi saranno quelle di seguito descritte:

- Materiale: PVC
- Diametro tubazione: 4"
- Diametro perforazione: 200 mm
- Profondità: 7 metri circa da p.c.
- Fessurazione: da quota soggiacenza a fondo
- Cementazione tratto cieco
- Posa di ghiaio selezionato 2-4 mm in corrispondenza dei tratti fessurati

In ogni area saranno inoltre installati i piezometri di monitoraggio riportati in **Tavola 13** per il monitoraggio delle acque in corso d'opera ed al termine dell'intervento. In particolare in corso d'opera si prevede di monitorare in detti piezometri i parametri di seguito indicati, con frequenza inizialmente settimanale e successivamente mensile:

- Abbassamento della falda,
- Depressioni indotte

Con la medesima frequenza, verranno inoltre monitorati nell'impianto di aspirazione i seguenti parametri:

- Portata dell'aria estratta
- Portata della condensa
- Concentrazione dei contaminanti nell'aria estratta e nella condensa

Con frequenza da mensile a trimestrale in funzione dell'avanzamento della bonifica si provvederà al monitoraggio delle acque dai piezometri di controllo installati nell'area di intervento. Tali

controlli comprenderanno la verifica di eventuali processi di degradazione al termine delle fasi di aspirazione (monitoraggio dei prodotti di degradazione metabolica)

Nel momento in cui nei vapori e nei liquidi di condensa le concentrazioni dei contaminanti raggiungeranno valori minimi tendenti all'asintoto, si procederà all'arresto del sistema MPE e al ripristino delle condizioni idrauliche originarie.

Successivamente al ripristino di tali condizioni, si procederà al collaudo dell'intervento secondo le modalità previste al paragrafo 9.2.

7.2.2.2 Intervento di Pump & Treat

La tecnica consiste nell'estrazione di acqua dai pennacchi per il successivo trattamento e scarico nel corpo ricettore finale (rete fognaria).

Nel caso specifico, scopo dell'intervento è l'accelerazione del naturale miglioramento delle condizioni delle acque di falda poste a valle delle zone di sorgente mediante il pompaggio intensivo delle acque di falda debolmente contaminate ivi presenti, e garantendo un numero di ricambi di acqua di poro sufficiente da poter raggiungere le CSR al termine dell'intervento.

Come rappresentato in **Tavola 13**, si prevede di effettuare il pompaggio da circa 10 pozzi nella porzione di valle del pennacchio Nord-Est.

I pozzi saranno fenestrati in tutto lo spessore dell'acquifero, e saranno spinti per almeno 1 metro al di sotto della base dell'acquifero stesso.

Le caratteristiche costruttive dei pozzi saranno quelle di seguito descritte:

- Materiale: PVC
- Diametro tubazione: 4"
- Diametro perforazione: 200 mm
- Profondità: 8 metri circa da p.c.
- Fessurazione: da quota soggiacenza + 0,5 m a fondo
- Cementazione tratto cieco
- Posa di ghiaino selezionato 2-4 mm in corrispondenza dei tratti fessurati

Il pompaggio verrà effettuato mediante pompe pneumatiche in grado di garantire il massimo abbassamento del livello di falda e la massima portata ammessa dalle condizioni di ricarica dell'acquifero, che si stima complessivamente pari a circa 0,5 m³/h .

L'acqua estratta sarà avviata al trattamento nell'impianto di depurazione acque di MISE falda superficiale già presente nel sito, in quanto, come verificato in **Allegato 11**, ha riserve di capacità in grado di accogliere anche le acque di tale intervento.

Il monitoraggio in corso d'opera dell'intervento è previsto mediante una rete di piezometri posti nella zona di intervento e riportati in **Tavola 13**, con controlli inizialmente settimanali e successivamente mensili per i seguenti parametri:

- Livello dell'acqua di falda
- Monitoraggio dei parametri di campo (O₂, potenziale Redox, pH, T)

Verranno inoltre monitorate le acque nell'area di bonifica (con cadenza da mensile a trimestrale in funzione dell'avanzamento della bonifica), al fine di verificare l'abbassamento nel tempo delle concentrazioni.

Al termine dell'intervento si procederà al collaudo secondo le procedure indicate al paragrafo 9.2.

7.2.2.3 Intervento di ISCO

Nell'orizzonte profondo del pennacchio sud-ovest si ritiene che la miglior metodologia di bonifica per abbattere la concentrazione degli inquinanti presenti nelle acque di falda e nel terreno saturo consista nell'ossidazione chimica (ISCO), ovvero nell'iniezione nel sottosuolo di soluzioni ossidanti.

La presenza associata di molecole aromatiche e clorate, ed in particolare la presenza di TCM, rendono tuttavia di non facile individuazione la scelta dell'ossidante. Sulla base degli studi di letteratura sono stati individuati gli ossidanti di seguito descritti, la cui funzionalità andrà comunque verificata mediante appositi studi di laboratorio e prove pilota al fine di identificare l'ossidante più efficace, il dosaggio ottimale del reagente stesso e dei catalizzatori ed i parametri di iniezione nel sottosuolo.

Gli ossidanti di seguito schematicamente descritti sono stati individuati come potenzialmente efficaci nella mineralizzazione dei contaminanti presenti in sito:

- Persolfato di sodio: il sali di persolfato sono gli ossidanti di più recente introduzione fra quelli utilizzati nell'ISCO. In particolare il persolfato di sodio ha una buona solubilità (40% a 25 °C) e limitate controindicazioni di carattere tossicologico/ambientale, mentre il persolfato di ammonio ha maggiore solubilità ma può portare alla liberazione di ammoniaca, ed il persolfato di potassio ha una solubilità molto più limitata (circa 4% a 25 °C). Il persolfato di sodio riveste quindi il maggior interesse in campo ambientale. Gli ioni persolfato (S₂O₈²⁻) liberati dalla dissociazione dei sali in acqua hanno un'elevata aggressività chimica, ma una bassa cinetica di degradazione degli inquinanti organici, e nella pratica vanno quindi associati ad un catalizzatore. I principali catalizzatori sono il calore ed il ferro ferroso (Fe^{II}), che

portano alla formazione di radicali liberi solfato ($\text{SO}_4^{\cdot-}$), eccezionalmente ossidanti ma con emivita particolarmente breve (circa 4 secondi a 40 C°). Sia la temperatura che la concentrazione di FeII tendono inoltre a diminuire rapidamente dal momento dell'immissione nel sottosuolo (il FeII si ossida rapidamente a FeIII e precipita), per cui nella pratica il persolfato può essere attivato con FeII abbinato ad agenti chelanti (es EDTA, citrati) che ne mantengano la solubilità. Recenti studi indicherebbero tuttavia una limitata efficacia del persolfato attivato con FeII nella degradazione del TCM. Una possibilità più efficace nella degradazione del TCM è stata riconosciuta nell'utilizzo di calce come catalizzatore, con l'ulteriore vantaggio derivante dalla liberazione di calore generato dall'idratazione della calce stessa. Tale calore facilita infatti sia il desorbimento che la cinetica delle reazioni di degradazione. Gli esperimenti riportati in letteratura evidenziano degradazione di TCM con persolfato in condizioni di pH superiori a 10,5. L'efficacia del persolfato nel sottosuolo è normalmente nell'ordine di pochi giorni.

- Fenton modificato: la reazione di Fenton si basa sull'aggiunta di una soluzione acquosa con bassa concentrazione di perossido di idrogeno ad una soluzione di FeII , con la conseguente formazione di radicali idrossilici (OH^{\cdot}). Tale reazione è esotermica e porta alla liberazione di calore, il che favorisce il desorbimento e la dissoluzione di eventuali NAPL. I radicali idrossilici sono molecole chimicamente molto reattive e possono degradare anche clorurati ad elevato numero di atomi di cloro (es. PCE, TCA, TCE), e contaminanti organici difficilmente degradabili (es. PCB); hanno tuttavia un'emivita estremamente limitata e non riescono a degradare le molecole del TCM. L'uso di alte concentrazioni di perossido di idrogeno (H_2O_2), di perossido di calcio (Ca_2O_2), di agenti chelanti per mantenere elevata la solubilità del FeII anche in ambiente con pH neutro e/o di altri metalli con funzione catalizzatrice viene considerata una modifica della reazione di Fenton, da cui il nome di "Fenton modificato". In tale gruppo di reazioni si può avere la formazione di anioni superossido ($\text{O}_2^{\cdot-}$), che sono delle molecole riducenti con un'emivita relativamente lunga, e che in presenza di perossido come cosolvente hanno dimostrato una notevole efficacia e rapidità nella degradazione del TCM. La concentrazione di anioni superossido incrementa con l'aumento della concentrazione di perossido di idrogeno e/o in presenza di biossido di manganese.

In sintesi quindi l'utilizzo di Fenton modificato porta alla formazione di radicali idrossilici, superossidi ed anioni idroperossidi che possono ossidare inquinanti ridotti e ridurre inquinanti ossidati, abbattendo la concentrazione anche di inquinanti recalcitranti ed attaccando anche contaminanti in fase separata (NAPL).

L'efficacia del Fenton nel sottosuolo è normalmente nell'ordine di un giorno. Per raggiungere gli obiettivi di bonifica potrebbe essere quindi necessaria più di una iniezione.

Per entrambi i composti le reazioni di degradazione dei contaminanti e degli eventuali prodotti di degradazione sono estremamente rapide (ore), ed in presenza di una sufficiente quantità di ossidanti proseguono rapidamente fino alla completa mineralizzazione dei contaminanti.

L'intervento sarà definito in dettaglio attraverso test di laboratorio e di campo, cui farà seguito l'intervento full scale.

Si evidenzia che a valle dell'area di intervento sarà attivo un sistema di barriera idraulica che garantirà il contenimento del pennacchio di contaminazione e degli agenti chimici iniettati (vedi **Tavola 13**). A tale proposito sarà necessario spostare più a sud verso il confine del sito l'attuale pozzo di sbarramento Pz32p, che verrà integrato con altri due pozzi laterali da attivare in funzione degli esiti del modello idraulico che verrà aggiornato in funzione degli interventi da eseguire.

Le caratteristiche costruttive dei pozzi di sbarramento saranno quelle di seguito descritte:

- Materiale: PVC
- Diametro tubazione: 4"
- Diametro perforazione: 200 mm
- Profondità: 15 metri circa da p.c.
- Fessurazione: da circa 8 metri a circa 15 metri da p.c.
- Cementazione tratto cieco
- Posa di ghiaino selezionato 2-4 mm in corrispondenza dei tratti fessurati

L'intervento viene inoltre eseguito al di sotto dell'orizzonte limoso che costituisce la porzione superiore dell'acquifero superficiale e che contribuirà alla sicurezza dell'intervento, agendo da strato di interposizione per quanto riguarda tutti gli aspetti collaterali all'ossidazione chimica, ovvero la liberazione di calore, di ossigeno, di anidride carbonica, gli aspetti di salute e sicurezza legati all'iniezione nel sottosuolo dei reagenti.

L'interasse fra i pozzi di iniezione dovrà tener conto anche della ridotta emivita dei reagenti, che nel migliore dei casi è nell'ordine dei pochi giorni, e della velocità di migrazione dei contaminanti. In via preliminare si prevede di installare pozzi di immissione con interasse pari a 6 metri (raggio 3 metri), per un totale stimato di circa 16 pozzi (vedi **Tavola 13**). Tale parametro sarà comunque ottimizzato a seguito di test di campo, nei quali saranno anche verificati diversi parametri di iniezione.

Verrà inoltre valutata l'opportunità di installare dei pozzi di recupero/reiniezione, per aumentare il gradiente idraulico e la velocità di flusso delle acque sotterranee, e quindi migliorare la distribuzione dell'ossidante.

Le caratteristiche costruttive dei pozzi di iniezione saranno quelle di seguito descritte:

- Materiale: PVC
- Diametro tubazione: 3"
- Diametro perforazione: 200 mm
- Profondità: 15 metri circa da p.c.
- Fessurazione: da circa 8 metri a circa 15 metri da p.c.
- Cementazione tratto cieco
- Posa di ghiaino selezionato 2-4 mm in corrispondenza dei tratti fessurati

Nell'area di intervento è prevista l'installazione dei piezometri di monitoraggio indicati nella **Tavola 13**, con le seguenti caratteristiche:

- Materiale: PVC
- Diametro tubazione: 3"
- Diametro perforazione: 200 mm
- Profondità: 15 metri circa da p.c.
- Fessurazione: da circa 8 metri a circa 15 metri da p.c.
- Cementazione tratto cieco
- Posa di ghiaino selezionato 2-4 mm in corrispondenza dei tratti fessurati

Il monitoraggio in corso d'opera dell'intervento è previsto mediante una rete di piezometri posti nella zona di intervento ed al confine, con controlli inizialmente settimanali e successivamente mensili per i seguenti parametri:

- Livello dell'acqua di falda
- Monitoraggio dei parametri di campo (O₂, potenziale Redox, pH, T)

Verranno inoltre monitorate le acque nell'area di bonifica (con cadenza da mensile a trimestrale in funzione dell'avanzamento della bonifica), al fine di verificare l'abbassamento nel tempo delle concentrazioni.

Le acque a valle dell'area di intervento saranno monitorate con la frequenza indicata al paragrafo 8.2.

Al termine dell'intervento si procederà al collaudo secondo le procedure indicate al paragrafo 9.2.

7.2.3 Predisposizione delle aree di intervento

Per l'esecuzione degli interventi sarà necessario eseguire le seguenti attività preparatorie delle aree da sottoporre a bonifica.

7.2.3.1 Demolizione edificio A1

Nell'area del Pennacchio Sud Ovest insiste l'edificio A1 che dovrà essere demolito in quanto interferisce con gli impianti che dovranno essere installati nell'area.

L'edificio è dotato di una copertura in eternit che dovrà essere rimossa prima delle demolizioni.

L'intervento di rimozione della copertura e di demolizione dell'edificio verrà eseguito prevedendo le seguenti fasi:

- predisposizione del Piano di Intervento per la rimozione della copertura in eternit ai sensi dell'art. 256 del D. Lgs. n.81/2008, da sottoporre all'approvazione dell'autorità preposta (SPISAL);
- rimozione della copertura in eternit da parte di impresa abilitata (iscrizione Albo Gestori Ambientali - Categoria 10 – Bonifica di beni contenenti amianto);
- smaltimento dei rifiuti contenenti amianto in impianti esterni autorizzati;
- demolizione dell'edificio attraverso ditta specializzata;
- smaltimento dei materiali da demolizione non recuperabili in impianti esterni autorizzati;
- riutilizzo nel sito dei materiali da demolizione recuperabili previa verifica di conformità sulla base di quanto previsto all'apposito paragrafo del presente documento.

7.2.3.2 Copertura aree di intervento MPE

Le aree in cui è previsto l'intervento mediante MPE, laddove non già dotate di pavimentazione, saranno ricoperte con telo di polietilene al fine di evitare cortocircuitazione tra l'aria aspirata e l'aria atmosferica.

Le aree saranno delimitate ed escluse dalle aree di transito automezzi al fine di evitare il danneggiamento dei teli di copertura.

7.2.4 Sequenza e durata degli interventi

La sequenza degli interventi sarà la seguente:

- test di campo per il dimensionamento di dettaglio dell'intervento MPE
- test di laboratorio e di campo per il dimensionamento di dettaglio dell'intervento ISCO
- demolizione edificio A1
- esecuzione intervento ISCO
- installazione degli impianti ed esecuzione dell'intervento MPE

Reference 8001184_009r12gib

- installazione degli impianti ed esecuzione dell'intervento P&T
- monitoraggio interventi
- collaudo
- demobilizzazione impianti

La durata complessiva dell'intervento di bonifica delle acque della falda superficiale è stimata in circa 36 mesi.

7.3 Bonifica delle acque sotterranee – Acquiferi confinati

Per i motivi riportati al paragrafo 5.4, l'intervento di bonifica che si intende proporre per gli acquiferi confinati consiste nella continuazione dell'intervento di pompaggio fino al raggiungimento degli obiettivi di bonifica, costituiti dal raggiungimento delle CSC al confine del sito per i contaminanti sito specifici.

L'intervento sarà quello associato all'intervento di messa in sicurezza attualmente in atto nel Sito, e in particolare nel pompaggio di acque dai pozzi e alle portate di seguito indicate, cui si aggiungeranno quelle derivanti dal pozzo P107 di recente realizzazione tra il confine sud del sito e P105:

1° acquifero confinato (sistema "40 m")

- P101: 1.0 m³/h
- P102: 3.5 m³/h
- P107: da definire

2° acquifero confinato (sistema "60 m")

- P201: 2.0 m³/h
- P202: 0.5 m³/h
- P203: 1.5 m³/h

Le acque estratte sono convogliate attraverso tubazioni dedicate all'impianto di trattamento costituito da:

- vasca di omogeneizzazione delle acque in ingresso;
- 2 filtri a carbone attivo di volume pari a 500 litri ciascuno, da attivare, come consentito dall'autorizzazione allo scarico, solo qualora dal monitoraggio mensile scaturissero concentrazioni in ingresso superiori al 10% dei limiti prescritti allo scarico;
- vasca di rilancio allo scarico finale.

Il *lay out* dell'impianto è riportato in **Tavola 6b**.

Le acque sono in seguito recapitate nella fognatura di Via Monte Zovetto nel rispetto dell'autorizzazione allo scarico n. 890/2010, che ha rinnovato e dato continuità alla precedente 890.2005 (e s.m.i.) rilasciata da Acque Vicentine (già AIM Vicenza).

7.4 Bonifica del suolo insaturo

Le attività di bonifica del suolo insaturo comporteranno l'asportazione da tale dominio di diverse tipologie di materiali, che in prima battuta è possibile riassumere nelle categorie che seguono:

- terreni privi di materiale estraneo alla matrice suolo;
- materiali di riporto, essenzialmente residui di materiali da costruzione misti a terreno e ad altri materiali;
- manufatti (tubazioni, pozzetti, camerette) della rete fognaria e serbatoio interrato.

Tali materiali saranno rimossi e gestiti sulla base di un apposito piano di intervento che prenda in considerazione i diversi aspetti che possono sovrapporsi.

Di seguito si descrivono interventi che verranno eseguiti nel suolo insaturo, con le modalità di esecuzione che si intende porre in atto.

7.4.1 Predisposizione dell'area agli interventi

L'area interessata dall'intervento è recintata a seguito della presenza di mura e di edifici lungo tutto il perimetro.

Per la fase di scavo non sono quindi previste opere che richiedano la realizzazione di recinzioni e accessi.

Saranno invece delimitate le aree di scavo mediante le opere provvisorie previste nel Piano di Sicurezza e Coordinamento.

Come rappresentato in **Tavola 14**, l'accesso dei mezzi operativi è previsto attraverso il cancello carraio presente nella Via Monte Zovetto.

In determinate fasi sarà necessario poter disporre dell'ingresso carraio posto nella strada presente al confine nord del sito.

L'accesso da Via Cappuccini sarà invece dedicato al personale e alle autovetture.

Verrà predisposta un'adeguata viabilità che consenta l'accessibilità al sito e nel contempo l'esecuzione degli scavi ed il loro mantenimento fino al riempimento conseguente al collaudo.

7.4.2 Completamento rimozione sottoservizi e tratti di fognatura

Come riportato nei precedenti paragrafi, nel corso degli interventi di bonifica di Fase1 sono stati rimossi i tratti di fognatura ed i serbatoi interrati indicati in **Tavola 7**.

Si rende pertanto necessario procedere alla rimozione dei restanti tratti e serbatoi, individuati nella medesima tavola, al fine di completare l'intervento.

L'intervento sarà articolato come segue.

7.4.2.1 Predisposizione dei presidi atti a contenere le emissioni

Nell'area di intervento verrà posizionato una capannina mobile ed un impianto mobile per l'aspirazione e l'abbattimento delle emissioni che dovessero eventualmente generarsi.

L'impianto di aspirazione sarà costituito da un aspiratore centrifugo collegato ad un filtro a carboni attivi. Le caratteristiche del sistema di aspirazione e abbattimento emissioni saranno in linea di massima le seguenti:

- portata: 3.000 Nm³/h
- prevalenza massima: 280 mm H₂O c.a.
- volume carboni attivi: 1.500 kg
- potenza installata: 7,5 kW

Il dimensionamento di dettaglio è riportato in Allegato 11.

L'efficienza del sistema di abbattimento verrà monitorata con controlli periodici mediante rilievi con strumentazione PID/FID sull'aria in uscita. Si provvederà alla sostituzione dei carboni attivi quando tali verifiche evidenzino un decadimento delle prestazioni cui sono dedicati. I carboni attivi sostituiti verranno avviati a smaltimento/rigenerazione in impianti esterni autorizzati.

7.4.2.2 Demolizione della pavimentazione degli edifici esistenti

Per poter eseguire l'intervento sarà necessario procedere alla demolizione della pavimentazione degli edifici sotto i quali sono presenti i tratti di fognatura da rimuovere, in particolare gli edifici B, C e G.

La demolizione verrà eseguita con martello demolitore montato sul braccio di escavatore semovente.

I materiali generati dalla demolizione della pavimentazione verranno depositati nell'area di deposito temporaneo e sottoposti alle procedure di gestione previste all'apposito paragrafo del presente documento.

E' presumibile che nell'area degli edifici, i tratti di fognatura siano parte integrante della pavimentazione e pertanto, in tal caso, dovranno essere separati dal resto della pavimentazione demolita al fine di poter procedere ad una gestione differenziata dei materiali che ne derivano.

Successivamente alla demolizione sarà eseguita un'accurata verifica visiva della superficie finalizzata ad individuare la presenza di eventuali sottoservizi (vasche, manufatti), in modo da procedere anche alla loro rimozione.

Le superfici occupate da pavimentazioni di edifici demoliti o da demolire nelle aree interessate dagli interventi di bonifica del suolo insaturo ed i volumi che ne derivano sono riportati nella Tabella che segue.

Tabella 7.8: Superfici e volumi pavimentazioni da demolire nelle aree di bonifica del suolo insaturo

Sigla Edificio	Superficie pavimentazione m²	Spessore medio pavimentazione m	Volume Materiale da demolizione m³
W	578	0.3	173
R+R'+R''+D+ F	1.436	0.3	431
C/G	459	0.3	138
B	944	0.3	283
L	640	0.3	192
Totale	4.060	0.3	1218

Oltre alla demolizione delle pavimentazioni che interessano le aree di intervento per la bonifica del suolo insaturo, per il ripristino finale dell'area sarà necessario procedere alla demolizione delle restanti pavimentazioni, la cui superficie, unitamente ai volumi che ne derivano, è riportata nella tabella che segue.

Tabella 7.9: Restanti superfici e volumi pavimentazioni da demolire

Sigla Edificio/area	Superficie pavimentazione m²	Spessore medio pavimentazione m	Volume Materiale da demolizione m³
F	1.061	0.3	318
C/G	566	0.3	170
B	896	0.3	270
L	510	0.3	153
A	1.854	0.3	556
Totale	4.887	0.3	1.466

7.4.2.3 Rimozione dei tratti fognari

L'obiettivo dell'intervento consiste nella rimozione dei tratti fognari, dei manufatti ad essi connessi, comprensivi dei sedimenti, e di eventuali focolai di contaminazione rilevati nel loro contorno.

La rimozione dei tratti fognari che ricadono all'interno di aree in cui è necessario intervenire nei terreni insaturi avverrà contestualmente a tali interventi in modo da non dover suddividere le operazioni di scavo in più tempi e completare così l'intervento in ciascun lotto.

Analogamente a quanto avvenuto nella Fase 1, si propende per la rimozione completa dei tratti di fognatura invece che per la loro pulizia mediante lavaggio in quanto l'abbandono cui è stata sottoposta la rete fognaria dopo la dismissione del sito non garantisce l'integrità della rete e pertanto operazioni di lavaggio, per le quali possono essere necessari elevati volumi di acqua, possono comportare il rischio di veicolare tali liquidi di lavaggio nel sottosuolo.

Tale modalità esecutiva è stata adottata con successo nel corso della Fase 1 e pertanto si ritiene conveniente riproporla. Peraltro, le indagini eseguite nelle aree interessate al completamento della rimozione non hanno evidenziato la presenza di significativa focolai di contaminazione (diversamente dalla Fase 1, nella quale si è reso necessario intervenire nelle aree degli edifici V ed O in cui erano presenti significative criticità legate alla presenza di composti maleodoranti) e pertanto si valuta che tale operazione possa essere eseguita senza particolari impedimenti di carattere operativo ed ambientale.

