

Comune di Rivalta di Torino

RUP Arch. Maria Vitetta

RIVALTA DI TORINO (TO)

INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE E BONIFICA PER FASI DEI SITI OMA, DISCARICA OMA E CHIMICA INDUSTRIALE.

PROGETTO PRELIMINARE



Bortolami - Di Molfetta s.r.l.

VIA PEANO, 11 - 10129 TORINO - TEL. 011 505142/011 504359 - FAX 011 505221
C.F. - P.IVA 10359910014 - REA di Torino n. 1126692 Cap.Soc. interamente versato € 10.000
studio@bortolami-dimolfetta.com www.bortolami-dimolfetta.com

prof. geol. Giancarlo BORTOLAMI
prof. ing. Antonio DI MOLFETTA
dott. ing. Paolo CORDERO
dott. geol. Bianca SAUDINO DUGHERA
dott. ing. Valerio ZOLLA

Progettisti:



Prof. Ing. Antonio DI MOLFETTA

Geol. Bianca SAUDINO DUGHERA



Ing. Valerio ZOLLA

Ing. Paolo CORDERO



ogg.			comm.		15014
RELAZIONE TECNICA DI PROGETTO. STABILIMENTO CHIMICA INDUSTRIALE.			cat.	Bon	fase PR
			num.	C	
red.	Saudino - Zolla	approv.	A. Di Molfetta	scala	
file	15014PR-00C-RelTecChimica_00.docx		rev.	00	data 30/11/2015

revis. n.	data	oggetto revisione
00	30/11/15	prima emissione.

INDICE

1.	PREMESSA.....	4
1.1	Documentazione di riferimento.....	4
2.	OBIETTIVI DELL'INTERVENTO IN PROGETTO	6
3.	ESAME DELLE TECNOLOGIE DI BONIFICA APPLICABILI.....	8
3.1	Contaminazione dei terreni.....	8
3.2	Presenza di fase libera surnatante	9
3.3	Contaminazione delle acque sotterranee	10
3.3.1	Air Sparging e Soil Vapour Extraction (AS + SVE)	13
3.3.2	In situ Reactive Zone (IRZ)	15
4.	DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	18
4.1	Demolizione di fabbricati e di impianti fuori terra.....	18
4.2	Impermeabilizzazione delle superfici	19
4.3	Rimozione della fase libera surnatante.....	19
4.4	In situ reactive zone (IRZ) per il trattamento del plume.....	20
4.5	Air Sparging e Soil Vapour Extraction per il trattamento della sorgente	20
5.	DEMOLIZIONE DI FABBRICATI E IMPIANTI FUORI TERRA	22
5.1	Rilievo preliminare dei materiali potenzialmente pericolosi	22
5.2	Interventi di rimozione di amianto e fibre artificiali vetrose	22

5.3	Demolizione degli impianti e delle strutture fuori terra	23
5.4	Sottoservizi e serbatoi interrati.....	24
5.5	Approfondimenti a supporto della progettazione definitiva	24
6.	IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE SUPERFICI NELL'AREA DELLO STABILIMENTO CHIMICA INDUSTRIALE.....	26
6.1	Impermeabilizzazione delle aree destinate a strade e parcheggi (Tipo 1)	27
6.2	Impermeabilizzazione delle aree destinate a verde (Tipo 2)	28
6.3	Approfondimenti a supporto della progettazione definitiva	30
7.	RIMOZIONE DELLA FASE LIBERA SURNATANTE	31
7.1	Indagine geofisica preliminare per verificare l'estensione dell'area interessata da surnatante	31
7.1.1	Realizzazione di nuovi piezometri per l'estrazione del surnatante.....	32
7.2	Recupero della fase libera surnatante	33
7.3	Rimozione della massa idrocarburica residua	35
7.4	Approfondimenti a supporto della progettazione definitiva	36
8.	BONIFICA DELLE ACQUE SOTTERRANEE.....	37
8.1	Air Sparging e Soil Vapour Extraction.....	37
8.1.1	Pozzi di Air Sparging	39
8.1.2	Pozzi di Soil Vapour Extraction	40
8.1.3	Rete di distribuzione e collettamento.....	41
8.1.4	Stazioni di regolazione.....	41
8.1.5	Impianto centralizzato di compressione, aspirazione e trattamento.....	42
8.1.6	Esercizio dell'impianto e durata dell'intervento.....	45
8.1.7	Opere accessorie.....	46
8.1.8	Piezometri di monitoraggio	47
8.2	In Situ Reactive Zone per il trattamento del plume.....	47
8.2.1	Configurazione della Zona Reattiva	49

8.2.2	Dosaggio del reagente.....	49
8.2.3	Valutazione della longevità del reagente	50
8.2.4	Postazioni permanenti di iniezione.....	55
8.2.5	Iniezione dei reagenti.....	56
8.2.6	Piezometri di monitoraggio	57
8.3	Approfondimenti a supporto della progettazione definitiva	57
8.3.1	Prova pilota di Air Sparging e Soil Vapor Extraction.....	58
8.3.2	Prova pilota di In situ Reactive Zone.....	59
9.	PIANO DI MONITORAGGIO	61
<u>ALLEGATO 1</u>	Tavole grafiche.....	62
<u>ALLEGATO 2</u>	Allegato fotografico – edifici e strutture da demolire nella Chimica Industriale	71

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce parte integrante del Progetto Preliminare degli interventi di bonifica/messa in sicurezza permanente, ai sensi del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii., dei siti “Stabilimento OMA”, “Discarica OMA” e “Stabilimento Chimica Industriale” di Rivalta di Torino (TO). Esso è redatto dalla scrivente Bortolami-Di Molfetta S.r.l. su incarico del Comune di Rivalta di Torino, sulla base della convenzione stipulata in data 17/09/2015.

Nello specifico, la presente Relazione Tecnica descrive gli interventi di bonifica e messa in sicurezza permanente previsti dal progetto per il sito “Stabilimento Chimica Industriale” di Rivalta di Torino (TO).

Costituiscono parte integrante del progetto i seguenti elaborati:

- A – Relazione illustrativa generale;
- B – Relazione tecnica di progetto. Discarica e Stabilimento OMA;
- C – Relazione tecnica di progetto. Stabilimento Chimica Industriale;
- D – Prime indicazioni e misure finalizzate alla tutela della salute e sicurezza dei luoghi di lavoro per la stesura dei piani di sicurezza;
- E – Calcolo sommario della spesa e quadro economico;
- F – Piano economico e finanziario di massima.

Tali elaborati, come richiesto dal contratto, rispondono ai contenuti previsti dall’art. 17, comma 1, lettere a), b), e), f), g) e h), comma 4 del D.P.R. 207/2010.

Le Tavole citate nel testo sono riportate in Allegato 1.

1.1 Documentazione di riferimento

Per l’elaborazione del presente progetto si è tenuto conto delle informazioni sito-specifiche acquisite non solo in fase di caratterizzazione, ma anche nel corso delle numerose indagini

realizzate in passato sull'area. In particolare, si è fatto riferimento alla seguente documentazione:

- [1] Dicembre 2003. Piano della caratterizzazione dello Stabilimento della Società Chimica Industriale Srl sita in Comune di Rivalta, ai sensi del DM 471/99. Studio Bortolami e Di Molfetta.
- [2] Dicembre 2003. Piano della caratterizzazione dello Stabilimento della Oma SpA sita in Comune di Rivalta, ai sensi del DM 471/99. Studio Bortolami e Di Molfetta.
- [3] Dicembre 2003. Piano della caratterizzazione della discarica Oma sita in Comune di Rivalta, ai sensi del DM 471/99. Studio Bortolami e Di Molfetta.
- [4] 2007-2008. Risultati delle indagini di caratterizzazione (relazioni varie). URS Italia.
- [5] Luglio 2007. Progetto Definitivo dei “Primi interventi urgenti di messa in sicurezza ex discarica OMA” Studio A.I.S.A., Studio Tedesi, Studio Anselmo associati.
- [6] Ottobre 2010. Applicazione della procedura di analisi di rischio sanitario-ambientale ai siti “Stabilimento Oma” e “Discarica OMA”. Studio Bortolami e Di Molfetta.
- [7] Ottobre 2010. Applicazione della procedura di analisi di rischio sanitario-ambientale ai siti “Stabilimento Chimica Industriale”. Studio Bortolami e Di Molfetta.
- [8] Febbraio 2010. Progetto Definitivo. Completamento dei primi interventi di bonifica della ex Discarica Oma. ETC Studio Associato.
- [9] Settembre 2012. Relazione di fine lavori. Completamento dei primi interventi di bonifica della ex Discarica Oma. Bugno Luciano Srl.
- [10] Giugno, 2015. Progetto Esecutivo. Interventi di messa in sicurezza del surnatante presente a valle della discarica Oma e monitoraggio acque sotterranee. Bortolami - Di Molfetta Srl.
- [11] Comunicazione della Regione Piemonte prot. n. 9117/DB10.12 del 11/07/14.

2. OBIETTIVI DELL'INTERVENTO IN PROGETTO

Per lo Stabilimento Chimica Industriale, l'analisi di rischio ha evidenziato concentrazioni superiori alle CSR in tutte le sorgenti secondarie di contaminazione all'interno dello stabilimento (suolo superficiale, suolo profondo e acque sotterranee). Verosimilmente, in corrispondenza di un limitato settore sul lato Nord dell'impianto, la contaminazione dei terreni si estende anche oltre il perimetro del sito. Una porzione ridotta dello stabilimento risulta inoltre interessata dalla presenza di idrocarburi in fase libera surnatante.

Concentrazioni superiori alle CSC per le acque sotterranee sono state riscontrate anche nei piezometri di monitoraggio a valle del sito. A causa dell'elevata persistenza e mobilità dei contaminanti presenti, il plume di contaminazione si estende per diversi chilometri lungo la direzione di deflusso.

Si rileva infine che all'interno dello stabilimento sono ancora presenti numerosi fabbricati, serbatoi ed impianti, dismessi o tutt'ora in uso, di cui occorre prevedere la demolizione in quanto strettamente funzionale all'intervento di bonifica / messa in sicurezza permanente. Durante i sopralluoghi eseguiti è stata evidenziata la potenziale presenza di materiali pericolosi nelle strutture da demolire, quali amianto in matrice compatta, amianto in matrice friabile e fibre artificiali vetrose, seppur in quantitativi piuttosto limitati.

Tenuto conto degli aspetti sopra elencati, l'intervento di risanamento del sito è stato pertanto elaborato rispetto a cinque questioni distinte:

1. **demolizione di fabbricati ed impianti:** gli obiettivi sono identificare e rimuovere in sicurezza i materiali pericolosi presenti nelle strutture e completare quindi la demolizione di tutte le strutture fuori terra, per consentire l'esecuzione dei successivi interventi;
2. **completamento della caratterizzazione nelle aree esterne:** l'obiettivo è di completare la delimitazione delle sorgenti di contaminazione nelle aree a Nord dell'impianto, precedentemente non investigate;

3. **contaminazione dei terreni:** l'obiettivo principale è ricondurre nei limiti di accettabilità il rischio per i fruitori dell'area, derivante dal contatto diretto con i terreni contaminati e dall'inalazione di vapori dal suolo superficiale e profondo;
4. **rimozione della fase libera surnatante:** l'obiettivo è eliminare questa sorgente primaria di contaminazione al fine di consentire l'esecuzione dei successivi interventi di bonifica delle acque sotterranee;
5. **contaminazione delle acque sotterranee:** gli obiettivi sono la riduzione a livelli accettabili del rischio di inalazione di vapori dalla falda e il raggiungimento dei requisiti di qualità delle acque sotterranee al punto di conformità.

3. ESAME DELLE TECNOLOGIE DI BONIFICA APPLICABILI

Di seguito vengono prese in esame le diverse tecniche di bonifica che possono essere applicate nei siti in esame. Di ciascuna tecnologia sono analizzati i principi di funzionamento, le caratteristiche peculiari, i principali vantaggi e limitazioni.

3.1 Contaminazione dei terreni

I risultati della caratterizzazione e dell'analisi di rischio indicano la necessità di intervenire per ricondurre a livelli di accettabilità il rischio per i fruitori dell'area derivante dal contatto diretto con i terreni contaminati e dall'inalazione di vapori dal suolo superficiale e profondo. L'area contaminata ha un'estensione superficiale di circa 23'000 m² ed interessa il mezzo insaturo su tutta la verticale, oltre che i terreni nella zona di escursione della falda (profondità di 6÷10 m dal piano campagna).

I contaminanti le cui concentrazioni rappresentative risultano superiori alle concentrazioni obiettivo sono: idrocarburi C<12, idrocarburi C>12, PCB, diossine e furani, metalli pesanti (cromo VI, mercurio), idrocarburi aromatici (benzene, toluene, etilbenzene, xileni, stirene, isopropilbenzene, 1,3,5-trimetilbenzene), IPA (benzo[a]pirene), solventi clorurati (diclorometano, cloroformio, cloruro di vinile, 1,2-dicloroetano, 1,1-dicloroetilene, 1,2-dicloropropano, 1,1,2-tricloroetano, tricloroetilene, 1,2,3-tricloropropano, 1,1,2,2-tetracloroetano, tetracloroetilene, 1,1,1,2-tetracloroetano, esaclorobutadiene, cis-1,2-dicloroetilene, 1,1,1-tricloroetano), clorobenzeni (clorobenzene, esaclorobenzene).

Essendo presenti inquinanti di diversa tipologia (metalli, idrocarburi pesanti, idrocarburi aromatici, alifatici clorurati, aromatici clorurati), l'unica tecnica di bonifica potenzialmente applicabile a tutti gli inquinanti è data dallo scavo e smaltimento dei terreni contaminati. Tuttavia, in ragione dell'estensione superficiale e volumetrica della contaminazione, anche l'ipotesi di rimozione del materiale deve essere scartata a priori, sia per ragioni economiche

che per le oggettive difficoltà tecniche rappresentate dalle elevate profondità di scavo. L'intervento sarebbe inoltre caratterizzato da elevati impatti ambientali in termini di consumo del territorio e di risorse naturali, inquinamento atmosferico, consumo di carburante e rumori associati al trasporto dei materiali.

In questi casi, visto che l'accettabilità del rischio sanitario è legata esclusivamente all'eliminazione delle vie di esposizione per contatto dermico e inalazione di vapori, la tecnologia di elezione è rappresentata dalla realizzazione di una copertura superficiale (capping), che costituisca una barriera atta ad impedire l'esposizione dei soggetti fruitori dell'area.

Un ulteriore contributo all'eliminazione del rischio di inalazione di vapori sarà dato dagli interventi di rimozione della fase libera surnatante (par. 3.2) e di Soil Vapour Extraction, previsto in accoppiamento all'Air Sparging per la bonifica delle acque sotterranee (vedasi par. 3.3).

3.2 Presenza di fase libera surnatante

Il recupero della fase libera è una tecnica di intervento sulla sorgente contaminante volta alla rimozione del cosiddetto *pancake* di idrocarburi in fase libera surnatante. Generalmente, tale intervento viene portato a termine nelle seguenti modalità:

1. recupero della fase libera mediante depressione della tavola d'acqua;
2. estrazione bifase (*dual phase extraction*) o *bioslurping*.
3. recupero della sola fase libera mediante l'utilizzo di *oil skimmer*;
4. recupero della sola fase libera mediante l'utilizzo di *disoleatori a nastro*;

Le tecnologie 1 e 2 sopraelencate richiedono l'installazione di dispositivi fissi per l'estrazione degli idrocarburi e di un impianto di trattamento dei reflui idrici prodotti. Il loro ricorso presume quindi la disponibilità di un allacciamento alla rete fognaria per lo scarico dei reflui idrici prodotti o, in alternativa, di uno scarico in corpo idrico superficiale,

oltre ad un allacciamento alla rete elettrica per l'alimentazione dei sistemi di estrazione e degli eventuali impianti.

Tutte le tecnologie sopraelencate richiedono inoltre l'assistenza continua di operatori per il corretto posizionamento degli strumenti in funzione delle oscillazioni della falda (con la sola eccezione dei disoleatori a nastro).

Nel caso in esame, trattandosi di un sito industriale in larga parte dismesso, in cui non è prevista una presenza continuativa di operatori e a ragione delle accentuate oscillazioni stagionali della falda, legate alla vicinanza al T. Sangone, si ritiene che la migliore soluzione tecnica per il caso in esame sia rappresentata dall'allestimento di un disoleatore a nastro in corrispondenza di ciascun piezometro caratterizzato dalla presenza di surnatante, collegato ad un serbatoio di accumulo del prodotto estratto, da avviare periodicamente a smaltimento.

Al termine delle operazioni, per rimuovere la massa idrocarburica residua si eseguirà un intervento "push&pull" di dosaggio di reagenti nell'acquifero e successivo recupero del prodotto in fase disciolta.

3.3 Contaminazione delle acque sotterranee

Con riferimento alle acque sotterranee, i contaminanti le cui concentrazioni rappresentative risultano superiori alle concentrazioni obiettivo sono: idrocarburi totali, PCB, contaminanti inorganici (ferro, manganese, nichel, ammoniaca), idrocarburi aromatici (benzene, toluene, xileni), solventi clorurati (diclorometano, cloroformio, cloruro di vinile, 1,2-dicloroetano, 1,1-dicloroetilene, 1,2-dicloropropano, 1,1,2-tricloroetano, tricloroetilene, 1,2,3-tricloropropano, 1,1,2,2-tetracloroetano, tetracloroetilene, carbonio tetracloruro, 1,1,1,2-tetracloroetano, esaclorobutadiene), ammine aromatiche (p-toluidina).

I risultati della caratterizzazione e dell'analisi di rischio indicano che il fenomeno di contaminazione più significativo, sia per la falda superficiale che per quella profonda, anche

se per quest'ultima in misura sensibilmente inferiore, è rappresentato dai solventi clorurati, che si sono propagati a valle del sito, lungo la direzione di deflusso della falda, per oltre un chilometro. Tuttavia, tenuto presente che a valle del sito devono essere rispettate le CSC, è necessario individuare una tecnologia di intervento che sia in grado di abbattere contemporaneamente anche gli altri contaminanti organici presenti.

In via preliminare si ritiene invece di non dover prevedere un intervento specifico per i contaminanti inorganici, in quanto:

1. ferro, manganese e nichel rappresentano un fenomeno di contaminazione secondaria, indotto dalla degradazione microbica dei contaminanti organici e destinato ad esaurirsi una volta rimosse tali sostanze;
2. l'ammoniaca ha presentato solo alcuni occasionali e limitati superamenti delle CSC, localizzati in pochi punti di monitoraggio. Verosimilmente l'impermeabilizzazione superficiale dell'area sarà sufficiente ad interrompere il rilascio di questa sostanza in falda. In caso contrario, nello sviluppo delle successive fasi di progettazione sarà valutata l'ipotesi di interventi localizzati sui singoli hot spot.

Nella scelta della tecnologia di intervento si sono dovuti considerare alcuni aspetti fondamentali:

- escludere tecnologie che avrebbero richiesto oneri di gestione continui nel tempo e perciò incompatibili con le risorse di un ente pubblico;
- escludere tecnologie che sarebbero state efficaci con una sola tipologia di contaminanti, ma non con tutti quelli obiettivo di bonifica.

Alla luce di quanto sopra:

1. un intervento di Pump&Treat non risulta applicabile perché, ricadendo la maggior parte dei contaminanti obiettivo nella categoria dei NAPL, il sistema dovrebbe operare per decenni prima di raggiungere gli obiettivi prefissati, con costi di gestione prolungati nel tempo e non compatibili con le risorse di un ente pubblico;
2. una barriera permeabile reattiva (PRB) a ferro zerovalente rappresenterebbe una

soluzione efficace per i solventi clorurati, ma sarebbe del tutto inefficace per gli idrocarburi totali e i BTEX. Inoltre, una PRB sarebbe comunque eccessivamente onerosa per via delle elevate profondità e dall'alta velocità di deflusso della falda, che richiede grandi spessori di mezzo reattivo. La tecnologia non è quindi applicabile al caso in esame;

3. un intervento di riduzione chimica in situ (ISCR) sarebbe efficace per buona parte dei solventi clorurati, ma del tutto inefficace per gli idrocarburi, i BTEX e per i solventi clorurati più resistenti al processo di dealogenazione anaerobica riduttiva (es. 1,2-dicloropropano, 1,2,3-tricloropropano);
4. un intervento di ossidazione chimica in situ (ISCO) potrebbe ad un primo esame essere considerato idoneo, sia per i solventi clorurati che per gli idrocarburi. Esso presenta tuttavia un elevato rischio di mobilitazione di metalli pesanti e di sottoprodotti di reazione, che potrebbero inficiare il risultato finale. Inoltre, l'ISCO sarebbe più adatto a trattare le zone di sorgente che non il plume di valle, ove sarebbe molto difficile raggiungere le CSC previste dalla normativa. Anche per la sorgente, tuttavia, la limitata longevità dei reagenti potrebbe determinare l'insorgere di fenomeni di rebound e richiedere nuove applicazioni del prodotto, creando difficoltà alla gestione della bonifica da parte di un ente pubblico.

Sulla base delle considerazioni sopra esposte, la scelta progettuale è ricaduta sull'impiego contemporaneo di due tecnologie:

- per il **trattamento del plume di contaminazione** in uscita dallo stabilimento, è prevista la creazione di una Zona Reattiva In Situ in corrispondenza del fronte di valle dello stabilimento, mediante l'iniezione in falda di un reagente a base di carbone attivo micrometrico e nutrienti a rilascio controllato. Questo consentirà di immobilizzare per adsorbimento i contaminanti organici presenti, accelerandone al tempo stesso i processi di biodegradazione. Il reagente adsorbente sarà distribuito in corrispondenza sia della prima che della seconda falda, mediante la realizzazione di una serie di postazioni di iniezione allineate ortogonalmente alla direzione di

deflusso. Obiettivo dell'intervento è il raggiungimento delle CSC nelle acque sotterranee a valle della zona reattiva.

- per il **trattamento della sorgente di contaminazione**, sarà eseguito un intervento di Air Sparging (AS), accoppiato ad un intervento di Soil Vapour Extraction (SVE) per la captazione e il trattamento dei vapori. Obiettivo dell'intervento è abbattere le concentrazioni degli inquinanti in ingresso alla Zona Reattiva In Situ, al fine di aumentarne la longevità e l'efficienza. I pozzi di air sparging saranno completati esclusivamente nella prima falda; la seconda falda, grazie al ridotto gradiente piezometrico, determina un basso flusso di contaminanti in uscita e, pertanto, non risulta necessario un abbattimento delle concentrazioni alla sorgente.

3.3.1 Air Sparging e Soil Vapour Extraction (AS + SVE)

L'*air sparging* (AS) è una tecnologia di trattamento che estende alla zona satura la capacità e potenzialità del *soil vapour extraction* (SVE) usato nella zona non satura. Il processo consiste nell'iniezione di aria in pressione al di sotto della tavola d'acqua attraverso un sistema di pozzi verticali eventualmente accoppiati ad un sistema per la cattura ed il trattamento dei vapori inquinati che vengono catturati nel mezzo non saturo (Fig. 3.1). Il sistema di captazione dei vapori è necessario nel caso in cui questi possano migrare verso la superficie o all'interno di strutture sotterranee andando a costituire una fonte di rischio.

La rimozione dell'inquinante avviene grazie alla combinazione di tre meccanismi:

- stripping del contaminante disciolto in fase acquosa;
- volatilizzazione diretta del contaminante presente in fase segregata o adsorbito;
- biodegradazione del contaminante per metabolismo aerobico.

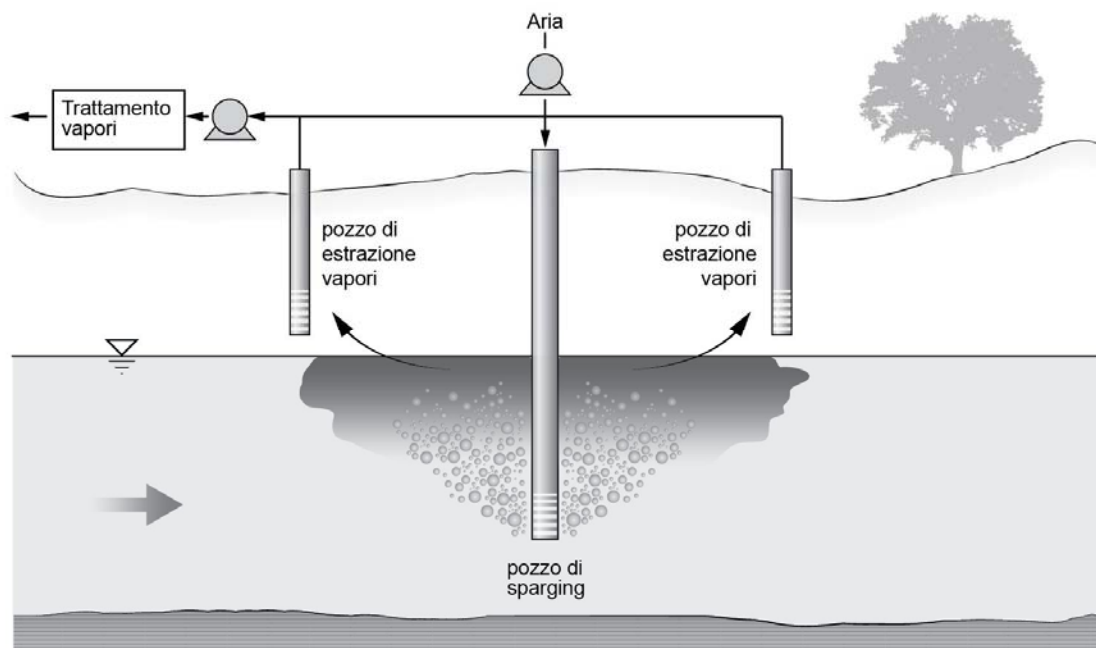


Fig. 3.1. Schema di un sistema di Air Sparging e Soil Vapour Extraction.

In un impianto di *air sparging*, i fattori che maggiormente influenzano la capacità di rimuovere un contaminante disciolto in fase acquosa sono: la costante di Henry del composto, la modalità in cui l'aria si distribuisce nel mezzo saturo ed in quello non saturo, la tensione di vapore del composto e la presenza di colonie microbiche adeguate e di macronutrienti in capacità sufficiente. Queste ultime variabili, influenzano la biodegradazione per metabolismo aerobico, meccanismo fortemente dipendente dalla tipologia del contaminante.

L'*air sparging* favorisce la volatilizzazione dei contaminanti adsorbiti o intrappolati nei pori e la dissoluzione della fase adsorbita del contaminante, determinandone lo strippaggio in corrispondenza della tavola d'acqua. In corrispondenza della zona non satura dell'acquifero l'aria iniettata può determinare la volatilizzazione diretta del contaminante adsorbito. Tale condizione è fortemente influenzata dalla tensione di vapore del contaminante stesso.

Data la complessità dei parametri che entrano in gioco per la progettazione di un impianto

full-scale di AS+SVE, è consigliabile tarare la tecnologia mediante l'allestimento di un impianto pilota. Tale impianto, prima della sua attivazione, viene utilizzato per eseguire alcuni test pilota attraverso i quali è possibile determinare i parametri essenziali e necessari per la progettazione di un sistema full-scale.

I principali vantaggi di tale tecnologia, nell'ipotesi di un'applicazione al sito in esame, sono:

- ottimo rapporto costi-benefici;
- elevata efficacia rispetto a tutti i contaminanti organici volatili, siano essi idrocarburi aromatici, idrocarburi alifatici clorurati o altri alogenati;
- il raggio di influenza aumenta proporzionalmente alla conducibilità idraulica;
- agisce sull'intera massa di contaminante presente nell'acquifero (frazione disciolta, frazione adsorbita e fase non miscibile alla saturazione residua).

Per contro, occorre tenere conto delle seguenti limitazioni:

- sono necessarie prove pilota per dimensionare l'intervento;
- l'efficacia e il raggio di influenza diminuiscono a profondità superiori a 10 m dalla tavola d'acqua;
- è richiesta l'installazione e la gestione di un impianto fuori terra;
- il metodo è inefficace rispetto ai metalli, se non per via indiretta (rimozione di contaminanti organici → riduzione della contaminazione secondaria);
- è necessario rimuovere il prodotto libero surnatante per evitarne la migrazione, con conseguente diffusione della contaminazione.

3.3.2 In situ Reactive Zone (IRZ)

Il concetto alla base della tecnologia è la creazione di una zona reattiva attraverso l'iniezione di reagenti nel sottosuolo, in cui i contaminanti che la attraversano per effetto del gradiente naturale della falda sono intercettati e immobilizzati in modo permanente, o trasformati in composti non pericolosi per l'ambiente e per la salute umana.

Concettualmente, la tecnologia è molto simile alle Barriere Permeabili Reattive, con la differenza che in questo caso non si sostituisce il terreno naturale con il mezzo reattivo, ma si distribuisce il reagente nel mezzo poroso attraverso tecniche di iniezione in pressione. Inoltre, a differenza delle PRB, questa tecnologia è idonea anche per il trattamento della sorgente di contaminazione e non esclusivamente per l'intercettazione del plume.

Nel caso in esame, è stata prevista la realizzazione di una zona reattiva in sito per trattare il plume in uscita dal sito contaminato lungo il confine di valle dello stabilimento OMA e delle aree limitrofe (fascia di terreno tra lo stabilimento e il T. Sangone). L'obiettivo dell'intervento è di creare un trattamento chimico-fisico in situ in grado di potenziare i meccanismi di adsorbimento dei contaminanti e di implementare i processi di biodegradazione degli stessi.

Questo risultato può essere raggiunto iniettando in falda una soluzione acquosa in cui è sospeso un colloide solido a base di carbone attivo in particelle di dimensioni micrometriche, dalle proprietà altamente adsorbenti e trattato superficialmente in modo da avere sia caratteristiche anti-coagulanti che ne favoriscono la distribuzione in falda, sia essere dotato di nutrienti a bassa solubilità e rilascio controllato che favoriscono l'instaurarsi di processi di biodegradazione dei contaminanti.

La sospensione colloidale liquida sarà iniettata in falda mediante pompe a membrana o a pistone, in postazioni di iniezione appositamente realizzate che assicureranno una distribuzione omogenea del prodotto lungo tutta la verticale, vedasi Fig. 3.2. Le iniezioni potranno eventualmente essere ripetute nel tempo utilizzando le stesse postazioni, per eventuali correzioni di dosaggio.

Una volta a contatto con la falda contaminata, grazie all'elevata superficie specifica delle particelle collodiali micrometriche si innescherà immediatamente il meccanismo di adsorbimento, ottenendo un rapido abbattimento della contaminazione presente in fase disciolta. I contaminanti adsorbiti forniranno a loro volta il substrato principale per alimentare i processi di biodegradazione, che a loro volta potranno eventualmente essere accelerati attraverso la somministrazione di accettori/donatori di elettroni e nutrienti,

addizionati nel processo di ingegnerizzazione del prodotto.

E' importante sottolineare che la biodegradazione dei contaminanti, oltre a eliminare permanentemente una massa degli stessi, consentirà la liberazione di spazi sul carbone attivo, favorendo così l'ulteriore adsorbimento e, conseguentemente, l'innescio di un ciclo virtuoso.