Per qualsiasi evenienza è comunque prevista la messa in opera dei presidi già utilizzati nella Fase 1, consistenti nella disponibilità nell'area di intervento di una "capannina" mobile e di un aspiratore mobile descritti al paragrafo 7.4.2.1, da utilizzare in caso di necessità e finalizzati a contenere e ad abbattere eventuali emissioni.

La rimozione delle tubazioni e dei manufatti dovrà essere comunque eseguita con particolare cautela per impedire lo sversamento sul suolo dei sedimenti eventualmente presenti negli stessi.

Tenuto conto delle quantità di materiali che si prevede di asportare, si ritiene non conveniente approntare in sito sistemi che consentano la separazione dei sedimenti dai manufatti e pertanto i manufatti con presenza di sedimenti verranno avviati a smaltimento in impianti esterni senza operazioni di separazione, salvo operazioni di riduzione volumetrica con martello demolitore per consentirne l'accettabilità negli impianti di smaltimento, seguendo le procedure previste al paragrafo 7.4.9.

Solo per i tratti che si presenteranno privi di sedimenti potrà essere valutata e verificata dal punto di vista analitico la conformità per il recupero in sito e quindi l'avvio di tali materiali alle procedure di recupero previste al paragrafo 7.4.4.

La rimozione delle tubazioni e dei manufatti della rete fognaria sarà preceduta dall'asportazione del terreno soprastante e nel contorno delle tubazioni, eseguita a mezzo di escavatore meccanico.

Il terreno rimosso verrà gestito conformemente a quanto previsto al paragrafo 7.4.4.

Dopo aver liberato la tubazione ed i manufatti dal terreno presente nel suo contorno, si procederà alla loro rimozione e caricamento nella benna di una pala gommata.

Il materiale sarà trasferito in area dedicata, individua nell'edificio W (vedi **Tavola 14**).

Per impedire fuoriuscite di sedimenti, tutte le tubazioni saranno rimosse tramite scollegamento di brevi tratti.

Per quanto possibile si dovranno tener separati i manufatti e le tubazioni prive di sedimenti da quelle contenenti sedimenti, al fine di ottimizzare il destino di smaltimento in funzione dell'effettivo stato di contaminazione.

Per l'esecuzione delle operazioni sopra descritte sarà necessario disporre dei seguenti mezzi e personale:

- un escavatore;
- una pala gommata;
- un operatore a terra

La lunghezza dei tratti fognari da rimuovere è indicata nella tabella che segue.

Tabella 7.10: Rete fognaria da rimuovere

Rete fognaria	ml
Tratti fognatura industriale interna all'edificio B	180
Tratti fognatura industriale esterni agli edifici in area di proprietà comunale	330
Tratti fognatura civile in area di proprietà Zambon	170
Totale rete fognaria da rimuovere	700

7.4.2.4 Rimozione di serbatoi interrati

Nell'area dell'edificio G (ex centrale termica) è presente un serbatoio interrato, meglio individuato in **Tavola 7**, che dovrà essere rimosso.

Il serbatoio è già stato, nel corso dei precedenti interventi, svuotato del liquido contenuto e bonificato mediante lavaggio con acqua e tensioattivi.

Prima della rimozione sarà comunque necessario eseguire verifica di "gas free" mediante campionamento ed analisi dei vapori in esso presenti.

Nel caso in cui la verifica confermi la presenza di atmosfera "gas free", si potrà procedere alla rimozione del serbatoio secondo le modalità di seguito descritte, diversamente sarà necessario eseguire nuovamente l'intervento di bonifica del serbatoio seguendo le procedure che seguono.

Nel caso in cui le misure di "gas free" diano esito negativo, si procederà alla bonifica del serbatoio mediante lavaggio delle pareti interne con acqua calda e tensioattivi ed all'aspirazione dei liquidi di lavaggio.

L'intervento consisterà in un lavaggio preliminare con getto di acqua dall'esterno finalizzato a consentirne l'estrazione in condizioni di sicurezza, rimandando interventi più accurati di bonifica, qualora necessari, dopo l'estrazione. Si procederà quindi a nuove misurazioni onde verificare la presenza di atmosfera "gas free". Le acque di lavaggio verranno trasferite a mezzo di pompa o di auto spurgo in serbatoi posizionati in sito, per essere successivamente inviate a smaltimento in impianti esterni autorizzati previa caratterizzazione analitica.

Non è da escludere che al di sotto delle pavimentazione degli edifici B, C e G possano essere rinvenuti altri serbatoi che non è stato possibile individuare proprio a seguito della presenza di edifici che insistevano in tali aree.

In tal caso, si procederà come di seguito indicato:

- apertura del passo d'uomo;
- verifica dall'esterno in merito alla presenza di liquidi e fondami all'interno del serbatoio;
- prelievo e caratterizzazione analitica di acque e fondami eventualmente presenti;
- estrazione con auto spurgo dei liquami e dei fondami eventualmente presenti ed invio a impianti di smaltimento esterni autorizzati previa caratterizzazione analitica;
- bonifica del serbatoio seguendo le modalità previste al precedente comma;
- misure e certificazione "gas free".

In funzione delle specifiche condizioni operative, dovranno essere previste, mediante aggiornamento dei piani di sicurezza esistenti, adeguate misure atte a garantire la sicurezza degli operatori.

Successivamente alle suddette operazioni, qualora necessarie, si procederà alla messa a giorno del serbatoio mediante asportazione, a mezzo di escavatore meccanico, del terreno presente nel suo contorno.

Il terreno rimosso verrà gestito conformemente a quanto previsto al paragrafo 7.4.4, relativo alla gestione dei terreni insaturi.

Si procederà quindi allo scollegamento di eventuali tubazioni di connessione, avendo cura di operare con adeguata cautela ed in modo tale da poter contenere residui in esse eventualmente presenti, che verranno raccolti e depositati in idonei contenitori (fusti, contenitori IBC) per le successive analisi di caratterizzazione e il conseguente invio a smaltimento in impianti esterni autorizzati.

Tenuto conto che non è ben definito lo stato di conservazione ed il contenuto originario dei serbatoi e che nella specifica sub area si è in presenza di una falda superficiale contaminata, con soggiacenza superiore al livello dei serbatoi, per ragioni di sicurezza degli operatori non si

ritiene opportuno eseguire in posto operazioni di bonifica delle tubazioni e dei serbatoi eventualmente necessarie, ma di eseguire le stesse in area dedicata individuata all'interno dell'area di deposito preliminare A. L'eventuale taglio di tubazioni di connessione ancora presenti dovrà essere eseguito con sistemi a freddo senza l'impiego di fiamme libere.

Di seguito si proseguirà nell'escavazione del terreno presente nel contorno dei serbatoi al fine di poter procedere alla loro estrazione.

L'estrazione avverrà mediante imbracatura dei serbatoi e rimozione degli stessi mediante idonea attrezzatura di sollevamento.

Per qualsiasi evenienza è prevista la messa in opera dei presidi di aspirazione mobile descritti in precedenza.

Il serbatoio e le tubazioni rimosse verranno trasferiti nell'area di deposito preliminare A, per eventuali ulteriori interventi di bonifica da definirsi caso per caso dopo presa visione dello stato dei serbatoi.

In seguito, si procederà allo smaltimento/recupero del materiale ferroso previa verifica di conformità con il destino individuato.

7.4.2.5 Rimozione di eventuali focolai di contaminazione

Dopo la rimozione dei tratti di rete fognaria e del serbatoio, si procederà a verificare visivamente la eventuale presenza nel loro contorno di focolai di contaminazione che, se riscontrati, verranno rimossi a mezzo di escavatore.

Si procederà alla rimozione solo di materiali non riconducibili alla matrice suolo e di terreni con chiare evidenze di anomalie.

La valutazione circa la presenza di anomalie verrà effettuata sulla base del riscontro visivo e di misure di campo con strumentazione PID.

Nel caso in cui le anomalie si trovino all'interno della zona satura, si provvederà per quanto possibile al temporaneo abbassamento della falda attraverso la messa in esercizio di una pompa di aspirazione ed all'asportazione dei materiali impattanti per quanto possibile.

Trattandosi di acqua di falda, l'acqua estratta verrà inviata all'impianto di trattamento presente nel sito e già dedicato allo scopo.

Una volta rimosse tali anomalie, si provvederà alla messa in sicurezza dello scavo mediante posa di uno strato di materiale filtrante costituito da torba ed alla copertura con telo di LDPE adeguatamente ancorato, in attesa delle operazioni di collaudo e di riempimento.

I materiali rimossi verranno avviati a smaltimento secondo le procedure previste all'apposito paragrafo del presente documento.

7.4.3 Rimozione dei terreni contaminati e dei materiali di riporto

7.4.3.1 Definizione delle aree di intervento

Con riferimento alla **Tavola 15** le aree di intervento sono state determinate mediante utilizzo del criterio dei poligoni di Thiessen che definiscono l'area di interesse dei sondaggi eseguiti durante le fasi di caratterizzazione. In particolare, si sono presi a riferimento i sondaggi in cui è stato rilevato, per la matrice suolo insaturo, almeno un superamento delle CSR.

La superficie delle aree di intervento, così definita, ammonta complessivamente a circa 9.500 m², a cui, considerato uno spessore di suolo insaturo pari a circa 1,5 m, corrisponde un volume di terreni da rimuovere pari a circa 14.250 m³

In corrispondenza di tali aree, nel corso delle indagini di caratterizzazione, è stata rilevata anche la presenza di materiale di riporto, in particolare nel primo metro di terreno. Sulla base delle informazioni di campo si stima che circa il 20% del volume del suolo insaturo in tali aree (circa 2.850 m³) sia costituito da materiale di riporto.

Inoltre, al volume di suolo insaturo da rimuovere vanno detratti i volumi occupati dalla pavimentazione degli edifici insistenti in tali aree, pertanto, al fine di stimare le effettive quantità di materiale/terreni oggetto di rimozione si ritiene necessario valutare i volumi di suolo insaturo impegnati dalla presenza della pavimentazione degli edifici ricadenti nelle aree sopra elencate, riportati nella tabella che segue.

Tabella 7.11: Volume terreno da rimuovere

Volume totale suolo insaturo m ³	Volume materiale di riporto m ³	Volume pavimentazione edifici m ³	Volume terreno m ³
14.250	2.850	1.200	10.200

Il volume di terreno da rimuovere, al netto del materiale di riporto e dei volumi impegnati dalle pavimentazioni, è pertanto di circa **10.200 m³**.

Oltre ai materiali sopra computati, le indagini di caratterizzazione hanno rilevato la presenza di materiali interrati anche in altre aree nelle quali le concentrazioni dei contaminanti sono risultate conformi alle CSR.

La superficie di tali aree ammonta complessivamente a circa 6.550 m², a cui, corrisponde, come indicato nella tabella che segue, un volume da rimuovere costituito da terreni misti a materiali

interrati pari a circa 8.600 m³, di cui, circa 5.400 m³ di terreni e circa 3.200 m³ di materiali interrati.

Tabella 7.12: Volume materiale interrato da rimuovere

Volume totale terreno e materiali	Volume terreno	Volume Materiali interrati
m³	m³	m³
8.600	5.400	3.200

7.4.3.2 Procedure di scavo

I terreni contaminati ed i materiali di riporto verranno rimossi dalle aree di intervento mediante scavo con mezzo meccanico e trasferiti con autocarro di cantiere nelle diverse aree di gestione e trattamento in funzione della loro tipologia.

Lo scavo avverrà suddividendo l'area di intervento in lotti così come riportato in **Tavola 15**.

Ciascun lotto sarà costituito da un volume di materiali da asportare pari a circa 1.500 m³.

Lo scavo si estenderà fino ad una profondità prossima al livello di soggiacenza della falda, in modo da interessare l'intero spessore insaturo.

Tenuto conto dei risultati delle indagini e delle modeste concentrazioni dei contaminanti rilevate nei terreni insaturi, si ritiene che non sussista il pericolo di emissioni significative durante la fase di scavo e movimentazione.

Nonostante ciò, dopo avere completato l'asportazione dei materiali interrati si provvederà alla messa in sicurezza delle aree di scavo al fine di evitare emissioni di composti volatili nel periodo successivo all'intervento, fino al riempimento.

A tale scopo le aree verranno ricoperte con uno strato di circa 20 cm di materiale filtrante costituito da torba, sopra il quale verrà posato un telo di LDPE appositamente ancorato al suolo.

In totale sarà necessario disporre dei seguenti mezzi di cantiere:

- 1 escavatore cingolato per lo scavo dei materiali;
- 1 autocarro per la movimentazione dei materiali.

7.4.3.3 Sequenza di intervento – Suddivisione in lotti di intervento

L'area di intervento sarà suddivisa in lotti così come riportato in **Tavola 15**.

Come riportato nella medesima tavola i lotti di scavo ricadenti nelle aree con superamenti delle CSR, nominati da T1 a T9, sono stati individuati secondo i seguenti criteri:

- Rispettando l'estensione dei poligoni di Thiessen;
- Definendo per ogni lotto una superficie pari a circa 1000 m²;
- Considerando la superficie occupata dagli edifici (Lotto T8 e T9);

- Attribuendo una numerazione progressiva in relazione ad un'ipotesi di sequenza di intervento.

Analogamente alla suddivisione definita per la rimozione dei terreni contaminati, anche per la rimozione dei materiali interrati presenti in alcuni poligoni di Thiessen risultati conformi alle CSR sono stati definiti dei lotti di scavo, nominati da M1 a M7.

Sulla base di un'ottimizzazione delle fasi di scavo e degli spazi necessari per rendere agevole la viabilità di cantiere, con riferimento ai codici attribuiti ai vari lotti di scavo, è stata definita indicativamente la seguente sequenza di intervento:

T1 → T2 → T3 → M1 → M2 → T4 → M3 → M4 → T5 → M5 → M6 → M7 → T6 → T7 → T8* → T9*

*vedi modalità di collaudo specifiche per i lotti T8 e T9 definite al paragrafo 9.3.3

7.4.3.4 Selezione dei materiali rimossi

Già in fase di scavo si procederà a una suddivisione dei materiali sulla base di un'analisi visiva delle caratteristiche degli stessi.

Essenzialmente, si prevede di rimuovere le seguenti tipologie di materiali:

- terreni;
- materiali di riporto

Le modalità di gestione di tali materiali differiranno tra di loro come segue:

Terreni

I terreni, essenzialmente materiali riconducibili alla matrice suolo e privi di corpi estranei, saranno rimossi e trasferiti direttamente all'interno dell'edificio F, dove verranno costituiti in cumuli di circa 250 m³, pari al volume previsto per i cumuli in trattamento di cui al paragrafo 7.4.6.3.

Qualora in fase esecutiva il volume dei cumuli in trattamento potrà essere aumentato a seguito di migliori prestazioni dell'impianto, in egual misura verrà aumentato il volume dei cumuli inizialmente predisposti, fino ad un volume massimo di 500 m³

I cumuli verranno successivamente campionati ed analizzati secondo le procedure previste ai paragrafo 9.3.1 per definirne il successivo destino di flusso (vedi **Allegato 12**).

Sui terreni verranno eseguite analisi sulla frazione inferiore a 2 mm mirate a determinare la concentrazione dei contaminanti presenti, da confrontare con le CSR determinate per i

terreni insaturi e riportate al paragrafo 6.2 in funzione del possibile recupero all'interno del sito.

Come rappresentato in **Allegato 12** in funzione dei risultati delle analisi eseguite, si procederà alla seguente suddivisione:

- a) terreni contenenti contaminanti in concentrazione < CSR: tale materiale è conforme al recupero in sito e pertanto verrà trasferito nell'area di deposito materiali conformi per il successivo riempimento degli scavi;
- b) terreni contenenti contaminanti volatili, in concentrazione < circa 100*CSR: tale materiale potrà essere avviato al trattamento in sito e pertanto sarà trasferito nell'area allestita nell'edificio L per essere sottoposto al trattamento di bonifica;
- c) terreni contenenti contaminanti volatili in concentrazione > circa 100*CSR e/o altri contaminanti semi volatili in concentrazione > CSR: tale materiale non è recuperabile in sito e pertanto sarà sottoposto ad analisi sul tal quale mirate alla classificazione di rifiuto e, in funzione dei risultati ottenuti, ad analisi atte a determinarne il possibile destino di smaltimento.

La volatilità è indice della tendenza dei contaminanti di un solido o di un liquido rispettivamente a sublimare o ad evaporare. In generale, sono considerate volatili le sostanze, che in determinate condizioni di pressione e temperatura, presentano elevata tensione di vapore. Nella seguente tabella si riportano i contaminanti che, sulla base della intrinseca tensione di vapore, sono considerati volatili e idonei al trattamento mediante aspirazione vapori.

Tabella 7.13: Contaminanti volatili e semi volatili

Contaminanti	Tensione di vapore mm Hg	Contaminanti volatili	Contaminanti semi volatili
Mercurio elementare*	1.96E-03	X	
Benzene	9.53E+01	X	
Etilbenzene	1.00E+01	X	
Toluene	3.00E+01	X	
Xilene (miscela isomeri)	8.78E+00	X	
Triclorometano	1.97E+02	X	
Tricloroetilene	7.43E+01	X	
Tetracloroetilene	1.90E+01	X	
Dicloroetilene, 1,1-	2.27E+02	X	
Dicloroetilene, cis-1,2-	2.03E+02	X	
Clorobenzene	8.80E+01	X	

Diclorobenzene, (1,4) (-p)	1,06E+00	X	
Anilina	4,90E-01	X	
DDT	1,00E-06		X
PCBs	8,63E-05		X
Benzo(a)Pirene	5,68E-04		X
Indeno(1,2,3,c,d)Pirene	1,00E-09		X
Benzo(g,h,i)Perilene	1,69E-07		X
Metiltiobenzaldeide, 4-	8,40E-03	X	
HC<12**	2,20E+00	X	
HC>12***	<1.0E-04		X

*Componente volatile

**Riferito alla frazione tra C08 – C12

***Riferito alla frazione tra C18 – C32

Materiali di riporto

I materiali di riporto, essenzialmente residui di materiali da costruzione misti a terreno e ad altri materiali, saranno rimossi e trasferiti direttamente all'interno dell'edificio W, dove verranno costituiti in cumuli per tipologia omogenea.

Già in fase di scavo e di costituzione dei cumuli si procederà ad una suddivisione visiva tra materiali di differente tipologia.

I materiali in cumulo verranno sottoposti a vagliatura meccanica all'interno dell'edificio W con lo scopo di separare la frazione fine (sottovaglio) dalla frazione grossolana (sopravaglio).

A valle del processo di vagliatura, ci si attende le seguenti tipologie di materiali:

- d) materiale fine (sottovaglio) riconducibile alla matrice terreno: tale materiale è potenzialmente recuperabile in sito e pertanto ad esso verrà applicata la stessa procedura prevista per i terreni, per la successiva suddivisione nelle classi a), b) e c) di cui sopra;
- e) materiale fine (sottovaglio) non riconducibile alla matrice terreno: tale materiale non è potenzialmente recuperabile in sito e pertanto sarà sottoposto ad analisi sul tal quale mirate alla classificazione di rifiuto e, in funzione dei risultati ottenuti, ad analisi atte a determinarne il possibile destino di smaltimento;

- f) materiale grossolano (sopravaglio) costituito da materiali da demolizione: tale materiale è potenzialmente recuperabile in sito e pertanto sarà sottoposto a test di cessione ai sensi del D.M. n. 186/2006 al fine di verificarne a livello preliminare la conformità con i limiti da esso previsti per il recupero in sito.

Le diverse tipologie di materiali verranno sottoposte ai destini indicati ai paragrafi che seguono.

Una sintesi delle sequenze operative dei terreni/materiali provenienti dai lotti di scavo è riportata nell'**Allegato 12**.

7.4.4 Gestione e destino dei materiali rimossi

7.4.4.1 Trattamento di frantumazione in sito dei materiali da demolizione recuperabili

I materiali da demolizione derivanti dalla vagliatura (sopravaglio) per i quali il test di cessione avrà evidenziato la conformità con i limiti previsti nella tabella Allegata al D.M. 186/06 (e quindi la possibilità di recupero in sito) e i materiali derivanti dalla demolizione delle pavimentazioni e degli edifici saranno sottoposti a riduzione volumetrica mediante frantumazione con impianto mobile autorizzato ai sensi dell'Art. 208 D. Lgs. 152/2006.

L'operazione di frantumazione avverrà nell'area di deposito A utilizzando impianto simile a quello rappresentato in figura seguente.



Figura 7.10 : Impianto mobile di frantumazione

Il materiale da sottoporre a frantumazione verrà caricato alla tramoggia dell'impianto mediante benna di escavatore.

Al fine di ridurre la produzione di particolato aerodisperso, durante le attività di scavo sarà installato un cannone nebulizzatore mobile per l'abbattimento delle polveri in prossimità delle operazioni di frantumazione.

Dopo frantumazione, i materiali ottenuti saranno sottoposti alle seguenti analisi per confermare la possibilità di recupero in sito:

- analisi sul tal quale mirate alla classificazione di rifiuto;
- test di cessione ai sensi del D.M. n. 186 del 05.04.2006, atto a verificarne la conformità con i limiti previsti nella tabella allo stesso allegata e la conseguente possibilità di recupero in sito.

Le procedure di campionamento ed analisi sono riportate al paragrafo **7.4.5**.

Il materiale classificato rifiuto non pericoloso e con test di cessione conforme con i limiti previsti dal D.M. n. 186 del 05.04.2006 potrà essere avviato al recupero in sito.

Il materiale classificato rifiuto pericoloso e/o con test di cessione non conforme con i limiti previsti dal D.M. n. 186 del 05.04.2006 dovrà essere inviato a smaltimento in impianti esterni autorizzati secondo le procedure previste al successivi paragrafo.

7.4.4.2 Smaltimento fuori sito dei rifiuti e dei terreni non recuperabili

Le attività di bonifica del suolo insaturo determineranno la produzione di rifiuti da avviare a smaltimento in impianti esterni autorizzati ai sensi delle vigenti norme, che si elencano di seguito:

- D. Lgs. n. 152/2006, Parte Quarta “Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica di siti inquinati” e s.m.i.;
- D.M. Ambiente 27/09/2010 “Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica”
- D.M. Ambiente 28/02/2011 n. 52, “Regolamento recante l'istituzione del sistema di controllo e tracciabilità dei rifiuti”
- D.M. 01/04/1998 n. 148, Regolamento recante l'approvazione dei registri di carico e scarico rifiuti”
- D.M. 05/02/1998 “ Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero”, così come modificato dal D.M. 05/04/2006 n. 186;
- altre norme specifiche.

Come descritto nei precedenti paragrafi, le tipologie dei rifiuti da avviare a smaltimento consisteranno in:

- terreni non conformi al recupero (CER 170504/170503 “Terre e rocce da scavo”);
- rifiuti non recuperabili derivanti dalle operazioni di bonifica e di vagliatura dei materiali da demolizione (CER 191301/191302 “rifiuti solidi derivanti dalle operazioni di bonifica dei terreni”);
- altre tipologie di rifiuto generate in corso d'opera (CER da attribuire caso per caso).

Le procedure di campionamento ed analisi sono riportate al paragrafo **7.4.5**.

La gestione e lo smaltimento dei rifiuti avverrà secondo le procedure previste al paragrafo 7.4.9 e 14.1.

7.4.5 Procedure di campionamento e analisi per il recupero e lo smaltimento dei rifiuti

Per la definizione delle modalità di campionamento si è tenuto conto di quanto previsto nella Norma UNI 10802 “*Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi – Campionamento manuale e*

preparazione ed analisi degli eluati - Aprile 2002” e nella “Deliberazione della Giunta Regionale Veneto del 3.10.2003 n. 2922”.

La preparazione in laboratorio dei campioni da sottoporre ad analisi verrà eseguita sulla base di quanto previsto dalle norme IRSA CNR “Metodi analitici sui fanghi - Quaderno 64 Volume 3 Gennaio 1985 ” e UNI 10802“ Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi – Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati - Aprile 2002”, mentre le metodiche di analisi saranno quelle indicate nelle tabelle 7.14. e 7.15 del presente documento.

I materiali da avviare allo smaltimento o recupero saranno campionati per lotti omogenei di volume pari a quello indicato nella tabella che segue.

Tabella 7.14: definizione dei volumi dei lotti per il campionamento di rifiuti

Tipologia	Composizione	Volume per campionamento m ³
Materiali da demolizioni	Cumuli	500
Altri rifiuti	Cumuli	250

I lotti saranno costituiti da tipologie omogenee dei materiali asportati, secondo una suddivisione basata sulla loro natura, le loro caratteristiche organolettiche ed il loro stato fisico.

Nel caso in cui per alcune tipologie omogenee non si raggiunga il volume del lotto previsto, si procederà in ogni caso al prelievo del numero di incrementi indicato al capitolo successivo per ogni specifica tipologia, avendo cura in tal caso di prelevare quantitativi sufficienti per la suddivisione del campione nel numero di aliquote in seguito previsto.

7.4.5.1 Procedure di campionamento

Materiali da demolizione

I rifiuti diversi dai materiali da demolizione da avviare allo smaltimento in impianti esterni saranno costituiti in cumuli di circa 500 m³. La formazione del campione rappresentativo di ciascun lotto costituito da materiali da demolizione verrà eseguita prelevando incrementi rappresentativi rispetto allo stato del materiale.

In particolare, da manufatti ritenuti rappresentativi del lotto, saranno prelevati 10 incrementi, di cui 5 nella loro parte superficiale e 5 nella loro parte interna.

Il prelievo sarà eseguito con martello e scalpello al fine di ottenere la frantumazione del materiale in pezzi di dimensioni non superiori a mm 50 x 50.

Gli incrementi prelevati nella parte superficiale verranno miscelati tra di loro al fine di ottenere il sottocampione medio rappresentativo della parte superficiale mentre gli incrementi prelevati nella parte interna verranno miscelati tra di loro al fine di ottenere il sottocampione medio rappresentativo della parte interna.

I due sottocampioni saranno miscelati tra loro al fine di ottenere un campione composito che, per quartatura, darà il campione da analizzare.

Altri rifiuti

I rifiuti diversi dai materiali da demolizione da avviare allo smaltimento in impianti esterni saranno costituiti in cumuli di circa 250 m³.

Il metodo di campionamento che si intende adottare prevede il prelievo da ogni cumulo di 10 incrementi costituiti da 5 prelievi profondi e 5 prelievi superficiali.

Gli incrementi verranno miscelati tra loro al fine di ottenere un campione composito che, per quartatura, darà il campione da analizzare.

7.4.5.2 Analisi

In funzione del destino previsto, i materiali saranno sottoposti alle analisi riportati nelle tabelle che seguono:

Tabella 7.15: Analisi di classificazione di rifiuti ai sensi della Parte IV al D.Lgs n. 152/2006

Parametri/sostanze	Metodica	Limite di rivelabilità
Residuo secco a 105°C	APHA 2540 G/98	0,10%
Composti organici aromatici (Benzene)	EPA 8260 B/96	0,5 mg/kg
Composti organici aromatici (TEX)	EPA 8260 B/96	1 mg/kg
Clorobenzeni	EPA 8260 B/96 e EPA 8270 D/98	0,5 mg/kg
Composti organici alifatici clorurati canc.	EPA 8260 B/96	0,5 mg/kg
Composti organici alifatici clorurati non canc.	EPA 8260 B/96	0,5 mg/kg

Fenoli	EPA 3541/EPA8270 D/98	0,1 mg/kg
Fenoli clorurati	EPA 3541/EPA8270 D/98	0,1 mg/kg
Ammine aromatiche	EPA 8270 D/98	1 mg/kg
Idrocarburi totali	IRSA Q.64/88 MET. 21	10 mg/kg
IPA	EPA 8270 D/98	0,1 mg/kg
PCB	EPA 8082 A/00	1 mg/kg
Cianuri	CNR IRSA 17 Q.64 VOL.3 1992	0,5 mg/kg
Sb	EPA 7062/94	0,1 mg/kg
As	EPA 7062/94	0,1 mg/kg
Be, Cd, Co,	EPA 6010 C/00	0,1 mg/kg
Hg	EPA 7471 B/98	0,1 mg/kg
Pb, Cu, Sn, Zn	EPA 6010 C/00	0,5 mg/kg

Tabella 7.16: Test di cessione per il recupero ai sensi dell'All.3 al D.M. 186/2006

Parametri/sostanze	Metodica	Limite di rivelabilità
Nitrati	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + EPA 300.1/97	0,1 mg/l
Fluoruri	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + EPA 300.1/97	0,1 mg/l
Solfati	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + EPA 300.1/97	0,1 mg/l
Cloruri	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + EPA 300.1/97	0,1 mg/l
Cianuri	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + APAT IRSA 29/03 4070	5 µg/l
Bario	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + EPA 200.8/94	0,0005 mg/l
Rame	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + EPA 200.8/94	0,0005 mg/l
Zinco	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + EPA 200.8/94	0,0005 mg/l
Berillio	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + EPA 200.8/94	0,5 µg/l
Cobalto	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + EPA 200.8/94	0,5 µg/l
Nichel	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + EPA 200.8/94	0,5 µg/l
Vanadio	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + EPA 200.8/94	0,5 µg/l

Arsenico	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + EPA 200.8/94	0,5 µg/l
Cadmio	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + EPA 200.8/94	0,5 µg/l
Cromo totale	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + EPA 200.8/94	0,5 µg/l
Piombo	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + EPA 200.8/94	0,5 µg/l
Selenio	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + EPA 200.8/94	0,5 µg/l
Mercurio	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + EPA 200.8/94	0,5 µg/l
Amianto	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + MP-0382-R2/04	1 mg/l
COD	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + APAT IRSA 29/03 5130	10 mg/l
pH	UNI 10802/04 + UNI EN 12547-2/04 + APAT IRSA 29/03 2060	

Altre analisi specifiche potranno essere eseguite al fine di verificare l'accettabilità dei rifiuti negli impianti di smaltimento individuati.

7.4.6 Trattamento dei terreni insaturi

7.4.6.1 Esiti della prova pilota

Come già anticipato, la tecnica di SVE on-site è già stata sperimentata presso il sito in esame nel corso di un test pilota eseguito su terreni provenienti dalle due aree di maggiore contaminazione, ovvero aree dei *focal point* Nord-Est e Sud-Ovest.

Le modalità esecutive e gli esiti di tale sperimentazione sono stati ampiamente descritti e commentati al paragrafo 5.3 e nel documento "*Progetto definitivo di bonifica – Esecuzione delle prove pilota*" (Luglio 2008), al quale si rimanda pertanto per maggiori dettagli.

In questa sede si intende richiamare sinteticamente le conclusioni riportate in tale documento:

- la prova pilota ha fornito buone indicazioni circa l'efficacia della tecnica ai fini della rimozione dei contaminanti volatili contenuti nei terreni locali;
- il monitoraggio dei vapori estratti ha evidenziato una significativa estrazione di contaminanti in fase aeriforme;
- le concentrazioni rilevate nei terreni dopo trattamento hanno confermato una netta riduzione (fino a due ordini di grandezza) delle concentrazioni dei contaminanti ricercati;
- è risultata evidente la necessità di rimescolare i cumuli di terreno al fine di poter sottoporre a trattamento tutto lo spessore interessato.

La prova pilota ha confermato quindi che la tecnica sperimentata può essere utilizzata con successo per la bonifica full-scale dei terreni insaturi contaminati da composti volatili, indicativamente in concentrazioni pari a circa 100 volte le relative CSR.

Terreni contenenti altri contaminanti rispetto a quelli volatili non potranno essere sottoposti a trattamento mediante tale tecnica e pertanto dovranno essere avviati a smaltimento in impianti esterni autorizzati.

Nel seguito della presente sezione si presenta quindi il sistema di bonifica tramite SVE on-site che si propone di adottare per raggiungere gli obiettivi di bonifica nei terreni sopra precisati.

7.4.6.2 Descrizione della tecnica di trattamento

Come noto, la bonifica dei terreni insaturi mediante SVE è un procedimento fisico consistente nell'estrazione continua (solitamente per mezzo di soffianti) dei vapori interstiziali contenuti nei pori del terreno, tramite creazione in tale matrice di depressioni adeguate.

Nel caso specifico, come già anticipato, in luogo della tecnica SVE in situ (nella quale l'estrazione ha luogo da pozzi fenestrati nel dominio insaturo) si propone di adottare l'approccio on-site, concettualmente simile ma applicato a terreni già asportati dalla loro giacitura originaria (lotto di bonifica) e depositati in cumuli di caratteristiche geometriche opportune.

In ragione delle CSR da raggiungere e delle concentrazioni attese nei terreni, a cadenza settimanale ciascun cumulo sarà sottoposto a operazioni di rimescolamento al fine di portare a turno tutto il terreno del cumulo a contatto con il sistema di aspirazione.

7.4.6.3 Conformazione di partenza dei cumuli

I terreni da sottoporre a bonifica provenienti da uno dei lotti di intervento previsti saranno portati dentro l'Edificio L e depositati in 2 cumuli destinati al trattamento.

I cumuli saranno allestiti in modo che l'altezza dei terreni sia dell'ordine di 1 m circa e che in pianta ciascun cumulo abbia dimensioni 14 x 18,5 m; ciascun cumulo in trattamento avrà quindi un volume di circa 250 m³. In fase operativa, in funzione dei risultati ottenuti sui trattamenti eseguiti, si valuterà l'opportunità di incrementare l'altezza di progetto, in modo da aumentare il volume di materiale sottoposto a trattamento.

Le dimensioni sopra citate per i cumuli di progetto derivano da un'ottimizzazione basata sui seguenti criteri:

- dal momento che è ragionevole supporre, e confermato dal test pilota, che l'aspirazione abbia influenza soprattutto sui primi 50 cm di terreno dal fondo del cumulo, un'altezza eccessiva comporterebbe la necessità di più numerosi rimescolamenti del cumulo, con evidenti svantaggi operativi/gestionali;
- viceversa, un'altezza troppo ridotta comporterebbe la creazione di percorsi preferenziali all'aspirazione dei vapori estratti;
- necessità di adeguati spazi di manovra ai mezzi operativi, con particolare riferimento alle fasi di ingresso e di allestimento del cumulo;

Quanto sopra suggerisce che la configurazione ottimale della superficie dell'edificio L nel corso della bonifica sia quella indicata nella figura che segue, ovvero:

- sul lato Est dell'edificio sarà tracciata una fascia di larghezza 5.7 m e lunga quanto l'intero lato Est (ovvero circa 39 m), destinata alla posa dei collettori di aspirazione e al movimento degli automezzi di cantiere che saranno utilizzati per l'allestimento e il rimescolamento dei cumuli;
- al centro dell'edificio sarà disponibile una fascia di rispetto di dimensioni 14 x 2 m (corridoio di servizio), al fine di separare i due cumuli presenti e consentire il passaggio del personale;
- l'intera superficie rimanente (circa 500 m²) sarà occupata in parti uguali dai due cumuli.

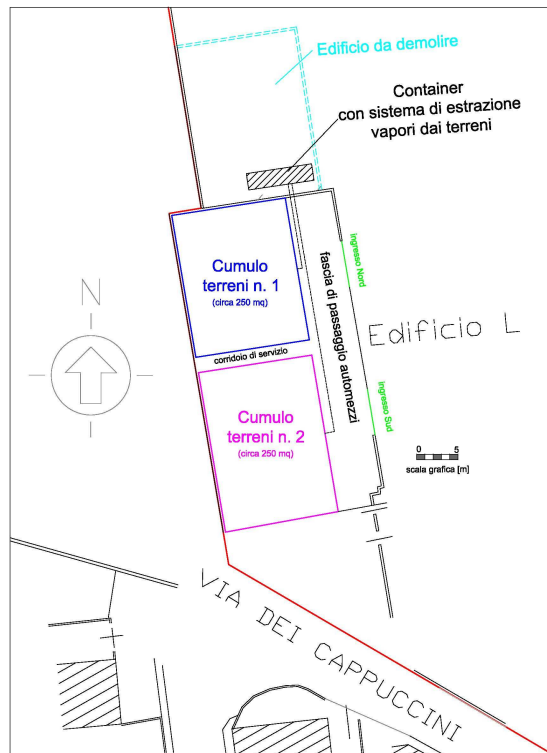


Figura 7.11: Configurazione di progetto dell'Edificio L in fase di trattamento dei terreni

Come rappresentato nella figura precedente, il sistema di aspirazione e trattamento vapori sarà posizionato in apposito container ubicato a nord dell'Edificio.

7.4.6.4 Configurazione di progetto del sistema di estrazione vapori

In estrema sintesi, per ciascuno dei cumuli in trattamento il sistema sarà costituito dai seguenti componenti:

- 1 vasca di contenimento, nella quale saranno posate le tubazioni forate di estrazioni vapori e la ghiaia di copertura delle stesse, e sopra la quale sarà steso un telo di tessuto non tessuto permeabile al passaggio dei vapori;
- 1 collettore di raccolta di tutte le tubazioni pertinenti al cumulo;
- 1 aspiratore centrifugo a canali laterali (potenza 5,5 kW);
- 1 separatore di condensa, dotato di sistema automatico di estrazione delle condense;
- valvole, raccordi, sezioni di misura parametri di processo e prelievo di campioni.

Il sistema sarà assistito nel suo complesso dalla seguente strumentazione:

- strumentazione analogica di misura (termometri, vacuometri, flussimetri);
- sonda PID per la valutazione indiretta della contaminazione volatile estratta
- quadro elettrico di comando e controllo (condiviso con l'altro cumulo).

I terreni rimossi saranno posizionati in 2 vasche di dimensioni pari a 18.5 x 14 metri ciascuna, attrezzate con una rete di tubazioni forate.

In particolare, ciascuna vasca ospiterà n. 9 tubazioni forate in HDPE del diametro di 2", immerse in uno strato di 30 cm di ghiaia avente funzione protettiva, cioè in grado di minimizzare i rischi di intasamento delle fessurazioni a seguito dell'ingresso dell'eventuale frazione fine contenuta nel cumulo di terreno, con conseguente calo dell'efficacia di estrazione dei vapori interstiziali.

Tramite tubazioni di raccordo realizzate in PVC flessibile del diametro di 2", le linee di estrazione convergeranno (con possibilità di regolazione portata tramite valvole manuali) a 2 collettori da 4", uno per cumulo, ciascuno dei quali sarà collegato ad un aspiratore centrifugo (soffiante) in grado di estrarre fino a 750 N m³/h e di generare una depressione all'aspirazione pari a 50-150 mbar, sufficiente ad estrarre i vapori interstiziali presenti nel terreno.

In sede di dimensionamento del sistema, si è considerato quanto segue:

- una portata effettiva dell'aria estratta, al netto delle perdite di carico, pari all'80% dei dati di targa della macchina che si prevede di installare;
- un ricambio complessivo di circa 4.000 volte l'aria presente nei pori interstiziali (porosità efficace assunta dell'ordine del 20%), pari al doppio dei valori massimi riportati in letteratura per trattamenti analoghi.

A seguito di ciò, partendo da cumuli del volume di 250 m³ ciascuno e dalla potenzialità della soffiante installata, la portata di estrazione citata consentirebbe un tasso di ricambio dei vapori interstiziali fino a quindici volumi per ogni ora di trattamento, ritenuto ampiamente adeguato in funzione degli obiettivi da raggiungere e confrontabile con quanto applicato in sede di test pilota.

Al fine di isolare i cumuli dall'atmosfera circostante, gli stessi saranno coperti con un telo in HDPE di adeguata resistenza meccanica.

I tratti di tubazione “a vista”, ovvero esterni ai cumuli di bonifica, e l’eventuale strumentazione su di essi installata, saranno opportunamente protetti dagli eventuali impatti con gli automezzi destinati all’allestimento iniziale e al rimescolamento dei cumuli stessi.

Nella figura che segue è illustrato il layout concettuale del sistema descritto nel presente paragrafo.

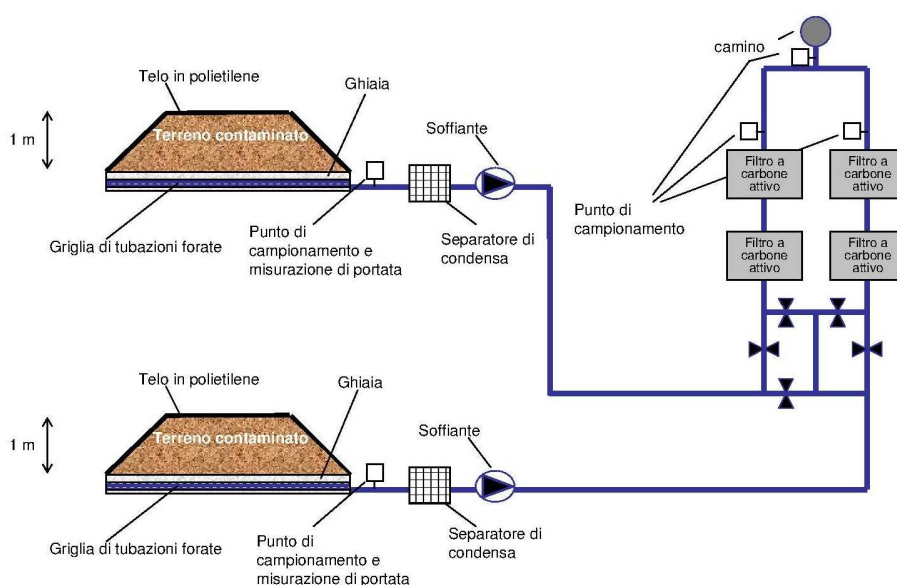


Figura 7.12: Layout concettuale del sistema estrazione vapori dai cumuli di terreno.

7.4.6.5 Trattamento dei vapori contaminati estratti dai cumuli

Mediante i citati collettori di aspirazione, i vapori estratti da ciascuno dei 2 aspiratori centrifughi saranno inviati a trattamento di adsorbimento su 2 filtri a carbone attivo granulare, ubicati all’interno del locale a nord dell’Edificio L.

Il dimensionamento di dettaglio del sistema di abbattimento è riportato in **Allegato 11**.

Il sistema di trattamento così configurato sarà in grado di garantire al camino il rispetto dei limiti alle emissioni previsti dal D.Lgs. 152/2006.

L'efficienza dell'impianto di abbattimento sarà verificata attraverso i monitoraggi previsti al paragrafo 8.1.

Al momento in cui tali monitoraggi evidenzieranno la prossimità all'esaurimento della carica di carbone, si procederà alla sua sostituzione con invio a smaltimento/recupero in impianti esterni autorizzati.

7.4.6.6 Logica di funzionamento dell'impianto

I due impianti SVE saranno gestiti da un PLC, che ne consentirà il funzionamento in manuale o in automatico ed il controllo in remoto.

7.4.6.7 Monitoraggio del processo di bonifica

A cadenza periodica programmata, personale specializzato eseguirà la verifica delle condizioni di processo, e in particolare dei seguenti parametri:

- funzionamento generale degli impianti di bonifica;
- portate e depressioni all'aspirazione.

Tali misure saranno integrate da:

- valutazione, eseguita in remoto, dei dati rilevati in continuo dalla strumentazione automatica PID installata permanentemente a bordo dei due collettori principali di estrazione vapori (e sulla quale saranno impostate opportune soglie, ai fini della segnalazione dell'eventuale raggiungimento di asintoti di concentrazione durante il singolo ciclo di trattamento);
- rilievi settimanali di specifici composti mediante utilizzo di fiale Draeger a lettura diretta, o altra strumentazione equivalente;
- verifiche mensili di laboratorio eseguite tramite prelievo di campioni (ad esempio tramite dispositivi *canister*) e successiva analisi per la ricerca dei contaminanti volatili sito-specifici.

Tali operazioni consentiranno anche di programmare le attività di rimescolamento dei cumuli e di definire il completamento del trattamento ed il passaggio ai cumuli successivi.

In particolare, dal momento che nel corso dei cicli di trattamento le concentrazioni dei contaminanti nel flusso dei vapori estratti tenderanno a decrescere, nel momento in cui la curva di riduzione di tali concentrazioni avrà raggiunto valori di asintoto si potrà considerare completato il trattamento di ciascun ciclo e si potrà passare al ciclo successivo.

Quando i cicli previsti su ciascun cumulo saranno completati, si potrà passare al collaudo interno del cumulo secondo le procedure previste al paragrafo 9.3.

In caso di collaudo positivo si trasferirà il cumulo nelle area di deposito terreni conformi, in attesa del collaudo in contraddittorio con gli Enti, e al trattamento del cumulo successivo.

7.4.6.8 Gestione delle attività

Si prevede che il trattamento di ciascuno dei cumuli avrà la durata media complessiva di circa 3 settimane, in accordo alla seguente scansione temporale:

- 1-2 giorni per allestimento e messa in aspirazione dei cumuli;
- 1 settimana per il primo ciclo di trattamento, cui farà seguito il rimescolamento del cumulo;
- 1 settimana per il secondo ciclo di trattamento;
- 3-4 giorni per il campionamento e analisi dei terreni ai fini di collaudo interno
- 1 giorno per la movimentazione dei cumuli;

In fase esecutiva, tale scansione indicativa potrà subire modifiche in funzione delle diverse condizioni operative riscontrate, in termini di volumi dei cumuli, altezze effettive da essi raggiunte, andamento delle curve PID, misure speditive dei composti organici volatili estratti etc.

Le operazioni di rimescolamento verranno eseguite mediante escavatore o mezzo analogo.

Eventuale dispersione di contaminanti volatili durante le operazioni di rimescolamento sono contenute all'interno dell'edificio e captate attraverso il sistema di aspirazione descritto al paragrafo 7.4.7.5.

7.4.7 Allestimento delle aree di deposito e trattamento dei materiali rimossi

Con riferimento alla **Tavola 14**, nel sito verranno allestite aree dedicate al deposito dei materiali rimossi, secondo le caratteristiche e le finalità descritte nei paragrafi che seguono.

Relativamente al deposito dei rifiuti, si intende il deposito preliminare così come definito all'art. 183, comma1, punto I, del D. Lgs. 152/2006.

7.4.7.1 Area di deposito materiali F

Nel sito è disponibile l'edificio F, che presenta caratteristiche idonee al deposito dei materiali derivanti dall'intervento.



Figura 7.13 : Edificio F – Area di deposito materiali

L'edificio è dotato di copertura, di pavimentazione in cemento e di due accessi laterali interni al sito che consentono il passaggio degli autocarri dedicati alla movimentazione interna dei materiali e pertanto non richiede interventi specifici per consentirne l'utilizzo previsto, tranne interventi di manutenzione e ripristino della copertura.

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche dell'edificio F.

Tabella 7.17: Caratteristiche edificio F

Sigla Edificio	Destinazione d'uso	Lunghezza m	Larghezza m	Altezza al colmo m	Superficie totale m ²	Superficie disponibile (al netto viabilità) m ²	Volume stoccaggio terreno m ³
F	Area deposito terreni rimossi	70	20	6.80	1.500	1.000	2.000

All'interno dell'edificio F verranno depositati i terreni rimossi, da sottoporre a campionamento ed analisi per il successivo avvio ai destini individuati.

7.4.7.2 Area di deposito materiali A

Nel settore Nord – Est del sito è presente un'area realizzata nel corso degli interventi di bonifica di Fase 1.



Figura 7.14 : Area di deposito materiali A

L'area è stata attrezzata con un sistema di contenimento a tenuta costituito da una platea e da cordoli perimetrali in cemento di altezza pari a circa 1 metro.

Il sistema di contenimento è stato completato con la posa di telo di HDPE sul fondo e sulle pareti e da un sistema di raccolta e rilancio delle acque meteoriche e di dilavamento all'esistente impianto di trattamento acque installato nel sito.

Nel corso degli interventi di Fase 1 l'area è stata utilizzata per il deposito di rifiuti da avviare allo smaltimento fuori sito e per operazioni di frantumazione di materiali da demolizione.

Per ciò che riguarda l'intervento di Fase 2, nel quale sarà necessario poter disporre di spazi per elevati volumi di materiali da recuperare in sito fino al ripristino finale del sito, l'area sarà utilizzata principalmente per le operazioni di frantumazione dei materiali da demolizione, per il deposito di materiali conformi al recupero e di materiali da avviare a smaltimento.