L'utilizzo di biomatrici colloidali in soluzione è già stato sperimentato con successo sia con i solventi alogenati che con gli idrocarburi. In materiali come quelli caratteristici del sito in oggetto, il raggio di influenza in cui il prodotto si distribuisce omogeneamente dal punto di iniezione è stimabile dell'ordine di 2 m.

Data la complessità del processo, è stata prevista la realizzazione preliminare di un test pilota in campo allo scopo di ricavare i parametri sito-specifici necessari per il progetto full-scale dell'intervento.

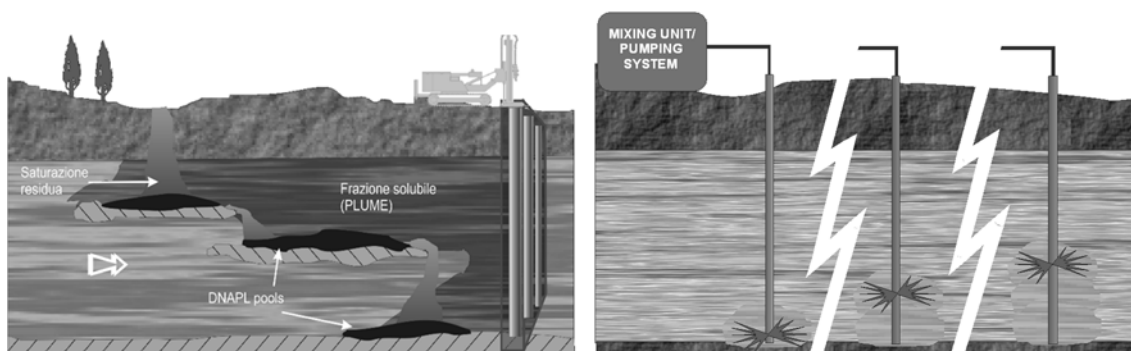


Fig. 3.2. Zona reattiva in situ per il trattamento del plume e distribuzione del reagente mediante postazioni permanenti di iniezione.

4. DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Di seguito vengono brevemente descritti gli interventi previsti nei siti oggetto di intervento. Per una descrizione di maggiore dettaglio delle singole opere e dei relativi criteri di dimensionamento si rimanda ai capitoli seguenti.

Per lo Stabilimento Chimica Industriale si prevede un intervento di bonifica e messa in sicurezza permanente, che comprende l'esecuzione delle seguenti opere:

1. demolizione di fabbricati e impianti fuori terra;
2. impermeabilizzazione delle superfici;
3. rimozione della fase libera surnatante;
4. in situ reactive zone (IRZ) per il trattamento del plume;
5. air sparging e soil vapour extraction (AS+SVE) per il trattamento della sorgente.

4.1 Demolizione di fabbricati e di impianti fuori terra

È prevista la demolizione dei fabbricati, dei serbatoi e degli impianti fuori terra presenti all'interno dello stabilimento, in quanto strettamente funzionale all'intervento di bonifica / messa in sicurezza permanente.

Preliminarmente si procederà con il censimento e la rimozione in sicurezza dei materiali pericolosi presenti nelle strutture da demolire, quali amianto in matrice compatta, amianto in matrice friabile e fibre artificiali vetrose.

Si procederà quindi con l'inertizzazione dei serbatoi interrati ancora presenti e con la demolizione degli impianti e delle strutture fuori terra.

I materiali inerti prodotti dalle demolizioni saranno riutilizzati per la formazione dello

strato di regolarizzazione previa selezione, vagliatura e riduzione volumetrica da effettuarsi mediante impianto mobile autorizzato all'interno dello stesso cantiere.

4.2 Impermeabilizzazione delle superfici

Sull'intera area dello Stabilimento Chimica Industriale è prevista la realizzazione di una copertura superficiale impermeabile ("capping"), allo scopo di minimizzare l'infiltrazione delle acque meteoriche attraverso il suolo contaminato, impedire il contatto diretto con il suolo superficiale contaminato e minimizzare le eventuali emissioni di vapori inquinanti dal sottosuolo.

Non essendo ancora stato definito l'effettivo riutilizzo finale delle aree in oggetto, vengono proposti due distinti sistemi di impermeabilizzazione, il primo compatibile con un utilizzo a parcheggio/strada, il secondo per un utilizzo ad area verde.

Le acque meteoriche verranno raccolte mediante un sistema di canalette appositamente dimensionate e scaricate nel sistema fognario esistente, previa autorizzazione.

L'intervento sarà preceduto da un indagine integrativa sulle aree a Nord dello stabilimento per completare la delimitazione della contaminazione e definire l'effettiva estensione del capping.

4.3 Rimozione della fase libera surnatante

Una zona a Nord-Est dello stabilimento è interessata dalla presenza di idrocarburi in fase libera surnatante.

Si prevede un intervento di recupero della fase libera mediante l'installazione di disoleatori a nastro in tutti i piezometri caratterizzati dalla presenza di surnatante, collegati a serbatoi di accumulo del prodotto estratto.

Al termine delle operazioni, per rimuovere la massa idrocarburica residua si eseguirà un intervento “push&pull” di dosaggio di reagenti nell’acquifero e successivo recupero del prodotto in fase disciolta.

4.4 In situ reactive zone (IRZ) per il trattamento del plume

Per il trattamento del plume di contaminazione in uscita dallo stabilimento, è prevista la creazione di una Zona Reattiva In Situ (In Situ Reactive Zone - IRZ) in corrispondenza del fronte di valle dello stabilimento, mediante l'iniezione in falda di un reagente a base di carbone attivo micrometrico e nutrienti a rilascio controllato. Questo consentirà di immobilizzare per adsorbimento i contaminanti organici presenti in falda, accelerando al tempo stesso il processo di biodegradazione.

Il reagente adsorbente sarà distribuito in corrispondenza sia della prima che della seconda falda, mediante la realizzazione di una serie di postazioni di iniezione allineate ortogonalmente alla direzione di deflusso. Obiettivo dell'intervento è il raggiungimento delle CSC nelle acque sotterranee a valle della zona reattiva.

L'intervento full-scale sarà preceduto dalla realizzazione di una prova pilota.

4.5 Air Sparging e Soil Vapour Extraction per il trattamento della sorgente

La longevità e l'efficienza dei mezzi adsorbenti sono tanto più elevate quanto più è basso il carico inquinante nel flusso da trattare. Di conseguenza, accoppiato alla Zona Reattiva In Situ, il progetto prevede un intervento di Air Sparging (AS), finalizzato ad abbattere le concentrazioni presenti alla sorgente di contaminazione.

L'insufflazione di aria avverrà attraverso una serie di pozzi di iniezione distribuiti in tutto lo stabilimento e nei terreni contaminati limitrofi allo stesso. I pozzi di air sparging saranno

completati esclusivamente nella prima falda; la seconda falda, grazie al ridotto gradiente piezometrico, determina un basso flusso di contaminanti in uscita e, pertanto, non risulta necessario un abbattimento delle concentrazioni alla sorgente.

Per la captazione e il trattamento dei vapori, l'Air Sparging sarà accoppiato ad un intervento di Soil Vapour Extraction (SVE). Il sistema sarà completato da un impianto on-site centralizzato di compressione, aspirazione e trattamento dell'aria, a cui i pozzi di AS e SVE saranno collegati attraverso tubazioni interrato al di sotto del capping, per non interrompere la continuità.

L'abbattimento dei VOC presenti alla sorgente, sia nell'acquifero che nel mezzo non saturo, diminuirà la volatilizzazione di vapori verso il piano campagna e, unitamente all'impermeabilizzazione delle superfici, consentirà di eliminare il rischio di esposizione alla contaminazione per inalazioni di vapori.

L'intervento full-scale sarà preceduto dalla realizzazione di una prova pilota.

5. DEMOLIZIONE DI FABBRICATI E IMPIANTI FUORI TERRA

5.1 Rilievo preliminare dei materiali potenzialmente pericolosi

A seguito di sopralluogo presso l'area è stato possibile individuare la presenza di materiali e manufatti potenzialmente pericolosi presso più edifici e impianti. In Tav. 5.1 è riportata una planimetria dello stabilimento con indicazione dei fabbricati e degli edifici presenti. La documentazione fotografica raccolta è riportata in Allegato 2.

Durante il sopralluogo non è stato possibile accedere all'area impianti dell'azienda che opera attualmente in una parte dello stabilimento (GS Plastificanti). Non è stato quindi possibile valutare l'eventuale presenza di amianto o altri materiali pericolosi in quest'area (es. coibentazioni nei serbatoi aerei, superfici vetrate non accessibili).

I materiali con sospetta presenza di amianto (MCA) rinvenuti sono costituiti da:

- Guaine bituminose a copertura di bassi fabbricati (circa 520 m²);
- Possibili coibentazioni in serbatoi metallici fuori terra (matrice friabile).

I materiali con presenza di Fibre artificiali vetrose (FAV) potenzialmente cancerogene sono stati invece riscontrati presso i seguenti manufatti:

- Isolamento di tubazioni;
- Cumuli di rifiuti a terra;
- Isolamento di serbatoi fuori terra;
- Isolamento tetto rimosso del capannone adibito a laboratorio.

5.2 Interventi di rimozione di amianto e fibre artificiali vetrose

In via preliminare e sulla base delle informazioni disponibili, per la rimozione dei materiali contenenti amianto e delle fibre artificiali vetrose si ipotizzano i seguenti interventi:

- Creazione di un unico cantiere di bonifica, esteso all'intera area dello stabilimento Chimica Industriale (circa 23'000 m²); l'eventuale necessità di svincoli parziali delle aree, per consentire le attività di demolizione in alcune zone, sarà valutata in sede di progettazione definitiva/esecutiva;
- Intervento di bonifica eseguito presso 5 edifici per amianto in matrice compatta e in 1 area per amianto in matrice friabile;
- Confinamento statico e dinamico dell'area del laboratorio chimico (Edificio 8 in Tav. 5.1), previa realizzazione di una tensostruttura a totale copertura della zona;
- Smaltimento di 32 t di rifiuti, di cui 2 t di materiale compatto (guaine) e 30 t di lane minerali/fibre ceramiche.

La rimozione dei materiali contenenti amianto dovrà essere effettuata da una ditta specializzata, iscritta all'Albo Gestori Ambientali nella categoria idonea (10 A/B).

La durata complessiva delle attività sopraelencate è stimata di circa sei mesi.

5.3 Demolizione degli impianti e delle strutture fuori terra

Il completamento delle demolizioni potrà essere avviato una volta ultimata la bonifica dei materiali da costruzione contenenti sostanze pericolose (MCA e FAV). L'attività consisterà nella demolizione selettiva, con conseguente suddivisione dei rifiuti in categorie merceologiche omogenee, degli edifici, delle attrezzature e degli impianti presenti sull'area fino all'attuale piano campagna, compresa la recinzione perimetrale. Saranno esclusi dalla demolizione unicamente le pavimentazioni e le vasche interrato.

Tutti i materiali provenienti dalle demolizioni dovranno essere selezionati e inviati a recupero o smaltimento presso impianti autorizzati. I materiali inerti potranno essere riutilizzati per la formazione dello strato di regolarizzazione e per il riempimento delle vasche interrato, previa selezione, vagliatura e riduzione volumetrica da effettuarsi in un

centro attrezzato all'interno dello stesso cantiere.

In via preliminare si prevede la produzione di materiali da demolizione per un volume complessivamente pari a circa 2'500 m³.

5.4 Sottoservizi e serbatoi interrati

Sebbene non esista una normativa specifica in materia, di regola i serbatoi dismessi sono considerati un rifiuto e come tali devono essere gestiti secondo quanto previsto dalla normativa di settore.

Tuttavia, nel più ampio ambito di un intervento di messa in sicurezza permanente come quello in progetto, non si ritiene opportuno procedere alla rimozione dei serbatoi interrati e delle eventuali linee di distribuzione, sia perché non funzionale ai successivi interventi, sia perché tale attività determinerebbe comunque un impatto ambientale in termini di emissioni in atmosfera e di produzione di rifiuti.

I serbatoi interrati verranno quindi ispezionati, per verificare l'avvenuto smaltimento dei prodotti originariamente presenti al loro interno, ed eventualmente bonificati dai fondami ancora presenti. Eseguita la certificazione "gas free" del serbatoio, si procederà con la sua inertizzazione riempiendolo con materiale inerte sciolto (es. sabbia, argilla espansa), facilmente attraversabile se intercettato in fase di perforazione dei pozzi di AS/SVE.

5.5 Approfondimenti a supporto della progettazione definitiva

La progettazione definitiva delle attività sopradescritte necessita dei seguenti approfondimenti:

- rilievo topografico di dettaglio delle strutture e degli impianti da demolire;
- caratterizzazione analitica e mappatura dei materiali pericolosi (MCA e FAV)

presenti nelle strutture da demolire;

- campionamento e analisi dei materiali oggetto di demolizione, per la corretta gestione come rifiuto e per valutarne il recupero in sito.

6. IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE SUPERFICI NELL'AREA DELLO STABILIMENTO CHIMICA INDUSTRIALE

Sull'intera area dello stabilimento Chimica Industriale è prevista la realizzazione di una copertura superficiale definitiva ("capping"), avente le seguenti funzioni:

- impedire l'infiltrazione delle acque meteoriche attraverso il suolo contaminato in modo tale da evitare la diffusione in profondità degli inquinanti, in particolare verso le acque sotterranee;
- inibire il contatto diretto con il suolo superficiale contaminato;
- minimizzare le eventuali emissioni di vapori inquinanti dal sottosuolo.

La planimetria e le sezioni del capping in progetto sono riportate in Tav. 6.1 e 6.2.

Le prime applicazioni in campo ambientale, risalenti agli anni '80, prevedevano l'isolamento del terreno contaminato attraverso uno o due strati di terreno argilloso compattato, rivestiti di terreno vegetale. L'esperienza maturata nell'applicazione di sistemi di copertura alle discariche controllate, ha favorito una notevole evoluzione tecnologica, soprattutto in termini di materiali impiegati. Si è giunti così all'adozione di sistemi multistrato composti costruiti con materiali naturali (terreno vegetale, ghiaia, sabbia, argilla) ed artificiali (geosintetici).

Sulla base delle indicazioni contenute nel PRGC vigente, per il sito in esame è prevista la bonifica e il recupero per la creazione di attrezzature sportive da integrare ad una forte rinaturalizzazione e ad aree attrezzate per l'osservazione della natura, la fruizione della didattica e la sosta.

Non essendo ancora stato definito l'effettivo riutilizzo finale delle aree in oggetto, di seguito vengono proposti due sistemi di copertura:

- Tipo 1: impermeabilizzazione con futuro utilizzo a piazzole/aree attrezzate/strade;
- Tipo 2: impermeabilizzazione con futuro utilizzo ad area verde.

In assenza di un progetto di riutilizzo dell'area, è stata assunta l'ipotesi di analoga estensione (50%) delle due tipologie, vedasi Fig. 6.1.

In entrambi i casi, lo strato superficiale deve avere una pendenza del 3– 5 ‰ in modo tale da garantire il deflusso delle acque superficiali. Le stesse verranno raccolte da canalette perimetrali appositamente dimensionate e scaricate nel sistema fognario esistente, previa autorizzazione.

La captazione dei VOC presenti nel sottosuolo sarà garantita dall'impianto di Soil Vapour Extraction. Non risulta quindi necessario inserire uno strato di drenaggio dei gas all'interno del capping.

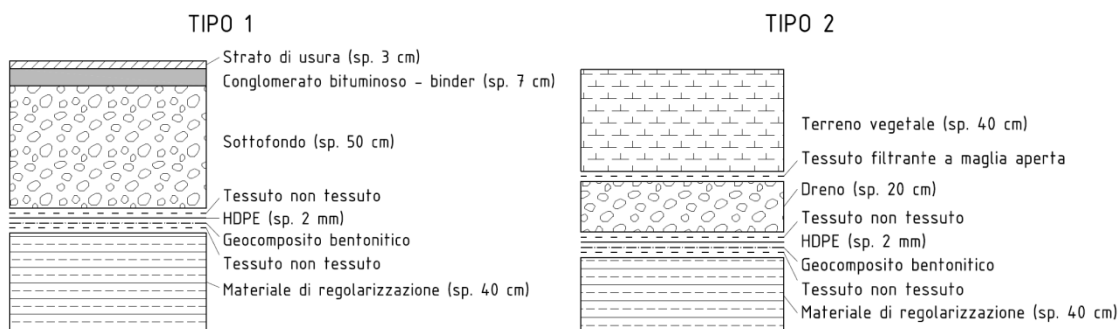


Fig. 6.1. Successione stratigrafica della copertura superficiale.

6.1 Impermeabilizzazione delle aree destinate a strade e parcheggi (Tipo 1)

Di seguito viene descritta la stratigrafia della copertura di Tipo 1 che, dal basso verso l'alto, prevede:

- Strato di regolarizzazione: è lo strato a contatto con il terreno contaminato e la pavimentazione esistente, ha lo scopo di favorire la messa in opera degli strati immediatamente superiori, oltre che la posa delle tubazioni previste per l'intervento di AS-SVE (vedasi par. 8.1). Verrà realizzato con materiali naturali (ghiaia e sabbia),

aventi spessore di 0,4 m;

- Strato di protezione: ha la funzione di proteggere lo strato impermeabile soprastante, nello specifico è stata prevista la posa di un tessuto non tessuto;
- Strato impermeabile: realizzato con un geocomposito bentonitico in grado di assicurare un'impermeabilizzazione equivalente a 1 m di argilla, accoppiato ad una membrana impermeabile in HDPE da 2 mm, è lo strato che ha la funzione di ridurre l'infiltrazione delle acque meteoriche e il dilavamento del terreno contaminato;
- Strato di protezione: ha la funzione di proteggere lo strato impermeabile sottostante, nello specifico è stata prevista la posa di un tessuto non tessuto;
- Strato drenante: assolve le funzioni di ridurre il carico d'acqua sullo strato impermeabilizzante, di drenare lo strato protettivo aumentando la capacità di immagazzinamento d'acqua e di ridurre la pressione interstiziale nella copertura migliorandone la stabilità. Verrà realizzato con materiali naturali (ghiaia e sabbia), aventi spessore di 0,5 m, con funzione anche di sottofondo stradale, in grado di sopportare le sollecitazioni derivanti dalla circolazione di automezzi, che potrebbero danneggiare il sistema copertura;
- Strato superficiale: in corrispondenza ad aree destinate a parcheggi/strade, si prevede, a seguito di una regolarizzazione e compattazione del fondo, la stesa di un manto di collegamento in conglomerato bituminoso (binder) dello spessore di 7 cm e un manto di usura dello spessore di circa 3 cm.

6.2 Impermeabilizzazione delle aree destinate a verde (Tipo 2)

Di seguito viene descritta la stratigrafia della copertura di Tipo 2 che, dal basso verso l'alto, prevede:

- Strato di regolarizzazione: è lo strato a contatto con il terreno contaminato e la

pavimentazione esistente, ha lo scopo di favorire la messa in opera degli strati immediatamente superiori, oltre che la posa delle tubazioni previste per l'intervento di AS-SVE (vedasi par. 8.1). Verrà realizzato con materiali naturali (ghiaia e sabbia), aventi spessore di 0,4 m;

- Strato di protezione: ha la funzione di proteggere lo strato impermeabile soprastante, nello specifico è stata prevista la posa di un tessuto non tessuto;
- Strato impermeabile: realizzato con un geocomposito bentonitico in grado di assicurare un'impermeabilizzazione equivalente a 1 m di argilla, accoppiato ad una membrana impermeabile in HDPE da 2 mm, è lo strato che ha la funzione di ridurre l'infiltrazione delle acque meteoriche e il dilavamento del terreno contaminato;
- Strato di protezione: ha la funzione di proteggere lo strato impermeabile sottostante, nello specifico è stata prevista la posa di un tessuto non tessuto;
- Strato drenante: assolve le funzioni di ridurre il carico d'acqua sullo strato impermeabilizzante, di drenare lo strato protettivo aumentando la capacità di immagazzinamento d'acqua e di ridurre la pressione interstiziale nella copertura migliorandone la stabilità. Verrà realizzato con materiali naturali (ghiaia e sabbia), aventi spessore di 0,2 m;
- Strato di protezione: ha la funzione di proteggere lo strato drenante sottostante da possibili intasamenti, nello specifico è stata prevista la posa di un tessuto filtrante a maglia aperta;
- Strato superficiale: in corrispondenza ad aree destinate a verde, si prevede, a seguito di una regolarizzazione e compattazione del fondo, la stesa di un terreno agrario di spessore 0,4 m.

6.3 Approfondimenti a supporto della progettazione definitiva

La progettazione definitiva dell'intervento necessita dei seguenti interventi:

- rilievo topografico di dettaglio dello stato di fatto;
- indagine integrativa della confinante area a Nord dello stabilimento per completare la delimitazione della contaminazione e definire l'estensione del capping.

7. RIMOZIONE DELLA FASE LIBERA SURNATANTE

La presenza di idrocarburi in fase libera surnatante è stata riscontrata in un'area di estensione limitata nel settore Nord-Est dello stabilimento (circa 1'000 m²). A seguito delle risultanze dell'applicazione della procedura di analisi di rischio sanitario-ambientale [7], su incarico del Curatore Fallimentare del sito, sono stati eseguiti interventi periodici di recupero e smaltimento del surnatante, effettuati attraverso oil-skimmer passivi. Nell'ambito di tali attività, inoltre, sono stati realizzati n. 3 nuovi piezometri (PZV33÷35, vedasi Tav. 7.1) per meglio delimitare l'area interessata dalla fase libera ed è stata eseguita una videoispezione che ha consentito di individuare la presenza di prodotto oleoso in ingresso dalle finestre dei piezometri tra 6 e 19 m di profondità dal piano campagna, quindi anche ben al di sotto della tavola d'acqua.

7.1 Indagine geofisica preliminare per verificare l'estensione dell'area interessata da surnatante

Per verificare l'estensione dell'area interessata dalla presenza del surnatante e consentirne la rimozione, si è previsto di integrare la rete di piezometri esistenti nell'area interessata dalla presenza di idrocarburi in fase libera.

Per definire l'ubicazione e la profondità ottimale dei nuovi punti di estrazione del surnatante, si prevede di realizzare un'indagine geofisica preliminare alla progettazione definitiva degli interventi. Tali indagini possono infatti costituire un valido supporto alla progettazione, in quanto consentono di indagare, in modo speditivo e non invasivo, aree anche di vaste dimensioni e di localizzare le zone in cui i parametri fisici presentano delle anomalie rispetto ai normali valori di fondo.

L'indagine geofisica dovrà prevedere, compatibilmente con gli spazi disponibili, la realizzazione di tomografie geoelettriche con misure in contemporanea di resistività

elettrica e di polarizzazione indotta, per uno sviluppo lineare complessivo di almeno 1'100 m circa, sviluppati su diversi stendimenti da definire opportunamente in campo, allo scopo di fornire indicazioni utili per la caratterizzazione geometrica del terreno contaminato da surnatante.

I profili geoelettrici dovranno essere realizzati in modo da raggiungere una profondità di almeno 20 metri (compatibilmente con la logistica dei luoghi) e dovranno avere una risoluzione adeguata per la finalità dell'indagine (è prevista una distanza interelettrodica di 2 metri e comunque non superiori di 3 m).

Al termine delle indagini dovrà essere fornita la seguente documentazione:

- carta con l'ubicazione planimetrica dei punti di misura e dei sondaggi di taratura disponibili;
- sezioni tomografiche di resistività elettrica e di polarizzazione indotta in scala adeguata all'estensione dell'indagine e ai dettagli riscontrati;
- elaborazione dei dati con software 3D per ricostruire la mappa della resistività elettrica a diverse profondità e definire l'ampiezza della zona di falda contaminata;
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative e dei metodi di interpretazione.

Preventivamente all'indagine, in funzione del tracciamento dei profili sul terreno, dovrà essere eseguita la preparazione del sito mediante le seguenti operazioni, ove necessarie:

- sfalcio della vegetazione spontanea;
- demolizione delle strutture fuori terra;
- perforazione di fori per l'allestimento degli elettrodi.

7.1.1 Realizzazione di nuovi piezometri per l'estrazione del surnatante

L'ubicazione e il numero esatto di piezometri necessari saranno stabiliti in fase di

progettazione definitiva, sia alla luce sia dei risultati restituiti dalle indagini geofisiche sopra descritte, sia di uno specifico rilievo del surnatante per verificarne l'effettiva estensione.

In via preliminare si può prevedere la realizzazione di n. 5 piezometri, distribuiti secondo una maglia regolare di 10 m × 10 m (vedasi Tav. 7.1). Ciascun piezometro raggiungerà una profondità di 20 m dal piano campagna.

Le perforazioni saranno eseguite a carotaggio continuo, con tecnica a rotazione e mediante l'impiego di un carotiere Ø 131 mm, garantendo una percentuale di recupero > 90%. Le perforazioni dovranno essere eseguite senza circolazione d'acqua (carotaggio a secco), utilizzando una tubazione di rivestimento Ø 178 mm per il sostegno del perforo. In corrispondenza di litotipi non altrimenti perforabili, sarà consentita la circolazione di acqua con caratteristiche di potabilità, nella quantità strettamente necessaria.

Entro ciascun perforo sarà installato un piezometro a tubo aperto in HDPE di diametro 4", finestrato da fondo foro fino a 2 m al di sopra della massima escursione della superficie freatica, per una profondità stimata di 4 m dal piano campagna. L'intercapedine tra il foro ed il tubo sarà riempita con materiale drenante (ghiaietto siliceo) per il tratto finestrato e sigillata mediante la posa di bentonite granulare in corrispondenza del tratto cieco. A testa pozzo sarà installato un terminale di protezione lucchettato.

Al termine delle perforazioni è previsto il rilievo plano-altimetrico dei nuovi piezometri realizzati, per consentire la misurazione del livello assoluto della falda. Il nuovo rilievo si aggancerà a quello precedentemente eseguito sui piezometri esistenti, georeferenziando i punti di indagine secondo il sistema di riferimento nazionale UTM WGS 84.

7.2 Recupero della fase libera surnatante

Per il recupero della fase libera surnatante, si è scelto di installare, in corrispondenza di ciascun piezometro caratterizzato dalla presenza di surnatante, dei disoleatori a nastro collegati a dei serbatoio di accumulo del prodotto estratto, da avviare periodicamente a

smaltimento.

Il sistema di estrazione previsto sarà installato in corrispondenza di ciascun piezometro e dotato di:

- disoleatore a nastro idoneo all'installazione in piezometri da 3" e 4", dotato di struttura metallica di sostegno;
- serbatoio di stoccaggio dell'olio estratto, da alloggiarsi in idoneo bacino di contenimento;
- misuratore di livello in grado di interrompere il funzionamento del nastro ad avvenuto riempimento del serbatoio di stoccaggio;
- quadro elettrico;
- collegamenti idraulici ed elettrici;
- piccola tettoia di protezione del sistema di estrazione e del bacino di contenimento dei rifiuti.

Per la rimozione del prodotto in fase libera saranno utilizzati sia i piezometri esistenti che quelli di nuova realizzazione, per un totale di 11 punti di estrazione. Vedasi Tav. 7.1.

A cadenza periodica si prevedono interventi di smaltimento del prodotto estratto presso impianti autorizzati e preventivamente individuati.

In occasione di ogni intervento, su ciascun piezometro si provvederà a misurare il livello piezometrico e verificare la presenza di prodotto libero surnatante mediante freatimetro a doppia interfaccia aria/olio/acqua, annotando la soggiacenza, la profondità del piezometro e lo spessore di eventuale prodotto libero;

In totale si prevede l'esecuzione di 48 interventi di recupero a cadenza quindicinale, ciascuno della durata di una giornata, per un periodo di due anni. Al termine di ciascuna campagna sarà redatta una breve relazione descrittiva delle attività e delle misurazioni eseguite.

Gli interventi di recupero del surnatante dovranno essere condotti da personale tecnico

qualificato, dotato degli idonei dispositivi di protezione per evitare l'esposizione alla contaminazione.

Prima di iniziare le attività e con cadenza annuale, dovranno essere eseguiti dei campionamenti statici mediante bailer monouso del surnatante, da sottoporre ad analisi di laboratorio per la classificazione del rifiuto e l'individuazione dell'impianto di smaltimento.

7.3 Rimozione della massa idrocarburica residua

L'estrazione "meccanica" della fase surnatante consente di rimuovere gran parte della massa di idrocarburi in fase libera, ma molto spesso non è sufficiente per eliminare ogni traccia di prodotto e nei piezometri trattati tende comunque a permanere un velo d'olio sub-millimetrico. Tale fenomeno avviene perché la frazione più viscosa e meno solubile degli idrocarburi è molto difficile da rimuovere meccanicamente: essa tende quindi a rimanere adesa alla matrice solida dell'acquifero, contaminando l'acqua di falda a contatto con la stessa.

Per rimuovere la massa idrocarburica residua, al termine dei due anni di recupero mediante disoleatori a nastro (par. 7.2), si prevede di eseguire un intervento "push&pull" di dosaggio di reagenti nell'acquifero e successivo recupero del prodotto in fase disciolta.

La tecnica prevede l'utilizzo di un prodotto reagente con proprietà detergenti che, una volta iniettato in falda, consente di solubilizzare la massa di idrocarburi adesa alla matrice solida e, quindi, il successivo recupero mediante estrazione con autospurgo. Tale tecnologia può essere applicata mediante operazioni puntuali e di breve durata, che consistono in un intervento di iniezione seguito, dopo un breve periodo di attesa affinché il prodotto abbia effetto, dall'intervento di estrazione.

I reagenti saranno iniettati in pressione e in quantità limitate all'interno degli stessi piezometri utilizzati per il recupero del surnatante.

Trascorsi alcuni giorni dall'iniezione, si provvederà ad estrarre l'acqua di falda dai

piezometri mediante autospurgo, al fine di recuperare la frazione degli idrocarburi che, per effetto del reagente iniettato, sarà passata in soluzione nelle acque di falda. Il quantitativo di acqua estratta in tale fase verrà avviato a smaltimento presso un idoneo impianto autorizzato.

7.4 Approfondimenti a supporto della progettazione definitiva

Tale intervento necessita dei seguenti approfondimenti:

- indagine geofisica per definire l'area interessata dalla presenza del surnatante;
- rilievo aggiornato della presenza di surnatante e del relativo spessore.

8. BONIFICA DELLE ACQUE SOTTERRANEE

8.1 Air Sparging e Soil Vapour Extraction

Come riportato nei capitoli precedenti, l'intervento di Air Sparging e Soil Vapour Extraction si pone l'obiettivo di abbattere le concentrazioni di composti organici volatili (VOC) presenti alla sorgente di contaminazione.

Questa tecnica di bonifica consiste nell'immissione di aria atmosferica direttamente nella zona satura, attraverso una serie di punti di insufflazione, al fine di consentire lo strippaggio dei contaminanti volatili disciolti nell'acqua (Air Sparging – AS). I vapori contaminati, migrando verso l'alto, vengono captati in corrispondenza della zona non satura del terreno, tramite una serie di punti di aspirazione di aria (Soil Vapor Extraction – SVE). Il moto di migrazione verso l'alto viene favorito dall'applicazione di una depressione in corrispondenza dei pozzi di aspirazione. In superficie i vapori estratti vengono trattati per rimuovere i contaminanti ed emessi in atmosfera.

Nel caso in esame, l'intervento è principalmente finalizzato a migliorare la longevità e l'efficacia della Zona Reattiva In Situ prevista a valle dello stabilimento, per il trattamento del plume di contaminazione. I pozzi di air sparging saranno completati esclusivamente nella prima falda; la seconda falda, grazie al ridotto gradiente piezometrico, determina un basso flusso di contaminanti in uscita e, pertanto, non risulta necessario un abbattimento delle concentrazioni alla sorgente. Al tempo stesso, l'abbattimento dei VOC presenti alla sorgente, sia nell'acquifero che nel mezzo non saturo, diminuirà la volatilizzazione dei vapori verso il piano campagna e, unitamente all'impermeabilizzazione delle superfici, consentirà di eliminare il rischio di esposizione alla contaminazione per inalazioni di vapori.

Data la complessità dei parametri che entrano in gioco del dimensionamento dell'intervento, la progettazione definitiva dell'impianto full-scale sarà preceduta dall'esecuzione di test pilota su un campo prove appositamente allestito.

Nell'attuale fase di progettazione preliminare, per quantificare in linea di massima l'entità dell'intervento full-scale sono stati assunti i parametri progettuali riportati in Tab. 8.1.

Tab. 8.1. Stima di massima dei parametri di progetto per il sistema full-scale di AS+SVE.

PARAMETRO	U.M.	VALORE
Sistema di air sparging		
Soggiacenza minima della falda dal piano campagna	m da p.c.	6
Profondità di iniezione – pozzo A	m da p.c.	16
Profondità di iniezione – pozzo B	m da p.c.	26
Altezza delle finestrate	m	1
Raggio di influenza (ROI) dei pozzi	m	15
Distanza interasse dei pozzi	m	25
Portata di aria iniettata per postazione (pozzo A + pozzo B)	Nm ³ /h	35 + 35
Pressione di iniezione a boccapozzo (pozzo A / pozzo B)	barg	1,7 / 2,9
Superficie complessiva di intervento	m ²	25'000
Numero complessivo di postazioni (a due profondità)	-	50
Numero di settori /sub-aree	-	5
Numero massimo di postazioni per settore	-	10
Portata di aria iniettata per settore	Nm ³ /h	700
Sistema di ventilazione		
Profondità di aspirazione	m da p.c.	6
Altezza delle finestrate	m	4
Raggio di influenza (ROI)	m	15
Portata di aspirazione per pozzo	Nm ³ /h	100
Pressione di aspirazione a boccapozzo	barg	-0,10
Superficie complessiva di intervento	m ²	23'000
Numero complessivo di postazioni	-	97
Numero di settori /sub-aree	-	5
Portata di aspirazione per settore	Nm ³ /h	1'000
Numero minimo di postazioni per settore	-	18
Portata massima di aspirazione per pozzo	Nm ³ /h	56

8.1.1 Pozzi di Air Sparging

L'ubicazione di massima dei pozzi di AS, con i relativi raggi di influenza (ROI), è rappresentata in Tav. 8.1.

In via preliminare, per ciascun pozzo è stato ipotizzato un raggio di influenza $ROI = 15$ m. Il numero, la spaziatura e l'ubicazione dei pozzi sono stati definiti in modo che la parziale sovrapposizione dei ROI di progetto copra completamente la zona da trattare.

Le postazioni di AS saranno distribuite all'interno del sito secondo una maglia triangolare, mantenendo una distanza interasse tra i pozzi di 25 m. Per consentire una distribuzione regolare delle postazioni, esse dovranno essere eseguite una volta completata la demolizione delle strutture presenti.

Complessivamente saranno realizzate 50 postazioni di air sparging, ciascuna formata da una coppia di pozzi di iniezione, finestrati a due profondità in modo da ottenere una distribuzione più omogenea dell'aria lungo la verticale. Il pozzo A avrà una profondità di 16 m, il pozzo B di 26 m; entrambi saranno finestrati nell'ultimo metro di tubazione. In ciascun pozzo sarà iniettata una portata d'aria di $35 \text{ m}^3/\text{h}$ ($70 \text{ m}^3/\text{h}$ per postazione doppia).

I pozzi di AS saranno perforati a distruzione di nucleo con circolazione di acqua, utilizzando colonne di rivestimento di diametro minimo 178 mm. Essi saranno completati mediante la posa di una tubazione di HDPE diam. 4". Il tratto finestrato avrà lunghezza di 1 m e sarà posto al fondo della tubazione; il restante tratto sarà completato con tubazione cieca.

La presenza di ferro disciolto nelle acque sotterranee, in concentrazioni superiori a 10 mg/l , rappresenta un fattore importante da considerare in quanto la precipitazione di ossido di ferro potrebbe far diminuire, nel tempo, l'efficacia dei pozzi di immissione di aria. Sebbene, nelle indagini caratterizzazione, le concentrazioni di ferro siano risultate superiori a 10 mg/l in un solo punto e in unica occasione, in fase di progettazione definitiva sarà opportuno tenere conto anche di questo aspetto, scegliendo materiali, diametri e apertura delle finestre tali da garantire una superficie filtrante sufficientemente ampia.

La portata, il raggio di influenza, il numero, la spaziatura e la profondità dei pozzi saranno stabiliti in fase di progettazione definitiva, sulla base delle risultati della prova pilota. Tale prova permetterà di verificare anche l'effettiva necessità di prevedere due profondità di iniezione distinte.

8.1.2 Pozzi di Soil Vapour Extraction

L'ubicazione di massima dei pozzi di SVE è rappresentata in Tav. 8.1. Essi saranno distribuiti secondo una maglia romboidale, alternati rispetto ai pozzi di AS in modo da massimizzare la superficie di distribuzione dell'aria. Anch'essi dovranno essere eseguite una volta demolite le strutture presenti, in modo che tutte le aree siano completamente accessibili.

Complessivamente si prevede la realizzazione di 97 pozzi di SVE, avendo ipotizzato in via preliminare un raggio di influenza $ROI = 15$ m per ciascun pozzo. Il numero, la spaziatura e l'ubicazione dei pozzi sono stati definiti in modo che la parziale sovrapposizione dei ROI di progetto copra completamente la zona da trattare.

I pozzi di SVE raggiungeranno una profondità massima di 6 m dal p.c. e saranno perforati a distruzione di nucleo con circolazione di acqua, utilizzando colonne di rivestimento di diametro minimo 178 mm. Essi saranno completati mediante la posa di una tubazione di HDPE diam. 4". Il tratto finestrato sarà posto in corrispondenza del tratto non saturo, a partire da 2 m di profondità fino a fondo foro. Da ciascun pozzo sarà estratta una portata massima di $56 \text{ m}^3/\text{h}$.

La portata, il raggio di influenza, il numero, la spaziatura e la profondità dei pozzi saranno stabiliti in fase di progettazione definitiva, sulla base delle risultati della prova pilota.

Considerato l'elevato numero di pozzi di SVE, in fase di progettazione definitiva si valuterà anche la possibilità di realizzare un sistema di pozzi di estrazione orizzontali, posizionando tubazioni microfessurate in HDPE al fondo di trincee drenanti.

8.1.3 Rete di distribuzione e collettamento

I layout della rete di distribuzione dell'aria (impianto di AS) e della rete di collettamento dei vapori (impianto di SVE) sono rappresentati in Tav. 8.2 e 8.3.

Dall'impianto centralizzato di AS, l'aria compressa sarà inviata a 5 stazioni di regolazione attraverso altrettanti collettori (tubazioni "primarie"); da ciascuna stazione di regolazione l'aria sarà inviata ai pozzi di iniezione, attraverso tubazioni denominate "secondarie".

Per l'impianto di SVE, i vapori estratti dai pozzi di captazione saranno convogliati verso 5 stazioni di regolazione, tramite tubazioni denominate "secondarie"; da ciascuna delle stazioni di regolazione partirà un unico collettore (tubazione "primaria") che porterà i vapori alla centrale di estrazione.

Il collegamento delle tubazioni secondarie alle stazioni di regolazione sarà di tipo parallelo, al fine di ottimizzare le operazioni di regolazione di flusso dei singoli punti di captazione.

Per l'impianto di AS, il dimensionamento preliminare delle tubazioni primarie e secondarie è stato eseguito in modo da mantenere una velocità dell'aria inferiore a 20 m/s.

Per l'impianto di SVE, il dimensionamento è stato eseguito in modo da mantenere una velocità dell'aria inferiore a 10 m/s. Di regola, le stazioni di regolazione dovranno essere disposte in modo da avere il flusso della condensa equicorrente rispetto al flusso dell'aria. Se ciò non risultasse possibile, nei tratti dove il flusso della condensa procede controcorrente rispetto all'aria dovrà essere mantenuta una velocità inferiore a $5 \div 6$ m/s, per evitare il trascinamento dei liquidi.

Tutte le linee di distribuzione e collettamento dell'aria saranno posate in trincea, ad una profondità massima di 0,5 m dal piano campagna, e saranno interrato al di sotto del capping, per non interromperne la continuità.

8.1.4 Stazioni di regolazione

Secondo i layout riportati in Tav. 8.2 e 8.3, è prevista l'installazione di 5 stazioni di

regolazione, ciascuna delle quali servirà 10 postazioni di AS (quindi 20 pozzi) e 14÷22 pozzi di SVE. Ciascuna stazione sarà installata su skid metallici protetti da tettoia.

Per semplificare la gestione della rete, nelle stazioni di regolazione saranno posizionati gli organi di gestione e monitoraggio manuale dei singoli pozzi, mentre presso l'impianto centralizzato saranno posizionati gli organi di regolazione automatica.

Ogni linea secondaria sarà dotata di valvola di regolazione manuale della pressione (PCV), presa di campionamento e innesti per l'inserimento di una sonda anemometrica o di un manometro per la lettura delle portate e delle pressioni/depressioni. In ciascuna stazione di regolazione sarà presente un pannello di stream, che avrà la funzione di semplificare le operazioni di gestione e controllo. Agendo sul pannello sarà possibile misurare la depressione di ogni singolo pozzo.

Presso le stazioni di regolazione saranno alloggiati anche i separatori di condensa terminali delle linee di SVE, ciascuno dei quali sarà dotato di una linea di scarico. Le linee di scarico si inseriranno in una vasca di raccolta delle condense, dove verranno accentrate le funzioni di guardia idraulica. Il livello della vasca di raccolta delle condense verrà regolato da una pompa, che invierà i condensati alla vasca di stoccaggio installata presso l'impianto centralizzato.

8.1.5 Impianto centralizzato di compressione, aspirazione e trattamento

Il sistema sarà dotato di un impianto on-site centralizzato di compressione, aspirazione e trattamento dell'aria, con sistema automatico di regolazione e controllo. L'ubicazione dell'impianto è riportata in Tav. 8.2 e 8.3. Esso sarà installato su skid metallici e coperti dall'esterno, interdetto ai non addetti ai lavori e dotato di impianto elettrico idoneo per l'automazione e per l'uso anche in presenza di eventuali vapori di componenti organici volatili. Compressori e soffianti saranno installati entro cabine insonorizzati.

L'unità di compressione sarà formata da due o più compressori in parallelo per

l'insufflazione d'aria ai pozzi di AS, dimensionati per garantire le seguenti prestazioni:

- massima pressione dell'aria a testa pozzo: 2,9 barg
- portata d'aria iniettata per ciascun pozzo: 35 Nm³/h
- massimo numero di pozzi contemporaneamente serviti: 20
- massima portata d'aria iniettata: 700 Nm³/h

I compressori dovranno garantire una pressione di mandata pari ad almeno 4,5 barg, in accordo con il profilo di pressione illustrato in Fig. 8.1. L'aria compressa sarà deumidificata mediante essiccatore a refrigerazione prima di essere distribuita.

L'unità di estrazione dei vapori sarà formata da due o più soffianti in parallelo collegate ai pozzi di SVE, dimensionate per garantire le seguenti prestazioni:

- massima depressione a testa pozzo: 0,1 barg
- temperatura dei vapori estratti: 15° C
- massima portata d'aria estratta: 1'000 Nm³/h

Le soffianti dovranno garantire una depressione in aspirazione pari ad almeno -0,5 barg e una pressione di mandata pari a 0,5 barg, in accordo con il profilo di pressione di Fig. 8.2.

All'ingresso dell'impianto di estrazione, prima delle soffianti, sarà installato un sistema di deumidificazione dei vapori costituito da separatore di condensa primario, scambiatore di calore a fascio tubiero, gruppo frigorifero e separatore di condensa secondario.

I liquidi prodotti saranno inviati alla vasca di raccolta condense, con l'ausilio di un sistema di pompaggio dotato di un sistema automatico di avviamento/interruzione e di valvola di non ritorno. Alla temperatura e per le portate d'aria di progetto, con un'umidità relativa del 100% si stima una produzione di circa 300 L/giorno di condensa. Di conseguenza per la vasca di raccolta condense è stata considerata una capacità di 20 m³. Ogni 60 giorni di esercizio si provvederà allo svuotamento della vasca mediante autospurgo e all'invio a smaltimento delle condense.

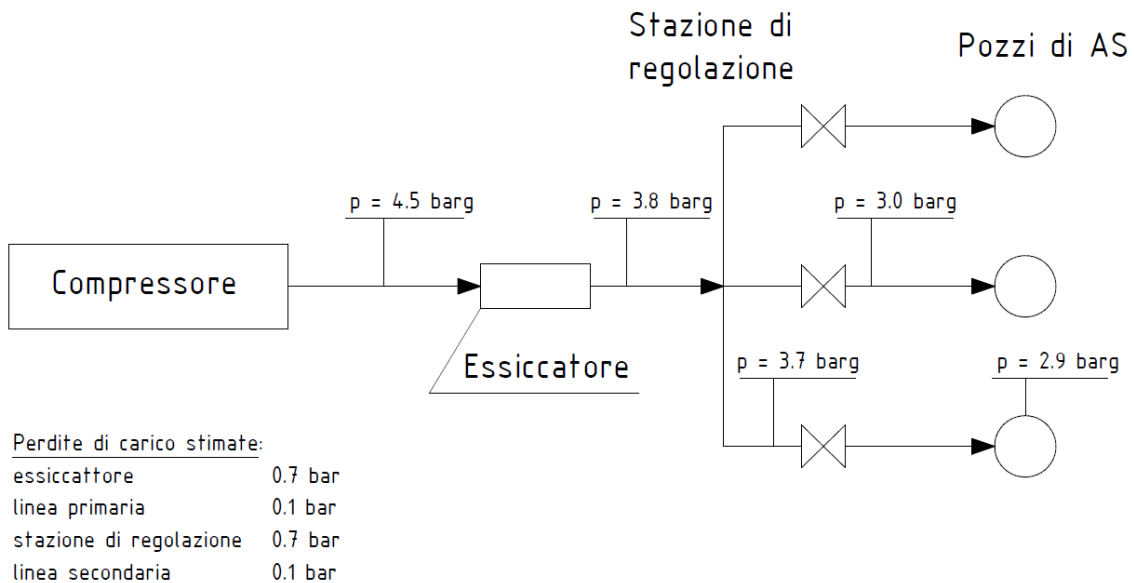


Fig. 8.1. Profilo di pressione dell'impianto di Air Sparging.

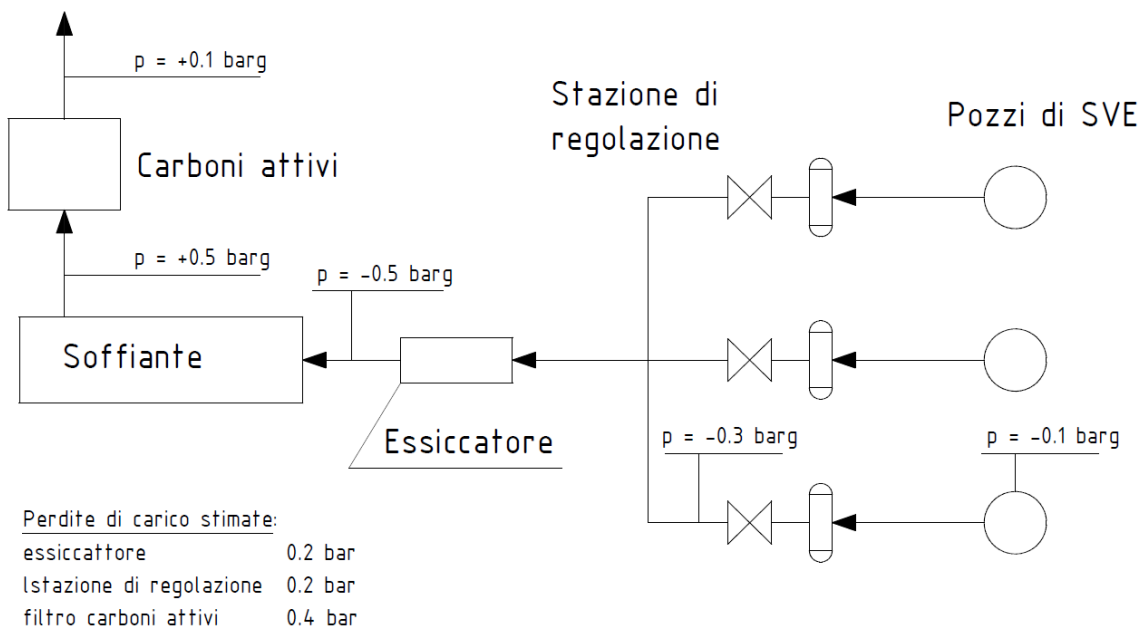


Fig. 8.2. Profilo di pressione dell'impianto di Soil Vapour Extraction

L'aria in uscita dalle soffianti sarà inviata ad un'unità di trattamento a carboni attivi e da qui emessa in atmosfera. Il quantitativo di carboni attivi è stato preliminarmente stimato sulla base delle concentrazioni medie di VOC misurate nei gas interstiziali e nelle acque sotterranee del sito.

Alla portata di progetto di 1'000 Nm³/h, il contenuto di VOC rimossi dal sottosuolo è stimato pari a circa 3,50 kg/h. Con un'efficienza di rimozione da parte dei carboni attivi pari al 10% (10 kg di inquinante trattenuto ogni 100 kg di carbone attivo), il quantitativo di carboni attivi esausti risultante dal trattamento continuativo dei vapori di venting per un periodo di 60 giorni è stato stimato di circa 50 t, corrispondente ad un volume del letto filtrante di 120 m³.

Su ogni linea primaria di immissione e di estrazione saranno installati valvole automatiche di regolazione, misuratori di portata e sensori di pressione collegati al sistema PLC-PC di controllo. Il quadro di comando, completo di variatori di frequenza per la regolazione delle portate e dotato di comunicatore GSM per il controllo in remoto, consentirà di provvedere alla gestione di tutte le unità che compongono l'impianto.

8.1.6 Esercizio dell'impianto e durata dell'intervento

Considerata l'estensione del sito, per ridurre le portate in gioco e conseguentemente le dimensioni dell'impianto, l'area di intervento è stata suddivisa in settori distinti, da trattare sequenzialmente in tempi diversi.

Nello specifico sono stati previsti 5 settori di air sparging, corrispondenti alle cinque stazioni di regolazione, ciascuno dotato di 10 pozzi di immissione, per una portata totale massima di 700 Nm³/h. Contemporaneamente ai pozzi di AS saranno messi in funzione i pozzi di SVE presenti nell'intorno del settore attivo, estraendo una portata d'aria complessiva di 1'000 Nm³/h, ripartita uniformemente nei diversi punti.

Ciascun settore sarà mantenuto attivo per un periodo di 2 mesi, trascorsi i quali sarà acceso

il settore successivo. Terminato il periodo di esercizio del 5° e ultimo settore, si riprenderà dal primo, e così via fino a che non saranno eseguiti almeno 3 cicli di trattamento per ciascun settore. Complessivamente, quindi, l'intervento avrà una durata di almeno 30 mesi.

Nella fase di esercizio saranno effettuati periodici interventi di controllo e manutenzione degli impianti e delle attrezzature, per verificarne il corretto funzionamento e garantire eventuali azioni correttive.

L'esercizio dell'impianto potrà essere eventualmente prolungato o abbreviato in funzione dei risultati ottenuti sulle acque sotterranee e del trend di concentrazione rilevato nei vapori estratti. Per consentire tali valutazioni si dovrà garantire una continua azione di monitoraggio delle tendenze in atto.

8.1.7 Opere accessorie

Per la realizzazione e l'esercizio dell'impianto sono previste le seguenti opere accessorie:

- allacciamento alla rete elettrica (potenza prevista 90 kW, 380 V) per l'alimentazione dell'impianto, utilizzando la cabina di trasformazione già presente presso lo stabilimento;
- scavo di trincee per la posa delle tubazioni dei cavidotti interrati, e successivo reinterro con lo stesso materiale di risulta;
- formazione di basamenti in calcestruzzo armato su cui fondare l'impianto centralizzato e le stazioni di regolazione;
- posa di recinzione in rete metallica con cancello carrabile
- installazione di impianto antifurto e di videosorveglianza contro tentativi di effrazione, con centralina di controllo dotata di comunicatore GSM per il controllo in remoto, installata in armadio da esterni, e sirena di allarme
- smontaggio dell'impianto al termine del periodo di esercizio.

8.1.8 Piezometri di monitoraggio

Per il monitoraggio dell'intervento potranno essere utilizzati gli stessi piezometri realizzati in fase di caratterizzazione, che saranno conservati e sopraelevati rispetto al capping. In fase di progettazione definitiva si stabiliranno il numero e l'ubicazione dei piezometri da conservare.

8.2 In Situ Reactive Zone per il trattamento del plume

Come riportato nei capitoli precedenti, l'intervento di In Situ Reactive Zone (IRZ) Extraction si pone come obiettivo il trattamento delle acque sotterranee in uscita dallo stabilimento, mediante l'iniezione in falda di un reagente a base di carbone attivo micrometrico e nutrienti a rilascio controllato. Questo consentirà di immobilizzare per adsorbimento i contaminanti organici presenti, accelerandone al tempo stesso i processi di biodegradazione.

Il reagente sarà distribuito in corrispondenza sia della prima che della seconda falda, mediante la realizzazione di una serie di postazioni di iniezione allineate ortogonalmente alla direzione di deflusso, lungo il perimetro di valle del sito. Obiettivo dell'intervento è il raggiungimento delle CSC nelle acque sotterranee a valle della zona reattiva.

Data la complessità dei parametri che entrano in gioco del dimensionamento dell'intervento, la progettazione definitiva dell'impianto full-scale sarà preceduta dall'esecuzione di test pilota su un campo prove appositamente allestito.

Nell'attuale fase di progettazione preliminare, per quantificare in linea di massima l'entità dell'intervento full-scale sono stati assunti i parametri progettuali riportati in Tab. 8.2.

Tab. 8.2. Stima di massima dei parametri di progetto per l'intervento di IRZ.

DOSAGGIO DEL MEZZO ADSORBENTE			
1. Geometria della zona di trattamento	U.M.	Falda Superficiale	Falda Profonda
Ampiezza (ortogonale al deflusso)	m	300	300
Spessore (parallelo al deflusso)	m	6.5	6.5
Top della zona di trattamento (soggiacenza minima della falda)	m	6	28
Bottom della zona di trattamento (profondità base dell'acquifero)	m	26	52
Altezza della zona di trattamento	m	20	24
Sezione ortogonale al deflusso	m ²	6'000	7'200
Volume della zona di trattamento	m ³	39'000	46'800
Massa di terreno nella zona di trattamento	ton	70'200	84'240
Total Pore Volume (volume x porosità totale)	m ³	11'700	14'040
Effective Pore Volume (volume x porosità efficace)	m ³	9'750	11'700
2. Dosaggio del mezzo adsorbente	U.M.	Falda Superficiale	Falda Profonda
Massa di mezzo adsorbente	kg	169'000	135'000
Massa di adsorbente rispetto alla massa di terreno nella zona di trattamento	g/kg	2.40	1.60
Concentrazione di adsorbente in falda	g/L	17.3	11.5
Massa di mezzo adsorbente per unità di volume	kg/m ³	4.33	2.88
3. Preparazione della sospensione	U.M.	Falda Superficiale	Falda Profonda
Concentrazione della sospensione	%	15	15
Densità della sospensione	kg/dm ³	1.0	1.0
Volume totale di sospensione da iniettare	m ³	1'130	900
3. Modalità di iniezione	U.M.	Falda Superficiale	Falda Profonda
Numero dei punti di iniezione	-	100	100
Massa di reagente per punto di iniezione	Kg	1'690	1'350
Volume di sospensione per punto di iniezione	L	11'300	9'000
Numero di valvole di iniezione per punto	-	20	24
Massa di reagente per valvola di iniezione	kg	84,5	56,25
Volume di sospensione per valvola di iniezione	L	565	375

8.2.1 Configurazione della Zona Reattiva

La configurazione di progetto della IRZ è rappresentata in Tav. 8.4. Essa è formata da una serie di postazioni permanenti di iniezione, distribuite secondo una spaziatura di 6 m lungo due allineamenti ravvicinati e ortogonali alla direzione di deflusso, alternando i punti in modo da avere un interasse effettivo di circa 3 m, pari a 1,5 volte il raggio di influenza stimato per questa tipologia di materiali. Questo aspetto potrà essere verificato e modificato in fase di progettazione definitiva, sulla base dei risultati del test pilota.

Complessivamente si prevede quindi di realizzare 100 postazioni di iniezione, suddivise nei due allineamenti. Ciascuna postazione raggiungerà la base dell'acquifero, per una profondità stimata di 52,0 m dal p.c., e consentirà di distribuire omogeneamente il prodotto lungo la verticale, mediante una serie di valvole di iniezione posizionate ogni metro lungo tutto lo spessore saturo della prima e della seconda falda.

8.2.2 Dosaggio del reagente

Il quantitativo ottimale di reagente da dosare in falda è stato preliminarmente definito sulla base del dosaggio consigliato dal produttore, in funzione delle caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero e dei contaminanti presenti. Tale dosaggio, espresso in massa di adsorbente rispetto alla massa di terreno nella zona di trattamento, è pari a 2,4 g/kg per la falda superficiale e a 1,6 g/kg per la falda profonda.

Tenuto conto delle dimensioni della zona di trattamento, il quantitativo di reagente da iniettare risulta pari a 169'000 kg per la falda superficiale e a 135'000 kg per la falda profonda, distribuiti omogeneamente nei diversi punti di iniezione e lungo lo spessore saturo. In fase di progettazione definitiva, si potrà valutare l'opportunità di adottare un dosaggio di reagente variabile in funzione delle concentrazioni presenti nei diversi settori della zona reattiva.

8.2.3 Valutazione della longevità del reagente

Sulla base del dosaggio assunto e del flusso di contaminanti in ingresso, si è quindi provveduto a calcolare il tempo stimato di breakthrough dei principali contaminanti e il tempo di esaurimento del mezzo adsorbente, in modo da verificare la longevità della zona reattiva in situ.

Una prima valutazione è stata condotta calcolando, per alcuni contaminanti indice, la curva di breakthrough prevista a valle della zona reattiva. A tale scopo è stata assunta per i un'isoterma di adsorbimento di Freundlich, descritta dalla presente equazione:

$$S = K_f \cdot C^{1/n}$$

I parametri K_f e $1/n$ dichiarati dal produttore per i principali contaminanti sono riportati in Tab. 8.3. I contaminanti indice considerati sono: idrocarburi totali, xileni, cloruro di vinile, tetracloroetilene, 1,2-dicloropropano e 1,2,3-tricloropropano. Per le sostanze di cui non sono disponibili le isoterme di adsorbimento, sono state utilizzate le isoterme di composti affini.

Tab. 8.3. Isoterme di adsorbimento dichiarate dal produttore del reagente.

Contaminanti organici non clorurati			Contaminanti organici clorurati		
Composto	K_f	$1/n$	Composto	K_f	$1/n$
Benzene	30.2	0.427	PCE	105	0.422
Toluene	97.0	0.429	TCE	46.5	0.531
Etilbenzene	163	0.415	cis-1,2-DCE	11.7	0.548
o-Xilene	217	0.428	VC	4.16	0.339
p-Xilene	226	0.418	1,1,1-TCA	19.2	0.634
MTBE	6.54	0.397	1,2-DCA	11.3	0.454
Naftalene	132	0.420	Clorobenzene	135	0.315
Fenantrene	215	0.440	1,2-Diclorobenzene	326	0.209
Benzo(a)pirene	34.0	0.440	2-Clorotoluene	173	0.202
Stirene	327	0.480	Pentaclorofenolo	443	0.340

Le simulazioni sono state eseguite assumendo, in ingresso alla zona reattiva, le concentrazioni massime rilevate per i rispettivi composti nei piezometri a valle dello stabilimento (PZV2, PZV18, PZV19, PZV20). Il tempo di simulazione è stato di 100 anni.

Le curve di breakthrough così ottenute, per falda superficiale e profonda, sono riportate in Fig. 8.3 e in Fig. 8.4. Nella falda profonda, il tempo di breakthrough previsto è superiore a 100 anni per tutti contaminanti simulati. Nella falda superficiale si calcola invece un tempo di breakthrough di circa 25 anni per l'1,2-dicloropropano, di oltre 40 anni per gli idrocarburi totali, di oltre 50 anni per l'1,2,3-tricloropropano e superiore a 100 anni per gli altri composti.

Ciò significa che, per sistemi monocomponente, anche trascurando gli effetti di eventuali fenomeni di biodegradazione, la zona reattiva in progetto consentirebbe di mantenere le concentrazioni in uscita al di sotto delle CSC per almeno 25 anni nella falda superficiale e per oltre 100 anni nella falda profonda.

Come seconda valutazione è stato stimato il tempo di esaurimento del reagente, assumendo una capacità di adsorbimento da parte del prodotto pari allo 0,4% (4 g di inquinante trattenuto per 1 kg di reagente iniettato), sulla base delle indicazioni del produttore. Tale stima è stata condotta a partire dalle concentrazioni medie di inquinanti rilevate nei piezometri a valle della Chimica Industriale (PZV18, PZV19, PZV20). Ai fini della valutazione sono stati cautelativamente trascurati gli effetti di eventuali fenomeni di biodegradazione.

Come riportato in Tab. 8.4, sulla base delle ipotesi assunte il tempo di esaurimento della capacità adsorbente può essere stimato di oltre 50 anni per la falda profonda e di appena 5 anni per la falda superficiale. Ciò è dovuto ai differenti valori di gradiente piezometrico e conducibilità idraulica dei due livelli acquiferi, che determina una differenza di un ordine di grandezza nella velocità di flusso e, di conseguenza, nel flusso di inquinanti in uscita.