All'interno dell'area verrà ricavato e delimitato un apposito settore nel quale verrà posizionato un serbatoio atto a contenere eventuali rifiuti liquidi derivanti dagli interventi di bonifica da eseguire nel sito.

Tabella 7.18: Caratteristiche area A

Sigla Area	Destinazione d'uso	Superficie totale m²	Volume stoccaggio terreno m³
A	Area deposito materiali	2.000	4.000

7.4.7.3 Area di deposito materiali B

Sempre nel settore Nord – Est del sito sono disponibili spazi che possono essere utilizzati per il deposito di materiali conformi al recupero, in attesa del loro riutilizzo nella fase di ripristino finale. Le aree sono già pavimentate e non richiedono, tenuto conto che in esse verranno depositati solo materiali per i quali sarà già stata accertata la conformità al recupero, interventi di allestimento specifici.

Parti di questi spazi insistono all'interno dell'edificio B, che, seppur privi di copertura, potrà essere utilizzato allo scopo nelle condizioni in cui si trova.

Tabella 7.19: Caratteristiche area B

Sigla Area	Destinazione d'uso	Superficie totale m²	Volume stoccaggio terreno m³
B	Area deposito materiali	1.000	2.000

7.4.7.4 Area di vagliatura terreni e riporti

La vagliatura dei terreni e dei riporti verrà eseguita all'interno dell'edificio W. Tale edificio è già dotato di un sistema di aspirazione e trattamento delle emissioni realizzato nel corso degli interventi di Fase 1. Non sono quindi necessari ulteriori adeguamenti per l'utilizzo previsto. L'efficienza dell'impianto di abbattimento sarà verificata attraverso i monitoraggi previsti al paragrafo 8.1.

Al momento in cui tali monitoraggi evidenzieranno la prossimità all'esaurimento della carica di carbone, si procederà alla sua sostituzione con invio a smaltimento/recupero in impianti esterni autorizzati.

7.4.7.5 Area di trattamento terreni

L'area di trattamento sarà allestita all'interno dell'edificio L.

L'Edificio L è una costruzione in muratura avente le seguenti dimensioni:

- lunghezza: 39 m;
- larghezza: 20.7 m;
- altezza alla falda del tetto: 4.8 m;
- altezza al colmo del tetto: 7.3 m
- volume lordo interno: ~ m³ 4.900
- volume cumuli in trattamento: ~ m³ 500
- volume netto interno: ~ m³ 4.400

Per l'accesso all'edificio sono presenti 2 porte sul lato lungo (esposte a Est), di dimensioni adeguate al passaggio dei mezzi di cantiere che si prevede di utilizzare per il deposito dei terreni all'interno e per le operazioni di movimentazione del cumulo nel seguito descritte.

Al fine di contenere all'interno dell'edificio le emissioni derivanti dalle operazioni di formazione e rimescolamento dei cumuli, sarà installato un sistema di estrazione e trattamento dell'aria ambiente.

In particolare, sulla base delle dimensioni dell'Edificio L e del numero di ricambi orari di aria da garantirvi (funzione della specifica attività in corso al suo interno), si prevede che la potenzialità massima dell'aspiratore sia di 17.600 Nm³/h, in grado di consentire fino a 4 ricambi orari. Tale portata potrà essere regolata attraverso apposita strumentazione (inverter) in funzione delle diverse fasi delle attività da eseguire nell'edificio.

Il sistema di estrazione e trattamento aria sarà essenzialmente costituito da:

- prese di aspirazione installate sul soffitto dell'edificio;
- tubazioni di connessione al sistema di aspirazione;
- aspiratore centrifugo (potenza 25 kW, prevalenza 300 mm);
- sistema di trattamento aria costituito da:
 - 6 celle in fibra acrilica per la pre – filtrazione delle polveri;
 - 6 filtri a tasche per l'abbattimento delle polveri;
 - 3 filtri a carbone attivo di volume pari a 3.000 l/cad (totale 9.000 litri).

Il dimensionamento di dettaglio del sistema di abbattimento è riportato in **Allegato 11**.

Il sistema di trattamento così configurato sarà in grado di garantire al camino il rispetto dei limiti alle emissioni previsti dal D.Lgs. 152/2006.

L'efficienza dell'impianto di abbattimento sarà verificata attraverso i monitoraggi previsti al paragrafo 8.1.

Al momento in cui tali monitoraggi evidenzieranno la prossimità all'esaurimento della carica di carbone, si procederà alla sua sostituzione con invio a smaltimento/recupero in impianti esterni autorizzati.

7.4.7.6 Edifici da demolire ai fini delle attività di bonifica

Al fine di poter completare gli interventi di bonifica e svolgere le attività in piena sicurezza, alcuni degli edifici ancora presenti nel sito dovranno essere demoliti. In quest'ottica e con riferimento alla **Tavola 11**, nella seguente tabella sono elencati gli edifici e, in corrispondenza della colonna *Note*, le attività/motivazioni che ne richiedono la demolizione.

Tabella 7.20: Edifici da demolire per completare le attività di bonifica

Edificio	Proprietà	Descrizione	Note
Edificio A1	Zambon Group	Edificio composto da piano seminterrato e due piani superiori, di altezza complessiva pari a circa 10 m, ubicato al perimetro Sud Ovest del sito. Copertura in lastre Eternit.	L'area in cui è presente l'edificio dovrà essere utilizzata per installazione dei pozzi/piezometri necessari per la bonifica della falda superficiale.
Edificio a Nord dell'edificio L	Comune Vicenza	Edificio composto da un unico piano fuori terra di altezza pari a circa 6 metri.	L'edificio è in cattive condizioni strutturali. In corrispondenza dell'area occupata dall'edificio sarà posizionato un container ospitante gli impianti di abbattimento connessi al trattamento terreni insaturi.
Edifici R, R' (compresi locali adiacenti lato	Comune Vicenza	Serie di edifici adiacenti di altezza pari a circa 6 metri, composti da un unico piano fuori terra e suddivisi in	Gli edifici sono in condizioni strutturali non ottimali e sono in corrispondenza di aree interessate dagli scavi previsti dalla

nord) e R”	locali.	bonifica del suolo insaturo (vedi Tavola 15).
Edificio W	Comune Vicenza Capannone di altezza pari a circa 8 metri. Copertura in lastre Eternit.	L'edificio è in ottime condizioni strutturali e sarà utilizzato per ospitare impianti/macchinari/materiali durante le varie fasi di bonifica. La sua demolizione sarà necessaria per completare la bonifica del suolo insaturo (vedi Tavola 15).
Edifici D, F e L	Comune Vicenza Capannoni di altezza pari a circa 6-7 metri.	Gli edifici sono in buone condizioni strutturali e saranno utilizzati per ospitare impianti/macchinari/materiali durante le varie fasi di bonifica. <u>La demolizione di tali edifici sarà necessaria solo nel caso in cui le indagini di collaudo, descritte al paragrafo 9.3.3, rivelino una contaminazione del suolo insaturo sottostante.</u>

7.4.8 Riepilogo dei quantitativi da rimuovere e delle aree di deposito

Nella tabella seguente viene riportata una stima dei quantitativi dei materiali da rimuovere e delle aree di deposito materiali e di trattamento del terreno insaturo.

Tabella 7.21: Riepilogo dei quantitativi dei materiali da rimuovere e delle aree di deposito e trattamento

	Superficie (m ²)	Volume (m ³)
Materiali da rimuovere		
Terreno insaturo da aree > CSR		10.200
Terreno insaturo da aree < CSR		5.400
Materiali di riporto		2.850
Materiali da pavimentazione edifici		2.700
Materiali interrati		3.200
Materiale da rimuovere per preparazione area SO		750
Aree di deposito e trattamento		
Area di deposito terreni rimossi – Edificio F	1.550	2.000
Area di deposito materiali – A	2.000	4.000

Area di deposito materiali – B	1.000	2.000
Area vagliatura e stoccaggio materiali rete fognaria – Edificio W	580	300
Area trattamento terreni mediante aspirazione vapori – Edificio L	800	500 – 1.000

7.4.9 Procedure di gestione dei rifiuti da avviare allo smaltimento

7.4.9.1 Rintracciabilità dei materiali rimossi

I materiali rimossi verranno, per lotti e tipologie omogenee, composti in cumuli nelle aree di deposito dedicate, secondo le modalità previste nei precedenti paragrafi.

Tali cumuli saranno identificati mediante apposizione di cartelli riportanti, per ciascuno di essi, la specifica sigla identificativa e, attraverso tali sigle, registrati in apposito registro (diverso dal registro di carico e scarico di cui all'art. 190 del D. Lgs. 152/2006), nel quale saranno annotate tutte le informazioni che li contraddistinguono e tutte le varie fasi che li interesseranno fino al destino finale.

7.4.9.2 Registrazione dei rifiuti sul registro di carico e scarico

I rifiuti destinati a smaltimento esterno saranno presi in carico sul registro di carico e scarico ai sensi dell'art.190 del D. Lgs. 152/06, denominato "di cantiere", e da esso scaricati al momento dell'invio agli impianti di smaltimento esterni.

I rifiuti destinati al trattamento all'interno del sito mediante impianti mobili saranno dapprima presi in carico sul registro di carico e scarico "di cantiere" e successivamente da esso scaricati e contestualmente caricati sul registro di carico e scarico associato all'impianto (Codice operazione: R13).

A tale proposito si precisa che a tale operazione non saranno soggetti i terreni sottoposti a trattamento di bonifica ex situ in quanto non assoggettabili alla qualifica di rifiuto.

Dopo trattamento, i rifiuti verranno sottoposti alle analisi atte a determinare la conformità al recupero dei materiali prodotti. Le analisi saranno mirate a determinare la loro conformità allo *status* di materia prima secondaria ai sensi dell'Art. 181 – bis del D. Lgs. n. 152/06. Così come previsto dal succitato articolo, per le verifiche di conformità dei materiali si farà riferimento alle disposizioni del D.M. 5.2.98 e D.M. 186/2006.

I rifiuti per i quali le analisi eseguite ne attestino la conformità al recupero sulla base di quanto sopra, verranno scaricati dal registro associato all'impianto (Codice operazione recupero: R5) e riutilizzati in sito. Nelle annotazioni relative allo scarico dei rifiuti sarà riportato il riferimento del rapporto di analisi che attesta la conformità con i suddetti limiti.

I rifiuti derivanti dal trattamento per i quali le analisi eseguite attestino la non conformità con i limiti fissati per il recupero nel sito, saranno scaricati dal registro associato all'impianto a seguito dell'invio a smaltimento in impianti esterni autorizzati (Codice operazione: D1÷D15).

Il trasporto dei rifiuti in impianti di smaltimento o recupero fuori sito sarà accompagnato da formulario di identificazione di cui all'art. 193 del D. Lgs. 152/06 e s.m.i.

7.4.9.3 Adempimenti in materia di SISTRI

All'entrata in vigore del SISTRI, i rifiuti generati a seguito degli interventi di bonifica saranno assoggettati alla disciplina da esso prevista.

7.4.10 Riempimento delle aree di scavo

Il riempimento delle aree di scavo avverrà a seguito di collaudo positivo di ciascun lotto secondo le procedure previste nel paragrafo 9.3, con terreni conformi alle CSR e con materiali da demolizione conformi al riutilizzo.

Il riempimento potrà essere completato con terreni di provenienza esterna fino alle quote necessarie per la sistemazione finale dell'area.

7.4.11 Durata dell'intervento

La durata dell'intervento è stimata in circa 12 mesi.

7.5 Demobilizzazione degli impianti

Al termine dell'intervento di bonifica si procederà alla demobilizzazione degli impianti installati e alla sigillatura dei piezometri che non saranno inclusi nella rete di monitoraggio post - operam.

Saranno mantenuti esclusivamente gli impianti necessari per l'esecuzione degli interventi post - operam, ed in particolare i pozzi di emungimento acque, gli impianti di trattamento acque ed i piezometri della rete di monitoraggio.

8 Monitoraggi ambientali in corso d'opera

Nel presente capitolo vengono esaminati i piani e le prescrizioni metodologiche per il monitoraggio dei diversi interventi di bonifica al fine di mantenere un controllo continuo degli impatti ambientali ad essi correlati, a tutela degli addetti professionalmente coinvolti nelle attività e della popolazione residente nelle zone limitrofe.

8.1 Emissioni in atmosfera

I principali contaminanti presenti nel suolo insaturo e nelle acque sotterranee sono composti volatili e, di conseguenza, il monitoraggio della qualità dell'aria riveste un'importanza particolare durante le operazioni di bonifica.

Durante gli interventi di Fase 1 era stato utilizzato, previa condivisione con gli Enti, un dettagliato protocollo di monitoraggio, riportato nel documento: *"Protocollo definitivo per l'esecuzione del monitoraggio della qualità dell'aria nel corso delle attività di bonifica"* - redatto nel Novembre 2006 da EcoAppraisal con il contributo del Prof. Antonio Colombi, docente di tossicologia industriale all'Università di Milano. Tale documento riporta una dettagliata valutazione del rischio all'esposizione dei contaminanti sia per la popolazione residente che per gli operatori addetti alla bonifica, definendo, sulla base di dati sito specifici, i criteri da adottare per l'esecuzione del monitoraggio durante attività di scavo e movimentazione terreni.

Ciò premesso, sulla base dei principi tossicologici e ambientali sviluppati nel citato documento di Novembre 2006 e di quanto acquisito durante gli interventi di Fase 1 sulla tipologia degli inquinanti di interesse e sulla entità della loro aerodiffusione, è stato formulato il seguente protocollo per il monitoraggio della qualità dell'aria al fine di controllare la corretta conduzione delle attività e garantire l'assenza di pericoli e rischi indebiti dovuti all'esposizione sia della popolazione residente in prossimità del perimetro dell'area interessata alla bonifica, sia dei lavoratori.

Il protocollo prevede la misura dei diversi traccianti della contaminazione, con campionamenti periodici e misure continue i cui risultati permetteranno di controllare l'efficacia delle metodologie di lavoro e predisporre interventi immediati in caso di anomalie o di insorgenza di condizioni di pericolo.

8.1.1 Emissioni diffuse

Analogamente a quanto eseguito durante le attività di Fase 1, per quanto riguarda le emissioni diffuse il monitoraggio riguarderà i seguenti parametri/aspetti:

- Sostanze organiche volatili specifiche;
- Sommatoria sostanze organiche volatili mediante Photo Ionization Detector;
- Polveri;
- Odori;
- Parametri meteorologici.

Sostanze organiche volatili

Il set di **sostanze organiche volatili specifiche (SOV)** include i seguenti parametri, rappresentativi dello stato di contaminazione presente nel sito: clorobenzeni, composti organici aromatici (BTEX), composti organici alifatici clorurati. I campionamenti prevederanno una durata di circa 8 ore (in ogni caso una durata sufficiente al raggiungimento del limite strumentale di rilevazione analitica desiderato) e verranno eseguiti su fiale di carbone attivo mediante campionatori passivi (radielli). I radielli verranno posizionati su postazioni fisse al perimetro del sito e in prossimità delle aree di scavo. La successiva determinazione di laboratorio verrà condotta con tecnica gascromatografica, previa eluizione della frazione organica adsorbita sul carbone. Tale sistema permette di valutare concentrazioni di S.O.V. nell'ordine dei microgrammi per metro cubo di aria, in dipendenza della specifica sostanza.

Sulla base di quanto considerato e condiviso con gli Enti durante gli interventi di Fase1, nella stima dei rischi per la salute della popolazione generale, in assenza di valori a cui fare riferimento per il confronto dei valori di contaminazione osservati, o in carenza di parametri ufficiali che stabiliscano concentrazioni degli inquinanti da assumere come linee guida, è necessario adottare un approccio empirico che, se sufficientemente cautelativo, può permettere di superare in prima approssimazione questi inconvenienti.

A titolo puramente indicativo e quando la popolazione considerata sia esposta per via prevalentemente inalatoria, quale valore soglia di interesse tossicologico può essere adottato un valore pari a 1/100 del valore raccomandato per l'esposizione in ambito professionale. Il valore di TLV in uso per la tutela della salute dei lavoratori cronicamente esposti, diviso per un fattore di sicurezza di almeno 100, fornisce una prima indicazione della soglia di dose priva di effetti dannosi per una sostanza presente nell'ambiente di vita.

Con questo criterio, per il caso in esame, possono essere calcolati, in prima approssimazione quali valori di riferimento i valori di soglia tossicologica per il monoclorobenzene e per il cloroformio, che risulteranno rispettivamente:

- Monoclorobenzene = $0,46 \text{ mg/ m}^3$, pari a 1/100 del valore del TLV di 46 mg/ m^3 (Associazione Igienisti Industriali anno 2005);
- Triclorometano (cloroformio) = $0,49 \text{ mg/ m}^3$, pari a 1/100 del valore del TLV di 49 mg/ m^3 (Associazione Igienisti Industriali anno 2005).

Per quanto riguarda la presenza di altri inquinanti, quali il toluene e benzene, i valori indicati per la qualità dell'aria urbana ai fini della tutela della salute della popolazione generale sono fissati rispettivamente in:

- Toluene = $0,37 \text{ mg/ m}^3$ (WHO Air Quality Guidelines for Europe, 1987, e successivi aggiornamenti per i VOC, 1996);
- Benzene = $0,005 \text{ mg/ m}^3$ valore massimo calcolato come media su base annuale dal D.M. 60 del 2 aprile del 2002.

Analogamente, considerando i valori del monitoraggio nei confronti della stima del rischio per la salute dei lavoratori addetti alle attività di scavo le soglie di interesse tossicologico per esposizioni protratte in ambito professionale per la tutela dei lavoratori (TLV), si collocano tra 46 (monoclorobenzene), 49 (cloroformio), 188 (toluene) e $1,6 \text{ mg/ m}^3$ (benzene).

Σ SOV mediante strumentazione PID (Photo Ionization Detector)

Come ulteriore strumento di controllo, oltre alla misura delle singole specie chimiche presenti nelle emissioni, quale indicatore in continuo dell'entità della contaminazione organica aerodispersa, si prevede l'utilizzo di strumentazione PID. Tale strumento è in grado di monitorare costantemente la qualità dell'aria riguardo l'eventuale presenza di concentrazioni anomale di sostanze organiche volatili (come sommatoria) e permette di segnalare tempestivamente le loro variazioni rispetto ai valori di fondo o rispetto ad un valore soglia di allerta a priori fissato. Il monitoraggio mediante PID verrà effettuato mediante almeno 2 punti di prelievo (durante l'intervento di riscaldamento del suolo si prevede il posizionamento di 3 punti di prelievo) ubicati in prossimità delle aree di intervento.

Polveri

La generazione di **polveri** rappresenta una condizione tipicamente riscontrabile in tutte le situazioni di lavoro della cantieristica edile e della movimentazione dei terreni, ivi compresa un'attività di bonifica quale quella oggetto del presente documento. Tuttavia, come risulta evidente, il particolato aerodisperso non è omogeneo, a cominciare dagli aspetti granulometrici: dal punto di vista della salute dei soggetti esposti, la prima distinzione viene operata tra la frazione "respirabile" (diametro < 5 µm), in grado di scendere in profondità nell'apparato respiratorio fino agli alveoli polmonari, e la frazione "inalabile", che per le sue dimensioni rimane localizzata alle prime vie aeree. Per quanto concerne le polveri respirabili i campionamenti avranno una durata di circa 8 ore e verranno eseguiti su membrana in acetato di cellulosa, di diametro pari a 47 mm e porosità pari a 0,45 µm. I campionatori verranno posizionati su postazioni fisse al perimetro del sito e in prossimità delle aree di scavo. La determinazione analitica di laboratorio sarà effettuata per via gravimetrica, dopo l'opportuno condizionamento del supporto filtrante.

Odori

La determinazione degli **odori** consiste nella valutazione della molestia e dell'intensità di odore di una miscela gassosa tramite metodi analitici odorimetrici, che impiegano l'acuità olfattiva di soggetti umani quale elemento di misura quantitativa. Al contrario dell'analisi chimica, non fornisce l'identificazione di una sostanza o di un gruppo di sostanze, bensì le unità di odore della miscela gassosa: in questo modo si può quantificare l'impatto olfattivo, qualunque sia la composizione chimica del campione. Le misure olfattometriche, si eseguiranno in corrispondenza del perimetro dello stabilimento. L'analisi dell'odorosità dell'aria verrà effettuata prelevando, con apposite sacche, campioni istantanei di aria nell'arco delle 8 ore di attività. Il campione viene sottoposto ad un *panel* di annusatori le cui risposte vengono registrate ed elaborate. Il risultato della misurazione olfattometrica di un campione è il suo valore di concentrazione di odore, espresso in *Unità odorimetriche per metro cubo di aria (ou/m³)*. Le Unità Odorimetriche rappresentano il numero di volte che un campione di aria deve essere diluito affinché il *panel* non ne avverta più l'odore.

Parametri meteorologici

Durante le operazioni di campionamento, allo scopo di avere un quadro più completo delle condizioni ambientali e di poter valutare eventuali influenze esterne al sito, sarà installata una **stazione meteorologica**, alimentata a celle solari, in grado di fornire indicazioni in continuo su direzione e velocità del vento, pressione e temperatura atmosferica, umidità e precipitazioni.

Rete di monitoraggio al perimetro del sito

Durante tutta la durata degli interventi di bonifica saranno installate delle postazioni di monitoraggio posizionate al perimetro del sito; in particolare, come rappresentato nella **Tavola 16**, verranno posizionati 4 campionatori statici passivi in corrispondenza dei punti cardinali. Ciascuna postazione di monitoraggio sarà dotata di membrane/fiale per il campionamento di polveri/sostanze organiche volatili.

Rete di monitoraggio in prossimità degli interventi

La qualità dell'aria durante ogni fase di intervento sarà monitorata mediante una rete di campionatori posizionati nelle immediate vicinanze dell'area di intervento.

In riferimento alle attività di bonifica che saranno eseguite, descritte nei capitoli precedenti, le aree di intervento sono di seguito elencate:

- Riscaldamento del suolo area sorgente Nord-Est;
- Riscaldamento del suolo area sorgente Sud-Ovest;
- Bonifica mediante MPE acque sotterranee – Pennacchio Nord-Est;
- Bonifica mediante MPE acque sotterranee – Pennacchio centrale;
- Bonifica mediante MPE / ISCO acque sotterranee – Pennacchio Sud-Ovest;
- Scavo e trattamento *on site* terreno insaturo: n. 8 lotti di intervento.

Con riferimento alla **Tavola 16**, la rete di monitoraggio in prossimità di ogni area/lotto di intervento è composta da:

- 2 - 3 analizzatori in continuo PID;
- 3 campionatori fissi per monitoraggio polveri e sostanze organiche volatili.

Per le aree sottoposte a bonifica delle acque a valle delle aree palancolate si prevede una postazione fissa per monitoraggio sostanze organiche per ciascun *plume* (Nord-Est, Centrale e Sud-Ovest).

Il PID, collegato con apposito sistema di registrazione dati, è in grado di monitorare costantemente la qualità dell'aria riguardo l'eventuale presenza di concentrazioni anomale di sostanze organiche volatili espresse come sommatoria di composti organici aerodispersi e permette di segnalare tempestivamente le loro variazioni rispetto ai valori di fondo o rispetto ad un valore soglia di allerta a priori fissato.

La figura sottostante riporta una fotografia di una stazione di monitoraggio in prossimità dell'area di intervento utilizzata durante le attività di bonifica di Fase1.



Figura 8.1 : Postazione di monitoraggio in prossimità delle aree di bonifica

Frequenza di monitoraggio

Nelle seguenti tabelle sono riportati i piani di monitoraggio distinti sulla base delle caratteristiche e delle potenziali implicazioni correlate ai diversi interventi di bonifica.