Il risultato ottenuto sulla falda superficiale evidenzia chiaramente la necessità di interventi sulla sorgente di contaminazione, per ridurre le concentrazioni in arrivo alla zona reattiva. Il

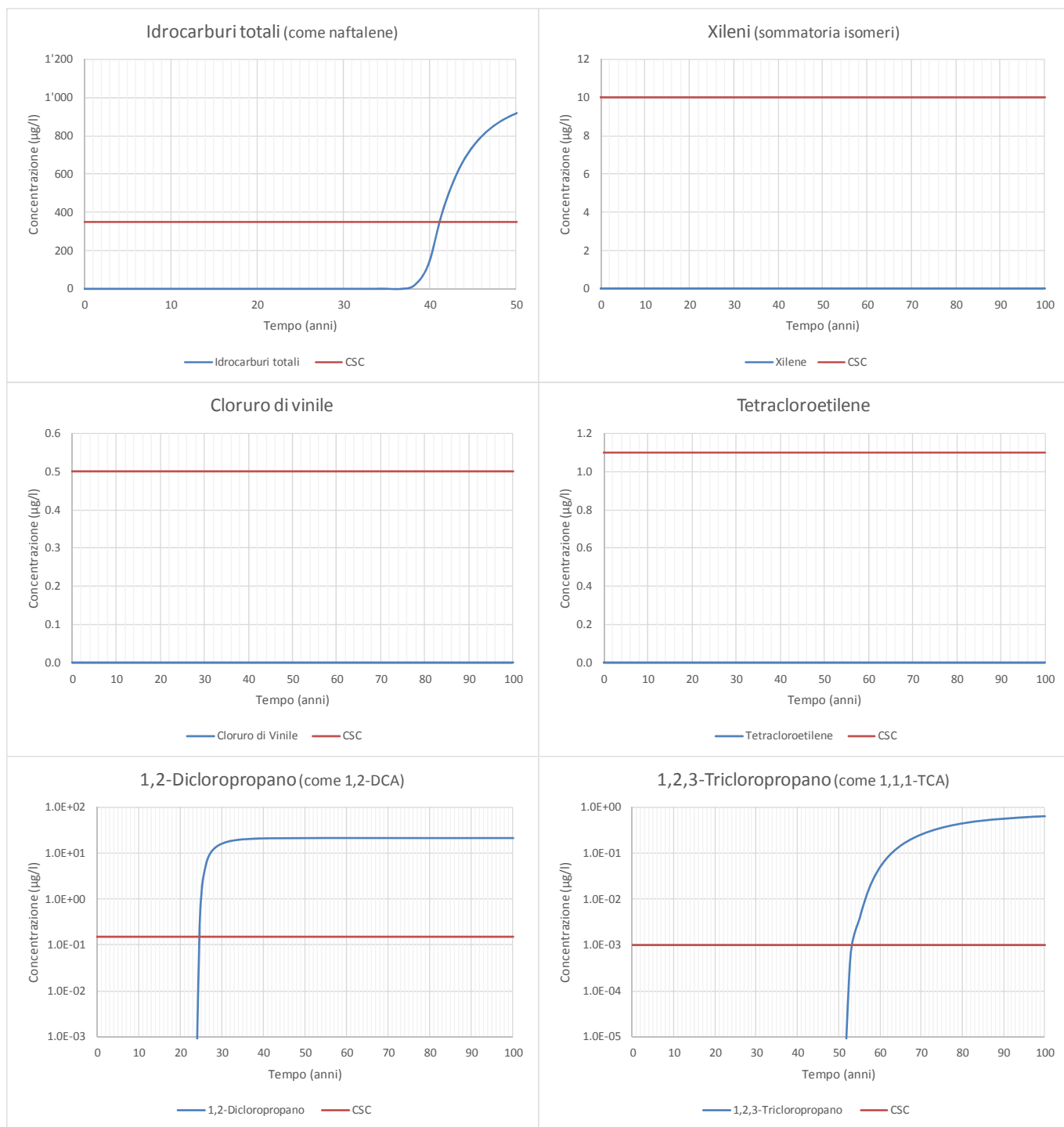


Fig. 8.3. Curve di breakthrough calcolate a valle della zona reattiva in sito, per la falda superficiale.

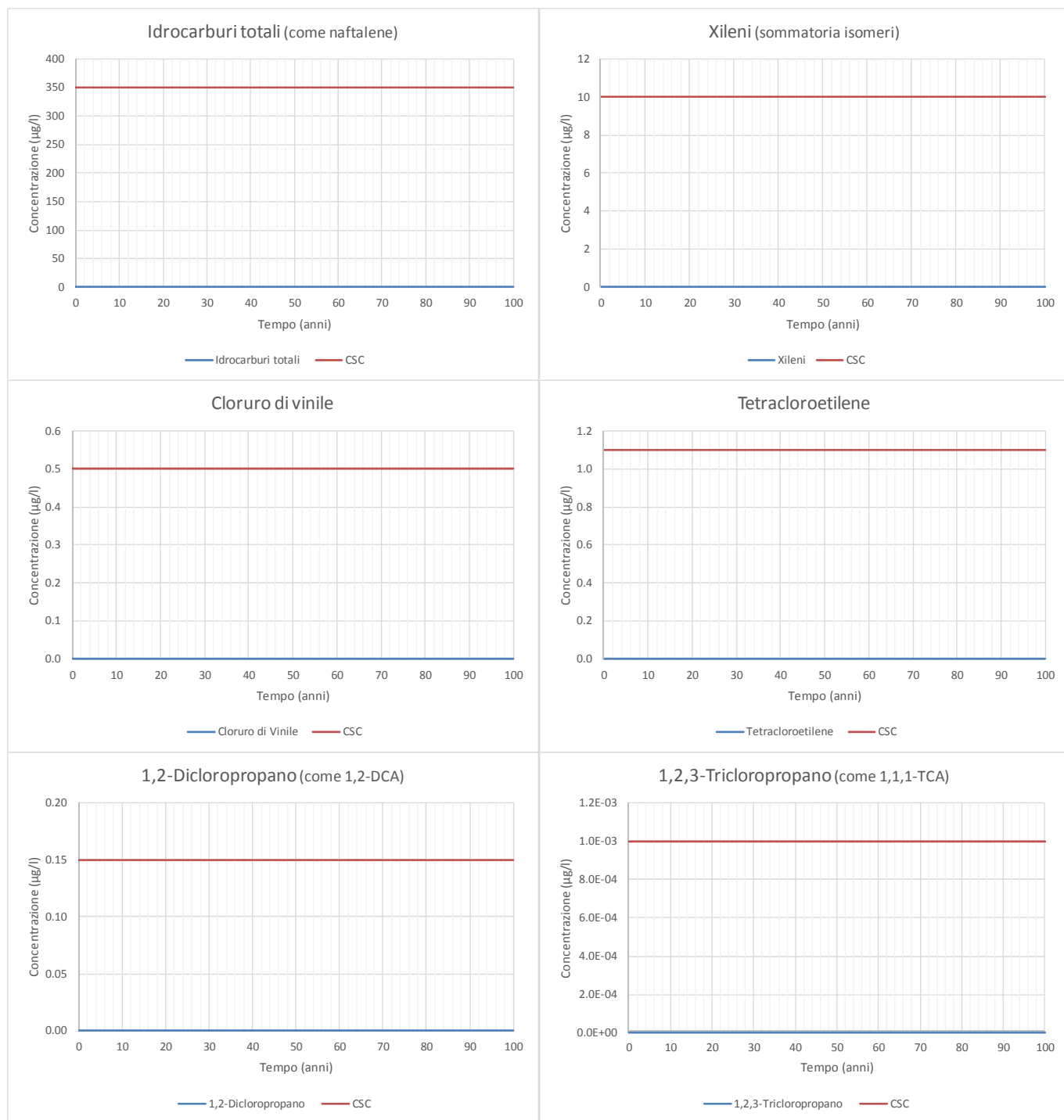


Fig. 8.4. Curve di breakthrough calcolate a valle della zona reattiva in sito, per la falda profonda.

maggior contributo all'esaurimento del reagente è dato dagli idrocarburi totali. Se si eliminasse anche solo questa tipologia di inquinanti, facilmente degradabili nelle condizioni aerobiche determinate dall'air sparging, la longevità della zona reattiva salirebbe a 25 anni. Più in generale, se con gli interventi sulla sorgente si riducessero del 90% le concentrazioni in uscita dal sito, la longevità della zona reattiva sarebbe di oltre 50 anni e quindi del tutto sufficiente a garantire il raggiungimento degli obiettivi di bonifica nel lungo periodo.

Tab. 8.4. Valutazione del dosaggio e della longevità del mezzo adsorbente.

DOSAGGIO DEL MEZZO ADSORBENTE			
1. Geometria della zona di trattamento	U.M.	Falda Superficiale	Falda Profonda
Ampiezza (ortogonale al deflusso)	m	100	100
Spessore (parallelo al deflusso)	m	6.5	6.5
Top della zona di trattamento (soggiacenza minima della falda)	m	6	28
Bottom della zona di trattamento (profondità base dell'acquifero)	m	26	52
Altezza della zona di trattamento	m	20	24
Sezione ortogonale al deflusso	m ²	6'000	7'200
Volume della zona di trattamento	m ³	39'000	46'800
Massa di terreno nella zona di trattamento	ton	70'200	84'240
Total Pore Volume (volume x porosità totale)	m ³	11'700	14'040
Effective Pore Volume (volume x porosità efficace)	m ³	9'750	11'700
2. Caratteristiche idrogeologiche del sito	U.M.	Falda Superficiale	Falda Profonda
Porosità totale	-	0.30	0.30
Porosità efficace	-	0.25	0.25
Densità del mezzo saturo	kg/dm ³	1.8	1.8
Conducibilità idraulica media	m/s	1.81E-04	5.05E-05
Gradiente idraulico	m/m	0.015	0.0027
Velocità di Darcy	m/s	2.72E-06	1.36E-07
	m/y	86	4.3
Velocità effettiva di deflusso	m/s	1.09E-05	5.45E-07
	m/y	342	17
Portata d'acqua attraverso la zona di trattamento	m ³ /y	513'700	31'000

3. Dosaggio del mezzo adsorbente		Falda Superficiale	Falda Profonda
Massa di mezzo adsorbente	kg	169'000	135'000
Massa di adsorbente rispetto alla massa di terreno nella zona di trattamento	g/kg	2.40	1.60
Concentrazione di adsorbente in falda	g/L	17.3	11.5
Massa di mezzo adsorbente per unità di volume	kg/m ³	4.33	2.88
4. Concentrazioni di contaminanti da trattare		Falda Superficiale	Falda Profonda
<u>Concentrazione di contaminanti organici in falda</u>	U.M.	C.media	C.media
- Idrocarburi totali	µg/l	195	234
- Sommatoria aromatici	µg/l	14.7	3.08
- Sommatoria alifatici clorurati e alogenati	µg/l	21.2	79.3
- Altri VOC	µg/l	6.25	4.48
- Sommatoria policiclici aromatici	µg/l	0.71	0.52
- Sommatoria cloro- e nitrobenzeni	µg/l	10.4	9.59
5. Longevità del mezzo adsorbente		Falda Superficiale	Falda Profonda
<u>Contaminante trattenuto sul mezzo adsorbente</u>			
- Idrocarburi totali	kg/y	100	7.25
- Sommatoria aromatici	kg/y	7.56	0.10
- Sommatoria alifatici clorurati e alogenati	kg/y	10.9	2.46
- Altri VOC	kg/y	3.21	0.14
- Sommatoria policiclici aromatici	kg/y	0.36	0.02
- Sommatoria cloro- e nitrobenzeni	kg/y	5.32	0.30
Contaminante trattenuto, totale	kg/y	127	10.3
Contaminante trattenuto, senza idrocarburi	kg/y	27.3	3.01
Capacità di adsorbimento	g/kg	4	4
Tempo di esaurimento della capacità adsorbente	y	5.3	53
Tempo di esaurimento, senza idrocarburi	y	25	180

8.2.4 Postazioni permanenti di iniezione

È prevista l'installazione di postazioni di iniezione permanenti, che permettono l'iniezione di miscele reagenti ad alta pressione, allo scopo di massimizzare il raggio di influenza. Le iniezioni possono essere ripetute nel tempo, consentendo di operare secondo fase successive di intervento.

Esse saranno installate entro sondaggi perforati a distruzione di nucleo con circolazione di acqua e utilizzando colonne di rivestimento di diametro 127/152 mm.

Ciascuna postazione sarà dotata di apposite valvole di iniezione, in grado di aprirsi durante la fase di iniezione e chiudersi al termine, posizionate ogni metro di spessore saturo di entrambe le falde intercettate (prima e seconda falda). L'intercapedine perforo/tubazione verrà quindi cementato per garantire che, durante l'iniezione, i reagenti iniettati non trovino vie preferenziali di risalita, ma possano solo entrare nelle formazioni naturali. A tale scopo, in corrispondenza delle valvole di non ritorno verranno posizionati una serie di manicotti appositamente realizzati per facilitare la fratturazione della boiaccia cementizia e l'iniezione della miscela.

8.2.5 Iniezione dei reagenti

Le iniezioni saranno avviate quando saranno trascorse almeno due settimane dal completamento delle postazioni. Si procederà innanzitutto con la preparazione della miscela, diluendo i reagenti in acqua fino al raggiungimento della concentrazione desiderata. L'acqua necessaria potrà essere prelevata dalla stessa falda, utilizzando i piezometri di monitoraggio.

La sospensione così ottenuta sarà iniettata in falda mediante pompa a pistone o a diaframma, in grado di erogare una portata di almeno 30 l/min ad una pressione di 1'000 psi (circa 70 bar).

Entro ciascuna postazione di iniezione sarà somministrato un uguale quantitativo di reagente, da distribuire omogeneamente lungo la verticale, secondo il dosaggio definito per le due falde intercettate.

8.2.6 Piezometri di monitoraggio

Il monitoraggio delle concentrazioni nelle aree a valle della zona reattiva sarà eseguito in corrispondenza di n. 4 cluster di piezometri di nuova realizzazione. Altri n. 4 piezometri di nuova realizzazione saranno utilizzati per valutare le concentrazioni all'interno della zona reattiva.

I nuovi cluster saranno eseguiti a doppia profondità: il piezometro superficiale avrà una profondità di 24 m dal p.c. e consentirà di monitorare la falda superficiale; il piezometro profondo avrà una profondità di 50 m dal p.c. e consentirà di monitorare la falda profonda.

8.3 Approfondimenti a supporto della progettazione definitiva

La progettazione definitiva degli interventi di bonifica delle acque sotterranee necessita dei seguenti approfondimenti:

- due nuove campagne di monitoraggio delle acque sotterranee, eseguita sui piezometri presenti all'interno e immediatamente a valle dello stabilimento, per fornire un quadro aggiornato della contaminazione e della piezometria;
- una prova pilota di Air Sparging e Soil Vapour Extraction, eseguita su un campo pilota appositamente allestito all'interno dello stabilimento, per definire parametri progettuali fondamentali quali portata, raggio di influenza, spaziatura e profondità dei pozzi;
- una prova pilota di In Situ Reactive Zone, eseguita su un campo pilota appositamente allestito a valle dello stabilimento, per verificare le assunzioni progettuali in termini di dosaggio del prodotto, raggio di influenza, spaziatura e profondità delle postazioni di iniezione;

- esecuzione di 2 prove di emungimento su altrettanti cluster di piezometri, con messa in pompaggio del piezometro P e monitorando le variazioni di livello nei piezometri S e M;
- slug test su un numero elevato di piezometri, per definire con maggiore precisione la conducibilità idraulica dell'acquifero;
- indagine geofisica per la verifica del modello idrogeologico e la ricerca del setto di separazione fra la falda superficiale e la falda profonda.

8.3.1 Prova pilota di Air Sparging e Soil Vapor Extraction

I pozzi utilizzati per le prove pilota dovranno essere ubicati in aree con concentrazioni moderate di contaminanti, in modo da evitare che, da un alto, la prova fornisca dati insufficienti o, dall'altro, possa determinare una migrazione incontrollata dei contaminanti.

E' in ogni caso opportuno che il campo prova sia allestito in prossimità di uno dei cluster di piezometri già esistenti, che potrà essere utilizzato per valutare gli effetti del sistema a diverse profondità.

L'impianto pilota di AS+SVE dovrà essere dotato di n. 2 postazioni di iniezione ravvicinate, finestrate sotto la tavola d'acqua a diversa profondità, n. 3 piezometri di monitoraggio ubicati nell'intorno del punto di iniezione e n. 3 pozzi di captazione dei vapori, finestrati nella zona vadosa.

I sondaggi dovranno essere eseguite a carotaggio continuo per l'intera profondità. In fase di perforazioni e di redazione delle stratigrafie si dovrà prestare particolare cura nel rilevare e segnalare eventuali livelli cementati o con abbondante matrice limoso-argillosa che potrebbero costituire il setto di separazione fra la falda superficiale e quella profonda (non evidenziato dalle precedenti indagini).

All'attivazione dell'impianto pilota saranno condotte delle prove a gradini di portata, prima per il solo sistema di Air Sparging e poi per il solo sistema di SVE. Le prove di AS

dovranno essere ripetute attivando prima i due pozzi singolarmente e poi contemporaneamente.

Terminate le prove a gradini e stabilite la portata di aria da iniettare, la pressione di iniezione e la depressione da applicarsi nei punti di estrazione, sarà eseguita una prova di lunga durata mantenendo in funzione l'impianto pilota di AS+SVE per un periodo di circa 2 mesi. Sui piezometri di monitoraggio i controlli analitici delle acque sotterranee saranno eseguiti a cadenza quindicinale (all'inizio della prova e dopo 15, 30, 45 e 60 giorni).

8.3.2 Prova pilota di In situ Reactive Zone

La prova pilota consisterà nell'esecuzione di un tratto di zona reattiva di lunghezza pari a $15\div 20$ m, mediante l'iniezione di reagente adsorbente in $5\div 7$ postazioni di iniezione. In questo modo, di fatto la prova pilota costituirà una prima fase dell'intervento full-scale. Qualora il dosaggio di prodotto risulti confermato, nel successivo intervento full-scale non sarà necessario eseguire altre attività sui punti di iniezione già eseguiti.

Oltre alle postazioni di iniezione, per il monitoraggio dell'intervento dovranno essere realizzati almeno n. 2 cluster di piezometri, di cui uno all'interno della zona reattiva e uno ad una distanza di $3\div 6$ m a valle dei punti di iniezione, per verificare il raggiungimento delle concentrazioni obiettivo. I nuovi cluster saranno eseguiti a doppia profondità: il piezometro superficiale avrà una profondità di 24 m dal p.c. e consentirà di monitorare la falda superficiale; il piezometro profondo avrà una profondità di 50 m dal p.c. e consentirà di monitorare la falda profonda.

I sondaggi dovranno essere eseguite a carotaggio continuo per l'intera profondità. In fase di perforazioni e di redazione delle stratigrafie si dovrà prestare particolare cura nel rilevare e segnalare eventuali livelli cementati o con abbondante matrice limoso-argillosa che potrebbero costituire il setto di separazione fra la falda superficiale e quella profonda (non evidenziato dalle precedenti indagini).

Sui piezometri di monitoraggio saranno eseguiti controlli analitici delle acque sotterranee a cadenza quindicinale (prima delle iniezioni e dopo 15, 30, 45 e 60 giorni).

9. PIANO DI MONITORAGGIO

Una volta completata la Zona Reattiva In Situ e avviato l'impianto di Air Sparging + SVE, per verificare l'andamento della bonifica dovrà essere disposto un dettagliato programma di monitoraggio: a tale scopo potrà essere utilizzata una parte dei piezometri già presenti all'interno e lungo il perimetro del sito, oltre ai n. 4 nuovi cluster a doppia profondità previsti nel presente progetto (vedasi par. 8.2.6). In via preliminare, si può prevedere di eseguire controlli mensili su n. 5 cluster di piezometri e bimestrali su altri 5 cluster, con il prelievo di campioni sui piezometri S, M e P, per un periodo di 3 anni.

Trascorso tale periodo, occorrerà poi avviare un piano di monitoraggio delle aree esterne, in modo da verificare l'efficacia dell'intervento sulle aree a valle, per un periodo di tempo di almeno 5 anni. In via assolutamente preliminare, si può prevedere una frequenza semestrale nei primi due anni e annuale nei successivi tre. Ciascuna campagna potrà essere estesa ad un numero limitato di piezometri, da selezionare fra quelli disponibili. In via preliminare si prevede di eseguire il monitoraggio su 10 cluster, con il prelievo di 20 campioni (piezometri M e P).

Le modalità di campionamento dovranno essere conformi ai criteri indicati nell'allegato 2 al titolo V della parte quarta del D.Lgs. 152/06. Sui campioni di acque sotterranee saranno ricercati i parametri di seguito elencati, che comprendono i contaminanti caratteristici del sito: parametri chimico-fisici in situ, metalli, azoto ammoniacale, idrocarburi totali, idrocarburi aromatici, idrocarburi alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni, cloro- e nitrobenzeni, fenoli e clorofenoli, PCB, PCDD-PCDF (quest'ultimo solo sul 10% dei campioni).

Torino, 30 novembre 2015

ALLEGATO 1

Tavole grafiche.

ALLEGATO 2

Allegato fotografico – edifici e strutture da demolire nella Chimica Industriale

revis. n.	data	oggetto revisione
00	30/11/15	prima emissione.

INDICE

1.	PREMESSA.....	4
1.1	Documentazione di riferimento.....	4
2.	OBIETTIVI DELL'INTERVENTO IN PROGETTO	6
3.	ESAME DELLE TECNOLOGIE DI BONIFICA APPLICABILI.....	8
3.1	Contaminazione dei terreni.....	8
3.2	Presenza di fase libera surnatante	9
3.3	Contaminazione delle acque sotterranee	10
3.3.1	Air Sparging e Soil Vapour Extraction (AS + SVE)	13
3.3.2	In situ Reactive Zone (IRZ)	15
4.	DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	18
4.1	Demolizione di fabbricati e di impianti fuori terra.....	18
4.2	Impermeabilizzazione delle superfici	19
4.3	Rimozione della fase libera surnatante.....	19
4.4	In situ reactive zone (IRZ) per il trattamento del plume.....	20
4.5	Air Sparging e Soil Vapour Extraction per il trattamento della sorgente	20
5.	DEMOLIZIONE DI FABBRICATI E IMPIANTI FUORI TERRA	22
5.1	Rilievo preliminare dei materiali potenzialmente pericolosi	22
5.2	Interventi di rimozione di amianto e fibre artificiali vetrose	22

5.3	Demolizione degli impianti e delle strutture fuori terra	23
5.4	Sottoservizi e serbatoi interrati.....	24
5.5	Approfondimenti a supporto della progettazione definitiva	24
6.	IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE SUPERFICI NELL'AREA DELLO STABILIMENTO CHIMICA INDUSTRIALE.....	26
6.1	Impermeabilizzazione delle aree destinate a strade e parcheggi (Tipo 1)	27
6.2	Impermeabilizzazione delle aree destinate a verde (Tipo 2)	28
6.3	Approfondimenti a supporto della progettazione definitiva	30
7.	RIMOZIONE DELLA FASE LIBERA SURNATANTE	31
7.1	Indagine geofisica preliminare per verificare l'estensione dell'area interessata da surnatante	31
7.1.1	Realizzazione di nuovi piezometri per l'estrazione del surnatante.....	32
7.2	Recupero della fase libera surnatante	33
7.3	Rimozione della massa idrocarburica residua	35
7.4	Approfondimenti a supporto della progettazione definitiva	36
8.	BONIFICA DELLE ACQUE SOTTERRANEE.....	37
8.1	Air Sparging e Soil Vapour Extraction.....	37
8.1.1	Pozzi di Air Sparging	39
8.1.2	Pozzi di Soil Vapour Extraction	40
8.1.3	Rete di distribuzione e collettamento.....	41
8.1.4	Stazioni di regolazione.....	41
8.1.5	Impianto centralizzato di compressione, aspirazione e trattamento.....	42
8.1.6	Esercizio dell'impianto e durata dell'intervento.....	45
8.1.7	Opere accessorie.....	46
8.1.8	Piezometri di monitoraggio	47
8.2	In Situ Reactive Zone per il trattamento del plume.....	47
8.2.1	Configurazione della Zona Reattiva	49

8.2.2	Dosaggio del reagente.....	49
8.2.3	Valutazione della longevità del reagente	50
8.2.4	Postazioni permanenti di iniezione.....	55
8.2.5	Iniezione dei reagenti.....	56
8.2.6	Piezometri di monitoraggio	57
8.3	Approfondimenti a supporto della progettazione definitiva	57
8.3.1	Prova pilota di Air Sparging e Soil Vapor Extraction.....	58
8.3.2	Prova pilota di In situ Reactive Zone.....	59
9.	PIANO DI MONITORAGGIO	61
<u>ALLEGATO 1</u>	Tavole grafiche.....	62
<u>ALLEGATO 2</u>	Allegato fotografico – edifici e strutture da demolire nella Chimica Industriale	71

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce parte integrante del Progetto Preliminare degli interventi di bonifica/messa in sicurezza permanente, ai sensi del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii., dei siti “Stabilimento OMA”, “Discarica OMA” e “Stabilimento Chimica Industriale” di Rivalta di Torino (TO). Esso è redatto dalla scrivente Bortolami-Di Molfetta S.r.l. su incarico del Comune di Rivalta di Torino, sulla base della convenzione stipulata in data 17/09/2015.

Nello specifico, la presente Relazione Tecnica descrive gli interventi di bonifica e messa in sicurezza permanente previsti dal progetto per il sito “Stabilimento Chimica Industriale” di Rivalta di Torino (TO).

Costituiscono parte integrante del progetto i seguenti elaborati:

- A – Relazione illustrativa generale;
- B – Relazione tecnica di progetto. Discarica e Stabilimento OMA;
- C – Relazione tecnica di progetto. Stabilimento Chimica Industriale;
- D – Prime indicazioni e misure finalizzate alla tutela della salute e sicurezza dei luoghi di lavoro per la stesura dei piani di sicurezza;
- E – Calcolo sommario della spesa e quadro economico;
- F – Piano economico e finanziario di massima.

Tali elaborati, come richiesto dal contratto, rispondono ai contenuti previsti dall’art. 17, comma 1, lettere a), b), e), f), g) e h), comma 4 del D.P.R. 207/2010.

Le Tavole citate nel testo sono riportate in Allegato 1.

1.1 Documentazione di riferimento

Per l’elaborazione del presente progetto si è tenuto conto delle informazioni sito-specifiche acquisite non solo in fase di caratterizzazione, ma anche nel corso delle numerose indagini

realizzate in passato sull'area. In particolare, si è fatto riferimento alla seguente documentazione:

- [1] Dicembre 2003. Piano della caratterizzazione dello Stabilimento della Società Chimica Industriale Srl sita in Comune di Rivalta, ai sensi del DM 471/99. Studio Bortolami e Di Molfetta.
- [2] Dicembre 2003. Piano della caratterizzazione dello Stabilimento della Oma SpA sita in Comune di Rivalta, ai sensi del DM 471/99. Studio Bortolami e Di Molfetta.
- [3] Dicembre 2003. Piano della caratterizzazione della discarica Oma sita in Comune di Rivalta, ai sensi del DM 471/99. Studio Bortolami e Di Molfetta.
- [4] 2007-2008. Risultati delle indagini di caratterizzazione (relazioni varie). URS Italia.
- [5] Luglio 2007. Progetto Definitivo dei “Primi interventi urgenti di messa in sicurezza ex discarica OMA” Studio A.I.S.A., Studio Tedesi, Studio Anselmo associati.
- [6] Ottobre 2010. Applicazione della procedura di analisi di rischio sanitario-ambientale ai siti “Stabilimento Oma” e “Discarica OMA”. Studio Bortolami e Di Molfetta.
- [7] Ottobre 2010. Applicazione della procedura di analisi di rischio sanitario-ambientale ai siti “Stabilimento Chimica Industriale”. Studio Bortolami e Di Molfetta.
- [8] Febbraio 2010. Progetto Definitivo. Completamento dei primi interventi di bonifica della ex Discarica Oma. ETC Studio Associato.
- [9] Settembre 2012. Relazione di fine lavori. Completamento dei primi interventi di bonifica della ex Discarica Oma. Bugno Luciano Srl.
- [10] Giugno, 2015. Progetto Esecutivo. Interventi di messa in sicurezza del surnatante presente a valle della discarica Oma e monitoraggio acque sotterranee. Bortolami - Di Molfetta Srl.
- [11] Comunicazione della Regione Piemonte prot. n. 9117/DB10.12 del 11/07/14.

2. OBIETTIVI DELL'INTERVENTO IN PROGETTO

Per lo Stabilimento Chimica Industriale, l'analisi di rischio ha evidenziato concentrazioni superiori alle CSR in tutte le sorgenti secondarie di contaminazione all'interno dello stabilimento (suolo superficiale, suolo profondo e acque sotterranee). Verosimilmente, in corrispondenza di un limitato settore sul lato Nord dell'impianto, la contaminazione dei terreni si estende anche oltre il perimetro del sito. Una porzione ridotta dello stabilimento risulta inoltre interessata dalla presenza di idrocarburi in fase libera surnatante.

Concentrazioni superiori alle CSC per le acque sotterranee sono state riscontrate anche nei piezometri di monitoraggio a valle del sito. A causa dell'elevata persistenza e mobilità dei contaminanti presenti, il plume di contaminazione si estende per diversi chilometri lungo la direzione di deflusso.

Si rileva infine che all'interno dello stabilimento sono ancora presenti numerosi fabbricati, serbatoi ed impianti, dismessi o tutt'ora in uso, di cui occorre prevedere la demolizione in quanto strettamente funzionale all'intervento di bonifica / messa in sicurezza permanente. Durante i sopralluoghi eseguiti è stata evidenziata la potenziale presenza di materiali pericolosi nelle strutture da demolire, quali amianto in matrice compatta, amianto in matrice friabile e fibre artificiali vetrose, seppur in quantitativi piuttosto limitati.

Tenuto conto degli aspetti sopra elencati, l'intervento di risanamento del sito è stato pertanto elaborato rispetto a cinque questioni distinte:

1. **demolizione di fabbricati ed impianti:** gli obiettivi sono identificare e rimuovere in sicurezza i materiali pericolosi presenti nelle strutture e completare quindi la demolizione di tutte le strutture fuori terra, per consentire l'esecuzione dei successivi interventi;
2. **completamento della caratterizzazione nelle aree esterne:** l'obiettivo è di completare la delimitazione delle sorgenti di contaminazione nelle aree a Nord dell'impianto, precedentemente non investigate;

3. **contaminazione dei terreni:** l'obiettivo principale è ricondurre nei limiti di accettabilità il rischio per i fruitori dell'area, derivante dal contatto diretto con i terreni contaminati e dall'inalazione di vapori dal suolo superficiale e profondo;
4. **rimozione della fase libera surnatante:** l'obiettivo è eliminare questa sorgente primaria di contaminazione al fine di consentire l'esecuzione dei successivi interventi di bonifica delle acque sotterranee;
5. **contaminazione delle acque sotterranee:** gli obiettivi sono la riduzione a livelli accettabili del rischio di inalazione di vapori dalla falda e il raggiungimento dei requisiti di qualità delle acque sotterranee al punto di conformità.

3. ESAME DELLE TECNOLOGIE DI BONIFICA APPLICABILI

Di seguito vengono prese in esame le diverse tecniche di bonifica che possono essere applicate nei siti in esame. Di ciascuna tecnologia sono analizzati i principi di funzionamento, le caratteristiche peculiari, i principali vantaggi e limitazioni.

3.1 Contaminazione dei terreni

I risultati della caratterizzazione e dell'analisi di rischio indicano la necessità di intervenire per ricondurre a livelli di accettabilità il rischio per i fruitori dell'area derivante dal contatto diretto con i terreni contaminati e dall'inalazione di vapori dal suolo superficiale e profondo. L'area contaminata ha un'estensione superficiale di circa 23'000 m² ed interessa il mezzo insaturo su tutta la verticale, oltre che i terreni nella zona di escursione della falda (profondità di 6÷10 m dal piano campagna).

I contaminanti le cui concentrazioni rappresentative risultano superiori alle concentrazioni obiettivo sono: idrocarburi C<12, idrocarburi C>12, PCB, diossine e furani, metalli pesanti (cromo VI, mercurio), idrocarburi aromatici (benzene, toluene, etilbenzene, xileni, stirene, isopropilbenzene, 1,3,5-trimetilbenzene), IPA (benzo[a]pirene), solventi clorurati (diclorometano, cloroformio, cloruro di vinile, 1,2-dicloroetano, 1,1-dicloroetilene, 1,2-dicloropropano, 1,1,2-tricloroetano, tricloroetilene, 1,2,3-tricloropropano, 1,1,2,2-tetracloroetano, tetracloroetilene, 1,1,1,2-tetracloroetano, esaclorobutadiene, cis-1,2-dicloroetilene, 1,1,1-tricloroetano), clorobenzeni (clorobenzene, esaclorobenzene).

Essendo presenti inquinanti di diversa tipologia (metalli, idrocarburi pesanti, idrocarburi aromatici, alifatici clorurati, aromatici clorurati), l'unica tecnica di bonifica potenzialmente applicabile a tutti gli inquinanti è data dallo scavo e smaltimento dei terreni contaminati. Tuttavia, in ragione dell'estensione superficiale e volumetrica della contaminazione, anche l'ipotesi di rimozione del materiale deve essere scartata a priori, sia per ragioni economiche

che per le oggettive difficoltà tecniche rappresentate dalle elevate profondità di scavo. L'intervento sarebbe inoltre caratterizzato da elevati impatti ambientali in termini di consumo del territorio e di risorse naturali, inquinamento atmosferico, consumo di carburante e rumori associati al trasporto dei materiali.

In questi casi, visto che l'accettabilità del rischio sanitario è legata esclusivamente all'eliminazione delle vie di esposizione per contatto dermico e inalazione di vapori, la tecnologia di elezione è rappresentata dalla realizzazione di una copertura superficiale (capping), che costituisca una barriera atta ad impedire l'esposizione dei soggetti fruitori dell'area.

Un ulteriore contributo all'eliminazione del rischio di inalazione di vapori sarà dato dagli interventi di rimozione della fase libera surnatante (par. 3.2) e di Soil Vapour Extraction, previsto in accoppiamento all'Air Sparging per la bonifica delle acque sotterranee (vedasi par. 3.3).

3.2 Presenza di fase libera surnatante

Il recupero della fase libera è una tecnica di intervento sulla sorgente contaminante volta alla rimozione del cosiddetto *pancake* di idrocarburi in fase libera surnatante. Generalmente, tale intervento viene portato a termine nelle seguenti modalità:

1. recupero della fase libera mediante depressione della tavola d'acqua;
2. estrazione bifase (*dual phase extraction*) o *bioslurping*.
3. recupero della sola fase libera mediante l'utilizzo di *oil skimmer*;
4. recupero della sola fase libera mediante l'utilizzo di *disoleatori a nastro*;

Le tecnologie 1 e 2 sopraelencate richiedono l'installazione di dispositivi fissi per l'estrazione degli idrocarburi e di un impianto di trattamento dei reflui idrici prodotti. Il loro ricorso presume quindi la disponibilità di un allacciamento alla rete fognaria per lo scarico dei reflui idrici prodotti o, in alternativa, di uno scarico in corpo idrico superficiale,

oltre ad un allacciamento alla rete elettrica per l'alimentazione dei sistemi di estrazione e degli eventuali impianti.

Tutte le tecnologie sopraelencate richiedono inoltre l'assistenza continua di operatori per il corretto posizionamento degli strumenti in funzione delle oscillazioni della falda (con la sola eccezione dei disoleatori a nastro).

Nel caso in esame, trattandosi di un sito industriale in larga parte dismesso, in cui non è prevista una presenza continuativa di operatori e a ragione delle accentuate oscillazioni stagionali della falda, legate alla vicinanza al T. Sangone, si ritiene che la migliore soluzione tecnica per il caso in esame sia rappresentata dall'allestimento di un disoleatore a nastro in corrispondenza di ciascun piezometro caratterizzato dalla presenza di surnatante, collegato ad un serbatoio di accumulo del prodotto estratto, da avviare periodicamente a smaltimento.

Al termine delle operazioni, per rimuovere la massa idrocarburica residua si eseguirà un intervento "push&pull" di dosaggio di reagenti nell'acquifero e successivo recupero del prodotto in fase disciolta.

3.3 Contaminazione delle acque sotterranee

Con riferimento alle acque sotterranee, i contaminanti le cui concentrazioni rappresentative risultano superiori alle concentrazioni obiettivo sono: idrocarburi totali, PCB, contaminanti inorganici (ferro, manganese, nichel, ammoniaca), idrocarburi aromatici (benzene, toluene, xileni), solventi clorurati (diclorometano, cloroformio, cloruro di vinile, 1,2-dicloroetano, 1,1-dicloroetilene, 1,2-dicloropropano, 1,1,2-tricloroetano, tricloroetilene, 1,2,3-tricloropropano, 1,1,2,2-tetracloroetano, tetracloroetilene, carbonio tetracloruro, 1,1,1,2-tetracloroetano, esaclorobutadiene), ammine aromatiche (p-toluidina).

I risultati della caratterizzazione e dell'analisi di rischio indicano che il fenomeno di contaminazione più significativo, sia per la falda superficiale che per quella profonda, anche

se per quest'ultima in misura sensibilmente inferiore, è rappresentato dai solventi clorurati, che si sono propagati a valle del sito, lungo la direzione di deflusso della falda, per oltre un chilometro. Tuttavia, tenuto presente che a valle del sito devono essere rispettate le CSC, è necessario individuare una tecnologia di intervento che sia in grado di abbattere contemporaneamente anche gli altri contaminanti organici presenti.

In via preliminare si ritiene invece di non dover prevedere un intervento specifico per i contaminanti inorganici, in quanto:

1. ferro, manganese e nichel rappresentano un fenomeno di contaminazione secondaria, indotto dalla degradazione microbica dei contaminanti organici e destinato ad esaurirsi una volta rimosse tali sostanze;
2. l'ammoniaca ha presentato solo alcuni occasionali e limitati superamenti delle CSC, localizzati in pochi punti di monitoraggio. Verosimilmente l'impermeabilizzazione superficiale dell'area sarà sufficiente ad interrompere il rilascio di questa sostanza in falda. In caso contrario, nello sviluppo delle successive fasi di progettazione sarà valutata l'ipotesi di interventi localizzati sui singoli hot spot.

Nella scelta della tecnologia di intervento si sono dovuti considerare alcuni aspetti fondamentali:

- escludere tecnologie che avrebbero richiesto oneri di gestione continui nel tempo e perciò incompatibili con le risorse di un ente pubblico;
- escludere tecnologie che sarebbero state efficaci con una sola tipologia di contaminanti, ma non con tutti quelli obiettivo di bonifica.

Alla luce di quanto sopra:

1. un intervento di Pump&Treat non risulta applicabile perché, ricadendo la maggior parte dei contaminanti obiettivo nella categoria dei NAPL, il sistema dovrebbe operare per decenni prima di raggiungere gli obiettivi prefissati, con costi di gestione prolungati nel tempo e non compatibili con le risorse di un ente pubblico;
2. una barriera permeabile reattiva (PRB) a ferro zerovalente rappresenterebbe una

soluzione efficace per i solventi clorurati, ma sarebbe del tutto inefficace per gli idrocarburi totali e i BTEX. Inoltre, una PRB sarebbe comunque eccessivamente onerosa per via delle elevate profondità e dall'alta velocità di deflusso della falda, che richiede grandi spessori di mezzo reattivo. La tecnologia non è quindi applicabile al caso in esame;

3. un intervento di riduzione chimica in situ (ISCR) sarebbe efficace per buona parte dei solventi clorurati, ma del tutto inefficace per gli idrocarburi, i BTEX e per i solventi clorurati più resistenti al processo di dealogenazione anaerobica riduttiva (es. 1,2-dicloropropano, 1,2,3-tricloropropano);
4. un intervento di ossidazione chimica in situ (ISCO) potrebbe ad un primo esame essere considerato idoneo, sia per i solventi clorurati che per gli idrocarburi. Esso presenta tuttavia un elevato rischio di mobilitazione di metalli pesanti e di sottoprodotti di reazione, che potrebbero inficiare il risultato finale. Inoltre, l'ISCO sarebbe più adatto a trattare le zone di sorgente che non il plume di valle, ove sarebbe molto difficile raggiungere le CSC previste dalla normativa. Anche per la sorgente, tuttavia, la limitata longevità dei reagenti potrebbe determinare l'insorgere di fenomeni di rebound e richiedere nuove applicazioni del prodotto, creando difficoltà alla gestione della bonifica da parte di un ente pubblico.

Sulla base delle considerazioni sopra esposte, la scelta progettuale è ricaduta sull'impiego contemporaneo di due tecnologie:

- per il **trattamento del plume di contaminazione** in uscita dallo stabilimento, è prevista la creazione di una Zona Reattiva In Situ in corrispondenza del fronte di valle dello stabilimento, mediante l'iniezione in falda di un reagente a base di carbone attivo micrometrico e nutrienti a rilascio controllato. Questo consentirà di immobilizzare per adsorbimento i contaminanti organici presenti, accelerandone al tempo stesso i processi di biodegradazione. Il reagente adsorbente sarà distribuito in corrispondenza sia della prima che della seconda falda, mediante la realizzazione di una serie di postazioni di iniezione allineate ortogonalmente alla direzione di

deflusso. Obiettivo dell'intervento è il raggiungimento delle CSC nelle acque sotterranee a valle della zona reattiva.

- per il **trattamento della sorgente di contaminazione**, sarà eseguito un intervento di Air Sparging (AS), accoppiato ad un intervento di Soil Vapour Extraction (SVE) per la captazione e il trattamento dei vapori. Obiettivo dell'intervento è abbattere le concentrazioni degli inquinanti in ingresso alla Zona Reattiva In Situ, al fine di aumentarne la longevità e l'efficienza. I pozzi di air sparging saranno completati esclusivamente nella prima falda; la seconda falda, grazie al ridotto gradiente piezometrico, determina un basso flusso di contaminanti in uscita e, pertanto, non risulta necessario un abbattimento delle concentrazioni alla sorgente.

3.3.1 Air Sparging e Soil Vapour Extraction (AS + SVE)

L'*air sparging* (AS) è una tecnologia di trattamento che estende alla zona satura la capacità e potenzialità del *soil vapour extraction* (SVE) usato nella zona non satura. Il processo consiste nell'iniezione di aria in pressione al di sotto della tavola d'acqua attraverso un sistema di pozzi verticali eventualmente accoppiati ad un sistema per la cattura ed il trattamento dei vapori inquinati che vengono catturati nel mezzo non saturo (Fig. 3.1). Il sistema di captazione dei vapori è necessario nel caso in cui questi possano migrare verso la superficie o all'interno di strutture sotterranee andando a costituire una fonte di rischio.

La rimozione dell'inquinante avviene grazie alla combinazione di tre meccanismi:

- stripping del contaminante disciolto in fase acquosa;
- volatilizzazione diretta del contaminante presente in fase segregata o adsorbito;
- biodegradazione del contaminante per metabolismo aerobico.

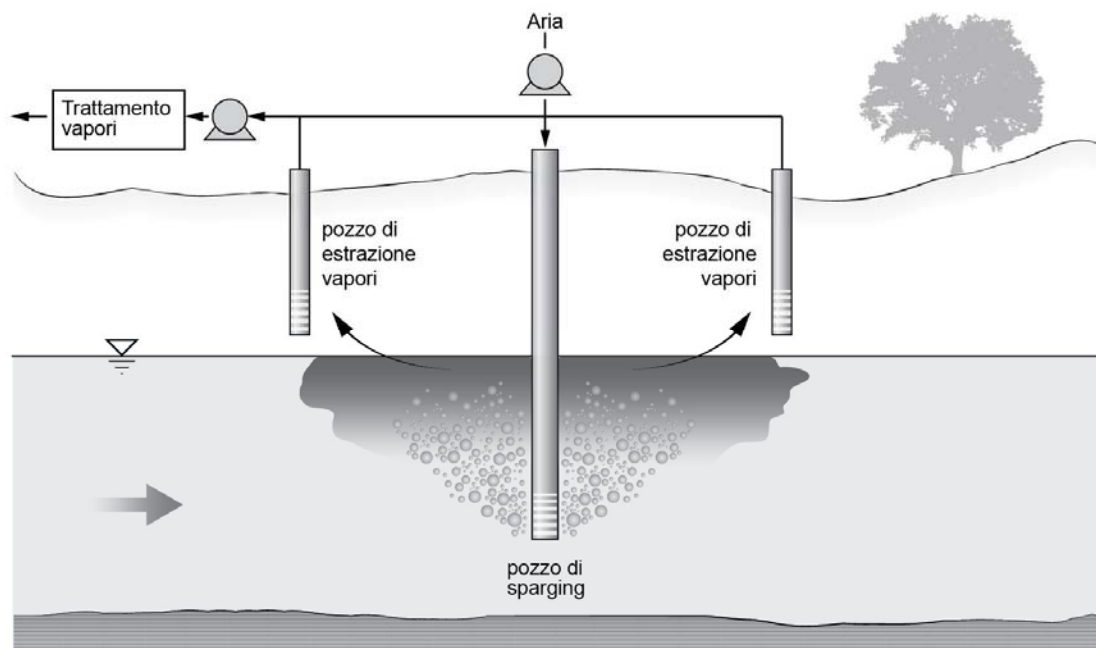


Fig. 3.1. Schema di un sistema di Air Sparging e Soil Vapour Extraction.

In un impianto di *air sparging*, i fattori che maggiormente influenzano la capacità di rimuovere un contaminante disciolto in fase acquosa sono: la costante di Henry del composto, la modalità in cui l'aria si distribuisce nel mezzo saturo ed in quello non saturo, la tensione di vapore del composto e la presenza di colonie microbiche adeguate e di macronutrienti in capacità sufficiente. Queste ultime variabili, influenzano la biodegradazione per metabolismo aerobico, meccanismo fortemente dipendente dalla tipologia del contaminante.

L'*air sparging* favorisce la volatilizzazione dei contaminanti adsorbiti o intrappolati nei pori e la dissoluzione della fase adsorbita del contaminante, determinandone lo strippaggio in corrispondenza della tavola d'acqua. In corrispondenza della zona non satura dell'acquifero l'aria iniettata può determinare la volatilizzazione diretta del contaminante adsorbito. Tale condizione è fortemente influenzata dalla tensione di vapore del contaminante stesso.

Data la complessità dei parametri che entrano in gioco per la progettazione di un impianto

full-scale di AS+SVE, è consigliabile tarare la tecnologia mediante l'allestimento di un impianto pilota. Tale impianto, prima della sua attivazione, viene utilizzato per eseguire alcuni test pilota attraverso i quali è possibile determinare i parametri essenziali e necessari per la progettazione di un sistema full-scale.

I principali vantaggi di tale tecnologia, nell'ipotesi di un'applicazione al sito in esame, sono:

- ottimo rapporto costi-benefici;
- elevata efficacia rispetto a tutti i contaminanti organici volatili, siano essi idrocarburi aromatici, idrocarburi alifatici clorurati o altri alogenati;
- il raggio di influenza aumenta proporzionalmente alla conducibilità idraulica;
- agisce sull'intera massa di contaminante presente nell'acquifero (frazione disciolta, frazione adsorbita e fase non miscibile alla saturazione residua).

Per contro, occorre tenere conto delle seguenti limitazioni:

- sono necessarie prove pilota per dimensionare l'intervento;
- l'efficacia e il raggio di influenza diminuiscono a profondità superiori a 10 m dalla tavola d'acqua;
- è richiesta l'installazione e la gestione di un impianto fuori terra;
- il metodo è inefficace rispetto ai metalli, se non per via indiretta (rimozione di contaminanti organici → riduzione della contaminazione secondaria);
- è necessario rimuovere il prodotto libero surnatante per evitarne la migrazione, con conseguente diffusione della contaminazione.

3.3.2 In situ Reactive Zone (IRZ)

Il concetto alla base della tecnologia è la creazione di una zona reattiva attraverso l'iniezione di reagenti nel sottosuolo, in cui i contaminanti che la attraversano per effetto del gradiente naturale della falda sono intercettati e immobilizzati in modo permanente, o trasformati in composti non pericolosi per l'ambiente e per la salute umana.

Concettualmente, la tecnologia è molto simile alle Barriere Permeabili Reattive, con la differenza che in questo caso non si sostituisce il terreno naturale con il mezzo reattivo, ma si distribuisce il reagente nel mezzo poroso attraverso tecniche di iniezione in pressione. Inoltre, a differenza delle PRB, questa tecnologia è idonea anche per il trattamento della sorgente di contaminazione e non esclusivamente per l'intercettazione del plume.

Nel caso in esame, è stata prevista la realizzazione di una zona reattiva in sito per trattare il plume in uscita dal sito contaminato lungo il confine di valle dello stabilimento OMA e delle aree limitrofe (fascia di terreno tra lo stabilimento e il T. Sangone). L'obiettivo dell'intervento è di creare un trattamento chimico-fisico in situ in grado di potenziare i meccanismi di adsorbimento dei contaminanti e di implementare i processi di biodegradazione degli stessi.

Questo risultato può essere raggiunto iniettando in falda una soluzione acquosa in cui è sospeso un colloide solido a base di carbone attivo in particelle di dimensioni micrometriche, dalle proprietà altamente adsorbenti e trattato superficialmente in modo da avere sia caratteristiche anti-coagulanti che ne favoriscono la distribuzione in falda, sia essere dotato di nutrienti a bassa solubilità e rilascio controllato che favoriscono l'instaurarsi di processi di biodegradazione dei contaminanti.

La sospensione colloidale liquida sarà iniettata in falda mediante pompe a membrana o a pistone, in postazioni di iniezione appositamente realizzate che assicureranno una distribuzione omogenea del prodotto lungo tutta la verticale, vedasi Fig. 3.2. Le iniezioni potranno eventualmente essere ripetute nel tempo utilizzando le stesse postazioni, per eventuali correzioni di dosaggio.

Una volta a contatto con la falda contaminata, grazie all'elevata superficie specifica delle particelle collodiali micrometriche si innescherà immediatamente il meccanismo di adsorbimento, ottenendo un rapido abbattimento della contaminazione presente in fase disciolta. I contaminanti adsorbiti forniranno a loro volta il substrato principale per alimentare i processi di biodegradazione, che a loro volta potranno eventualmente essere accelerati attraverso la somministrazione di accettori/donatori di elettroni e nutrienti,

addizionati nel processo di ingegnerizzazione del prodotto.

E' importante sottolineare che la biodegradazione dei contaminanti, oltre a eliminare permanentemente una massa degli stessi, consentirà la liberazione di spazi sul carbone attivo, favorendo così l'ulteriore adsorbimento e, conseguentemente, l'innescare di un ciclo virtuoso.

L'utilizzo di biomatrici colloidali in soluzione è già stato sperimentato con successo sia con i solventi alogenati che con gli idrocarburi. In materiali come quelli caratteristici del sito in oggetto, il raggio di influenza in cui il prodotto si distribuisce omogeneamente dal punto di iniezione è stimabile dell'ordine di 2 m.

Data la complessità del processo, è stata prevista la realizzazione preliminare di un test pilota in campo allo scopo di ricavare i parametri sito-specifici necessari per il progetto full-scale dell'intervento.

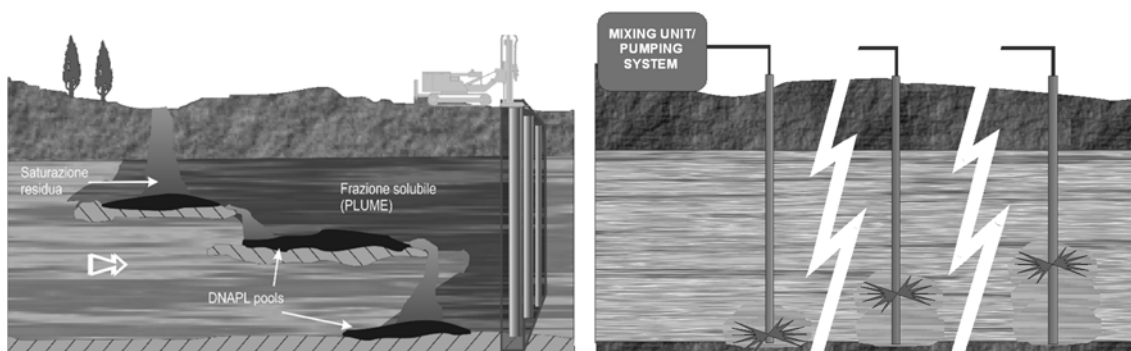


Fig. 3.2. Zona reattiva in situ per il trattamento del plume e distribuzione del reagente mediante postazioni permanenti di iniezione.

4. DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Di seguito vengono brevemente descritti gli interventi previsti nei siti oggetto di intervento. Per una descrizione di maggiore dettaglio delle singole opere e dei relativi criteri di dimensionamento si rimanda ai capitoli seguenti.

Per lo Stabilimento Chimica Industriale si prevede un intervento di bonifica e messa in sicurezza permanente, che comprende l'esecuzione delle seguenti opere:

1. demolizione di fabbricati e impianti fuori terra;
2. impermeabilizzazione delle superfici;
3. rimozione della fase libera surnatante;
4. in situ reactive zone (IRZ) per il trattamento del plume;
5. air sparging e soil vapour extraction (AS+SVE) per il trattamento della sorgente.

4.1 Demolizione di fabbricati e di impianti fuori terra

È prevista la demolizione dei fabbricati, dei serbatoi e degli impianti fuori terra presenti all'interno dello stabilimento, in quanto strettamente funzionale all'intervento di bonifica / messa in sicurezza permanente.

Preliminarmente si procederà con il censimento e la rimozione in sicurezza dei materiali pericolosi presenti nelle strutture da demolire, quali amianto in matrice compatta, amianto in matrice friabile e fibre artificiali vetrose.

Si procederà quindi con l'inertizzazione dei serbatoi interrati ancora presenti e con la demolizione degli impianti e delle strutture fuori terra.

I materiali inerti prodotti dalle demolizioni saranno riutilizzati per la formazione dello

strato di regolarizzazione previa selezione, vagliatura e riduzione volumetrica da effettuarsi mediante impianto mobile autorizzato all'interno dello stesso cantiere.

4.2 Impermeabilizzazione delle superfici

Sull'intera area dello Stabilimento Chimica Industriale è prevista la realizzazione di una copertura superficiale impermeabile ("capping"), allo scopo di minimizzare l'infiltrazione delle acque meteoriche attraverso il suolo contaminato, impedire il contatto diretto con il suolo superficiale contaminato e minimizzare le eventuali emissioni di vapori inquinanti dal sottosuolo.

Non essendo ancora stato definito l'effettivo riutilizzo finale delle aree in oggetto, vengono proposti due distinti sistemi di impermeabilizzazione, il primo compatibile con un utilizzo a parcheggio/strada, il secondo per un utilizzo ad area verde.

Le acque meteoriche verranno raccolte mediante un sistema di canalette appositamente dimensionate e scaricate nel sistema fognario esistente, previa autorizzazione.

L'intervento sarà preceduto da un indagine integrativa sulle aree a Nord dello stabilimento per completare la delimitazione della contaminazione e definire l'effettiva estensione del capping.

4.3 Rimozione della fase libera surnatante

Una zona a Nord-Est dello stabilimento è interessata dalla presenza di idrocarburi in fase libera surnatante.

Si prevede un intervento di recupero della fase libera mediante l'installazione di disoleatori a nastro in tutti i piezometri caratterizzati dalla presenza di surnatante, collegati a serbatoi di accumulo del prodotto estratto.

Al termine delle operazioni, per rimuovere la massa idrocarburica residua si eseguirà un intervento “push&pull” di dosaggio di reagenti nell’acquifero e successivo recupero del prodotto in fase disciolta.

4.4 In situ reactive zone (IRZ) per il trattamento del plume

Per il trattamento del plume di contaminazione in uscita dallo stabilimento, è prevista la creazione di una Zona Reattiva In Situ (In Situ Reactive Zone - IRZ) in corrispondenza del fronte di valle dello stabilimento, mediante l'iniezione in falda di un reagente a base di carbone attivo micrometrico e nutrienti a rilascio controllato. Questo consentirà di immobilizzare per adsorbimento i contaminanti organici presenti in falda, accelerando al tempo stesso il processo di biodegradazione.

Il reagente adsorbente sarà distribuito in corrispondenza sia della prima che della seconda falda, mediante la realizzazione di una serie di postazioni di iniezione allineate ortogonalmente alla direzione di deflusso. Obiettivo dell'intervento è il raggiungimento delle CSC nelle acque sotterranee a valle della zona reattiva.

L'intervento full-scale sarà preceduto dalla realizzazione di una prova pilota.

4.5 Air Sparging e Soil Vapour Extraction per il trattamento della sorgente

La longevità e l'efficienza dei mezzi adsorbenti sono tanto più elevate quanto più è basso il carico inquinante nel flusso da trattare. Di conseguenza, accoppiato alla Zona Reattiva In Situ, il progetto prevede un intervento di Air Sparging (AS), finalizzato ad abbattere le concentrazioni presenti alla sorgente di contaminazione.

L'insufflazione di aria avverrà attraverso una serie di pozzi di iniezione distribuiti in tutto lo stabilimento e nei terreni contaminati limitrofi allo stesso. I pozzi di air sparging saranno

completati esclusivamente nella prima falda; la seconda falda, grazie al ridotto gradiente piezometrico, determina un basso flusso di contaminanti in uscita e, pertanto, non risulta necessario un abbattimento delle concentrazioni alla sorgente.

Per la captazione e il trattamento dei vapori, l'Air Sparging sarà accoppiato ad un intervento di Soil Vapour Extraction (SVE). Il sistema sarà completato da un impianto on-site centralizzato di compressione, aspirazione e trattamento dell'aria, a cui i pozzi di AS e SVE saranno collegati attraverso tubazioni interrato al di sotto del capping, per non interrompere la continuità.

L'abbattimento dei VOC presenti alla sorgente, sia nell'acquifero che nel mezzo non saturo, diminuirà la volatilizzazione di vapori verso il piano campagna e, unitamente all'impermeabilizzazione delle superfici, consentirà di eliminare il rischio di esposizione alla contaminazione per inalazioni di vapori.

L'intervento full-scale sarà preceduto dalla realizzazione di una prova pilota.

5. DEMOLIZIONE DI FABBRICATI E IMPIANTI FUORI TERRA

5.1 Rilievo preliminare dei materiali potenzialmente pericolosi

A seguito di sopralluogo presso l'area è stato possibile individuare la presenza di materiali e manufatti potenzialmente pericolosi presso più edifici e impianti. In Tav. 5.1 è riportata una planimetria dello stabilimento con indicazione dei fabbricati e degli edifici presenti. La documentazione fotografica raccolta è riportata in Allegato 2.

Durante il sopralluogo non è stato possibile accedere all'area impianti dell'azienda che opera attualmente in una parte dello stabilimento (GS Plastificanti). Non è stato quindi possibile valutare l'eventuale presenza di amianto o altri materiali pericolosi in quest'area (es. coibentazioni nei serbatoi aerei, superfici vetrate non accessibili).

I materiali con sospetta presenza di amianto (MCA) rinvenuti sono costituiti da:

- Guaine bituminose a copertura di bassi fabbricati (circa 520 m²);
- Possibili coibentazioni in serbatoi metallici fuori terra (matrice friabile).

I materiali con presenza di Fibre artificiali vetrose (FAV) potenzialmente cancerogene sono stati invece riscontrati presso i seguenti manufatti:

- Isolamento di tubazioni;
- Cumuli di rifiuti a terra;
- Isolamento di serbatoi fuori terra;
- Isolamento tetto rimosso del capannone adibito a laboratorio.

5.2 Interventi di rimozione di amianto e fibre artificiali vetrose

In via preliminare e sulla base delle informazioni disponibili, per la rimozione dei materiali contenenti amianto e delle fibre artificiali vetrose si ipotizzano i seguenti interventi:

- Creazione di un unico cantiere di bonifica, esteso all'intera area dello stabilimento OMA (circa 23'000 m²); l'eventuale necessità di svincoli parziali delle aree, per consentire le attività di demolizione in alcune zone, sarà valutata in sede di progettazione definitiva/esecutiva;
- Intervento di bonifica eseguito presso 5 edifici per amianto in matrice compatta e in 1 area per amianto in matrice friabile;
- Confinamento statico e dinamico dell'area del laboratorio chimico (Edificio 8 in Tav. 5.1), previa realizzazione di una tensostruttura a totale copertura della zona;
- Smaltimento di 32 t di rifiuti, di cui 2 t di materiale compatto (guaine) e 30 t di lane minerali/fibre ceramiche.

La rimozione dei materiali contenenti amianto dovrà essere effettuata da una ditta specializzata, iscritta all'Albo Gestori Ambientali nella categoria idonea (10 A/B).

La durata complessiva delle attività sopraelencate è stimata di circa sei mesi.

5.3 Demolizione degli impianti e delle strutture fuori terra

Il completamento delle demolizioni potrà essere avviato una volta ultimata la bonifica dei materiali da costruzione contenenti sostanze pericolose (MCA e FAV). L'attività consisterà nella demolizione selettiva, con conseguente suddivisione dei rifiuti in categorie merceologiche omogenee, degli edifici, delle attrezzature e degli impianti presenti sull'area fino all'attuale piano campagna, compresa la recinzione perimetrale. Saranno esclusi dalla demolizione unicamente le pavimentazioni e le vasche interrato.

Tutti i materiali provenienti dalle demolizioni dovranno essere selezionati e inviati a recupero o smaltimento presso impianti autorizzati. I materiali inerti potranno essere riutilizzati per la formazione dello strato di regolarizzazione e per il riempimento delle vasche interrato, previa selezione, vagliatura e riduzione volumetrica da effettuarsi in un

centro attrezzato all'interno dello stesso cantiere.

In via preliminare si prevede la produzione di materiali da demolizione per un volume complessivamente pari a circa 2'500 m³.

5.4 Sottoservizi e serbatoi interrati

Sebbene non esista una normativa specifica in materia, di regola i serbatoi dismessi sono considerati un rifiuto e come tali devono essere gestiti secondo quanto previsto dalla normativa di settore.

Tuttavia, nel più ampio ambito di un intervento di messa in sicurezza permanente come quello in progetto, non si ritiene opportuno procedere alla rimozione dei serbatoi interrati e delle eventuali linee di distribuzione, sia perché non funzionale ai successivi interventi, sia perché tale attività determinerebbe comunque un impatto ambientale in termini di emissioni in atmosfera e di produzione di rifiuti.

I serbatoi interrati verranno quindi ispezionati, per verificare l'avvenuto smaltimento dei prodotti originariamente presenti al loro interno, ed eventualmente bonificati dai fondami ancora presenti. Eseguita la certificazione "gas free" del serbatoio, si procederà con la sua inertizzazione riempiendolo con materiale inerte sciolto (es. sabbia, argilla espansa), facilmente attraversabile se intercettato in fase di perforazione dei pozzi di AS/SVE.