Tabella 8.1: Piano monitoraggio – Riscaldamento suolo aree sorgente

Rete di monitoraggio	Frequenza monitoraggi		
	Parametri	Primo mese Intervento	Periodo successivo al primo mese intervento
Monitoraggio al perimetro	SOV	Settimanale	Mensile
	Polveri	solo durante operazioni di movimentazione terreni	
	Odori	Settimanale	Mensile
Monitoraggio in prossimità dell'area di intervento	SOV	Settimanale	Mensile
	Polveri	solo durante operazioni di movimentazione terreni	
	Σ SOV	Continuo (PID)	Continuo (PID)

Tabella 8.2: Piano monitoraggio – Trattamento acque di falda mediante MPE / ISCO

Rete di monitoraggio	Frequenza monitoraggi		
	Parametri	Primo mese intervento	Periodo successivo al primo mese intervento
Monitoraggio al perimetro	SOV	mensile	trimestrale
Singola postazione di monitoraggio in prossimità dell'area di intervento	SOV	mensile	trimestrale

Tabella 8.3: Piano monitoraggio – Scavo e trattamento terreni *on site*

Rete di monitoraggio	Parametri	Frequenza monitoraggi
		durante le operazioni di scavo
Monitoraggio al perimetro	SOV	quindicinale
	Polveri	quindicinale
	Odori	mensile
Monitoraggio in prossimità dell'area di scavo	SOV	quindicinale
	Polveri	quindicinale
	Σ SOV	continuo (PID)

8.1.2 Emissioni puntuali

In riferimento alle varie fasi di bonifica, si procederà con frequenza mensile al campionamento delle emissioni puntuali in uscita da ciascun impianto di trattamento aria presente (e attivo) nel sito durante ogni fase di bonifica.

Il protocollo analitico prevederà il campionamento in ingresso e in uscita agli impianti di trattamento aria per la ricerca di COV (Composti Organici Volatili).

8.2 Acque sotterranee

Durante tutta l'attività di bonifica sarà mantenuto lo stesso piano di monitoraggio previsto per il controllo del sistema di confinamento idraulico della falda superficiale e degli acquiferi confinati, con una rete integrativa di monitoraggio specifica durante le fasi di bonifica ritenute più significative per la matrice acque sotterranee (vedi **Tavola 17**), come riportato anche nella tabella seguente.

Tabella 8.4: Piano monitoraggio – Acque sotterranee

Attività	Piezometri di monitoraggio	Frequenza di monitoraggio	Protocollo analitico
Barriera idraulica falda superficiale	Pz4, Pz19, Pz20, Pz21, Pz24, Bar1, Bar2, Bar3, V1, V2, V3, V4, Pz32P	bimestrale	BTEXs, Clorobenzeni, Alifatici clorurati cancerogeni, Arsenico, Fluoruri
Barriera idraulica falda superficiale	V5, V6, V7	semestrale	BTEXs, Clorobenzeni, Alifatici clorurati cancerogeni, Arsenico, Fluoruri
Barriera idraulica acquiferi confinati	P101, P102, P103, P104, P105, P201, P203, P204, P205, P301, P302 + eventuali nuovi	mensile	BTEXs, Clorobenzeni, Alifatici clorurati cancerogeni,
Riscaldamento area sorgente Nord Est	Bar1, Bar2, V1	mensile	BTEXs, Clorobenzeni, Alifatici clorurati cancerogeni, Arsenico
Riscaldamento area sorgente Sud Ovest	Pz19, Pz20, Pz21 Pz4, V2, V3, V4, Pz32P, Pz33P + eventuali nuovi	mensile	BTEXs, Clorobenzeni, Alifatici clorurati cancerogeni, Arsenico
ISCO pennacchio Sud Ovest			

8.3 Scarichi idrici

Il protocollo per il monitoraggio degli scarichi idrici sarà quello previsto nelle autorizzazioni allo scarico rilasciate dal gestore del corpo ricettore, in particolare la pubblica fognatura di Via Monte Zovetto.

8.4 Rumore

Il Consiglio Comunale di Vicenza ha approvato con P.G.N. 12947 del 23/02/2011, il Piano di Classificazione Acustica del Territorio Comunale (PCATC), redatto dal Settore Ambiente e Tutela del Territorio in collaborazione con il Dipartimento Provinciale ARPAV.

In riferimento alla zonizzazione acustica di cui al documento citato, l'area di Via dei Cappuccini si colloca in Classe IV: *aree di intensa attività umana: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie.*

In relazione al possibile potenziale impatto della componente rumore sull'ambiente circostante il sito ed, in particolare, nelle vicinanze dell'area oggetto, si prevede di eseguire controlli periodici sulle emissioni sonore generate a seguito delle attività eseguite, con lo scopo di verificare, nel rispetto della classe di pertinenza acustica individuata per l'area di interesse, il rispetto dei valori limite stabiliti dalla Legge N. 447/1995 e s.m.i.

Si prevede, in particolare, di effettuare rilievi fonometrici con cadenza trimestrale nonché in corrispondenza di ciascuna delle fasi di cantiere più rumorose, in particolare quelle che prevedono opere di demolizione e durante l'attivazione di impianti di trattamento/aspirazione. Si prevede di eseguire rilievi fonometrici sia al perimetro del sito sia in prossimità delle aree di potenziale sorgente rumorosa.

Le principali sorgenti potenziali di rumore individuate nelle varie operazioni di bonifica sono le seguenti:

1. impianti di trattamento aria / acqua
2. attività di scavo / movimentazione terreni materiali
3. vagliatura
4. frantumazione materiali da demolizione
5. demolizione pavimentazioni / edifici

Ciascuna attività dovrà in ogni caso essere valutata in termini di potenza sonora e previsto il suo impatto ambientale nell'area circostante. Nel caso in cui si individueranno previste situazioni di criticità si provvederà a organizzare le attività in modo da ridurre l'impatto sonoro e concentrare nel più breve tempo possibile le attività rumorose, procedendo con specifiche istanze di deroga all'Autorità competente, valutando, nel caso, soluzioni atte a contenere le emissioni sonore (ad esempio mediante applicazione di pannelli fonoassorbenti).

9 Collaudi

9.1 Aree di sorgente

Le due aree di sorgente (area Nord Est e area Sud Ovest) saranno sottoposte a trattamento mediante estrazione dei contaminanti in fase liquido – vapore associata al riscaldamento del suolo. Nel corso dell'intervento di bonifica, in particolare, dal raggiungimento delle condizioni ottimali di processo in avanti, le concentrazioni dei contaminanti nel flusso dei vapori estratti (frazione condensabile ed in condensabile) tenderanno a decrescere.

Al momento in cui la curva di riduzione di tali concentrazioni avrà raggiunto valori di asintoto, si potrà considerare completato il trattamento termico, poiché non più conveniente in termini di costi/ benefici. Si procederà di conseguenza prima a un precollaudo dell'intervento mediante prelievo di campioni di terreno e, qualora lo stesso dia un esito positivo, al collaudo finale della matrice oggetto di trattamento.

In quest'ottica, dal momento che l'intervento di riscaldamento comporterà l'estrazione delle acque di falda presente nelle due aree palancolate, le modalità di collaudo dovranno considerare la possibilità che il contaminante residuo eventualmente ancora presente nei terreni possa trasferirsi nelle acque, una volta ripristinate le condizioni idrogeologiche di partenza.

Ciò premesso, come rappresentato in **Tavola 18**, il collaudo dell'intervento di bonifica sarà eseguito mediante l'esecuzione di sondaggi e campionamento di suolo saturo in corrispondenza delle due aree sorgente, in particolare:

- Area Nord-Est: esecuzione di n. 4 sondaggi a carotaggio continuo distribuiti nell'area e rappresentativi di una superficie di circa 350 m². I sondaggi saranno eseguiti mediante perforazione a carotaggio diametro 4" e spinti dall'attuale piano interno all'area palancolata (circa – 3 metri dal piano di campagna originario) sino alla profondità alla quale era stata rilevata la contaminazione nel corso della indagini eseguite (circa 8 metri da p.c.). Per ogni sondaggio sarà prelevato ed analizzato un campione ogni due metri di spessore sottoposto a trattamento;
- Area Sud-Ovest: esecuzione di n. 8 sondaggi a carotaggio continuo distribuiti nell'area e rappresentativi ciascuno di una superficie di circa 350 m². I sondaggi saranno eseguiti mediante perforazione a carotaggio diametro 4" e spinti dall'attuale piano interno all'area palancolata (circa – 2 metri dal piano di campagna originario) sino alla profondità alla quale era stata rilevata la contaminazione nel corso della indagini eseguite (circa 15 metri da p.c.).

Per ogni sondaggio sarà prelevato ed analizzato un campione ogni due metri di spessore sottoposto a trattamento.

I campioni così prelevati saranno sottoposti a test di eluizione in acqua deionizzata secondo quanto previsto dalla metodica APAT del 4 Aprile 2007 (*“Metodo per la determinazione sperimentale del coefficiente di ripartizione solido-liquido ai fini dell'utilizzo nei software per l'applicazione dell'analisi di rischio sanitario-ambientale sito specifica ai siti contaminati”*, rif: PR/SUO-TEC/151-2007).

Nel campione eluato saranno ricercati tutti i parametri per i quali è stata calcolata la CSR per le acque di falda (vedi paragrafo 4.2.2).

I risultati saranno confrontati con le CSR per le acque di falda specifiche per le due aree di interesse (vedi paragrafo 4.2.2).

9.2 Acque sotterranee

Una volta ultimati gli interventi di bonifica delle acque descritti al paragrafo 7.2 e ripristinate le condizioni idrauliche originali, si procederà al collaudo dell'intervento mediante prelievo ed analisi di campioni di acqua di falda. In particolare, con riferimento alla **Tavola 13**, saranno eseguite 4 campagne di monitoraggio con cadenza trimestrale in corrispondenza di 3 piezometri rappresentativi di ciascuna area di intervento.

Sui campioni di acqua di falda prelevati dovrà essere confermato il rispetto delle CSR per tutti i parametri di interesse (vedi paragrafo 4.2.2).

9.3 Suolo insaturo

9.3.1 Cumuli di terreno

Come previsto nello schema riportato in **Allegato 12**, i terreni ricadenti nelle aree rappresentative di sondaggi in cui si è rilevato almeno un superamento delle CSR saranno, a seguito di eventuale operazione di vagliatura per eliminare, se presenti, materiali da demolizione, stoccati nel Capannone F in cumuli da circa 250 m³ ciascuno. Se non conformi alle CSR i cumuli di terreno saranno sottoposti a trattamento on site oppure, nel caso in cui siano rilevati valori superiori a circa 100 volte le rispettive CSR e/o siano presenti contaminanti semi-volatili (vedi paragrafo 7.4.3.4) eccedenti le CSR, a smaltimento *off site*. Una volta sottoposti a trattamento on site i cumuli saranno nuovamente caratterizzati analiticamente per verificare il raggiungimento degli obiettivi di bonifica (CSR). I cumuli conformi alle CSR saranno riutilizzati per il riempimento delle aree di scavo.

In conformità a quanto previsto dalla D.G. R. 2922 del 3/10/2003 della Regione Veneto le modalità di campionamento dei cumuli sono le seguenti:

- allestimento dei terreni in lotti da 250 m³;
- ciascun lotto sarà caratterizzato da un unico campione ottenuto dall'unione di almeno 10 incrementi costituiti da 5 prelievi profondi e 5 prelievi superficiali (gli incrementi verranno miscelati tra loro al fine di ottenere un campione composito che, per quartatura, darà il campione da analizzare;
- il protocollo analitico includerà tutti i parametri per i quali è stata calcolata la CSR.

I risultati analitici restituiti saranno quindi confrontati con le relative CSR, distinte per area di interesse (vedi paragrafo 4.2.1).

Come già precisato al paragrafo 4.2.1, per quanto riguarda il mercurio la CSR individuata è riferita in termini di obiettivi di bonifica unicamente ai composti volatili del mercurio e pertanto, ai fini del collaudo analitico, sarà eseguita una speciazione dei composti in cui è presente con lo scopo di meglio definire gli effettivi superamenti delle CSR correlati al rischio calcolato per l'inalazione di vapori di mercurio.

9.3.2 Collaudo pareti e fondo scavi

In seguito all'asportazione dei lotti di escavazione è necessario verificare che gli strati di terreno in posto non presentino superamenti delle CSR per i parametri di interesse mediante verifiche di collaudo di fondo scavo e pareti.

Si precisa che, dal momento che la matrice oggetto di bonifica è il terreno insaturo, il collaudo di fondo scavo coincide con la verifica del raggiungimento del terreno saturo, atteso a circa 1,5 m dal piano campagna, senza alcun accertamento analitico.

Per quanto riguarda invece le pareti dei lotti di scavo, in linea con quanto previsto dalla D.G. R. 2922 del 3/10/2003 della Regione Veneto, le modalità di collaudo sono le seguenti:

- prelievo di 1 campione da ogni parete del lotto confinante con poligoni di Thiessen rappresentativi di sondaggi risultati conformi alle CSR per tutto l'orizzonte insaturo (nel caso in cui le pareti siano estese, prelievo di un campione ogni 50 m² di superficie);
- ciascun campione sarà ottenuto dalla miscelazione di 5 aliquote ricavate da una griglia regolare rispetto alla superficie di parete;
- il protocollo analitico includerà tutti i parametri per i quali è stata calcolata la CSR.

L'ubicazione indicativa dei collaudi di parete dei lotti di scavo è riportata in **Tavola 18**.

I risultati analitici restituiti saranno quindi confrontati con le relative CSR, distinte per area di interesse (vedi paragrafo 4.2.1). Per quanto riguarda il mercurio, se il valore (mercurio totale) sarà superiore alla relativa CSR sarà eseguita una speciazione al fine di verificare la concentrazione della componente volatile.

Nel caso in cui il collaudo di parete rilevi la non conformità alle CSR lo scavo dovrà essere esteso e ripetuto il collaudo in corrispondenza della nuova parete di confine del lotto.

9.3.3 Collaudo lotti T8 e T9

Per quanto riguarda i lotti che comprendono aree in cui sono presenti gli edifici D, F e L (lotti T8 e T9), al fine di evitare la loro demolizione durante le fasi di bonifica, considerato che trattasi di edifici utilizzati in passato per attività non produttive, si propone una distinta modalità di collaudo, di seguito descritta:

- durante lo scavo dei lotti confinanti (T4 e T5) si procederà al collaudo della parete dello scavo adiacente all'edificio (vedi paragrafo precedente);
- esecuzione di n. 1 sondaggio a carotaggio nel lotto T8 e n.2 sondaggi a carotaggio nel lotto T9, come rappresentato nella **Tavola 18**, spinti fino ad intercettare il suolo saturo;
- prelievo n. 2 campioni di terreno per sondaggio, in corrispondenza del primo e del secondo metro di suolo insaturo;
- il protocollo analitico includerà tutti i parametri per i quali è stata calcolata la CSR.

I risultati analitici restituiti saranno quindi confrontati con le relative CSR, distinte per area di interesse (vedi paragrafo 4.2.1). Per quanto riguarda il mercurio, se il valore (mercurio totale) sarà superiore alla relativa CSR sarà eseguita una speciazione al fine di verificare la concentrazione della componente volatile.

In caso di collaudo negativo si dovrà procedere con la demolizione degli edifici e lo scavo dei terreni.

10 Barrieramento idraulico e monitoraggio post - operam

Come già anticipato al paragrafo 4.2.2, la barriera idraulica atta ad impedire la migrazione dei contaminanti verso l'esterno potrà essere dismessa nel momento in cui i monitoraggi delle acque di falda in corrispondenza dei piezometri ubicati al confine del sito (in posizione di valle idrogeologica) dimostrino, per tutti i contaminanti di interesse, la conformità con le CSC.

Quanto sopra sia per la barriera a presidio della falda superficiale che per la barriera a presidio degli acquiferi confinati.

Di seguito si descrivono le modalità di messa in sicurezza delle acque sotterranee che si prevede di mantenere dopo il completamento della bonifica.

10.1 Barrieramento idraulico falda superficiale

Gli interventi di bonifica che saranno eseguiti nell'area non comporteranno modifiche all'assetto idrogeologico locale e pertanto, non essendo variate le condizioni che sono state adottate per lo sviluppo del modello di flusso, rimarrà inalterato il sistema di sbarramento rispetto a quello ora attivo.

Tale sistema prevede lo sbarramento idraulico nei seguenti fronti, alle portate indicate:

Linea Est

Prelievo di circa 6.2 m³/giorno complessivi (circa 260 l/h), così ripartiti:

- Bar1 ~ 130 l/h
- Bar2 ~ 130 l/h

Linea Sud (orizzonte superficiale)

Prelievo di circa 3.8 m³/giorno complessivi (circa 165 l/h), così ripartiti:

- Bar3 ~ 30 l/h
- Pz19 ~ 40 l/h
- Pz20 ~ 60 l/h
- Pz21 + Pz24 ~ 35 l/h

Linea Sud (orizzonte profondo)

Prelievo di circa 12 m³/giorno complessivi (circa 500 l/h) da Pz32p

In funzione dei risultati delle analisi eseguite, potrà essere necessario mantenere in pompaggio i piezometri esterni che non presenteranno valori di conformità rispetto ai limiti di legge.

La quantità di acqua estratta ammonterà quindi complessivamente a circa 22 m³/giorno.

Le acque estratte saranno convogliate attraverso tubazioni dedicate all'impianto di trattamento descritto al paragrafo 3.1.1.

A seguito del completamento della bonifica e del successivo sviluppo urbanistico dell'area che richiederà la demolizione degli edifici in cui l'impianto è attualmente ubicato, lo stesso sarà ricollocato in adeguata struttura chiusa da definirsi nei progetti edilizi che saranno sviluppati.

Dopo trattamento, le acque continueranno a essere recapitate nella fognatura di Via Monte Zovetto a seguito di autorizzazione rilasciata dal gestore Acque Vicentine. In merito a ciò, nel momento in cui le acque presenteranno concentrazioni tali da garantire il rispetto allo scarico senza necessità di trattamento, potrà essere richiesto il *by pass* dell'impianto di trattamento installato per lo scarico diretto delle acque in fognatura.

Le acque allo scarico dovranno essere monitorate sulla base di quanto previsto nell'autorizzazione allo scarico di cui sopra.

Con analogia frequenza dovranno essere analizzate le emissioni in atmosfera derivanti dal sistema di strippaggio dell'impianto di trattamento acque.

10.2 Barrieramento idraulico acquiferi confinati

Analogamente a quanto sopra, l'intervento di MISE degli acquiferi confinati resterà inalterato secondo la configurazione che segue:

1° acquifero confinato (sistema "40 m")

- P101: 1.0 m³/h
- P102: 3.5 m³/h
- P107: da definire

2° acquifero confinato (sistema "60 m")

- P201: 2.0 m³/h
- P202: 0.5 m³/h
- P203: 1.5 m³/h

Le acque estratte saranno convogliate attraverso tubazioni dedicate all'impianto di trattamento descritto al paragrafo 3.1.2.

A seguito del completamento della bonifica e del successivo sviluppo urbanistico dell'area che richiederà la demolizione degli edifici in cui l'impianto è attualmente ubicato, lo stesso sarà ricollocato in adeguata struttura chiusa da definirsi nei progetti edilizi che saranno sviluppati.

Le acque continueranno a essere recapitate nella fognatura di Via Monte Zovetto, a seguito di autorizzazione rilasciata dal gestore Acque Vicentine.

Le acque allo scarico dovranno essere monitorate sulla base di quanto previsto nella medesima autorizzazione.

10.3 Monitoraggio post – operam

In accordo con gli Enti sarà definito uno specifico piano di monitoraggio post - operam che conterrà la rete di rilevamento, i parametri da monitorare e le frequenze di monitoraggio.

11 Valutazione dell'impatto degli interventi proposti

11.1 Impatti connessi alle dispersioni in atmosfera

La presente sezione è finalizzata alla valutazione degli impatti dovuti alle emissioni in atmosfera connesse alle diverse fasi di realizzazione degli interventi di bonifica.

La valutazione degli effetti ambientali, in relazione alla specificità degli inquinanti coinvolti ed al contesto residenziale, è effettuata in termini quantitativi mediante utilizzo del modello di calcolo diffusionale denominato AERMOD, indicato tra i modelli di riferimento dell'USEPA (United States Environmental Protection Agency) nel campo della previsione delle dispersioni in atmosfera e parimenti estesamente utilizzato a livello internazionale.

L'analisi si basa sulla puntuale ricostruzione dello scenario meteo-climatico locale, esteso su un intero anno solare, a partire dai dati raccolti mediante una campagna di monitoraggio sito specifica, integrati, ove necessario, dai rilevamenti ARPA Veneto ufficiali relativi al medesimo periodo di riferimento e registrati presso le centraline meteo ARPA più prossime al sito.

L'analisi considera alcuni scenari emissivi che contemplano la contemporaneità dei diversi trattamenti e diverse ipotesi ubicative degli impianti di trattamento nell'ambito dell'area, come segue:

Scenario 1

- Trattamento termico in situ (posizionamento in area Nord – Est)
- Trattamento Multi Phase Extraction (MPE – posizionamento in area Nord – Est)
- Trattamento acque di falda

Scenario 2

- Trattamento termico in situ (posizionamento in area Sud – Ovest)
- Trattamento Multi Phase Extraction (MPE – posizionamento in area Sud – Ovest)
- Trattamento acque di falda

Scenario 3

- Trattamento termico in situ (ipotesi di posizionamento in area “baricentrica”)
- Trattamento Multi Phase Extraction (MPE – ipotesi di posizionamento in area “baricentrica”)
- Trattamento acque di falda

Scenario 4

- Trattamento terreni
- Trattamento acque di falda.

I risultati degli scenari, in termini di concentrazioni previste per i principali inquinanti oggetto di bonifica, vengono posti a confronto con i livelli standard di tutela della salute umana e della qualità ambientale al fine di accertare la compatibilità dell'intervento proposto con il territorio e l'ambiente d'inserimento.

La trattazione è pertanto strutturata come segue:

- descrizione della metodologia di analisi delle dispersioni in atmosfera degli inquinanti principali
- definizione dello scenario meteorologico
- descrizione degli scenari emissivi
- stima delle concentrazioni dovute alla dispersione in atmosfera
- valutazione dei risultati ottenuti.

11.1.1 Metodologia di analisi delle dispersioni in atmosfera degli inquinanti principali

La previsione dei livelli di concentrazione al suolo degli inquinanti emessi dai diversi impianti di potenza è stata effettuata mediante l'uso del modello di calcolo diffusionale denominato AERMOD (AMS/EPA Regulatory Model) elaborato dal comitato AERMIC (AMS/EPA Regulatory Model Improvement Committee), costituito da membri dell'AMS (American Meteorological Society) e dell'EPA (Environmental Protection Agency). AERMOD costituisce il modello di riferimento dell'EPA nel campo della previsione delle dispersioni in atmosfera.

AERMOD è uno "steady-state plume model", ovvero un modello analitico stazionario a pennacchio che simula la dispersione degli inquinanti in atmosfera basandosi sull'equazione gaussiana, e ne calcola la concentrazione nel dominio d'indagine, in corrispondenza di recettori distribuiti su una griglia (definita dall'utente) o discreti.

Il codice prevede la possibilità di considerare diverse tipologie di fonti emissive (puntuali, areali, volumiche) e a ciascun tipo di sorgente corrisponde un diverso algoritmo per il calcolo della concentrazione.

Il modello calcola il contributo di ciascuna sorgente su ciascun recettore e ne somma gli effetti. Poiché il modello è stazionario, le emissioni sono assunte costanti nell'intervallo temporale di simulazione (generalmente un'ora).

Il codice consente di effettuare due tipi di simulazioni:

- “short-term”: fornisce concentrazioni medie orarie o giornaliere, consentendo di individuare la peggior condizione possibile;
- “long-term”: tratta gli effetti dei rilasci prolungati nel tempo, al variare delle caratteristiche atmosferiche e meteorologiche, e fornisce le condizioni medie nell'intervallo di tempo considerato, generalmente un anno;

Per elaborare i dati meteorologici di input il modello si avvale dell'utilizzo del preprocessore meteorologico AERMET.

Lo scopo del preprocessore AERMET è quello di elaborare i dati meteorologici rappresentativi della zona studiata, per calcolare i parametri dispersivi del PBL (Planetary Boundary Layer) e consentire così ad AERMOD di ricavare i profili verticali delle variabili più influenti su trasporto e dispersione degli inquinanti.