5.5 Approfondimenti a supporto della progettazione definitiva

La progettazione definitiva delle attività sopradescritte necessita dei seguenti approfondimenti:

- rilievo topografico di dettaglio delle strutture e degli impianti da demolire;
- caratterizzazione analitica e mappatura dei materiali pericolosi (MCA e FAV)

presenti nelle strutture da demolire;

- campionamento e analisi dei materiali oggetto di demolizione, per la corretta gestione come rifiuto e per valutarne il recupero in sito.

6. IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE SUPERFICI NELL'AREA DELLO STABILIMENTO CHIMICA INDUSTRIALE

Sull'intera area dello stabilimento Chimica Industriale è prevista la realizzazione di una copertura superficiale definitiva ("capping"), avente le seguenti funzioni:

- impedire l'infiltrazione delle acque meteoriche attraverso il suolo contaminato in modo tale da evitare la diffusione in profondità degli inquinanti, in particolare verso le acque sotterranee;
- inibire il contatto diretto con il suolo superficiale contaminato;
- minimizzare le eventuali emissioni di vapori inquinanti dal sottosuolo.

La planimetria e le sezioni del capping in progetto sono riportate in Tav. 6.1 e 6.2.

Le prime applicazioni in campo ambientale, risalenti agli anni '80, prevedevano l'isolamento del terreno contaminato attraverso uno o due strati di terreno argilloso compattato, rivestiti di terreno vegetale. L'esperienza maturata nell'applicazione di sistemi di copertura alle discariche controllate, ha favorito una notevole evoluzione tecnologica, soprattutto in termini di materiali impiegati. Si è giunti così all'adozione di sistemi multistrato composti costruiti con materiali naturali (terreno vegetale, ghiaia, sabbia, argilla) ed artificiali (geosintetici).

Sulla base delle indicazioni contenute nel PRGC vigente, per il sito in esame è prevista la bonifica e il recupero per la creazione di attrezzature sportive da integrare ad una forte rinaturalizzazione e ad aree attrezzate per l'osservazione della natura, la fruizione della didattica e la sosta.

Non essendo ancora stato definito l'effettivo riutilizzo finale delle aree in oggetto, di seguito vengono proposti due sistemi di copertura:

- Tipo 1: impermeabilizzazione con futuro utilizzo a piazzole/aree attrezzate/strade;
- Tipo 2: impermeabilizzazione con futuro utilizzo ad area verde.

In assenza di un progetto di riutilizzo dell'area, è stata assunta l'ipotesi di analoga estensione (50%) delle due tipologie, vedasi Fig. 6.1.

In entrambi i casi, lo strato superficiale deve avere una pendenza del 3– 5 ‰ in modo tale da garantire il deflusso delle acque superficiali. Le stesse verranno raccolte da canalette perimetrali appositamente dimensionate e scaricate nel sistema fognario esistente, previa autorizzazione.

La captazione dei VOC presenti nel sottosuolo sarà garantita dall'impianto di Soil Vapour Extraction. Non risulta quindi necessario inserire uno strato di drenaggio dei gas all'interno del capping.

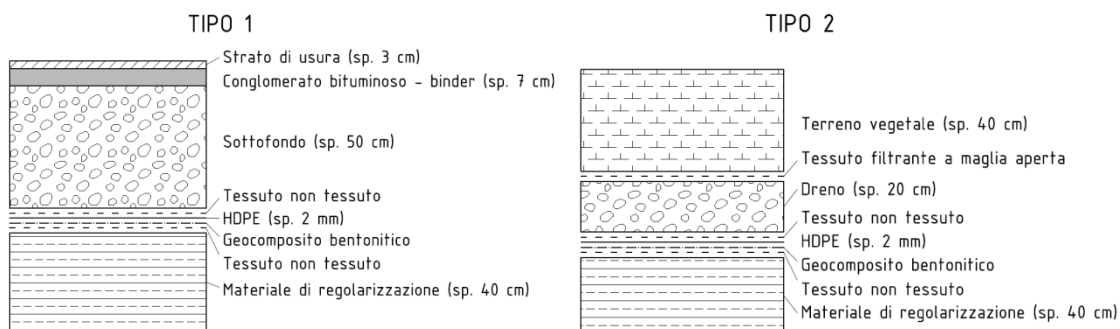


Fig. 6.1. Successione stratigrafica della copertura superficiale.

6.1 Impermeabilizzazione delle aree destinate a strade e parcheggi (Tipo 1)

Di seguito viene descritta la stratigrafia della copertura di Tipo 1 che, dal basso verso l'alto, prevede:

- Strato di regolarizzazione: è lo strato a contatto con il terreno contaminato e la pavimentazione esistente, ha lo scopo di favorire la messa in opera degli strati immediatamente superiori, oltre che la posa delle tubazioni previste per l'intervento di AS-SVE (vedasi par. 8.1). Verrà realizzato con materiali naturali (ghiaia e sabbia),

aventi spessore di 0,4 m;

- Strato di protezione: ha la funzione di proteggere lo strato impermeabile soprastante, nello specifico è stata prevista la posa di un tessuto non tessuto;
- Strato impermeabile: realizzato con un geocomposito bentonitico in grado di assicurare un'impermeabilizzazione equivalente a 1 m di argilla, accoppiato ad una membrana impermeabile in HDPE da 2 mm, è lo strato che ha la funzione di ridurre l'infiltrazione delle acque meteoriche e il dilavamento del terreno contaminato;
- Strato di protezione: ha la funzione di proteggere lo strato impermeabile sottostante, nello specifico è stata prevista la posa di un tessuto non tessuto;
- Strato drenante: assolve le funzioni di ridurre il carico d'acqua sullo strato impermeabilizzante, di drenare lo strato protettivo aumentando la capacità di immagazzinamento d'acqua e di ridurre la pressione interstiziale nella copertura migliorandone la stabilità. Verrà realizzato con materiali naturali (ghiaia e sabbia), aventi spessore di 0,5 m, con funzione anche di sottofondo stradale, in grado di sopportare le sollecitazioni derivanti dalla circolazione di automezzi, che potrebbero danneggiare il sistema copertura;
- Strato superficiale: in corrispondenza ad aree destinate a parcheggi/strade, si prevede, a seguito di una regolarizzazione e compattazione del fondo, la stesa di un manto di collegamento in conglomerato bituminoso (binder) dello spessore di 7 cm e un manto di usura dello spessore di circa 3 cm.

6.2 Impermeabilizzazione delle aree destinate a verde (Tipo 2)

Di seguito viene descritta la stratigrafia della copertura di Tipo 2 che, dal basso verso l'alto, prevede:

- Strato di regolarizzazione: è lo strato a contatto con il terreno contaminato e la

pavimentazione esistente, ha lo scopo di favorire la messa in opera degli strati immediatamente superiori, oltre che la posa delle tubazioni previste per l'intervento di AS-SVE (vedasi par. 8.1). Verrà realizzato con materiali naturali (ghiaia e sabbia), aventi spessore di 0,4 m;

- Strato di protezione: ha la funzione di proteggere lo strato impermeabile soprastante, nello specifico è stata prevista la posa di un tessuto non tessuto;
- Strato impermeabile: realizzato con un geocomposito bentonitico in grado di assicurare un'impermeabilizzazione equivalente a 1 m di argilla, accoppiato ad una membrana impermeabile in HDPE da 2 mm, è lo strato che ha la funzione di ridurre l'infiltrazione delle acque meteoriche e il dilavamento del terreno contaminato;
- Strato di protezione: ha la funzione di proteggere lo strato impermeabile sottostante, nello specifico è stata prevista la posa di un tessuto non tessuto;
- Strato drenante: assolve le funzioni di ridurre il carico d'acqua sullo strato impermeabilizzante, di drenare lo strato protettivo aumentando la capacità di immagazzinamento d'acqua e di ridurre la pressione interstiziale nella copertura migliorandone la stabilità. Verrà realizzato con materiali naturali (ghiaia e sabbia), aventi spessore di 0,2 m;
- Strato di protezione: ha la funzione di proteggere lo strato drenante sottostante da possibili intasamenti, nello specifico è stata prevista la posa di un tessuto filtrante a maglia aperta;
- Strato superficiale: in corrispondenza ad aree destinate a verde, si prevede, a seguito di una regolarizzazione e compattazione del fondo, la stesa di un terreno agrario di spessore 0,4 m.

6.3 Approfondimenti a supporto della progettazione definitiva

La progettazione definitiva dell'intervento necessita dei seguenti interventi:

- rilievo topografico di dettaglio dello stato di fatto;
- indagine integrativa della confinante area a Nord dello stabilimento per completare la delimitazione della contaminazione e definire l'estensione del capping.

7. RIMOZIONE DELLA FASE LIBERA SURNATANTE

La presenza di idrocarburi in fase libera surnatante è stata riscontrata in un'area di estensione limitata nel settore Nord-Est dello stabilimento (circa 1'000 m²). A seguito delle risultanze dell'applicazione della procedura di analisi di rischio sanitario-ambientale [7], su incarico del Curatore Fallimentare del sito, sono stati eseguiti interventi periodici di recupero e smaltimento del surnatante, effettuati attraverso oil-skimmer passivi. Nell'ambito di tali attività, inoltre, sono stati realizzati n. 3 nuovi piezometri (PZV33÷35, vedasi Tav. 7.1) per meglio delimitare l'area interessata dalla fase libera ed è stata eseguita una videoispezione che ha consentito di individuare la presenza di prodotto oleoso in ingresso dalle finestre dei piezometri tra 6 e 19 m di profondità dal piano campagna, quindi anche ben al di sotto della tavola d'acqua.

7.1 Indagine geofisica preliminare per verificare l'estensione dell'area interessata da surnatante

Per verificare l'estensione dell'area interessata dalla presenza del surnatante e consentirne la rimozione, si è previsto di integrare la rete di piezometri esistenti nell'area interessata dalla presenza di idrocarburi in fase libera.

Per definire l'ubicazione e la profondità ottimale dei nuovi punti di estrazione del surnatante, si prevede di realizzare un'indagine geofisica preliminare alla progettazione definitiva degli interventi. Tali indagini possono infatti costituire un valido supporto alla progettazione, in quanto consentono di indagare, in modo speditivo e non invasivo, aree anche di vaste dimensioni e di localizzare le zone in cui i parametri fisici presentano delle anomalie rispetto ai normali valori di fondo.

L'indagine geofisica dovrà prevedere, compatibilmente con gli spazi disponibili, la realizzazione di tomografie geoelettriche con misure in contemporanea di resistività

elettrica e di polarizzazione indotta, per uno sviluppo lineare complessivo di almeno 1'100 m circa, sviluppati su diversi stendimenti da definire opportunamente in campo, allo scopo di fornire indicazioni utili per la caratterizzazione geometrica del terreno contaminato da surnatante.

I profili geoelettrici dovranno essere realizzati in modo da raggiungere una profondità di almeno 20 metri (compatibilmente con la logistica dei luoghi) e dovranno avere una risoluzione adeguata per la finalità dell'indagine (è prevista una distanza interelettrodica di 2 metri e comunque non superiori di 3 m).

Al termine delle indagini dovrà essere fornita la seguente documentazione:

- carta con l'ubicazione planimetrica dei punti di misura e dei sondaggi di taratura disponibili;
- sezioni tomografiche di resistività elettrica e di polarizzazione indotta in scala adeguata all'estensione dell'indagine e ai dettagli riscontrati;
- elaborazione dei dati con software 3D per ricostruire la mappa della resistività elettrica a diverse profondità e definire l'ampiezza della zona di falda contaminata;
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative e dei metodi di interpretazione.

Preventivamente all'indagine, in funzione del tracciamento dei profili sul terreno, dovrà essere eseguita la preparazione del sito mediante le seguenti operazioni, ove necessarie:

- sfalcio della vegetazione spontanea;
- demolizione delle strutture fuori terra;
- perforazione di fori per l'allestimento degli elettrodi.

7.1.1 Realizzazione di nuovi piezometri per l'estrazione del surnatante

L'ubicazione e il numero esatto di piezometri necessari saranno stabiliti in fase di

progettazione definitiva, sia alla luce sia dei risultati restituiti dalle indagini geofisiche sopra descritte, sia di uno specifico rilievo del surnatante per verificarne l'effettiva estensione.

In via preliminare si può prevedere la realizzazione di n. 5 piezometri, distribuiti secondo una maglia regolare di 10 m × 10 m (vedasi Tav. 7.1). Ciascun piezometro raggiungerà una profondità di 20 m dal piano campagna.

Le perforazioni saranno eseguite a carotaggio continuo, con tecnica a rotazione e mediante l'impiego di un carotiere Ø 131 mm, garantendo una percentuale di recupero > 90%. Le perforazioni dovranno essere eseguite senza circolazione d'acqua (carotaggio a secco), utilizzando una tubazione di rivestimento Ø 178 mm per il sostegno del perforo. In corrispondenza di litotipi non altrimenti perforabili, sarà consentita la circolazione di acqua con caratteristiche di potabilità, nella quantità strettamente necessaria.

Entro ciascun perforo sarà installato un piezometro a tubo aperto in HDPE di diametro 4", finestrato da fondo foro fino a 2 m al di sopra della massima escursione della superficie freatica, per una profondità stimata di 4 m dal piano campagna. L'intercapedine tra il foro ed il tubo sarà riempita con materiale drenante (ghiaietto siliceo) per il tratto finestrato e sigillata mediante la posa di bentonite granulare in corrispondenza del tratto cieco. A testa pozzo sarà installato un terminale di protezione lucchettato.

Al termine delle perforazioni è previsto il rilievo plano-altimetrico dei nuovi piezometri realizzati, per consentire la misurazione del livello assoluto della falda. Il nuovo rilievo si aggancerà a quello precedentemente eseguito sui piezometri esistenti, georeferenziando i punti di indagine secondo il sistema di riferimento nazionale UTM WGS 84.

7.2 Recupero della fase libera surnatante

Per il recupero della fase libera surnatante, si è scelto di installare, in corrispondenza di ciascun piezometro caratterizzato dalla presenza di surnatante, dei disoleatori a nastro collegati a dei serbatoio di accumulo del prodotto estratto, da avviare periodicamente a

smaltimento.

Il sistema di estrazione previsto sarà installato in corrispondenza di ciascun piezometro e dotato di:

- disoleatore a nastro idoneo all'installazione in piezometri da 3" e 4", dotato di struttura metallica di sostegno;
- serbatoio di stoccaggio dell'olio estratto, da alloggiarsi in idoneo bacino di contenimento;
- misuratore di livello in grado di interrompere il funzionamento del nastro ad avvenuto riempimento del serbatoio di stoccaggio;
- quadro elettrico;
- collegamenti idraulici ed elettrici;
- piccola tettoia di protezione del sistema di estrazione e del bacino di contenimento dei rifiuti.

Per la rimozione del prodotto in fase libera saranno utilizzati sia i piezometri esistenti che quelli di nuova realizzazione, per un totale di 11 punti di estrazione. Vedasi Tav. 7.1.

A cadenza periodica si prevedono interventi di smaltimento del prodotto estratto presso impianti autorizzati e preventivamente individuati.

In occasione di ogni intervento, su ciascun piezometro si provvederà a misurare il livello piezometrico e verificare la presenza di prodotto libero surnatante mediante freatimetro a doppia interfaccia aria/olio/acqua, annotando la soggiacenza, la profondità del piezometro e lo spessore di eventuale prodotto libero;

In totale si prevede l'esecuzione di 48 interventi di recupero a cadenza quindicinale, ciascuno della durata di una giornata, per un periodo di due anni. Al termine di ciascuna campagna sarà redatta una breve relazione descrittiva delle attività e delle misurazioni eseguite.

Gli interventi di recupero del surnatante dovranno essere condotti da personale tecnico

qualificato, dotato degli idonei dispositivi di protezione per evitare l'esposizione alla contaminazione.

Prima di iniziare le attività e con cadenza annuale, dovranno essere eseguiti dei campionamenti statico mediante bailer monouso del surnatante, da sottoporre ad analisi di laboratorio per la classificazione del rifiuto e l'individuazione dell'impianto di smaltimento.

7.3 Rimozione della massa idrocarburica residua

L'estrazione "meccanica" della fase surnatante consente di rimuovere gran parte della massa di idrocarburi in fase libera, ma molto spesso non è sufficiente per eliminare ogni traccia di prodotto e nei piezometri trattati tende comunque a permanere un velo d'olio sub-millimetrico. Tale fenomeno avviene perché la frazione più viscosa e meno solubile degli idrocarburi è molto difficile da rimuovere meccanicamente: essa tende quindi a rimanere adesa alla matrice solida dell'acquifero, contaminando l'acqua di falda a contatto con la stessa.

Per rimuovere la massa idrocarburica residua, al termine dei due anni di recupero mediante disoleatori a nastro (par. 7.2), si prevede di eseguire un intervento "push&pull" di dosaggio di reagenti nell'acquifero e successivo recupero del prodotto in fase disciolta.

La tecnica prevede l'utilizzo di un prodotto reagente con proprietà detergenti che, una volta iniettato in falda, consente di solubilizzare la massa di idrocarburi adesa alla matrice solida e, quindi, il successivo recupero mediante estrazione con autospurgo. Tale tecnologia può essere applicata mediante operazioni puntuali e di breve durata, che consistono in un intervento di iniezione seguito, dopo un breve periodo di attesa affinché il prodotto abbia effetto, dall'intervento di estrazione.

I reagenti saranno iniettati in pressione e in quantità limitate all'interno degli stessi piezometri utilizzati per il recupero del surnatante.

Trascorsi alcuni giorni dall'iniezione, si provvederà ad estrarre l'acqua di falda dai

piezometri mediante autospurgo, al fine di recuperare la frazione degli idrocarburi che, per effetto del reagente iniettato, sarà passata in soluzione nelle acque di falda. Il quantitativo di acqua estratta in tale fase verrà avviato a smaltimento presso un idoneo impianto autorizzato.

7.4 Approfondimenti a supporto della progettazione definitiva

Tale intervento necessita dei seguenti approfondimenti:

- indagine geofisica per definire l'area interessata dalla presenza del surnatante;
- rilievo aggiornato della presenza di surnatante e del relativo spessore.

8. BONIFICA DELLE ACQUE SOTTERRANEE

8.1 Air Sparging e Soil Vapour Extraction

Come riportato nei capitoli precedenti, l'intervento di Air Sparging e Soil Vapour Extraction si pone l'obiettivo di abbattere le concentrazioni di composti organici volatili (VOC) presenti alla sorgente di contaminazione.

Questa tecnica di bonifica consiste nell'immissione di aria atmosferica direttamente nella zona satura, attraverso una serie di punti di insufflazione, al fine di consentire lo strippaggio dei contaminanti volatili disciolti nell'acqua (Air Sparging – AS). I vapori contaminati, migrando verso l'alto, vengono captati in corrispondenza della zona non satura del terreno, tramite una serie di punti di aspirazione di aria (Soil Vapor Extraction – SVE). Il moto di migrazione verso l'alto viene favorito dall'applicazione di una depressione in corrispondenza dei pozzi di aspirazione. In superficie i vapori estratti vengono trattati per rimuovere i contaminanti ed emessi in atmosfera.

Nel caso in esame, l'intervento è principalmente finalizzato a migliorare la longevità e l'efficacia della Zona Reattiva In Situ prevista a valle dello stabilimento, per il trattamento del plume di contaminazione. I pozzi di air sparging saranno completati esclusivamente nella prima falda; la seconda falda, grazie al ridotto gradiente piezometrico, determina un basso flusso di contaminanti in uscita e, pertanto, non risulta necessario un abbattimento delle concentrazioni alla sorgente. Al tempo stesso, l'abbattimento dei VOC presenti alla sorgente, sia nell'acquifero che nel mezzo non saturo, diminuirà la volatilizzazione dei vapori verso il piano campagna e, unitamente all'impermeabilizzazione delle superfici, consentirà di eliminare il rischio di esposizione alla contaminazione per inalazioni di vapori.

Data la complessità dei parametri che entrano in gioco del dimensionamento dell'intervento, la progettazione definitiva dell'impianto full-scale sarà preceduta dall'esecuzione di test pilota su un campo prove appositamente allestito.

Nell'attuale fase di progettazione preliminare, per quantificare in linea di massima l'entità dell'intervento full-scale sono stati assunti i parametri progettuali riportati in Tab. 8.1.

Tab. 8.1. Stima di massima dei parametri di progetto per il sistema full-scale di AS+SVE.

PARAMETRO	U.M.	VALORE
Sistema di air sparging		
Soggiacenza minima della falda dal piano campagna	m da p.c.	6
Profondità di iniezione – pozzo A	m da p.c.	16
Profondità di iniezione – pozzo B	m da p.c.	26
Altezza delle finestrate	m	1
Raggio di influenza (ROI) dei pozzi	m	15
Distanza interasse dei pozzi	m	25
Portata di aria iniettata per postazione (pozzo A + pozzo B)	Nm ³ /h	35 + 35
Pressione di iniezione a boccapozzo (pozzo A / pozzo B)	barg	1,7 / 2,9
Superficie complessiva di intervento	m ²	25'000
Numero complessivo di postazioni (a due profondità)	-	50
Numero di settori /sub-aree	-	5
Numero massimo di postazioni per settore	-	10
Portata di aria iniettata per settore	Nm ³ /h	700
Sistema di ventilazione		
Profondità di aspirazione	m da p.c.	6
Altezza delle finestrate	m	4
Raggio di influenza (ROI)	m	15
Portata di aspirazione per pozzo	Nm ³ /h	100
Pressione di aspirazione a boccapozzo	barg	-0,10
Superficie complessiva di intervento	m ²	23'000
Numero complessivo di postazioni	-	97
Numero di settori /sub-aree	-	5
Portata di aspirazione per settore	Nm ³ /h	1'000
Numero minimo di postazioni per settore	-	18
Portata massima di aspirazione per pozzo	Nm ³ /h	56

8.1.1 Pozzi di Air Sparging

L'ubicazione di massima dei pozzi di AS, con i relativi raggi di influenza (ROI), è rappresentata in Tav. 8.1.

In via preliminare, per ciascun pozzo è stato ipotizzato un raggio di influenza $ROI = 15$ m. Il numero, la spaziatura e l'ubicazione dei pozzi sono stati definiti in modo che la parziale sovrapposizione dei ROI di progetto copra completamente la zona da trattare.

Le postazioni di AS saranno distribuite all'interno del sito secondo una maglia triangolare, mantenendo una distanza interasse tra i pozzi di 25 m. Per consentire una distribuzione regolare delle postazioni, esse dovranno essere eseguite una volta completata la demolizione delle strutture presenti.

Complessivamente saranno realizzate 50 postazioni di air sparging, ciascuna formata da una coppia di pozzi di iniezione, finestrati a due profondità in modo da ottenere una distribuzione più omogenea dell'aria lungo la verticale. Il pozzo A avrà una profondità di 16 m, il pozzo B di 26 m; entrambi saranno finestrati nell'ultimo metro di tubazione. In ciascun pozzo sarà iniettata una portata d'aria di $35 \text{ m}^3/\text{h}$ ($70 \text{ m}^3/\text{h}$ per postazione doppia).

I pozzi di AS saranno perforati a distruzione di nucleo con circolazione di acqua, utilizzando colonne di rivestimento di diametro minimo 178 mm. Essi saranno completati mediante la posa di una tubazione di HDPE diam. 4". Il tratto finestrato avrà lunghezza di 1 m e sarà posto al fondo della tubazione; il restante tratto sarà completato con tubazione cieca.

La presenza di ferro disciolto nelle acque sotterranee, in concentrazioni superiori a 10 mg/l , rappresenta un fattore importante da considerare in quanto la precipitazione di ossido di ferro potrebbe far diminuire, nel tempo, l'efficacia dei pozzi di immissione di aria. Sebbene, nelle indagini caratterizzazione, le concentrazioni di ferro siano risultate superiori a 10 mg/l in un solo punto e in unica occasione, in fase di progettazione definitiva sarà opportuno tenere conto anche di questo aspetto, scegliendo materiali, diametri e apertura delle finestre tali da garantire una superficie filtrante sufficientemente ampia.

La portata, il raggio di influenza, il numero, la spaziatura e la profondità dei pozzi saranno stabiliti in fase di progettazione definitiva, sulla base delle risultati della prova pilota. Tale prova permetterà di verificare anche l'effettiva necessità di prevedere due profondità di iniezione distinte.

8.1.2 Pozzi di Soil Vapour Extraction

L'ubicazione di massima dei pozzi di SVE è rappresentata in Tav. 8.1. Essi saranno distribuiti secondo una maglia romboidale, alternati rispetto ai pozzi di AS in modo da massimizzare la superficie di distribuzione dell'aria. Anch'essi dovranno essere eseguite una volta demolite le strutture presenti, in modo che tutte le aree siano completamente accessibili.

Complessivamente si prevede la realizzazione di 97 pozzi di SVE, avendo ipotizzato in via preliminare un raggio di influenza $ROI = 15$ m per ciascun pozzo. Il numero, la spaziatura e l'ubicazione dei pozzi sono stati definiti in modo che la parziale sovrapposizione dei ROI di progetto copra completamente la zona da trattare.

I pozzi di SVE raggiungeranno una profondità massima di 6 m dal p.c. e saranno perforati a distruzione di nucleo con circolazione di acqua, utilizzando colonne di rivestimento di diametro minimo 178 mm. Essi saranno completati mediante la posa di una tubazione di HDPE diam. 4". Il tratto finestrato sarà posto in corrispondenza del tratto non saturo, a partire da 2 m di profondità fino a fondo foro. Da ciascun pozzo sarà estratta una portata massima di $56 \text{ m}^3/\text{h}$.

La portata, il raggio di influenza, il numero, la spaziatura e la profondità dei pozzi saranno stabiliti in fase di progettazione definitiva, sulla base delle risultati della prova pilota.

Considerato l'elevato numero di pozzi di SVE, in fase di progettazione definitiva si valuterà anche la possibilità di realizzare un sistema di pozzi di estrazione orizzontali, posizionando tubazioni microfessurate in HDPE al fondo di trincee drenanti.

8.1.3 Rete di distribuzione e collettamento

I layout della rete di distribuzione dell'aria (impianto di AS) e della rete di collettamento dei vapori (impianto di SVE) sono rappresentati in Tav. 8.2 e 8.3.

Dall'impianto centralizzato di AS, l'aria compressa sarà inviata a 5 stazioni di regolazione attraverso altrettanti collettori (tubazioni "primarie"); da ciascuna stazione di regolazione l'aria sarà inviata ai pozzi di iniezione, attraverso tubazioni denominate "secondarie".

Per l'impianto di SVE, i vapori estratti dai pozzi di captazione saranno convogliati verso 5 stazioni di regolazione, tramite tubazioni denominate "secondarie"; da ciascuna delle stazioni di regolazione partirà un unico collettore (tubazione "primaria") che porterà i vapori alla centrale di estrazione.

Il collegamento delle tubazioni secondarie alle stazioni di regolazione sarà di tipo parallelo, al fine di ottimizzare le operazioni di regolazione di flusso dei singoli punti di captazione.

Per l'impianto di AS, il dimensionamento preliminare delle tubazioni primarie e secondarie è stato eseguito in modo da mantenere una velocità dell'aria inferiore a 20 m/s.

Per l'impianto di SVE, il dimensionamento è stato eseguito in modo da mantenere una velocità dell'aria inferiore a 10 m/s. Di regola, le stazioni di regolazione dovranno essere disposte in modo da avere il flusso della condensa equicorrente rispetto al flusso dell'aria. Se ciò non risultasse possibile, nei tratti dove il flusso della condensa procede controcorrente rispetto all'aria dovrà essere mantenuta una velocità inferiore a $5 \div 6$ m/s, per evitare il trascinamento dei liquidi.

Tutte le linee di distribuzione e collettamento dell'aria saranno posate in trincea, ad una profondità massima di 0,5 m dal piano campagna, e saranno interrato al di sotto del capping, per non interromperne la continuità.

8.1.4 Stazioni di regolazione

Secondo i layout riportati in Tav. 8.2 e 8.3, è prevista l'installazione di 5 stazioni di

regolazione, ciascuna delle quali servirà 10 postazioni di AS (quindi 20 pozzi) e 14÷22 pozzi di SVE. Ciascuna stazione sarà installata su skid metallici protetti da tettoia.

Per semplificare la gestione della rete, nelle stazioni di regolazione saranno posizionati gli organi di gestione e monitoraggio manuale dei singoli pozzi, mentre presso l'impianto centralizzato saranno posizionati gli organi di regolazione automatica.

Ogni linea secondaria sarà dotata di valvola di regolazione manuale della pressione (PCV), presa di campionamento e innesti per l'inserimento di una sonda anemometrica o di un manometro per la lettura delle portate e delle pressioni/depressioni. In ciascuna stazione di regolazione sarà presente un pannello di stream, che avrà la funzione di semplificare le operazioni di gestione e controllo. Agendo sul pannello sarà possibile misurare la depressione di ogni singolo pozzo.

Presso le stazioni di regolazione saranno alloggiati anche i separatori di condensa terminali delle linee di SVE, ciascuno dei quali sarà dotato di una linea di scarico. Le linee di scarico si inseriranno in una vasca di raccolta delle condense, dove verranno accentrate le funzioni di guardia idraulica. Il livello della vasca di raccolta delle condense verrà regolato da una pompa, che invierà i condensati alla vasca di stoccaggio installata presso l'impianto centralizzato.

8.1.5 Impianto centralizzato di compressione, aspirazione e trattamento

Il sistema sarà dotato di un impianto on-site centralizzato di compressione, aspirazione e trattamento dell'aria, con sistema automatico di regolazione e controllo. L'ubicazione dell'impianto è riportata in Tav. 8.2 e 8.3. Esso sarà installato su skid metallici e coperti dall'esterno, interdetto ai non addetti ai lavori e dotato di impianto elettrico idoneo per l'automazione e per l'uso anche in presenza di eventuali vapori di componenti organici volatili. Compressori e soffianti saranno installati entro cabine insonorizzati.

L'unità di compressione sarà formata da due o più compressori in parallelo per

l'insufflazione d'aria ai pozzi di AS, dimensionati per garantire le seguenti prestazioni:

- massima pressione dell'aria a testa pozzo: 2,9 barg
- portata d'aria iniettata per ciascun pozzo: 35 Nm³/h
- massimo numero di pozzi contemporaneamente serviti: 20
- massima portata d'aria iniettata: 700 Nm³/h

I compressori dovranno garantire una pressione di mandata pari ad almeno 4,5 barg, in accordo con il profilo di pressione illustrato in Fig. 8.1. L'aria compressa sarà deumidificata mediante essiccatore a refrigerazione prima di essere distribuita.

L'unità di estrazione dei vapori sarà formata da due o più soffianti in parallelo collegate ai pozzi di SVE, dimensionate per garantire le seguenti prestazioni:

- massima depressione a testa pozzo: 0,1 barg
- temperatura dei vapori estratti: 15° C
- massima portata d'aria estratta: 1'000 Nm³/h

Le soffianti dovranno garantire una depressione in aspirazione pari ad almeno -0,5 barg e una pressione di mandata pari a 0,5 barg, in accordo con il profilo di pressione di Fig. 8.2.

All'ingresso dell'impianto di estrazione, prima delle soffianti, sarà installato un sistema di deumidificazione dei vapori costituito da separatore di condensa primario, scambiatore di calore a fascio tubiero, gruppo frigorifero e separatore di condensa secondario.

I liquidi prodotti saranno inviati alla vasca di raccolta condense, con l'ausilio di un sistema di pompaggio dotato di un sistema automatico di avviamento/interruzione e di valvola di non ritorno. Alla temperatura e per le portate d'aria di progetto, con un'umidità relativa del 100% si stima una produzione di circa 300 L/giorno di condensa. Di conseguenza per la vasca di raccolta condense è stata considerata una capacità di 20 m³. Ogni 60 giorni di esercizio si provvederà allo svuotamento della vasca mediante autospurgo e all'invio a smaltimento delle condense.

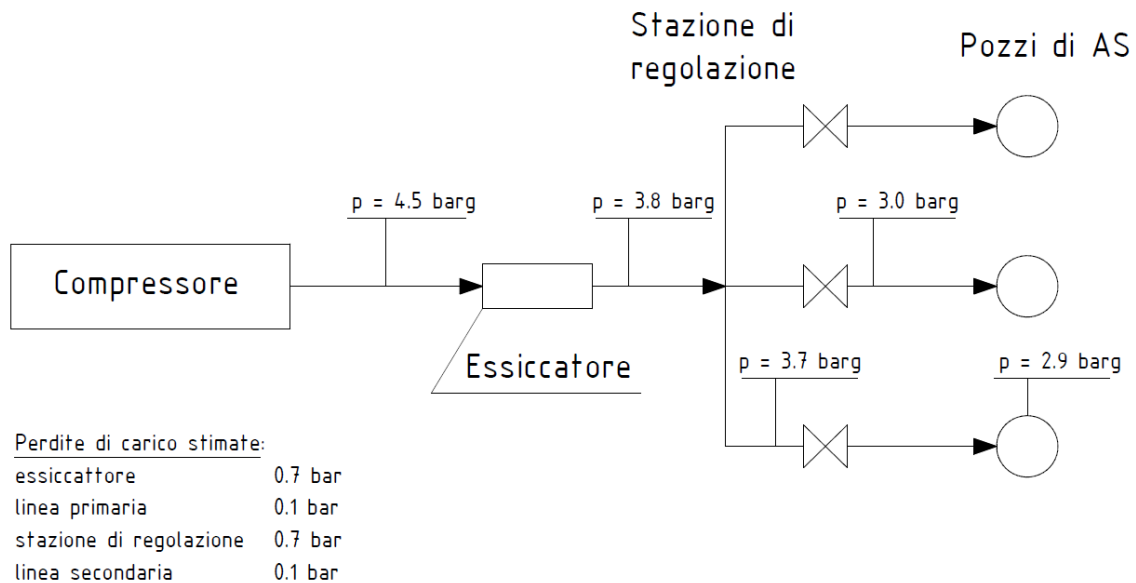


Fig. 8.1. Profilo di pressione dell'impianto di Air Sparging.

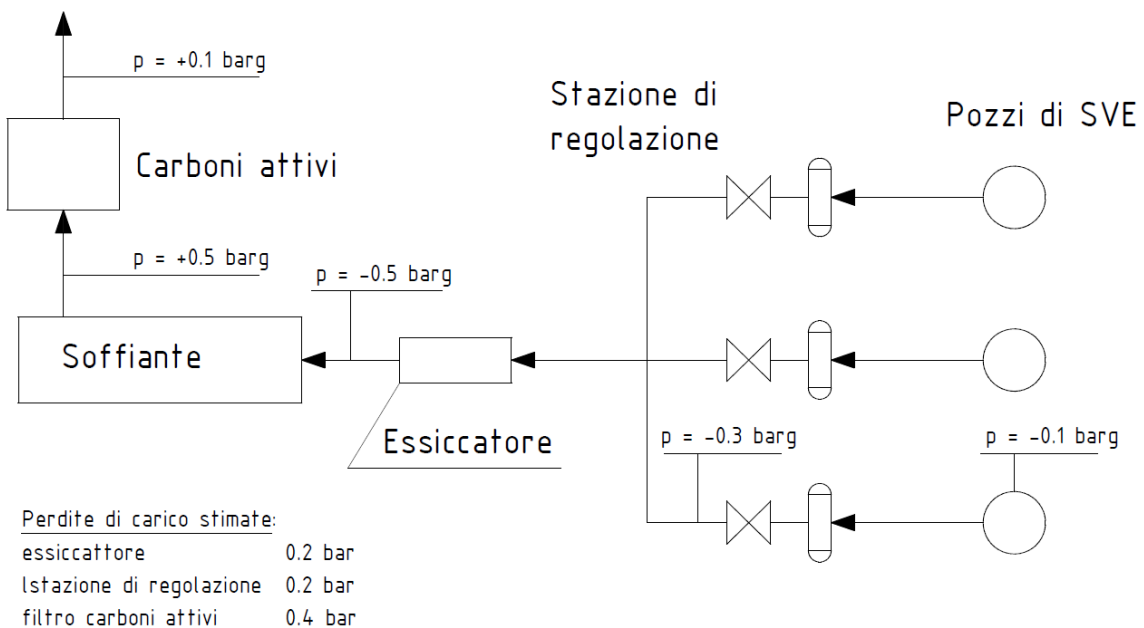


Fig. 8.2. Profilo di pressione dell'impianto di Soil Vapour Extraction

L'aria in uscita dalle soffianti sarà inviata ad un'unità di trattamento a carboni attivi e da qui emessa in atmosfera. Il quantitativo di carboni attivi è stato preliminarmente stimato sulla base delle concentrazioni medie di VOC misurate nei gas interstiziali e nelle acque sotterranee del sito.

Alla portata di progetto di 1'000 Nm³/h, il contenuto di VOC rimossi dal sottosuolo è stimato pari a circa 3,50 kg/h. Con un'efficienza di rimozione da parte dei carboni attivi pari al 10% (10 kg di inquinante trattenuto ogni 100 kg di carbone attivo), il quantitativo di carboni attivi esausti risultante dal trattamento continuativo dei vapori di venting per un periodo di 60 giorni è stato stimato di circa 50 t, corrispondente ad un volume del letto filtrante di 120 m³.

Su ogni linea primaria di immissione e di estrazione saranno installati valvole automatiche di regolazione, misuratori di portata e sensori di pressione collegati al sistema PLC-PC di controllo. Il quadro di comando, completo di variatori di frequenza per la regolazione delle portate e dotato di comunicatore GSM per il controllo in remoto, consentirà di provvedere alla gestione di tutte le unità che compongono l'impianto.

8.1.6 Esercizio dell'impianto e durata dell'intervento

Considerata l'estensione del sito, per ridurre le portate in gioco e conseguentemente le dimensioni dell'impianto, l'area di intervento è stata suddivisa in settori distinti, da trattare sequenzialmente in tempi diversi.

Nello specifico sono stati previsti 5 settori di air sparging, corrispondenti alle cinque stazioni di regolazione, ciascuno dotato di 10 pozzi di immissione, per una portata totale massima di 700 Nm³/h. Contemporaneamente ai pozzi di AS saranno messi in funzione i pozzi di SVE presenti nell'intorno del settore attivo, estraendo una portata d'aria complessiva di 1'000 Nm³/h, ripartita uniformemente nei diversi punti.

Ciascun settore sarà mantenuto attivo per un periodo di 2 mesi, trascorsi i quali sarà acceso

il settore successivo. Terminato il periodo di esercizio del 5° e ultimo settore, si riprenderà dal primo, e così via fino a che non saranno eseguiti almeno 3 cicli di trattamento per ciascun settore. Complessivamente, quindi, l'intervento avrà una durata di almeno 30 mesi.

Nella fase di esercizio saranno effettuati periodici interventi di controllo e manutenzione degli impianti e delle attrezzature, per verificarne il corretto funzionamento e garantire eventuali azioni correttive.

L'esercizio dell'impianto potrà essere eventualmente prolungato o abbreviato in funzione dei risultati ottenuti sulle acque sotterranee e del trend di concentrazione rilevato nei vapori estratti. Per consentire tali valutazioni si dovrà garantire una continua azione di monitoraggio delle tendenze in atto.

8.1.7 Opere accessorie

Per la realizzazione e l'esercizio dell'impianto sono previste le seguenti opere accessorie:

- allacciamento alla rete elettrica (potenza prevista 90 kW, 380 V) per l'alimentazione dell'impianto, utilizzando la cabina di trasformazione già presente presso lo stabilimento;
- scavo di trincee per la posa delle tubazioni dei cavidotti interrati, e successivo reinterro con lo stesso materiale di risulta;
- formazione di basamenti in calcestruzzo armato su cui fondare l'impianto centralizzato e le stazioni di regolazione;
- posa di recinzione in rete metallica con cancello carrabile
- installazione di impianto antifurto e di videosorveglianza contro tentativi di effrazione, con centralina di controllo dotata di comunicatore GSM per il controllo in remoto, installata in armadio da esterni, e sirena di allarme
- smontaggio dell'impianto al termine del periodo di esercizio.

8.1.8 Piezometri di monitoraggio

Per il monitoraggio dell'intervento potranno essere utilizzati gli stessi piezometri realizzati in fase di caratterizzazione, che saranno conservati e sopraelevati rispetto al capping. In fase di progettazione definitiva si stabiliranno il numero e l'ubicazione dei piezometri da conservare.

8.2 In Situ Reactive Zone per il trattamento del plume

Come riportato nei capitoli precedenti, l'intervento di In Situ Reactive Zone (IRZ) Extraction si pone come obiettivo il trattamento delle acque sotterranee in uscita dallo stabilimento, mediante l'iniezione in falda di un reagente a base di carbone attivo micrometrico e nutrienti a rilascio controllato. Questo consentirà di immobilizzare per adsorbimento i contaminanti organici presenti, accelerandone al tempo stesso i processi di biodegradazione.

Il reagente sarà distribuito in corrispondenza sia della prima che della seconda falda, mediante la realizzazione di una serie di postazioni di iniezione allineate ortogonalmente alla direzione di deflusso, lungo il perimetro di valle del sito. Obiettivo dell'intervento è il raggiungimento delle CSC nelle acque sotterranee a valle della zona reattiva.

Data la complessità dei parametri che entrano in gioco del dimensionamento dell'intervento, la progettazione definitiva dell'impianto full-scale sarà preceduta dall'esecuzione di test pilota su un campo prove appositamente allestito.

Nell'attuale fase di progettazione preliminare, per quantificare in linea di massima l'entità dell'intervento full-scale sono stati assunti i parametri progettuali riportati in Tab. 8.2.

Tab. 8.2. Stima di massima dei parametri di progetto per l'intervento di IRZ.

DOSAGGIO DEL MEZZO ADSORBENTE			
1. Geometria della zona di trattamento	U.M.	Falda Superficiale	Falda Profonda
Ampiezza (ortogonale al deflusso)	m	300	300
Spessore (parallelo al deflusso)	m	6.5	6.5
Top della zona di trattamento (soggiacenza minima della falda)	m	6	28
Bottom della zona di trattamento (profondità base dell'acquifero)	m	26	52
Altezza della zona di trattamento	m	20	24
Sezione ortogonale al deflusso	m ²	6'000	7'200
Volume della zona di trattamento	m ³	39'000	46'800
Massa di terreno nella zona di trattamento	ton	70'200	84'240
Total Pore Volume (volume x porosità totale)	m ³	11'700	14'040
Effective Pore Volume (volume x porosità efficace)	m ³	9'750	11'700
2. Dosaggio del mezzo adsorbente	U.M.	Falda Superficiale	Falda Profonda
Massa di mezzo adsorbente	kg	169'000	135'000
Massa di adsorbente rispetto alla massa di terreno nella zona di trattamento	g/kg	2.40	1.60
Concentrazione di adsorbente in falda	g/L	17.3	11.5
Massa di mezzo adsorbente per unità di volume	kg/m ³	4.33	2.88
3. Preparazione della sospensione	U.M.	Falda Superficiale	Falda Profonda
Concentrazione della sospensione	%	15	15
Densità della sospensione	kg/dm ³	1.0	1.0
Volume totale di sospensione da iniettare	m ³	1'130	900
3. Modalità di iniezione	U.M.	Falda Superficiale	Falda Profonda
Numero dei punti di iniezione	-	100	100
Massa di reagente per punto di iniezione	Kg	1'690	1'350
Volume di sospensione per punto di iniezione	L	11'300	9'000
Numero di valvole di iniezione per punto	-	20	24
Massa di reagente per valvola di iniezione	kg	84,5	56,25
Volume di sospensione per valvola di iniezione	L	565	375

8.2.1 Configurazione della Zona Reattiva

La configurazione di progetto della IRZ è rappresentata in Tav. 8.4. Essa è formata da una serie di postazioni permanenti di iniezione, distribuite secondo una spaziatura di 6 m lungo due allineamenti ravvicinati e ortogonali alla direzione di deflusso, alternando i punti in modo da avere un interasse effettivo di circa 3 m, pari a 1,5 volte il raggio di influenza stimato per questa tipologia di materiali. Questo aspetto potrà essere verificato e modificato in fase di progettazione definitiva, sulla base dei risultati del test pilota.

Complessivamente si prevede quindi di realizzare 100 postazioni di iniezione, suddivise nei due allineamenti. Ciascuna postazione raggiungerà la base dell'acquifero, per una profondità stimata di 52,0 m dal p.c., e consentirà di distribuire omogeneamente il prodotto lungo la verticale, mediante una serie di valvole di iniezione posizionate ogni metro lungo tutto lo spessore saturo della prima e della seconda falda.

8.2.2 Dosaggio del reagente

Il quantitativo ottimale di reagente da dosare in falda è stato preliminarmente definito sulla base del dosaggio consigliato dal produttore, in funzione delle caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero e dei contaminanti presenti. Tale dosaggio, espresso in massa di adsorbente rispetto alla massa di terreno nella zona di trattamento, è pari a 2,4 g/kg per la falda superficiale e a 1,6 g/kg per la falda profonda.

- Tenuto conto delle dimensioni della zona di trattamento, il quantitativo di reagente da iniettare risulta pari a 169'000 kg per la falda superficiale e a 135'000 kg per la falda profonda, distribuiti omogeneamente nei diversi punti di iniezione e lungo lo spessore saturo. In fase di progettazione definitiva, si potrà valutare l'opportunità di adottare un dosaggio di reagente variabile in funzione delle concentrazioni presenti nei diversi settori della zona reattiva.

8.2.3 Valutazione della longevità del reagente

Sulla base del dosaggio assunto e del flusso di contaminanti in ingresso, si è quindi provveduto a calcolare il tempo stimato di breakthrough dei principali contaminanti e il tempo di esaurimento del mezzo adsorbente, in modo da verificare la longevità della zona reattiva in situ.

Una prima valutazione è stata condotta calcolando, per alcuni contaminanti indice, la curva di breakthrough prevista a valle della zona reattiva. A tale scopo è stata assunta per i un'isoterma di adsorbimento di Freundlich, descritta dalla presente equazione:

$$S = K_f \cdot C^{1/n}$$

I parametri K_f e $1/n$ dichiarati dal produttore per i principali contaminanti sono riportati in Tab. 8.3. I contaminanti indice considerati sono: idrocarburi totali, xileni, cloruro di vinile, tetracloroetilene, 1,2-dicloropropano e 1,2,3-tricloropropano. Per le sostanze di cui non sono disponibili le isoterme di adsorbimento, sono state utilizzate le isoterme di composti affini.

Tab. 8.3. Isoterme di adsorbimento dichiarate dal produttore del reagente.

Contaminanti organici non clorurati			Contaminanti organici clorurati		
Composto	K_f	$1/n$	Composto	K_f	$1/n$
Benzene	30.2	0.427	PCE	105	0.422
Toluene	97.0	0.429	TCE	46.5	0.531
Etilbenzene	163	0.415	cis-1,2-DCE	11.7	0.548
o-Xilene	217	0.428	VC	4.16	0.339
p-Xilene	226	0.418	1,1,1-TCA	19.2	0.634
MTBE	6.54	0.397	1,2-DCA	11.3	0.454
Naftalene	132	0.420	Clorobenzene	135	0.315
Fenantrene	215	0.440	1,2-Diclorobenzene	326	0.209
Benzo(a)pirene	34.0	0.440	2-Clorotoluene	173	0.202
Stirene	327	0.480	Pentaclorofenolo	443	0.340

Le simulazioni sono state eseguite assumendo, in ingresso alla zona reattiva, le concentrazioni massime rilevate per i rispettivi composti nei piezometri a valle dello stabilimento (PZV2, PZV18, PZV19, PZV20). Il tempo di simulazione è stato di 100 anni.

Le curve di breakthrough così ottenute, per falda superficiale e profonda, sono riportate in Fig. 8.3 e in Fig. 8.4. Nella falda profonda, il tempo di breakthrough previsto è superiore a 100 anni per tutti contaminanti simulati. Nella falda superficiale si calcola invece un tempo di breakthrough di circa 25 anni per l'1,2-dicloropropano, di oltre 40 anni per gli idrocarburi totali, di oltre 50 anni per l'1,2,3-tricloropropano e superiore a 100 anni per gli altri composti.

Ciò significa che, per sistemi monocomponente, anche trascurando gli effetti di eventuali fenomeni di biodegradazione, la zona reattiva in progetto consentirebbe di mantenere le concentrazioni in uscita al di sotto delle CSC per almeno 25 anni nella falda superficiale e per oltre 100 anni nella falda profonda.

Come seconda valutazione è stato stimato il tempo di esaurimento del reagente, assumendo una capacità di adsorbimento da parte del prodotto pari allo 0,4% (4 g di inquinante trattenuto per 1 kg di reagente iniettato), sulla base delle indicazioni del produttore. Tale stima è stata condotta a partire dalle concentrazioni medie di inquinanti rilevate nei piezometri a valle della Chimica Industriale (PZV18, PZV19, PZV20). Ai fini della valutazione sono stati cautelativamente trascurati gli effetti di eventuali fenomeni di biodegradazione.

Come riportato in Tab. 8.4, sulla base delle ipotesi assunte il tempo di esaurimento della capacità adsorbente può essere stimato di oltre 50 anni per la falda profonda e di appena 5 anni per la falda superficiale. Ciò è dovuto ai differenti valori di gradiente piezometrico e conducibilità idraulica dei due livelli acquiferi, che determina una differenza di un ordine di grandezza nella velocità di flusso e, di conseguenza, nel flusso di inquinanti in uscita.

Il risultato ottenuto sulla falda superficiale chiaramente la necessità di interventi sulla sorgente di contaminazione, per ridurre le concentrazioni in arrivo alla zona reattiva. Il

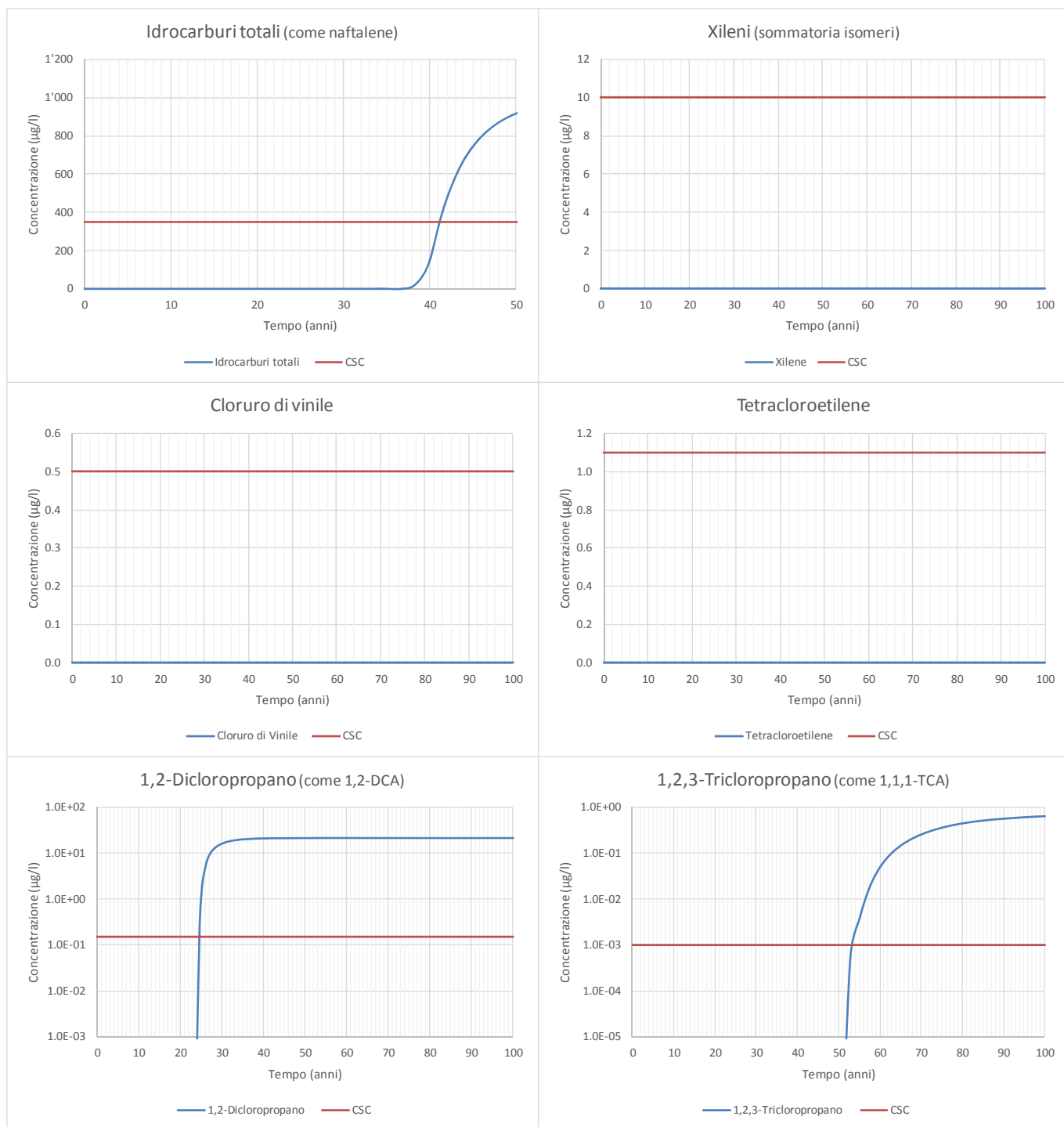


Fig. 8.3. Curve di breakthrough calcolate a valle della zona reattiva in sito, per la falda superficiale.

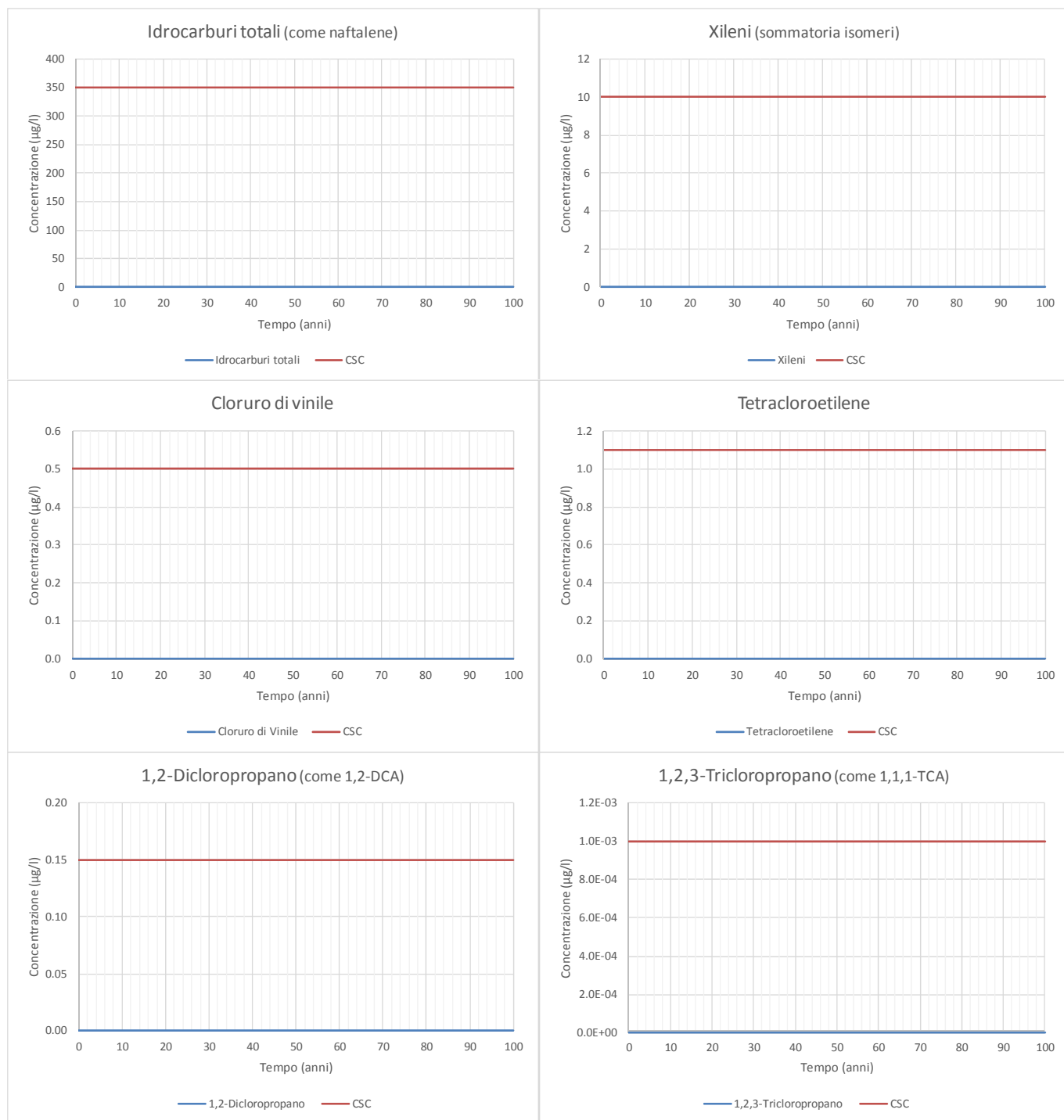


Fig. 8.4. Curve di breakthrough calcolate a valle della zona reattiva in sito, per la falda profonda.

maggior contributo all'esaurimento del reagente è dato dagli idrocarburi totali. Se si eliminasse anche solo questa tipologia di inquinanti, facilmente degradabili nelle condizioni aerobiche determinate dall'air sparging, la longevità della zona reattiva salirebbe a 25 anni. Più in generale, se con gli interventi sulla sorgente si riducessero del 90% le concentrazioni in uscita dal sito, la longevità della zona reattiva sarebbe di oltre 50 anni e quindi del tutto sufficiente a garantire il raggiungimento degli obiettivi di bonifica nel lungo periodo.

Tab. 8.4. Valutazione del dosaggio e della longevità del mezzo adsorbente.

DOSAGGIO DEL MEZZO ADSORBENTE			
1. Geometria della zona di trattamento	U.M.	Falda Superficiale	Falda Profonda
Ampiezza (ortogonale al deflusso)	m	100	100
Spessore (parallelo al deflusso)	m	6.5	6.5
Top della zona di trattamento (soggiacenza minima della falda)	m	6	28
Bottom della zona di trattamento (profondità base dell'acquifero)	m	26	52
Altezza della zona di trattamento	m	20	24
Sezione ortogonale al deflusso	m ²	6'000	7'200
Volume della zona di trattamento	m ³	39'000	46'800
Massa di terreno nella zona di trattamento	ton	70'200	84'240
Total Pore Volume (volume x porosità totale)	m ³	11'700	14'040
Effective Pore Volume (volume x porosità efficace)	m ³	9'750	11'700
2. Caratteristiche idrogeologiche del sito	U.M.	Falda Superficiale	Falda Profonda
Porosità totale	-	0.30	0.30
Porosità efficace	-	0.25	0.25
Densità del mezzo saturo	kg/dm ³	1.8	1.8
Conducibilità idraulica media	m/s	1.81E-04	5.05E-05
Gradiente idraulico	m/m	0.015	0.0027
Velocità di Darcy	m/s	2.72E-06	1.36E-07
	m/y	86	4.3
Velocità effettiva di deflusso	m/s	1.09E-05	5.45E-07
	m/y	342	17
Portata d'acqua attraverso la zona di trattamento	m ³ /y	513'700	31'000

3. Dosaggio del mezzo adsorbente		Falda Superficiale	Falda Profonda
Massa di mezzo adsorbente	kg	169'000	135'000
Massa di adsorbente rispetto alla massa di terreno nella zona di trattamento	g/kg	2.40	1.60
Concentrazione di adsorbente in falda	g/L	17.3	11.5
Massa di mezzo adsorbente per unità di volume	kg/m ³	4.33	2.88
4. Concentrazioni di contaminanti da trattare		Falda Superficiale	Falda Profonda
<u>Concentrazione di contaminanti organici in falda</u>	U.M.	C.media	C.media
- Idrocarburi totali	µg/l	195	234
- Sommatoria aromatici	µg/l	14.7	3.08
- Sommatoria alifatici clorurati e alogenati	µg/l	21.2	79.3
- Altri VOC	µg/l	6.25	4.48
- Sommatoria policiclici aromatici	µg/l	0.71	0.52
- Sommatoria cloro- e nitrobenzeni	µg/l	10.4	9.59
5. Longevità del mezzo adsorbente		Falda Superficiale	Falda Profonda
<u>Contaminante trattenuto sul mezzo adsorbente</u>			
- Idrocarburi totali	kg/y	100	7.25
- Sommatoria aromatici	kg/y	7.56	0.10
- Sommatoria alifatici clorurati e alogenati	kg/y	10.9	2.46
- Altri VOC	kg/y	3.21	0.14
- Sommatoria policiclici aromatici	kg/y	0.36	0.02
- Sommatoria cloro- e nitrobenzeni	kg/y	5.32	0.30
Contaminante trattenuto, totale	kg/y	127	10.3
Contaminante trattenuto, senza idrocarburi	kg/y	27.3	3.01
Capacità di adsorbimento	g/kg	4	4
Tempo di esaurimento della capacità adsorbente	y	5.3	53
Tempo di esaurimento, senza idrocarburi	y	25	180

8.2.4 Postazioni permanenti di iniezione

È prevista l'installazione di postazioni di iniezione permanenti, che permettono l'iniezione di miscele reagenti ad alta pressione, allo scopo di massimizzare il raggio di influenza. Le iniezioni possono essere ripetute nel tempo, consentendo di operare secondo fase successive di intervento.

Esse saranno installate entro sondaggi perforati a distruzione di nucleo con circolazione di acqua e utilizzando colonne di rivestimento di diametro 127/152 mm.

Ciascuna postazione sarà dotata di apposite valvole di iniezione, in grado di aprirsi durante la fase di iniezione e chiudersi al termine, posizionate ogni metro di spessore saturo di entrambe le falde intercettate (prima e seconda falda). L'intercapedine perforo/tubazione verrà quindi cementato per garantire che, durante l'iniezione, i reagenti iniettati non trovino vie preferenziali di risalita, ma possano solo entrare nelle formazioni naturali. A tale scopo, in corrispondenza delle valvole di non ritorno verranno posizionati una serie di manicotti appositamente realizzati per facilitare la fratturazione della boiaccia cementizia e l'iniezione della miscela.