L'input di AERMET consiste di quattro tipi di dati:

1. **Dati orari di superficie:** parametri rilevati dalle stazioni meteorologiche (generalmente a 10 m dal suolo). Comprende:
 - Dati relativi alla stazione: numero identificativo, coordinate, quota;
 - Dati meteorologici: temperatura, velocità e direzione del vento, copertura nuvolosa.
2. **Dati on – site** (opzionali). Comprendono: radiazione solare, pressione atmosferica, umidità relativa, turbolenza, visibilità, precipitazioni.
3. **Dati “Upper air”** (opzionali¹): dati meteorologici in quota, ad una serie di livelli di pressione compresi tra il suolo e l'altezza massima dello strato di mescolamento; possono essere direttamente rilevati da stazioni meteorologiche (attrezzate con sonde, radar, ecc) che effettuano sondaggi in quota almeno due volte al giorno, o da sistemi di misurazione satellitari; altrimenti, possono essere utilizzati modelli meteorologici (per esempio RAMS) che elaborano i dati al suolo misurati dalle centraline per ottenere i valori corrispondenti alle diverse quote d'interesse. I dati “upper air” richiesti da AERMOD, oltre a quelli relativi alla stazione sono, per ogni livello di misurazione: pressione atmosferica, altezza geopotenziale, velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa.
4. **Parametri di land- use:** i parametri di uso del suolo comprendono: Albedo, Bowen ratio, rugosità superficiale. Se non sono disponibili, il programma suggerisce dei valori che ricavati mediante abachi sperimentali (U.S.EPA) che determinano i valori dei parametri in funzione del periodo (stagione o mese) considerato e dell'uso del suolo.

¹ Per la stima dei parametri “Upper air” a partire dai dati meteorologici orari di superficie e dai parametri di uso del suolo è stata utilizzata la tool “Upper air estimator” con riferimento a quanto riportato nel documento tecnico “Worldwide Data Quality Effects on PBL Short-Range Regulatory Air Dispersion Models” (J.L. Thé, R. Lee, R.W. Brode) messo a disposizione da Lakes Environmental Software, per il software Aermet View 5.3.

AERMET elabora i dati meteorologici descritti per produrre i seguenti parametri, che verranno poi forniti come input ad AERMOD:

- H: flusso di calore sensibile;
- L: lunghezza di Monin-Obukhov per tutte le ore disponibili;
- u^* : velocità di attrito;
- Z_{im} :altezza di rimescolamento meccanico per tutte le ore disponibili;
- z_{ic} : altezza di rimescolamento convettivo (solo per le ore in cui si ha turbolenza di origine convettiva);
- w^* : velocità di scala turbolenta (solo per le ore in cui si ha turbolenza di origine convettiva);
- $r(\Phi)$: Albedo;
- B_0 : Bowen ratio;
- u_{ref} : velocità del vento alla quota di riferimento z_{ref} ;
- T_{ref} : temperatura ambiente alla quota di riferimento z_{Tref} ;
- $d\theta/dz$: gradiente di temperatura potenziale.

AERMOD riceve in ingresso alcuni dati di input dello stesso AERMET:

- Velocità e direzione del vento;
- Temperatura;
- Turbolenza verticale e laterale.

Di seguito viene brevemente spiegato il significato di alcune delle principali variabili utilizzate.

La velocità di attrito (u_*) è uno dei parametri che meglio rappresenta la turbolenza di origine meccanica. Essa ha le dimensioni di una velocità ed è descritta dalla relazione:

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau(0)}{\rho}}$$

dove $\tau(0)$ indica il valore degli stress di Reynolds in superficie e ρ la densità. La u_* permette di quantificare lo sforzo di taglio del vento dovuto all'attrito con la superficie terrestre; il suo valore è proporzionale a velocità del vento e rugosità del suolo.

L'altezza di rimescolamento meccanico o convettivo (z_{im} , z_{ic}) ha un ruolo determinante per la definizione del volume di diluizione, all'interno del quale si ha la completa miscelazione dell'aria e degli agenti inquinanti. E' un valore che può essere misurato (misure in quota o satellitari) oppure si può ricavare da relazioni sperimentali che legano questa variabile con parametri meteorologici più facilmente rilevabili.

La lunghezza di Monin-Obukhov (L) è un indicatore del tipo di turbolenza: si esprime infatti tramite un rapporto tra la misura della turbolenza di origine meccanica e quella di origine termica.

L'output di AERMET viene elaborato da AERMOD per ottenere due record di parametri caratterizzanti il PBL: uno per i valori delle variabili meteorologiche al suolo ed i parametri di superficie (SURFACE.DAT), e l'altro per i profili verticali delle variabili più significative per il trasporto e la dispersione degli inquinanti (PROFILE.DAT) che sono:

- Velocità del vento;
- Direzione del vento;
- Temperatura;
- Gradiente di temperatura potenziale;
- Turbolenza verticale;
- Turbolenza orizzontale.

A questo punto, attraverso un'operazione simile alla media statistica, AERMOD effettua una conversione delle variabili disomogenee, rendendole uniformi: partendo dai profili verticali si ottengono singoli valori delle variabili meteorologiche, che vengono assunti come rappresentativi del loro andamento in tutto lo strato esaminato.

Un fattore limitante, per quanto riguarda stime effettuate su aree molto vaste (distanze > 100 km) e/o morfologicamente disomogenee, è costituito dal fatto che le condizioni meteorologiche sono assunte costanti ed omogenee in tutto il dominio, non consentendo di valutare gli effetti delle loro variazioni sulla dispersione degli inquinanti.

Nel modello vengono imputati i dati caratteristici previste per ciascun punto emissivo e per ciascun inquinante :

- Posizione, altezza dal suolo e diametro dei punti di emissione;
- Tipologia e flusso di massa dell'inquinante;
- Temperatura e velocità di flusso dei fumi.

L'output previsto per questa fase analitica è costituito da:

- Stima dei livelli massimi di concentrazione prevedibili al suolo per i differenti inquinanti, da confrontarsi con gli standard vigenti di qualità dell'aria,
- Rappresentazione grafica (mappe delle isoconcentrazioni) dei livelli previsti di concentrazione.

Ai fini del confronto le **mappe di isoconcentrazione** possono essere prodotte per qualsiasi periodo di mediazione (da 1 ora a tutto il periodo) in relazione al periodo di mediazione richiesto dalle normative applicabili.

Le curve di isoconcentrazione non sono altro che l'involuppo dei risultati ottenuti dal modello come sommatoria delle concentrazioni provocate da ciascun punto di emissione in ciascun singolo recettore (generato da un reticolo di controllo e/o scelto a discrezione dell'utente).

Tali risultati, su un intero periodo studiato, possono essere, per ciascun punto, il valore medio oppure il peggiore valore orario, ad esempio su un anno.

11.1.2 Scenario meteo utilizzato

Come anticipato, per la presente valutazione si è potuto usufruire di dati meteo sito specifici raccolti durante la campagna di rilevamento effettuata presso il sito durante l'anno 2008 (Ecochem S.r.l. – Vicenza).

Per tale campagna è stata utilizzata una stazione mobile di misura Oregon Scientific WMR100, con sensori montati ad un'altezza di 6 m dal suolo.

I parametri monitorati (con scansione minima oraria) sono stati:

- temperatura (°C)
- umidità relativa (%)
- velocità del vento (m/s)
- direzione del vento (azimut).

Nella seguente tabella vengono sintetizzati i dati medi / prevalenti per mese delle suddette grandezze.

Tabella 11.1: Prospetto riassuntivo dei dati meteo rilevati nel sito ex Zambon

mese	Outside Temp. °C	Out Humidity %rel	Wind Speed m/s	Wind Dir °N (m)	Wind Dir °N (p)
gen	5.5	84.2	0.3	177.6	67.5
feb	5.6	73.1	0.4	162.8	112.5
mar	9.2	75.4	1.0	151.1	22.5
apr	13.9	72.1	1.1	172.5	270.0
mag	19.8	66.3	1.1	168.5	202.5
giu	23.4	69.6	1.0	179.2	270.0
lug	24.9	62.7	1.1	172.0	202.5
ago	24.7	64.4	1.0	165.6	202.5
set	18.0	68.0	0.8	177.5	202.5
ott	15.7	74.5	0.6	189.5	270.0
nov	9.0	82.0	1.0	176.2	202.5
dic	4.4	99.9	2.4	194.0	270.0
	dato medio	dato medio	dato medio	dato medio	dato prevalente

Come input al preprocessore AERMET è stato necessario inoltre integrare il suddetto set di dati con i valori orari della pressione atmosferica e della radiazione solare ottenuti per il medesimo periodo di tempo dal Centro Meteorologico A.R.P.A.V. di Teolo (PD).

In base alla disponibilità, sono stati pertanto utilizzati i rilievi orari rilevati presso le stazioni più prossime, in particolare: la stazione agrometeorologica di Quinto Vicentino (VI), per quanto riguarda la radiazione solare globale, e la stazione agrometeorologica di Malo (VI), per la pressione atmosferica.

Dall'analisi dei dati utilizzati (dati medi orari fino a 8760, per ciascun parametro) registrati durante l'anno 2008 si ricavano i seguenti valori medi annuali:

- Pressione atmosferica: 1003,6 mbar;
- Umidità relativa: 71,4 %;
- Temperatura dell'aria: 12,6°C;
- Velocità del vento: 0,98 m/s;
- Direzione di provenienza del vento: 230 gradi sessagesimali (azimut);
- Radiazione solare globale: 146,1 W/m².

Il preprocessore ha permesso l'elaborazione di tale set di dati e l'ottenimento dei file meteorologici di supporto alla modellizzazione delle dispersioni: valori delle variabili al suolo, parametri di superficie e profili verticali delle variabili più significative.

La completezza dei dati meteo consente un adeguato livello di significatività delle successive elaborazioni, in particolare in considerazione dell'ampia casistica di condizioni meteo realmente avvenute nell'area di interesse (sostanzialmente 8760 differenti scenari dai quali vengono ottenuti gli output grafici precedentemente descritti).

Nel seguente diagramma sono riportate le percentuali di provenienza dei venti nell'anno e le relative classi di velocità.

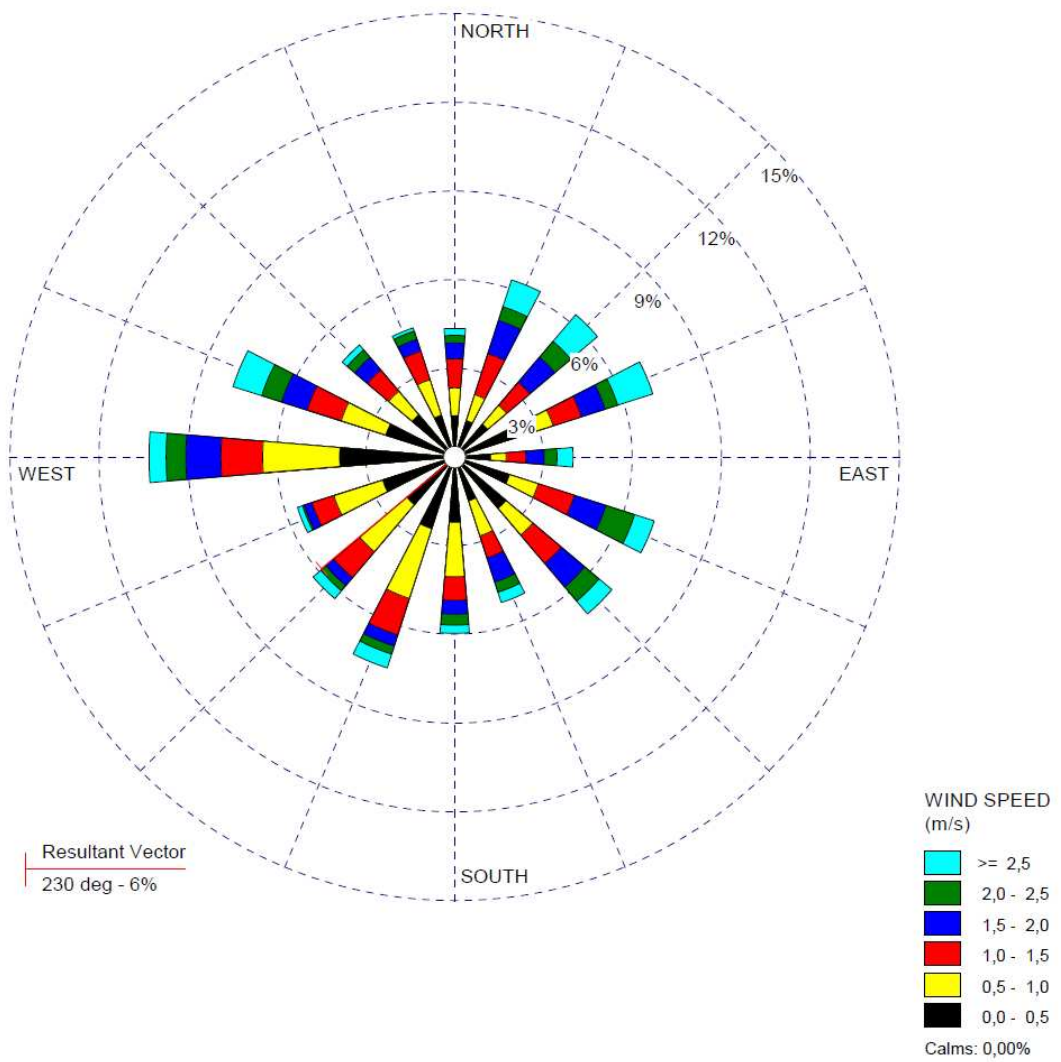


Figura 11.1 -Rosa dei venti anno 2008 – Area ex Zambon (direzioni di provenienza)

11.1.3 Descrizione degli scenari emissivi

Per la scelta degli inquinanti traccianti per la valutazione delle dispersioni atmosferiche si è fatto riferimento ai più diffusi, come indicato precedente Par. 2.6, ossia:

- MCB
- TCM
- BTEX.

Le azioni di progetto previste sono tali da contemplare la contemporaneità di taluni trattamenti in tre diverse fasi successive di bonifica che insistono su zone diverse dell'area in oggetto.

A fronte della variabilità delle concentrazioni inquinanti in ingresso agli impianti di trattamento, la necessità di ottenere dei dati affidabili di input alla modellizzazione, in termini di caratteristiche dell'emissione in atmosfera, ha comportato l'assunzione che le concentrazioni dei diversi inquinanti nei flussi emessi dovrà essere minore o uguale ai limiti imposti dalla normativa vigente in materia.

Nel seguente prospetto si riassumono le concentrazioni in emissione considerate per ciascun inquinante.

Tabella 11.2- concentrazione degli inquinanti in emissione

Inquinante	Limite (mg/Nm ³)	Riferimenti normativi - Note
MCB	150	Tab. D All. 1 alla Parte V D.Lgs. 152/06
TCM	20	Tab. D All. 1 alla Parte V D.Lgs. 152/06
Benzene	5	Tab. A1 All. 1 alla Parte V D.Lgs. 152/06
Toluene	150	Tab. D All. 1 alla Parte V D.Lgs. 152/06 (*)

Note

(*) : concentrazione pari al 50% del limite di legge

Tali assunzione hanno evidentemente carattere di conservatività in quanto si può prevedere che le prestazioni degli impianti di abbattimento previsti possano verosimilmente garantire concentrazioni minori.

Di seguito si riportano i dati caratteristici dei punti di emissione ed i flussi di massa risultanti.

Tabella 11.3– Dati emissivi attribuiti ai diversi camini

Id.	Impianto di provenienza	Diametro camini (mm)	Portata effettiva gas di scarico (Nm ³ /h)	Altezza punto emissione (m)	Flussi di massa (g/s)		
					Benzene	TCM	MCB (*)
1	Trattamento termico in situ	300	850	9	0,001	0,005	0,035
			2.500		0,003	0,014	0,104
			3.350		0,005	0,019	0,140
2	Trattamento Multi Phase Extraction	100	500	9	0,0007	0,003	0,021
3	Trattamento acque di falda	150	750	7	0,001	0,004	0,031
6	Trattamento terreni	200	1.500	8	0,002	0,008	0,063

Note:

(*) : i medesimi flussi di massa possono essere ascritti anche al parametro Toluene in quanto emesso con le stesse concentrazioni.

Le portate ed i relativi flussi di massa associati al punto di emissione 1 sono variabili in relazione alle necessità di trattamento.

Il valore di 850 Nm³/h è associato al trattamento termico durante la fase di bonifica dell'area Nord – Est; il valore di 2.500 Nm³/h è associato al trattamento termico durante la fase di bonifica dell'area Sud – Ovest; la sommatoria dei due è associata al periodo di parziale sovrapposizione dei flussi provenienti dalle due aree (stimabile in circa 2 – 3 mesi) nell'eventualità di ubicazione degli impianti in posizione baricentrica (si veda più sotto: Scenario 3).

Il posizionamento dei diversi punti di emissione è riportato nella Tavola 16 e, con opportuno simbolo grafico (in rosso) nelle mappe di isoconcentrazione in **Allegato 13**.

Riscaldamento elettrico suolo saturo – Area d'intervento NE (= **Scenario 1**), comprendente:

- Trattamento termico in situ (posizionamento in area Nord – Est)
- Trattamento Multi Phase Extraction (MPE – posizionamento in area Nord – Est)
- Trattamento acque di falda.

Riscaldamento elettrico suolo saturo – Area d'intervento SO (= **Scenario 2**), comprendente:

- Trattamento termico in situ (posizionamento in area Sud – Ovest)
- Trattamento Multi Phase Extraction (MPE – posizionamento in area Sud – Ovest)
- Trattamento acque di falda.

Riscaldamento elettrico suolo saturo – Aree d'intervento NE e SO con ubicazione degli impianti in posizione baricentrica (= **Scenario 3**), comprendente:

- Trattamento termico in situ (posizionamento “baricentrico”)
- Trattamento Multi Phase Extraction (MPE – posizionamento “baricentrico”)
- Trattamento acque di falda.

Bonifica suolo insaturo (= **Scenario 4**), comprendente:

- Trattamento terreni (aspirazione cumuli terreno)
- Trattamento acque di falda.

Per quanto riguarda le tempistiche di funzionamento, si fa riferimento al cronoprogramma riportato in allegato.

Al netto di parziali sovrapposizioni e di periodi di funzionamento per le singole attività variabili (a partire da minimo 6 mesi), si è deciso di considerare ciascuno scenario come funzionante lungo un intero anno solare completo, ciò anche in relazione all'impossibilità di ipotizzare l'esatto periodo di inizio attività (e conseguentemente le stagioni interessate).

Limitatamente allo scenario 3 si è considerata la variabilità di portata per il punto di emissione n.1 in relazione all'area di intervento di provenienza o alla concomitanza del flusso dalle due aree (NE + SO).

Non sono state considerate nell'ambito della modellizzazioni le emissioni provenienti dalle aspirazioni ambientali dei capannoni e dall'impianto di aspirazione mobile in quanto attivate episodicamente (solo in caso di necessità) e verosimilmente caratterizzate da concentrazioni molto inferiori a quelle presenti nei flussi modellizzati.

11.1.4 Stima delle concentrazioni dovute alla dispersione in atmosfera

Per la stima delle concentrazioni dovute alla dispersione in atmosfera sono stati effettuati i run di calcolo relativi a ciascun inquinante per i diversi scenari, disponendo per l'area di interesse un reticolo di calcolo di tipo cartesiano scelto sulla base di run preliminari finalizzati alla composizione delle esigenze di precisione della restituzione ed estensione dell'area. I run preliminari, effettuati sul parametro Benzene, hanno riguardato l'area compresa nel raggio di 500 m dal sito (1 km²).

L'area complessiva ritenuta significativa a seguito della valutazione preliminare è stata stabilita pari a 250 ha (500 x 500 m); il reticolo è costituito da maglie quadrate di lato pari a 25 m, per un totale di 441 nodi.

In aggiunta a tale rete di recettori ubicati a livello del suolo, sono stati inseriti 9 recettori significativi in corrispondenza dei piani alti di altrettanti edifici residenziali ubicati nell'immediato intorno del sito, lungo via dei Cappuccini e via Monte Zovetto, al fine di verificare l'eventuale criticità dei livelli di concentrazione in quota.

Il modello ha pertanto calcolato i livelli di concentrazione presso i recettori generati dal reticolo ed i recettori ritenuti significativi, secondo il periodo di mediazione di un anno, fornendo i valori massimi previsti in ciascun nodo del reticolo.

Per la rappresentazione grafica, le mappe delle isoconcentrazioni, che derivano dall'interpolazione dei valori di output, sono state sovrapposte alla cartografia georeferenziata dell'area.

A tal fine è stata utilizzata la Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:5000 tavola n. 125033, acquisita dall'Archivio cartografico della Regione Veneto.

Ai fini della stima della significatività dell'impatto vengono assunti i seguenti limiti di concentrazione.

Benzene: il D.M. n° 60 del 02/04/2002 "Recepimento della direttiva 1999/30/CE concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio", fissa il valore limite per la protezione della salute umana a **5 µg/Nm³** per un periodo di mediazione pari all'anno civile.

Nella stima dei rischi per la salute della popolazione generale, in assenza di valori cui fare riferimento per il confronto dei valori di concentrazione, o in carenza di parametri ufficiali che

stabiliscano concentrazioni degli inquinanti da assumere come linee guida, è necessario adottare un approccio empirico che, se sufficientemente cautelativo, può permettere di superare in prima approssimazione questi inconvenienti.

A titolo puramente indicativo e quando la popolazione considerata sia esposta per via prevalentemente inalatoria, quale valore soglia di interesse tossicologico può essere adottato un valore pari a 1/100 del valore raccomandato per l'esposizione in ambito professionale.

Il valore di TLV² in uso per la tutela della salute dei lavoratori cronicamente esposti, diviso per un fattore di sicurezza di almeno 100, fornisce una prima indicazione della soglia di dose priva di effetti dannosi per una sostanza presente nell'ambiente di vita.

Con questo criterio, per il caso in esame, possono essere assunti, in prima approssimazione come soglia di riferimento per il monoclorobenzene e per il cloroformio, i seguenti valori:

- TCM (cloroformio) = **490 µg/m³**, pari a 1/100 del valore del TLV di 49 mg/ m³ (Associazione Igienisti Industriali anno 2005).
- MCB = **460 µg/m³**, pari a 1/100 del valore del TLV di 46 mg/ m³ (Associazione Igienisti Industriali anno 2005);

Per il toluene è stato assunto un livello di riferimento pari a **370 µg/m³** (WHO Air Quality Guidelines for Europe, 1987, e successivi aggiornamenti per i VOC, 1996).

I risultati ottenuti dalla modellizzazione sono rappresentati graficamente dalle mappe di isoconcentrazione riportate in **Allegato 13** al presente documento.

Tali curve di isoconcentrazione rappresentano l'involuppo su tutta l'area di indagine di tutti i valori massimi previsti al suolo per ciascun punto del reticolo di recettori impostato.

Tengono inoltre conto dei valori registrati in altezza (ultimo piano abitabile) presso gli edifici residenziali identificati con le sigle da R1 a R9.

Si sottolinea che il modello ha tenuto conto del relativo effetto di trascinamento (*building downwash*) subito dal plume di dispersione atmosferica in relazione alla prossimità e all'altezza (similare ai camini) dei capannoni ove verranno effettuati i trattamenti e degli edifici esistenti.

² TLV-TWA (time-weighted average): esprime la concentrazione limite, calcolata come media ponderata nel tempo (8 ore/giorno; 40 ore settimanali), alla quale tutti i lavoratori possono essere esposti, giorno dopo giorno senza effetti avversi per la salute per tutta la vita lavorativa (circa 40 anni)

11.1.5 Risultati ottenuti e valutazione dell'impatto

Nelle seguenti tabelle vengono riassunti i risultati ottenuti.

Nell'esame dei risultati, si tenga presente che lo scenario 3 è alternativo (durata circa 18 mesi) agli scenari 1 e 2 che invece si prevedono in successione. Lo scenario 4 segue temporalmente i precedenti.

Tabella 11.4– Risultati Scenario 1, valori di concentrazione massimi al suolo e presso il recettore abitativo maggiormente impattato

Inquinante	Valore medio annuo ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)		limite di riferimento ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
	massimo	abitazioni	
benzene	0,62	0,22	5
TCM	2,50	0,88	490
MCB - toluene	18,73	6,61	460 - 370

Per quanto riguarda il primo scenario, i valori massimi di concentrazione al suolo vanno ad insistere all'interno dell'area di stabilimento a Sud del fabbricato W; i massimi valori presso gli edifici residenziali si localizzano sul recettore denominato R4.

Tabella 11.5– Risultati Scenario 2, valori di concentrazione massimi al suolo e presso il recettore abitativo maggiormente impattato

Inquinante	Valore medio annuo ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)		limite di riferimento ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
	massimo	abitazioni	
benzene	1,18	0,21	5
TCM	4,74	0,85	490
MCB - toluene	35,55	6,35	460 - 370

Nel secondo scenario, i valori massimi di concentrazione al suolo vanno ad insistere all'interno dell'area di stabilimento a Sud-Est del fabbricato L; i massimi valori presso gli edifici residenziali si localizzano sul recettore denominato R1 (posto a Est del sito), per effetto combinato del mantenimento in quella zona dell'emissione legata al trattamento acque e della direzione prevalente dei venti. Tra i recettori episodicamente impattati, dall'analisi approfondita degli esiti (medie orarie) troviamo R8, sia pure con valori minori di quelli sopra esposti.

Tabella 11.6– Risultati Scenario 3, valori di concentrazione massimi al suolo e presso il recettore abitativo maggiormente impattato

Inquinante	Valore medio annuo ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)		limite di riferimento ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
	massimo	abitazioni	
benzene	0,57	0,30	5
TCM	2,30	1,21	490
MCB - toluene	17,23	9,05	460 - 370

I risultati del terzo scenario mostrano come l'ubicazione in posizione centrale degli impianti deputati al trattamento termico ed al trattamento MPE, porti ad un miglioramento rispetto agli scenari 1 e 2 in quanto a valori massimi raggiunti al suolo. Tale miglioramento è probabilmente dovuto all'allontanamento dagli edifici, con relativa diminuzione dell'effetto di trascinamento verso il basso degli inquinanti.

Si osserva invece un leggero aumento delle concentrazioni previste presso il recettore maggiormente impattato (R1 a 15 metri di altezza dal suolo), verosimilmente anch'esso dovuto al mancato effetto "downwash"; tale lieve aumento non comporta tuttavia alcuna prossimità critica ai limiti di riferimento.

Tabella 11.7– Risultati Scenario 4, valori di concentrazione massimi al suolo e presso il recettore abitativo maggiormente impattato

Inquinante	Valore medio annuo ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)		limite di riferimento ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
	massimo	abitazioni	
benzene	0,95	0,18	5
TCM	3,82	0,73	490
MCB - toluene	28,66	5,37	460 - 370

Nello scenario 4 risulta marcata la presenza di due punti di massima concentrazione (in relazione alla distanza tra i due punti di emissione). Il recettore maggiormente interessato risulta ancora R1, a conferma dell'importanza del fattore di direzione dei venti dominanti (vettore risultante: provenienza da Sud Ovest).

Nel complesso, dall'analisi dei risultati ottenuti si evince che, pur assumendo vari elementi di input a livello conservativo (concentrazioni in emissione pari ai limiti consentiti dalla legge e funzionamento continuo dei punti di emissione esteso a 12 mesi consecutivi per ciascuno scenario), **le concentrazioni massime attese corrispondono, per il Benzene, a circa il 20% del valore limite di protezione della salute umana, per le altre sostanze considerate, di 1 o 2 ordini di grandezza inferiori rispetto alle soglie assunte come riferimento.**

Inoltre presso i recettori esterni i valori di concentrazione attesa risultano dell'ordine del 20 % rispetto ai massimi assoluti.

L'impatto sulla componente "qualità dell'aria" si stima pertanto del tutto accettabile.

Si sottolinea che i valori massimi si registrano in prevalenza all'interno dell'area di stabilimento, ovvero in area lavorativa per la quale il riferimento corretto dovrebbero essere non TLV/100, bensì valori stessi di TLV.

I valori previsti all'interno dell'area di stabilimento risultano accettabili anche considerando i risultati dei monitoraggi ambientali effettuati, in occasione delle pregresse attività di scavo e rimozione dei terreni maggiormente contaminati, per la stima del rischio per la salute dei lavoratori addetti alle attività.

In tale occasione le concentrazioni osservate raggiungevano valori per il monoclorobenzene, il cloroformio e il toluene, nell'ordine del singolo mg/m^3 , ovvero valori ben lontani dalle soglie di interesse tossicologico che per esposizioni protratte in ambito professionale per la tutela dei lavoratori (TLV), si collocano tra $46 \text{ mg}/\text{m}^3$ (MCB), $49 \text{ mg}/\text{m}^3$ (TCM) e $188 \text{ mg}/\text{m}^3$ (toluene).

Per quanto riguarda il benzene, il cui valore di TLV è di $1,6 \text{ mg}/\text{m}^3$, i valori, misurati con i campionatori personali indossati dai lavoratori su un totale di 12 misure, non hanno mai superato la soglia di rilevazione del metodo di $0,01 \text{ mg}/\text{m}^3$.

11.2 Odori

Considerate le modalità di esecuzione della bonifica, che prevede la captazione e il trattamento di tutti i reflui gassosi generati dal trattamento dei terreni e delle acque di falda, non si prevedono emissioni non controllate che possano dare luogo a significative emissioni di odori.

Il trattamento dei reflui gassosi peraltro consente di giungere a valori di emissione significativamente al di sotto di soglie olfattive dei composti, evitando dunque la generazione di molestie olfattive.

Come specificato al paragrafo 7.4.2.3, le uniche attività che accidentalmente potrebbero generare limitate emissioni odorogene, sono riconducibili alla rimozione delle aste fognarie e dei terreni immediatamente circostanti. Tale eventualità, potrà essere comunque gestita in modo da utilizzare tutti gli accorgimenti per la limitazione della propagazione degli odori: verrà resa disponibile nell'area di intervento una "capannina" mobile ed un aspiratore (descritti al paragrafo 7.4.2.1) in modo da poter intercettare ed abbattere le emissioni generate.

Ad ulteriore tutela della popolazione circostante, il piano di monitoraggio prevede inoltre, in corrispondenza del perimetro di stabilimento, una periodica valutazione olfattometrica della qualità dell'aria in modo da poter oggettivamente valutare l'efficacia dei presidi di contenimento e predisporre eventualmente ulteriori misure.

11.3 Effetti del riscaldamento all'esterno delle aree di intervento

Nel presente paragrafo si valuta la propagazione del calore all'esterno dell'area di intervento a seguito del trattamento termico del suolo, e gli effetti che ne derivano sull'ambiente esterno.

A tale proposito, nel corso di interventi di bonifica che hanno previsto l'applicazione della tecnica di estrazione vapori abbinata al riscaldamento del suolo, è stata misurata e valutata la variazione di temperatura all'esterno dell'area di intervento al fine di valutarne l'effetto all'esterno di esse.

Nel documento riportato in **Allegato 9**, alle pagine 5÷7 in cui si riporta l'esperienza acquisita per il caso "*Confidential Midwest site*" ed in particolare nella figura che segue, sono evidenziate le temperature misurate all'esterno di un'area sottoposta a trattamento mediante riscaldamento del suolo, nella quale il suolo insaturo è stato riscaldato a temperature simili a quelle che si intende applicare al caso in esame ($\sim 210\text{ }^{\circ}\text{F} = \sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Nel caso esaminato, all'esterno dell'area è stata raggiunta nel suolo una temperatura massima di 46°C ad una distanza di 1,5 m e profondità di 1,2 metri da p.c. e una temperatura di 29°C ad una distanza di 3 metri e profondità di 2,4 metri.

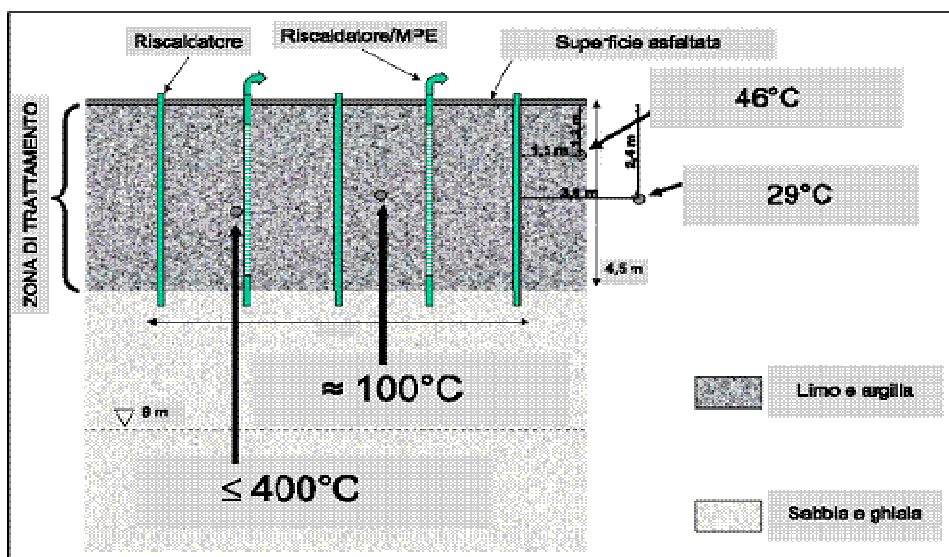


Figura 11.2 : Temperature misurate nel suolo all'interno ed all'esterno dell'area di intervento

Nel documento riportato in **Allegato 9** (in particolare alle pagine in cui si riporta l'esperienza acquisita per il caso "Case3 – Reerslev") si mostrano le temperature predette e misurate all'esterno di un'area sottoposta a trattamento mediante riscaldamento del suolo ubicata a ridosso di un edificio ad uso residenziale, nella quale il suolo insaturo è stato riscaldato a temperature simili a quelle che si intende applicare al caso in esame. (~100 °C).

Nella figura che segue, estratta dal medesimo documento, si mostra che ad una distanza di 2,5 m dall'area di intervento è stata raggiunta una temperatura massima compresa tra 30 e 40°C e che ad una distanza di 6,4 metri tale temperatura scende a circa 20°C, a valori quindi simili a quelli del suolo in condizioni normali.

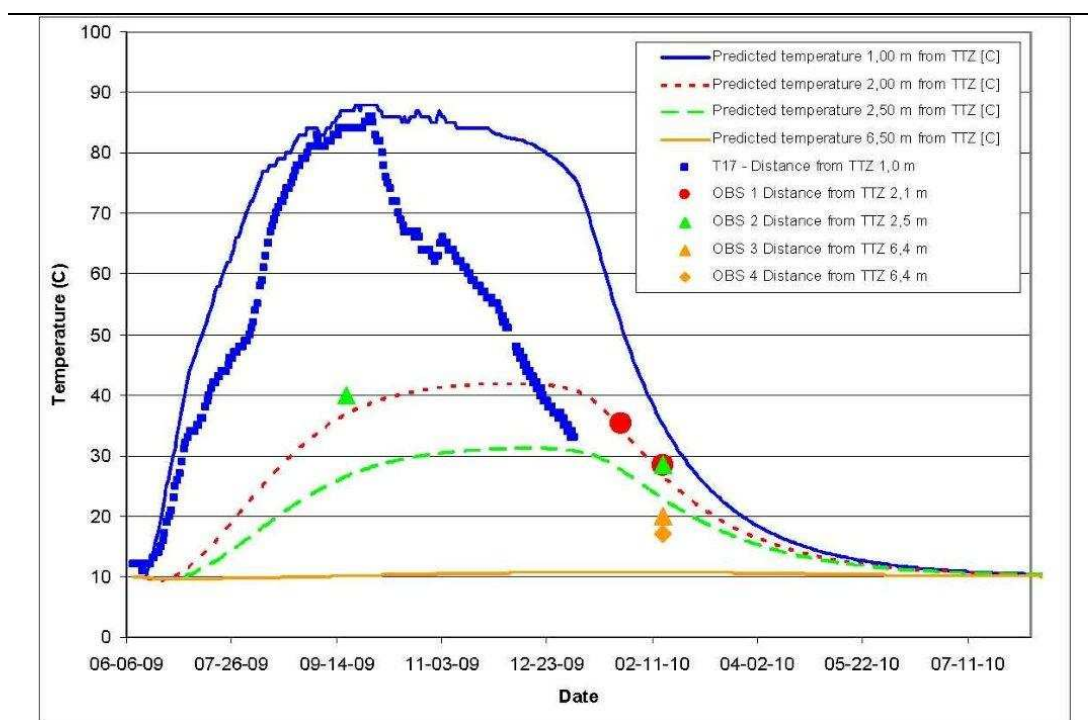


Figura 11.3 : Grafico temperature misurate nel suolo all'esterno dell'area di intervento

Relativamente al caso specifico, considerato che, come mostrato nella figura che segue, la distanza tra le più vicine abitazioni (Settore Sud – Ovest) e l'area di intervento misura circa 13,3 metri, se ne deduce che il suolo al di sotto delle stesse non subisce un effetto di riscaldamento a seguito dell'intervento che si prevede di eseguire e che pertanto sia da escludere la formazione di vapori che possano trasferirsi dal suolo alle abitazioni.

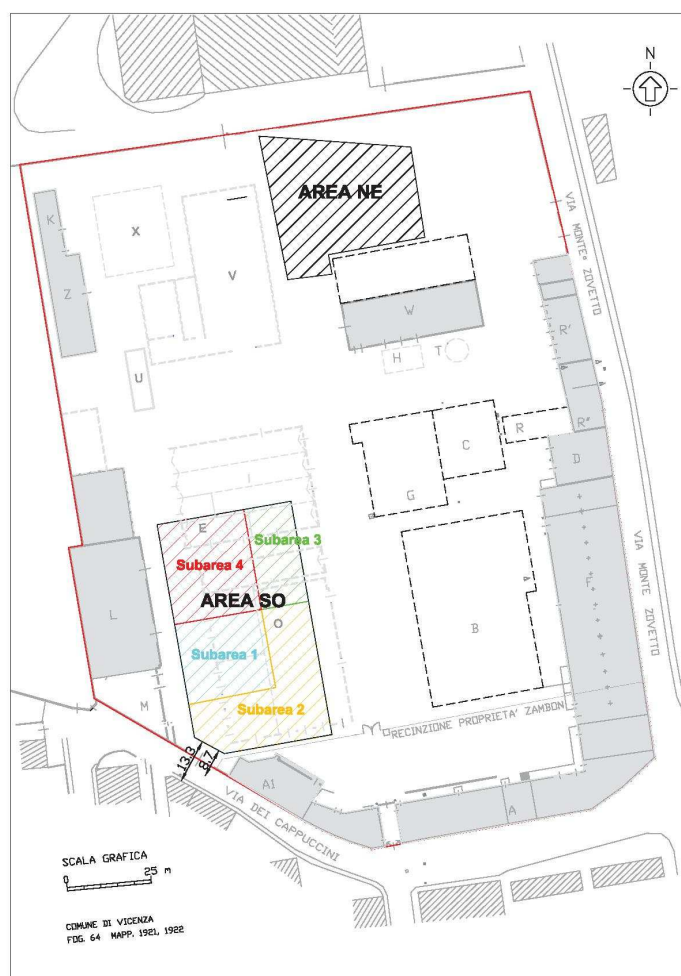


Figura 11.4 : distanza tra le aree di trattamento e i più vicini edifici

Analogo discorso può essere fatto per ciò che riguarda il possibile trasferimento di vapori nella rete fognaria in quanto la distanza tra di essa e l'area di intervento è di circa 8,7 metri.

Va altresì considerato che i casi esaminati si riferiscono a misure eseguite nel suolo insaturo e quindi sono ulteriormente conservative rispetto al caso in esame in quanto, interessando l'intervento il suolo saturo, la circolazione delle acque sotterranee all'esterno dell'area di intervento determinerà una più marcata riduzione della temperatura.

Oltre a ciò, nel dominio superficiale immediatamente esterno all'area di intervento è prevista l'esecuzione di intervento di bonifica delle acque mediante MPE che determinerà una ulteriore sottrazione di calore estratto attraverso il sistema.

Per il monitoraggio delle temperature nel suolo all'esterno del sito verranno installate sonde a diverse profondità, corrispondenti allo spessore interessato dal riscaldamento, in prossimità delle più vicine abitazioni e a distanza intermedia tra le stesse e l'area di intervento.

Anche per ciò che riguarda la propagazione del calore verso l'ambiente esterno, i documenti allegati presentano dati tranquillizzanti, così come mostrato nella figura che segue attraverso la quale si mette in luce che, durante il trattamento, nella pavimentazione e nell'aria ambiente di un edificio al di sotto del quale il suolo è stato sottoposto a riscaldamento, la temperatura non ha subito variazioni significative rispetto alle temperature medie dell'aria ambiente registrate nei periodi in cui è stato eseguito l'intervento.

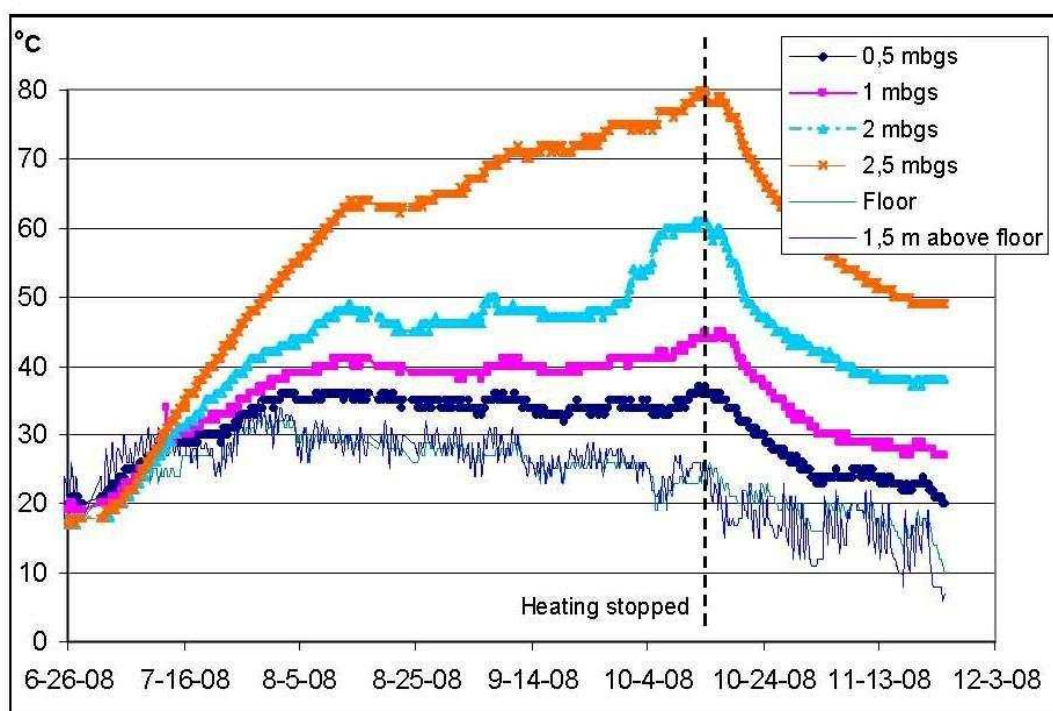


Figura 11.5 : Temperature misurate nella pavimentazione e nell'aria ambiente

11.4 Rumore

11.4.1 Limiti di legge

Lo stabilimento oggetto di intervento si inserisce nell'ambito di una zona residenziale in cui gli edifici abitati più prossimi sono ubicati lungo le strade perimetrali del sito, in particolare via dei Cappuccini e via Monte Zovetto.

Pertanto la zona in cui deve essere verificato l'eventuale impatto acustico si estende necessariamente a tali aree residenziali.

I limiti di immissione e di emissione acustica che devono essere rispettati sono stabiliti dal Piano di Classificazione Acustica del Territorio Comunale (PCATC) approvato dal Consiglio Comunale di Vicenza con P.G.N. 12947 del 23/02/2011.

Uno stralcio relativo all'area interessata dall'attività di bonifica e dalle aree circostanti è riportato in Figura 11.6

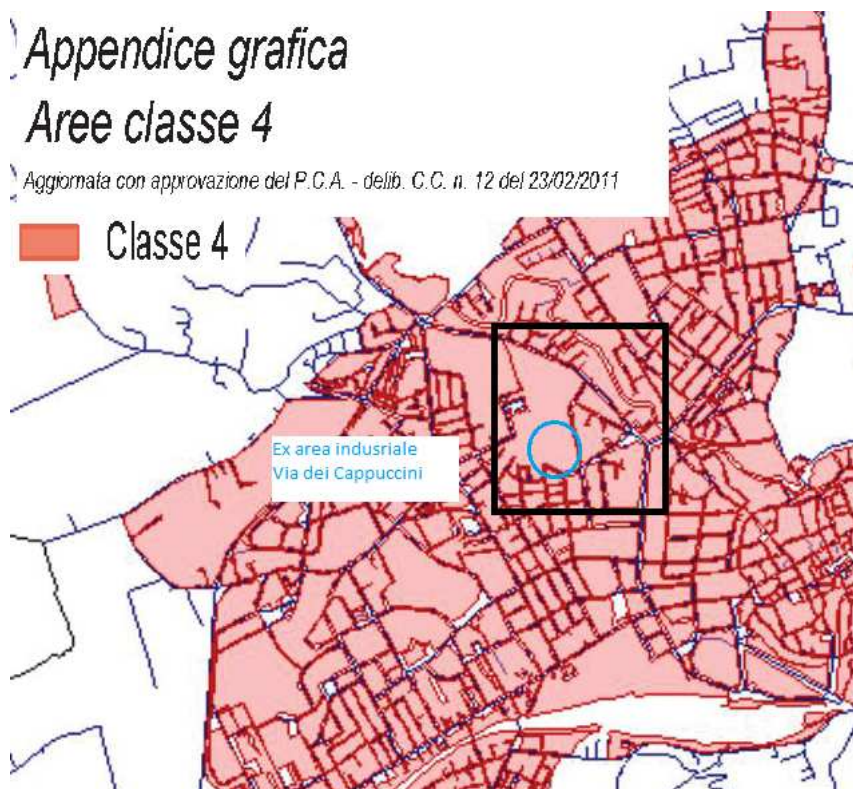


Figura 11.6: estratto zonizzazione acustica Comune di Vicenza

Da tale figura si evince che il territorio relativo alle aree bonifica e le aree circostanti, ricadono uniformemente entro la classe IV relativa ad *“aree di intensa attività umana: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie”*.

I limiti per tale classe acustica sono i riportati nella seguente tabella:

Tabella 11.8: limiti per la classe acustica IV

	Valori limite di emissione in dB(A)	Valori limite assoluti di immissione in dB(A)
Periodo diurno (ore 6.00 - 22.00)	60	65
Periodo notturno (ore 22.00 - 6.00)	50	55

Per la valutazione dell'impatto acustico occorre procedere ad un inventario delle sorgenti sonore previste in fase di esecuzione dei lavori. Tali sorgenti, di seguito descritte, si possono suddividere in sorgenti mobili e sorgenti fisse.

11.4.2 Sorgenti mobili

Le sorgenti mobili sono costituite dai macchinari e mezzi di cantiere; le tipologie più significative, dal punto di vista della generazione del rumore sono di seguito elencati:

- 2 escavatori
- 1 camion di servizio
- 1 pala meccanica
- 1 vaglio (chiuso nel capannone W)
- 1 impianto di frantumazione del sopravaglio

Un'affidabile valutazione quantitativa delle emissioni acustiche legate a tale attività, che peraltro interesserà esclusivamente le ore diurne, è estremamente difficoltosa in relazione alla discontinuità delle singole operazioni, all'incertezza sulla previsione di contemporaneità di funzionamento dei diversi mezzi e sulla loro relativa ubicazione all'interno dell'area di cantiere. Per tale ragione, allo stato attuale, una stima complessiva non risulterebbe significativa.

In relazione alla transitorietà dell'attività e alla limitata estensione del cantiere stesso, tale impatto è tuttavia da considerarsi accettabile anche in relazione al fatto che le attività di cantiere comunque saranno tenute sotto controllo mediante monitoraggi trimestrali, nonché in corrispondenza di ciascuna delle fasi più rumorose (es. attività di demolizione) ed eventuali criticità potranno essere minimizzate ponendo delle limitazioni alle modalità di gestione di determinate attività (es. conduzione di alcuni lavori in determinate fasce orarie) o ponendo in essere specifici presidi (barriere fonoassorbenti).

Inoltre, in accordo a quanto previsto dalla normativa in materia di protezione dal rumore, per il cantiere quale attività temporanea, verrà richiesta autorizzazione al Comune, anche in deroga ai limiti fissati dalla Legge 447/95.

11.4.3 Sorgenti fisse

Le sorgenti di rumore legate a sorgenti fisse, sono riconducibili alla presenza di impianti di trattamento delle emissioni associate al trattamento delle acque e dei terreni.

I punti di emissione sono elencati nella seguente tabella:

Tabella 11.9– Riepilogo punti di emissione

N	Punto/Fase	Q max (Nm ³ /h)	Durata emissione (mesi) ⁽¹⁾	Attivo solo in periodo diurno	Attivo sia in periodo diurno che notturno	Ventilazione insonorizzata (al chiuso)
1	Trattamento termico in situ NE	850	6-9 mesi	-	X	X
2	MPE Pennacchio NE	500	12 mesi	-	X	X
3	Impianto trattamento acque	1.100	permanente	-	X	X
4	Trattamento termico in situ SO	2.500	9-12 mesi	-	X	X
5	MPE Pennacchio centrale/SO	500	15 mesi	-	X	X
6	Aria ambiente Edificio W	12.000	12 mesi	(2)	(2)	-
7	Aria ambiente edificio L	19.600	12 mesi	(2)	(2)	-
8	Trattamento terreni (SVE)	1.500	12 mesi	-	X	X

NOTE:

- (1) Si evidenzia inoltre che il numero di impianti di abbattimento attivi nel medesimo arco temporale sarà contenuto in quanto l'intervento di bonifica si articola secondo fasi successive ed in particolare:

- l'esecuzione della trattamento termico dell'area SO sarà successivo a quello dell'area di NE,
- la sovrapposizione tra le attività dei trattamenti di MPE nell'area NE e in quella SO sarà solo di tre mesi
- le attività di trattamento dei terreni (SVE) e il trattamento dell'aria ambiente dell'edificio W avranno tre soli mesi di sovrapposizione con le fasi precedenti.

(2) Impianti attivati episodicamente (solo in caso di necessità)

Dalla precedente tabella si evidenzia che tutti gli impianti di aspirazione che lavorano nel periodo notturno sono dotati di soffianti collocate in ambiente chiuso, in modo da poter offrire il debito contenimento alle emissioni sonore generate da tali dispositivi che costituiscono la maggior fonte di rumore degli impianti di abbattimento.

Inoltre, il protocollo di monitoraggio prevede in fase di messa in esercizio degli impianti di trattamento/aspirazione, l'esecuzione di rilievi fonometrici per la valutazione delle emissioni di rumore in prossimità di tali sorgenti, consentendo dunque di intervenire prontamente con l'installazione di presidi ad hoc per l'abbattimento del rumore (es. interventi sui camini: silenziatori o sistemi di coibentazione per contenere le vibrazioni) qualora vi dovessero essere situazioni tali da causare superamenti al confine e/o presso i recettori sensibili.

11.4.4 Valutazione dell'impatto

Come sopra esposto, sia per le sorgenti fisse che per le sorgenti mobili sono stati adottati accorgimenti per il contenimento delle emissioni sonore e verranno svolti specifici monitoraggi presso tali dispositivi per la valutazione della loro conformità.

Si prevedono inoltre campagne di monitoraggio presso i recettori (o presso il confine di stabilimento) al fine di determinare l'impatto acustico dell'opera nel suo complesso.

In virtù di questi accorgimenti si può ritenere che l'impatto generato dalle emissioni sonore del sito possa essere ritenuto accettabile.

11.5 Vibrazioni

Tutti i pozzi previsti dalle attività di bonifica (MPE, SVE, Pump & Treat) saranno installati mediante tecnica a rotazione, tale metodica non implica dunque la generazione di vibrazioni.

Per quanto riguarda le operazioni di riscaldamento elettrico del suolo saturo, si evidenzia che le tubazioni verranno infisse nel terreno a percussione per una profondità massima rispettivamente di 15 m nell'Area SO e 7 m nell'Area NE.

Si evidenzia tuttavia che tale intervento è interamente circoscritto all'interno delle aeree palancole.

Poiché le palancole si estendono per una profondità pari a quella di infissione degli elettrodi, esse fungeranno da barriera di assorbimento delle vibrazioni creando una discontinuità nella loro propagazione.

Neanche questo intervento dunque darà luogo ad immissione di vibrazioni tali da creare danno alle strutture presenti.

Per quanto riguarda le attività di demolizioni di edifici e solette, analogamente a quanto già accaduto nell'ambito delle attività di Bonifica di Fase 1, non si prevede la possibilità di immissione di vibrazioni tali da generare problematiche nell'intorno del sito.

L'utilizzo di macchine operatrici potenziali sorgenti di vibrazione nei confronti degli addetti che operano direttamente su di esse sarà condotto a parte nel rispetto delle norme a tutela della salute dei lavoratori (D.Lgs. 187/05).

11.6 Traffico indotto

Le attività di bonifica sono state progettate cercando di massimizzare la possibilità di bonifica dei terreni on site e il recupero dei terreni in posto, riducendo quindi il più possibile il flusso di materiali in ingresso ed in uscita dal sito.

Le attività di cantiere generano dei flussi di mezzi in ingresso ed in uscita dall'area di bonifica legati principalmente alle seguenti attività:

- trasporto verso il sito di terreno per il reinterro, per un volume complessivo di circa 12.600 m³, pari a circa 738 automezzi;
- trasporto di materiale dal sito verso impianti esterni autorizzati per le attività di smaltimento, per un quantitativo di circa 7.000 t di terreni e 2800 t di altri rifiuti (materiali interrati), corrispondenti a circa 322 automezzi.

Tale flusso di automezzi si distribuisce su un arco temporale di circa 7 mesi e mezzo nel quali si concentreranno le attività .

Il flusso medio di automezzi in tale periodo sarà pari a 39 mezzi/settimana, (circa 8 mezzi/giorno) con un picco corrispondente a 66 mezzi/settimana (circa 13 mezzi/giorno).

Il percorso in prossimità dello stabilimento, finalizzato ad allontanare i mezzi dalle aree urbane semicentrali, interesserà necessariamente la viabilità locale/residenziale solo per alcune centinaia di metri, fino al raccordo con viale Trento per innestarsi sulla SS46.

In relazione al breve arco di tempo, all'esiguo interessamento della viabilità locale ed alle caratteristiche di livello di servizio dei tracciati principali più prossimi, l'impatto del traffico generato dal cantiere di bonifica sulla rete viaria si ritiene molto limitato, se non trascurabile.

11.7 Acque

Le attività di bonifica sono state progettate in modo da non generare alcuna dispersione di contaminazione negli acquiferi a valle del sito.

Al fine di verificare questa condizione, durante tutta l'attività di bonifica sarà mantenuto attivo il sistema di confinamento idraulico della falda superficiale e degli acquiferi confinati e lo stesso piano di monitoraggio già in atto per il controllo del sistema stesso, con una rete integrativa di monitoraggio specifica durante le fasi di bonifica ritenute più significative per la matrice acque sotterranee.

Non si ritiene dunque che si generi alcun impatto a carico della matrice acque sotterranee.

Per quanto riguarda le acque superficiali non vi sono corpi idrici superficiali interessati da flussi idrici provenienti dall'area di bonifica. Pertanto l'ambiente idrico superficiale non risulterà né direttamente né indirettamente impattato.

Gli scarichi idrici generati dalle attività saranno immessi in fognatura comunale mediante scarico controllato secondo quanto piano di monitoraggio ed in accordo con le autorizzazioni allo scarico rilasciate dal gestore della rete fognaria.

12 Adempimenti in materia di salute e sicurezza

Gli interventi previsti nel presente progetto dovranno essere eseguiti nel rispetto di quanto previsto nel Decreto Legislativo n. 81 del 9 Aprile 2008 e s.m.i. - Applicazione dell'art. 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro.

Con riferimento al suddetto decreto, tenuto conto che le attività da eseguire ricadono all'interno di quanto previsto al Titolo IV, ai sensi dell'Art. 91 dovrà essere predisposto da tecnico abilitato incaricato dalla Committente (Coordinatore per la Sicurezza in Fase di Progettazione) il Piano di Sicurezza e Coordinamento di cui all'Art. 100, comma 1, con i contenuti previsti all'Allegato XV.

Oltre agli aspetti relativi alla sicurezza collegati all'esecuzione dei lavori, il PSC fornirà indicazioni anche in merito ai presidi di cantiere da installare quali locali ad uso uffici, spogliatoi e servizi igienici per il personale che dovrà operare.

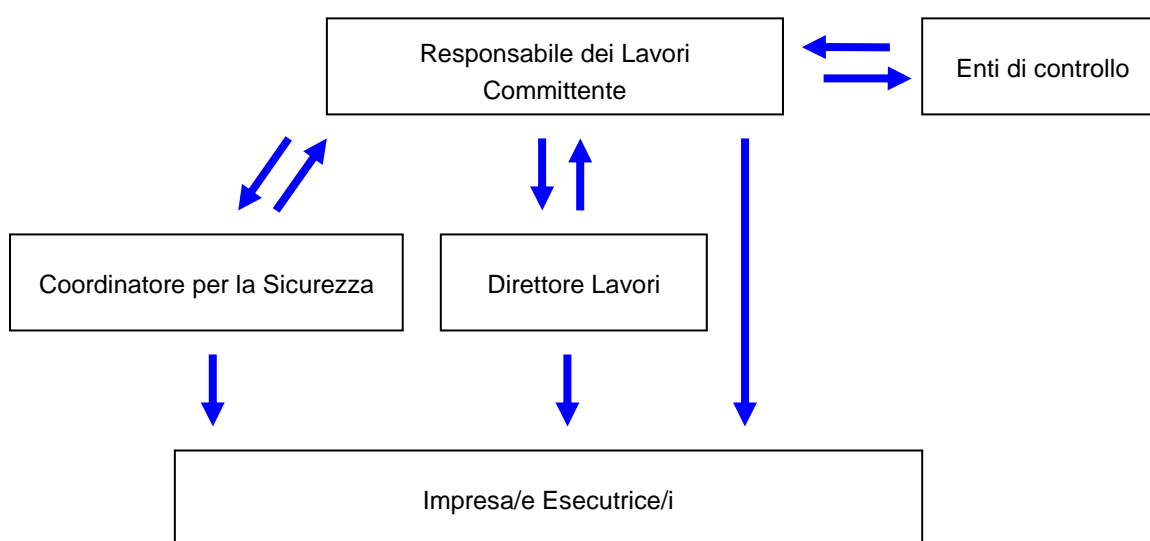
Il tecnico incaricato provvederà altresì a predisporre il fascicolo dell'opera, con i contenuti previsti nell'Allegato XVI, contenente le informazioni utili ai fini della prevenzione e della protezione dai rischi cui sono esposti i lavoratori.

La Committente provvederà altresì a nominare il Responsabile dei Lavori (Art. 89) ed il Coordinatore per la Sicurezza in Fase di Esecuzione ai sensi dell'Art. 90, anch'esso nella persona di un tecnico abilitato, il quale si farà carico degli adempimenti previsti dall'articolo 92.

Le imprese che opereranno in cantiere nell'ambito dell'intervento di bonifica dovranno possedere i requisiti di cui all'Art 90 e Allegato XVII (Idoneità tecnico professionale) e saranno tenute alla predisposizione del Piano Operativo di Sicurezza ai sensi dell'Art. 26 e Allegato XV (Contenuti minimi dei piani di sicurezza nei cantieri temporanei o mobili).

13 Funzioni preposte per la gestione delle attività

Per la gestione delle attività saranno preposte le figure riportate nell'organigramma che segue.



14 Autorizzazioni per l'esecuzione dei lavori

14.1 Autorizzazioni per il deposito, trattamento, trasporto e smaltimento rifiuti

Gli interventi previsti nel presente progetto dovranno essere eseguiti da società abilitate e/o autorizzate per le diverse fasi, e in particolare:

- l'intervento nel suo complesso dovrà essere eseguito da società iscritta all'Albo Gestori Ambientali – Cat. 9 - Bonifica dei siti, per la classe adeguata all'ammontare delle opere;
- gli interventi di rimozione di materiali contenenti amianto dovranno essere eseguiti da società iscritte all'Albo Gestori Ambientali - Cat. 10 - Bonifica dei beni contenenti amianto;
- gli interventi di trattamento di rifiuti nel sito dovranno essere eseguiti mediante impianti mobili autorizzati ai sensi dell'art. 208, comma 15, del D. Lgs. 152/2006;
- il trasporto dei rifiuti fuori sito dovrà essere eseguito mediante società iscritte all'Albo - Gestori Ambientali – Cat. 4 e 5;
- l'intermediazione per lo smaltimento di rifiuti potrà avvenire esclusivamente attraverso società iscritte all'Albo Gestori Ambientali – Cat. 8;
- lo smaltimento dei rifiuti fuori sito dovrà avvenire in impianti autorizzati ai sensi dell'Art. 208 del D. Lgs. 152/2006;
- la spedizione transfrontaliera di rifiuti dovrà avvenire nel rispetto del Regolamento CEE n.1013/2006.

Relativamente al deposito dei rifiuti, con l'approvazione del presente progetto si intende autorizzato il deposito preliminare dei rifiuti così come definito all'Art. 183, comma 1 punto I, del D. Lgs. N. 152/2006.

14.2 Autorizzazioni per scarico di acque nella pubblica fognatura

Lo scarico delle acque nella pubblica fognatura sarà soggetto al rilascio di autorizzazione da parte dell'Ente Gestore (Acque Vicentine SpA).

14.3 Autorizzazioni alle emissioni in atmosfera

Poiché le attrezzature che generano emissioni in atmosfera utilizzate nell'ambito dell'intervento di bonifica non sono configurabili come impianti secondo le definizioni di cui all'art. 268 del D. Lgs. N. 152/2006, non risulta necessaria l'autorizzazione alle emissioni in atmosfera ai sensi dell'art. 269 del predetto decreto.

I sistemi di abbattimento installati consentono il rispetto dei limiti previsti all'Al.1 alla Parte V D.Lgs. 152/06.

In **Allegato 11** sono riportati i calcoli di dimensionamento dei sistemi di abbattimento installati presso ciascun punto di emissione.

15 Attuazione delle prescrizioni previste dall'AdR per l'utilizzo finale dell'area

Come già anticipato al paragrafo 4.2, gli obiettivi di bonifica calcolati mediante Analisi di Rischio prevedono alcune soluzioni (o prescrizioni) edilizie specifiche che, nel rispetto degli scenari di destinazione d'uso previsti (residenziale, commerciale e ricreativo), dovranno essere mantenute vincolanti ai fini della rivalorizzazione del sito.

In sintesi le prescrizioni previste dall'Analisi di Rischio per lo sviluppo del progetto urbanistico sono le seguenti:

- innalzamento del piano di campagna di almeno 50 cm in corrispondenza delle zone pavimentate (edifici / parcheggio) e di almeno 1 metro in corrispondenza delle zone non pavimentate;
- terreno di riporto/copertura avente caratteristiche granulometriche di sabbia limosa o limo con una permeabilità idraulica inferiore a 10^{-4} m/s e frazione di carbonio organico maggiore dell'1%;
- edifici privi di piani interrati;
- platea in cls di fondazione edifici avente le seguenti caratteristiche:
 - spessore almeno 50 cm;
 - calcestruzzo di classe non inferiore a Rbk = 300 dN/cm²;
 - armatura integrata con due reti elettrosaldate \varnothing 8 con maglia da cm 10 X 10;
 - conglomerato addittivato in fase di betonaggio con microfibre in acciaio di lunghezza compresa tra 44 e 50 mm del tipo classificato come A1 nella norma UNI 11037;
 - dosaggio microfibre: 30 kg/m³ di conglomerato.
- pavimentazione in cls lisciato soprastante platea di fondazione edifici avente le seguenti caratteristiche:
 - spessore di circa 15 cm;
 - realizzata con inerte a granulometria fine e cemento tipo 325;
 - conglomerato addittivato in fase di betonaggio con microfibre in polipropilene 100%, di lunghezza pari a 18 mm e di classe "Ia" secondo la norma UNI 14889-2;
 - dosaggio microfibre: 1,2 kg/m³.
- edifici ad uso residenziale con box auto al piano terra provvisti di un impianto di ventilazione avente le seguenti caratteristiche:
 - impianto attivato da moto ventilante, dotata di silenziatore a valle per contenere il livello di rumorosità indotta in ambiente (D.P.C.M. 5/12/1997 sugli impianti a funzionamento continuo), in grado di generare un ricambio d'aria minimo pari a tre volumi-ambiente/ora;

- impianto mantenuto in funzionamento continuo e con un'alimentazione di emergenza in grado di garantirne la marcia per almeno 60 minuti dall'assenza di tensione;
- prelievo dell'aria all'esterno ad una quota superiore ai 2.0 m dal suolo;
- immissione di aria esterna in ogni singolo box tramite un sistema di canali composto da una dorsale centrale e da singole derivazioni ai box;
- portoni di accesso all'autorimessa ed ai box dotati di griglia di areazione per garantire un adeguato passaggio d'aria.

Il mancato rispetto di suddette prescrizioni comporterà la necessità di ricalcolare, mediante una revisione dello studio di Analisi di Rischio, le Concentrazioni Soglia di Rischio in funzione delle varianti alle soluzioni edilizie di progetto.

16 Crono programma

La durata complessiva dell'intervento è stimata in circa 36 mesi dall'inizio.

In **Allegato 14** è riportato il crono programma delle attività.

17 Stima dei costi

Nella tabella che segue si riporta la stima dei costi di intervento.

Tabella 17.1 : stima dei costi

Voce	Attività	UM	Q	Costo Parziale (€)	Costo Totale (€)
A	SPESE PER LAVORI				
1	Predisposizione aree cantiere				
	Allestimento presidi di cantiere	Corpo	1	18.000	
					18.000
2	Bonifica aree di sorgente				
	Preparazione aree di intervento	Corpo	1	10.000	
	Esecuzione indagini di dettaglio	Corpo	1	48.000	
	Allacciamento a utilities (gas, e.e.)	Corpo	1	90.000	
	Noleggio cabina trasformazione	Corpo	1	45.000	
	Predisposizione, conduzione e demobilizzazione impianti	Corpo	1	4.050.000	
	Gestione e monitoraggio intervento	Corpo	1	410.000	
	Fornitura energia elettrica	kwh	9.500.000	1.425.000	
	Fornitura gas	Nm3	480.000	288.000	
	Fornitura sodio idrato	Kg	136.000	34.000	
	Smaltimento sodio idrato esausto	Kg	136.000	21.000	
	Rigenerazione carbone	Kg	12.000	19.000	
	Oneri per la sicurezza	Corpo	1	80.000	
					6.520.000
3	Bonifica acque sotterranee				
	Demolizione edificio A1	Corpo	1	30.000	
	Intervento MPE				
	Esecuzione test di campo	Corpo	1	8.000	
	Predisposizione pozzi	n	57	95.000	
	Predisposizione piezometri di monitoraggio	n	17	29.000	
	Predisposizione e demobilizzazione impianti	Corpo	1	243.000	
	Fornitura energia elettrica	kwh	210.240	31.000	
	Sostituzione carbone trattamento aria	kg	35.000	50.500	
	Sostituzione carbone trattamento acqua	Kg	9.000	13.500	
	Gestione e monitoraggio intervento	Corpo	1	101.000	

Intervento P&T			
Predisposizione pozzi	n	7	12.000
Predisposizione piezometri di monitoraggio	n	4	6.000
Predisposizione impianti	Corpo	1	39.000
Sostituzione carbone trattamento acqua	Kg	3.500	6.000
Gestione e monitoraggio intervento	Corpo	1	101.000
Intervento ISCO			
Esecuzione test di laboratorio	Corpo	1	8.000
Esecuzione test di campo	Corpo	1	39.000
Realizzazione pozzi iniezione	n	16	38.000
Realizzazione piezometri di monitoraggio	n	5	12.000
Realizzazione pozzi barriera	n	3	7.000
Fornitura reagente	kg	90.000	288.000
Iniezione reagente	Corpo	1	37.000
Gestione e monitoraggio intervento	Corpo	1	63.000
Oneri per la sicurezza	Corpo	1	15.000
			1.272.000
4 Trattamento terreni insaturi			
Interventi manutenzione edificio F	Corpo	1	8.000
Predisposizione e demobilizzazione impianti			
Impianto trattamento aria edificio L	Corpo	1	79.000
Impianto di trattamento terreni	Corpo	1	122.000
Presidi locali per contenimento emissioni	Corpo	1	19.000
Esecuzione intervento			
Demolizione pavimentazione edifici	mc	2.700	66.100
Frantumazione materiali	mc	7.150	84.000
Rimozione rete fognaria e sottoservizi	Corpo	1	36.500
Rimozione terreni aree > CSR	mc	13.050	148.500
Rimozione terreni con materiali interrati	mc	8.600	94.300
Vagliatura terreni	mc	6.050	47.400
Movimentazione materiali all'interno del sito	mc	21.650	125.300
Trattamento terreni on site	mc	5.100	95.000
Sostituzione carbone trattamento aria	kg	21.000	31.500
Analisi smaltimento/recupero	n	41	26.600
Smaltimento terreni in discarica per rifiuti non pericolosi	t	8.925	1.071.000
Smaltimento rifiuti in discarica per rifiuti non pericolosi	t	1.960	235.200

	Smaltimento rifiuti in discarica per rifiuti pericolosi	t	840	151.000
	Fornitura materiale per ripristino quote p.c.	mc	12.500	125.000
	Riempimento aree scavi fino a quote p.c.	mc	21.650	63.200
	Riempimento aree palancoate fino a p.c.	mc	9.800	29.400
	Gestione e monitoraggio intervento	Corpo	1	120.000
	Oneri per la sicurezza	Corpo	1	25.000
				2.803.000
5	Monitoraggi			
	Monitoraggi aria	Corpo	1	146.000
	Monitoraggio acque sotterranee	Corpo	1	152.000
	Monitoraggio scarichi	Corpo	1	11.000
	Monitoraggi rumore	Corpo	1	26.000
				335.000
6	Collaudi			
	Aree sorgente	Corpo	1	23.000
	Acque sotterranee	Corpo	1	12.000
	Terreni insaturi	Corpo	1	32.000
				67.000
6	Misure di sicurezza			
	Impermeabilizzazione sommitale aree palancoate	mq	4.200	69.000
	Riporto 1 metro terreno su intera superficie	mc	33.000	330.000
	Gestione MISE in corso bonifica	Anni	3	590.000
				989.000
				Totale spese per lavori 12.004.000,00
B	SPESE TECNICHE			
	Direzione Lavori, Project Management	Corpo	1	350.000
	Coordinamento per la sicurezza	Corpo	1	120.000
				Totale spese tecniche 470.000,00
C	SPESE ACCESSORIE			
	Imprevisti (10%) e arrotondamenti	Corpo	1	1.226.000
				Totale spese accessorie 1.226.000,00
	TOTALE GENERALE FASE 2			13.700.000,00

In Allegato 15 si riporta il riepilogo dei costi finora sostenuti e da sostenere da Zambon Group fino al termine del procedimento di bonifica del Sito; da tale riepilogo si rileva che il costo complessivo sostenuto da Zambon Group ammonta a € 22.619.000,00.

18 Stima dell'energia necessaria

Nel presente capitolo si riportano le stime dell'energia elettrica e gas metano necessarie per l'esecuzione degli interventi di bonifica previsti.

Table 18.1 Potenza elettrica necessaria

Apparecchiature	Q	Unitario (kW)	Totale (kW)
Riscaldamento suolo			
Riscaldatori suolo	1	2.000	2.000
Impianto estrazione e trattamento vapori	1	110	110
Pompa rilancio acque	1	0,3	0,3
MPE			
Pompa vuoto	2	15	30
Pompa rilancio liquidi	2	0,3	0,6
Pompa condense	2	0,3	0,6
Trattamento terreni			
Aspiratore cumuli	2	5,5	11
Pompa rilancio condense	2	0,3	0,6
Aspiratore edificio W	1	18,5	18,5
Aspiratore edificio L	1	25	25
Aspiratore mobile	1	7,5	7,5
Pompe rilancio area stoccaggio materiali	4	2,2	8,8
Cannone nebulizzatore	1	12	12
MISE			
Impianto trattamento acque MISE falda	1	10	10
Compressori MISE falda	1	17,5	17,5
Impianto trattamento MISE acquiferi	1	11	11
Totale con riscaldamento suolo			2.263,4
Totale senza riscaldamento suolo			153,1

Per quanto riguarda invece la fornitura di gas, si stima necessaria una portata pari a 100 Nm³/h.