8.2.5 Iniezione dei reagenti

Le iniezioni saranno avviate quando saranno trascorse almeno due settimane dal completamento delle postazioni. Si procederà innanzitutto con la preparazione della miscela, diluendo i reagenti in acqua fino al raggiungimento della concentrazione desiderata. L'acqua necessaria potrà essere prelevata dalla stessa falda, utilizzando i piezometri di monitoraggio.

La sospensione così ottenuta sarà iniettata in falda mediante pompa a pistone o a diaframma, in grado di erogare una portata di almeno 30 l/min ad una pressione di 1'000 psi (circa 70 bar).

Entro ciascuna postazione di iniezione sarà somministrato un uguale quantitativo di reagente, da distribuire omogeneamente lungo la verticale, secondo il dosaggio definito per le due falde intercettate.

8.2.6 Piezometri di monitoraggio

Il monitoraggio delle concentrazioni nelle aree a valle della zona reattiva sarà eseguito in corrispondenza di n. 4 cluster di piezometri di nuova realizzazione. Altri n. 4 piezometri di nuova realizzazione saranno utilizzati per valutare le concentrazioni all'interno della zona reattiva.

I nuovi cluster saranno eseguiti a doppia profondità: il piezometro superficiale avrà una profondità di 24 m dal p.c. e consentirà di monitorare la falda superficiale; il piezometro profondo avrà una profondità di 50 m dal p.c. e consentirà di monitorare la falda profonda.

8.3 Approfondimenti a supporto della progettazione definitiva

La progettazione definitiva degli interventi di bonifica delle acque sotterranee necessita dei seguenti approfondimenti:

- due nuove campagne di monitoraggio delle acque sotterranee, eseguita sui piezometri presenti all'interno e immediatamente a valle dello stabilimento, per fornire un quadro aggiornato della contaminazione e della piezometria;
- una prova pilota di Air Sparging e Soil Vapour Extraction, eseguita su un campo pilota appositamente allestito all'interno dello stabilimento, per definire parametri progettuali fondamentali quali portata, raggio di influenza, spaziatura e profondità dei pozzi;
- una prova pilota di In Situ Reactive Zone, eseguita su un campo pilota appositamente allestito a valle dello stabilimento, per verificare le assunzioni progettuali in termini di dosaggio del prodotto, raggio di influenza, spaziatura e profondità delle postazioni di iniezione;

- esecuzione di 2 prove di emungimento su altrettanti cluster di piezometri, con messa in pompaggio del piezometro P e monitorando le variazioni di livello nei piezometri S e M;
- slug test su un numero elevato di piezometri, per definire con maggiore precisione la conducibilità idraulica dell'acquifero;
- indagine geofisica per la verifica del modello idrogeologico e la ricerca del setto di separazione fra la falda superficiale e la falda profonda.

8.3.1 Prova pilota di Air Sparging e Soil Vapor Extraction

I pozzi utilizzati per le prove pilota dovranno essere ubicati in aree con concentrazioni moderate di contaminanti, in modo da evitare che, da un alto, la prova fornisca dati insufficienti o, dall'altro, possa determinare una migrazione incontrollata dei contaminanti.

E' in ogni caso opportuno che il campo prova sia allestito in prossimità di uno dei cluster di piezometri già esistenti, che potrà essere utilizzato per valutare gli effetti del sistema a diverse profondità.

L'impianto pilota di AS+SVE dovrà essere dotato di n. 2 postazioni di iniezione ravvicinate, finestrate sotto la tavola d'acqua a diversa profondità, n. 3 piezometri di monitoraggio ubicati nell'intorno del punto di iniezione e n. 3 pozzi di captazione dei vapori, finestrati nella zona vadosa.

I sondaggi dovranno essere eseguite a carotaggio continuo per l'intera profondità. In fase di perforazioni e di redazione delle stratigrafie si dovrà prestare particolare cura nel rilevare e segnalare eventuali livelli cementati o con abbondante matrice limoso-argillosa che potrebbero costituire il setto di separazione fra la falda superficiale e quella profonda (non evidenziato dalle precedenti indagini).

All'attivazione dell'impianto pilota saranno condotte delle prove a gradini di portata, prima per il solo sistema di Air Sparging e poi per il solo sistema di SVE. Le prove di AS

dovranno essere ripetute attivando prima i due pozzi singolarmente e poi contemporaneamente.

Terminate le prove a gradini e stabilite la portata di aria da iniettare, la pressione di iniezione e la depressione da applicarsi nei punti di estrazione, sarà eseguita una prova di lunga durata mantenendo in funzione l'impianto pilota di AS+SVE per un periodo di circa 2 mesi. Sui piezometri di monitoraggio i controlli analitici delle acque sotterranee saranno eseguiti a cadenza quindicinale (all'inizio della prova e dopo 15, 30, 45 e 60 giorni).

8.3.2 Prova pilota di In situ Reactive Zone

La prova pilota consisterà nell'esecuzione di un tratto di zona reattiva di lunghezza pari a $15 \div 20$ m, mediante l'iniezione di reagente adsorbente in $5 \div 7$ postazioni di iniezione. In questo modo, di fatto la prova pilota costituirà una prima fase dell'intervento full-scale. Qualora il dosaggio di prodotto risulti confermato, nel successivo intervento full-scale non sarà necessario eseguire altre attività sui punti di iniezione già eseguiti.

Oltre alle postazioni di iniezione, per il monitoraggio dell'intervento dovranno essere realizzati almeno n. 2 cluster di piezometri, di cui uno all'interno della zona reattiva e uno ad una distanza di $3 \div 6$ m a valle dei punti di iniezione, per verificare il raggiungimento delle concentrazioni obiettivo. I nuovi cluster saranno eseguiti a doppia profondità: il piezometro superficiale avrà una profondità di 24 m dal p.c. e consentirà di monitorare la falda superficiale; il piezometro profondo avrà una profondità di 50 m dal p.c. e consentirà di monitorare la falda profonda.

I sondaggi dovranno essere eseguite a carotaggio continuo per l'intera profondità. In fase di perforazioni e di redazione delle stratigrafie si dovrà prestare particolare cura nel rilevare e segnalare eventuali livelli cementati o con abbondante matrice limoso-argillosa che potrebbero costituire il setto di separazione fra la falda superficiale e quella profonda (non evidenziato dalle precedenti indagini).

Sui piezometri di monitoraggio saranno eseguiti controlli analitici delle acque sotterranee a cadenza quindicinale (prima delle iniezioni e dopo 15, 30, 45 e 60 giorni).

9. PIANO DI MONITORAGGIO

Una volta completata la Zona Reattiva In Situ e avviato l'impianto di Air Sparging + SVE, per verificare l'andamento della bonifica dovrà essere disposto un dettagliato programma di monitoraggio: a tale scopo potrà essere utilizzata una parte dei piezometri già presenti all'interno e lungo il perimetro del sito, oltre ai n. 4 nuovi cluster a doppia profondità previsti nel presente progetto (vedasi par. 8.2.6). In via preliminare, si può prevedere di eseguire controlli mensili su n. 5 cluster di piezometri e bimestrali su altri 5 cluster, con il prelievo di campioni sui piezometri S, M e P, per un periodo di 3 anni.

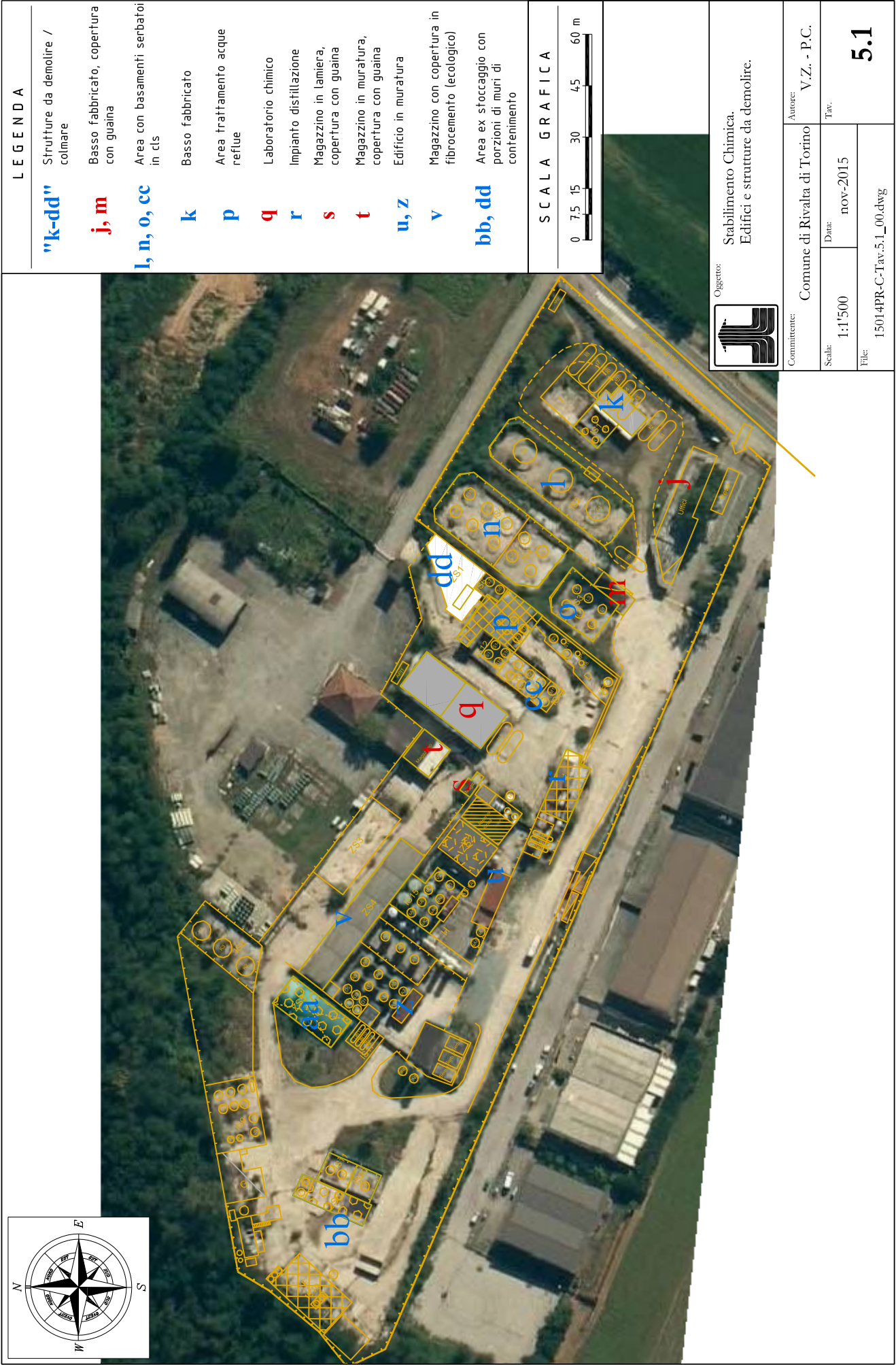
Trascorso tale periodo, occorrerà poi avviare un piano di monitoraggio delle aree esterne, in modo da verificare l'efficacia dell'intervento sulle aree a valle, per un periodo di tempo di almeno 5 anni. In via assolutamente preliminare, si può prevedere una frequenza semestrale nei primi due anni e annuale nei successivi tre. Ciascuna campagna potrà essere estesa ad un numero limitato di piezometri, da selezionare fra quelli disponibili. In via preliminare si prevede di eseguire il monitoraggio su 10 cluster, con il prelievo di 20 campioni (piezometri M e P).

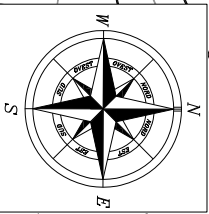
Le modalità di campionamento dovranno essere conformi ai criteri indicati nell'allegato 2 al titolo V della parte quarta del D.Lgs. 152/06. Sui campioni di acque sotterranee saranno ricercati i parametri di seguito elencati, che comprendono i contaminanti caratteristici del sito: parametri chimico-fisici in situ, metalli, azoto ammoniacale, idrocarburi totali, idrocarburi aromatici, idrocarburi alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni, cloro- e nitrobenzeni, fenoli e clorofenoli, PCB, PCDD-PCDF (quest'ultimo solo sul 10% dei campioni).

Torino, 30 novembre 2015

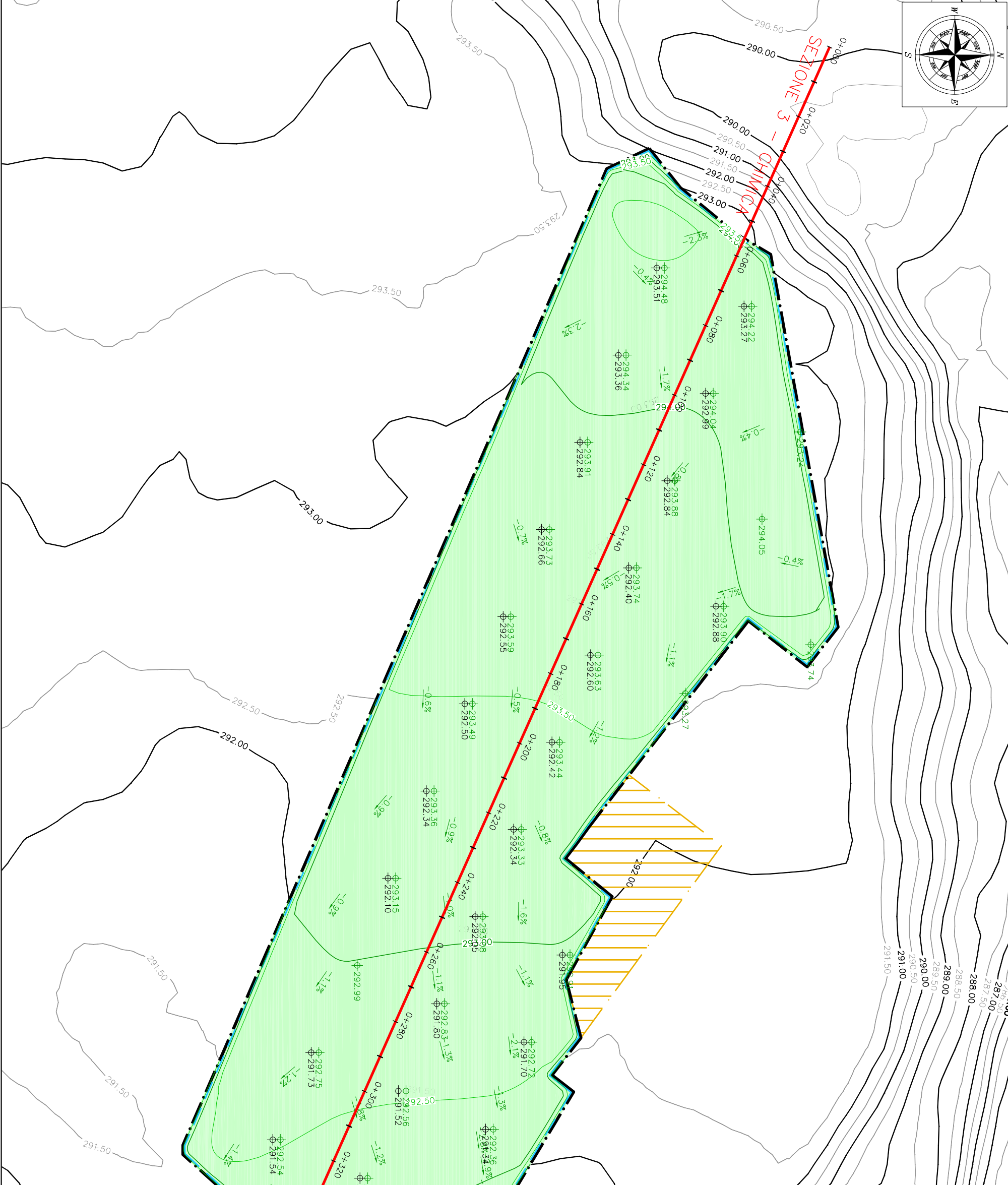
ALLEGATO 1

Tavole grafiche.





SEZIONE 3 - CHIMICA



LEGENDA

- Superficie topografia:
- 297.00— Curve di livello (m s.l.m.)
 - 296.50—
 - Φ 299.34 Quote (m s.l.m.)
- Impermeabilizzazione stabilimento Chimica:
- 293.00— Curve di livello (m s.l.m.)
 - 292.50—
 - Φ 300.36 Quote (m s.l.m.)
- Canalette raccolta acque meteoriche
- Perimetro stabilimento Chimica
- Impermeabilizzazione area esterna allo stabilimento Chimica, da definire sulla base delle indagini integrative

SCALA GRAFICA



Oggetto: Impermeabilizzazione dell'area dello stabilimento Chimica.

Comune di Rivata di Torino

Autore: P. Cordero

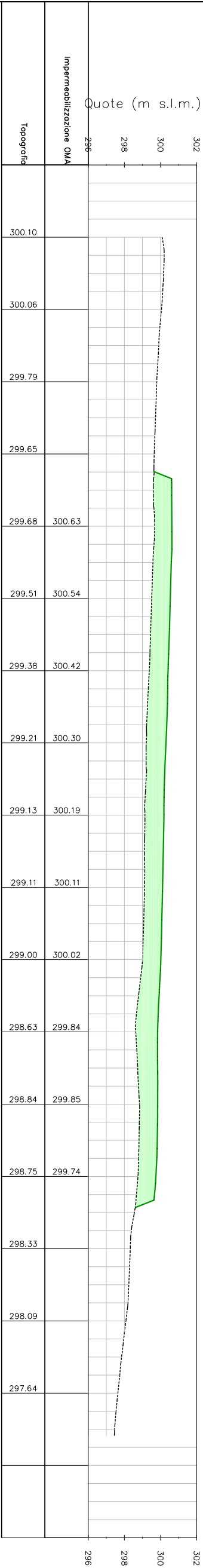
Scale: 1:1'000

Date: nov-2015

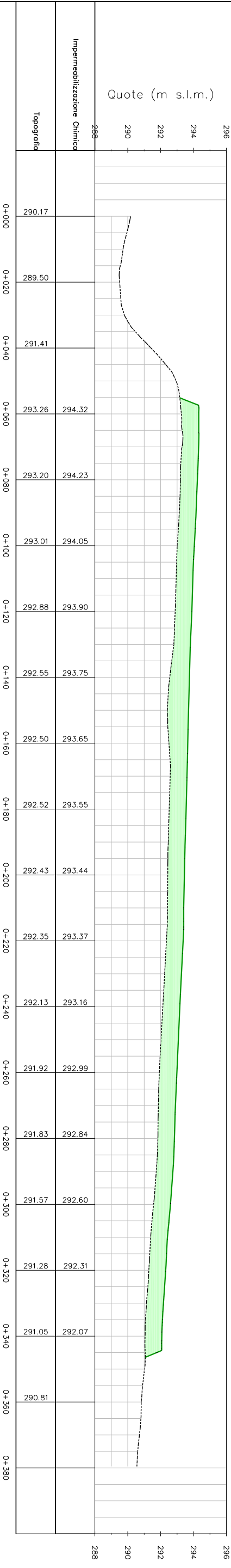
Fig:

File: 15014PR-C-Tav6.1-6.2_00.dwg

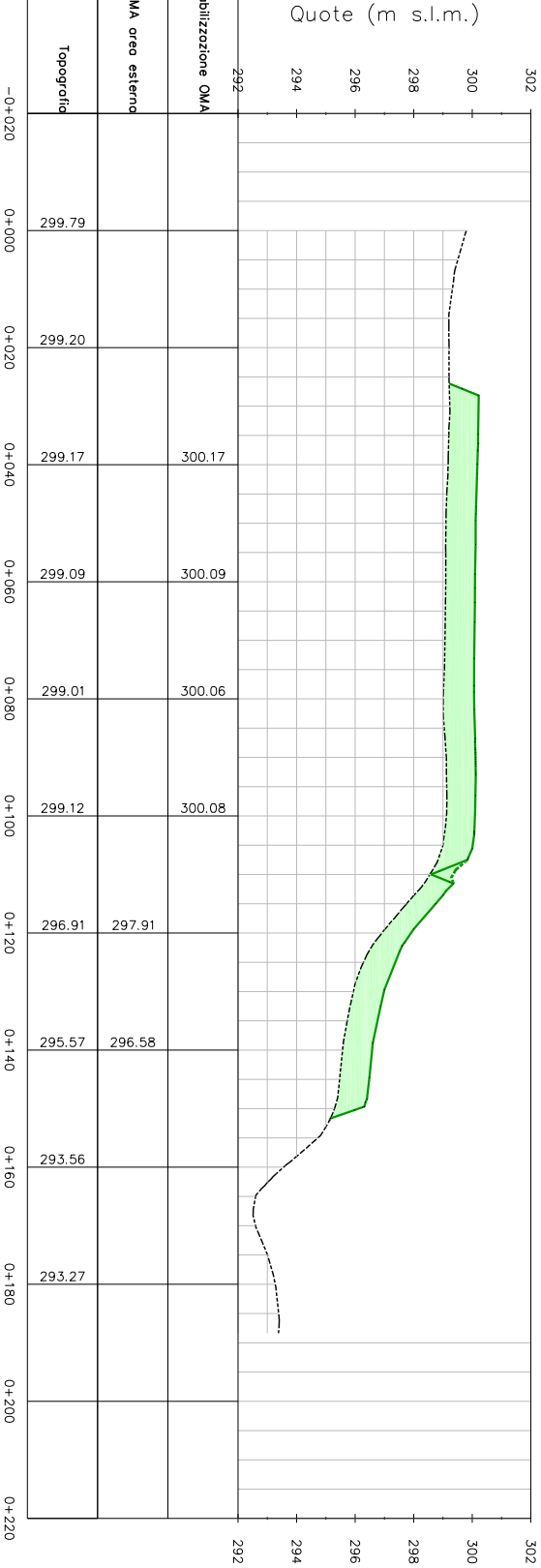
SEZIONE 2 – OMA



SEZIONE 3 – CHIMICA



SEZIONE 1 – OMA



LEGENDA

Superficie topografia

Impermeabilizzazione

La traccia delle sezioni è riportata in Tav. 6.1.

Oggetto:
Impermeabilizzazione degli stabilimenti OMA, Chimica e della fascia posta a nord della OMA. Sezioni. Esagerazione verticale=5.

Comittente:
Comune di Rivalta di Torino

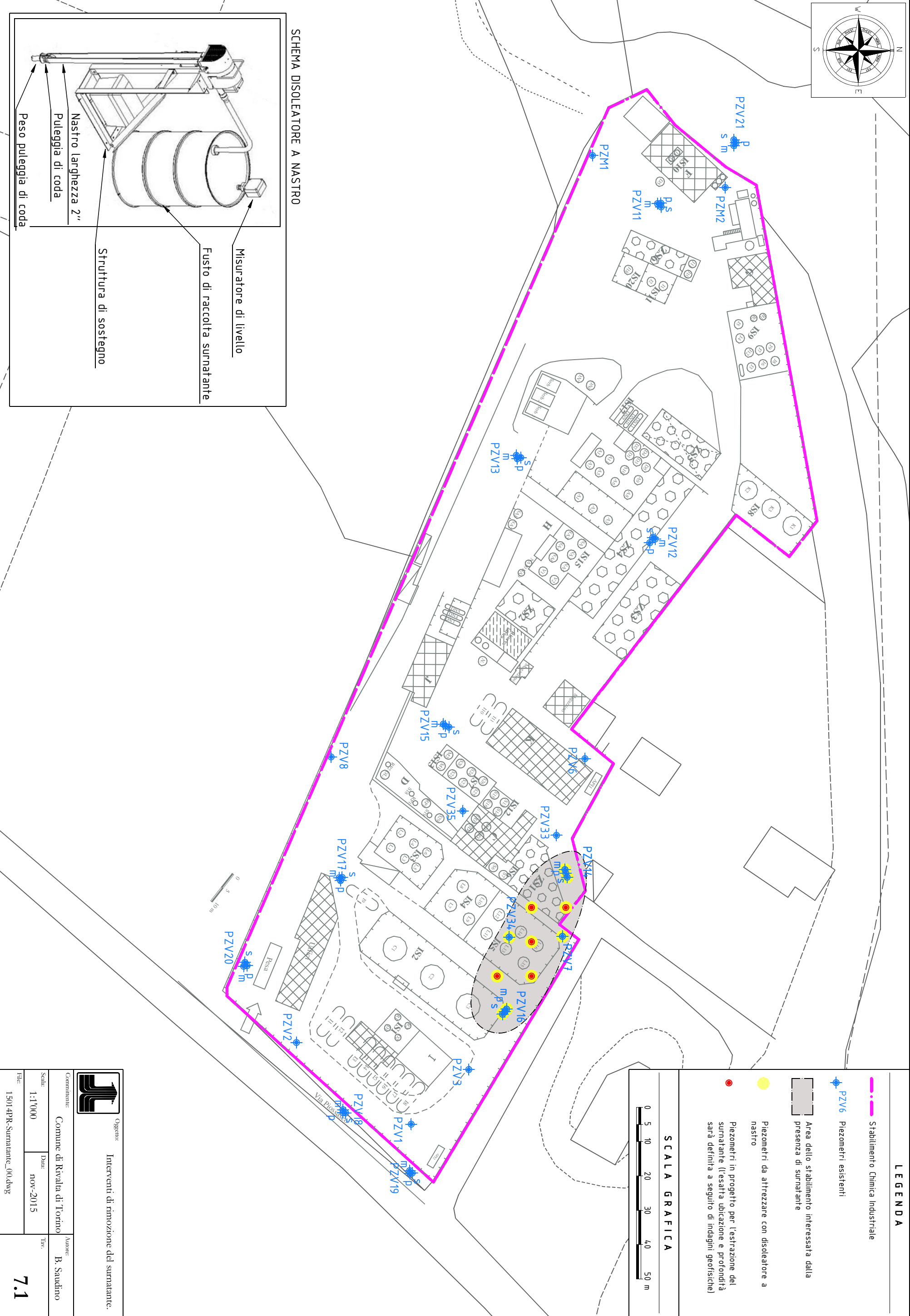
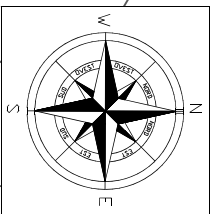
Autore:
P. Cordero

Scala:
1:1'250

Data:
nov-2015

File:
15014PR-C-Tav6.1-6.2_00.dwg

6.2



LEGENDA

Stabilimento Chimica Industriale

PZV6 Piezometri esistenti

Area dello stabilimento interessata dalla presenza di surriscaldamento

Piezometri da attrezzare con disoleatore a nastro

Piezometri in progetto per l'estrazione del surriscaldamento (l'esatta ubicazione e profondità sarà definita a seguito di indagini geofisiche)

SCALA GRAFICA



Oggetto: Interventi di rimozione del surriscaldamento.

Comitente: Comune di Rivalta di Torino

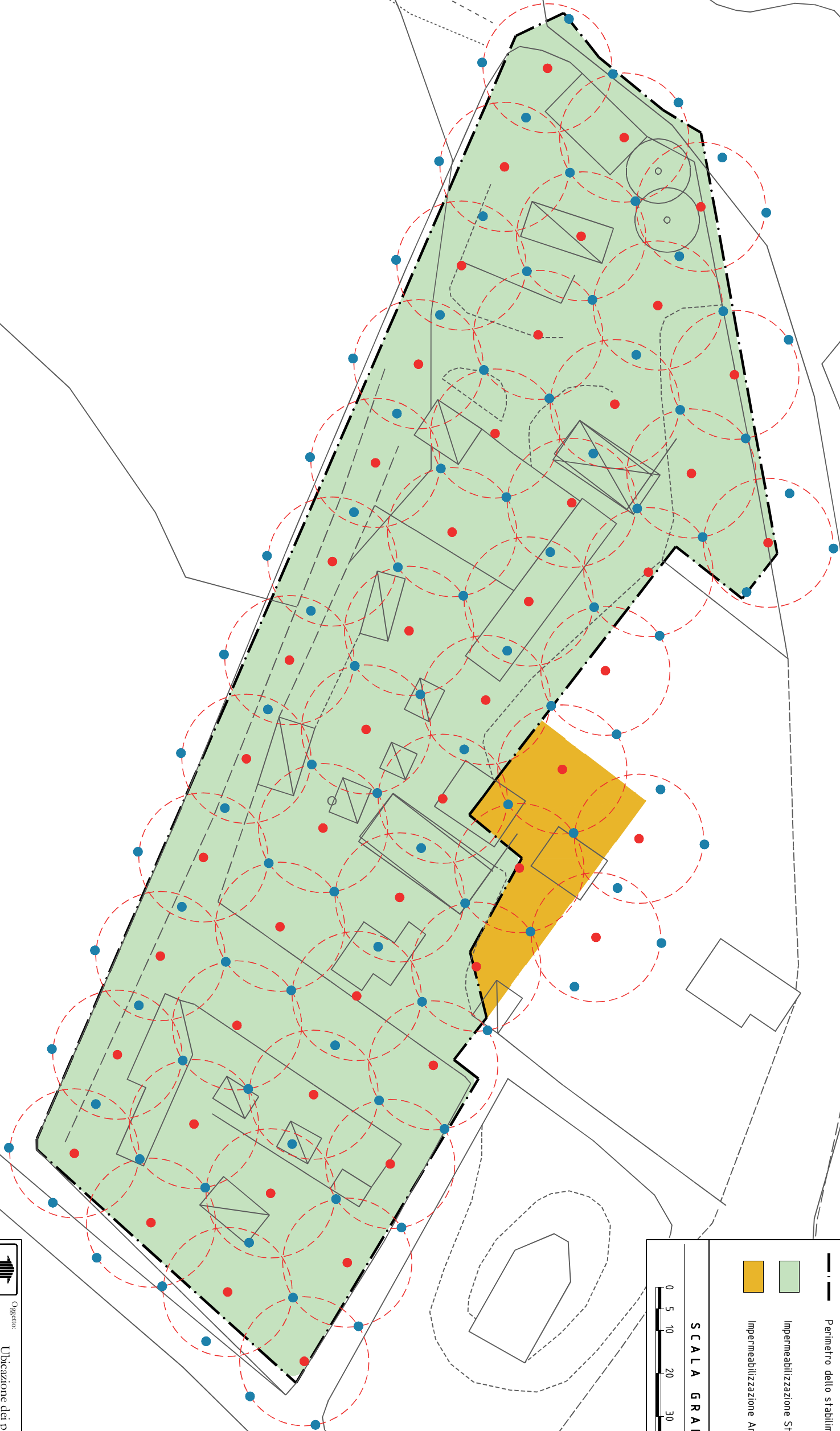
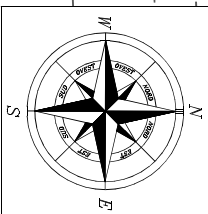
Autore: B. Sautino

Scala: 1:1'000

Data: NOV-2015

Tav.

Titolo: 1501 4PR-Surriscaldamento_00.dwg



LEGENDA

- Pozzo di Air Sparging
- Raggio di influenza
- Pozzo di Soil Vapour Extraction
- Perimetro dello stabilimento
- Impermeabilizzazione Stabilimento
- Impermeabilizzazione Aree esterne

SCALA GRAFICA

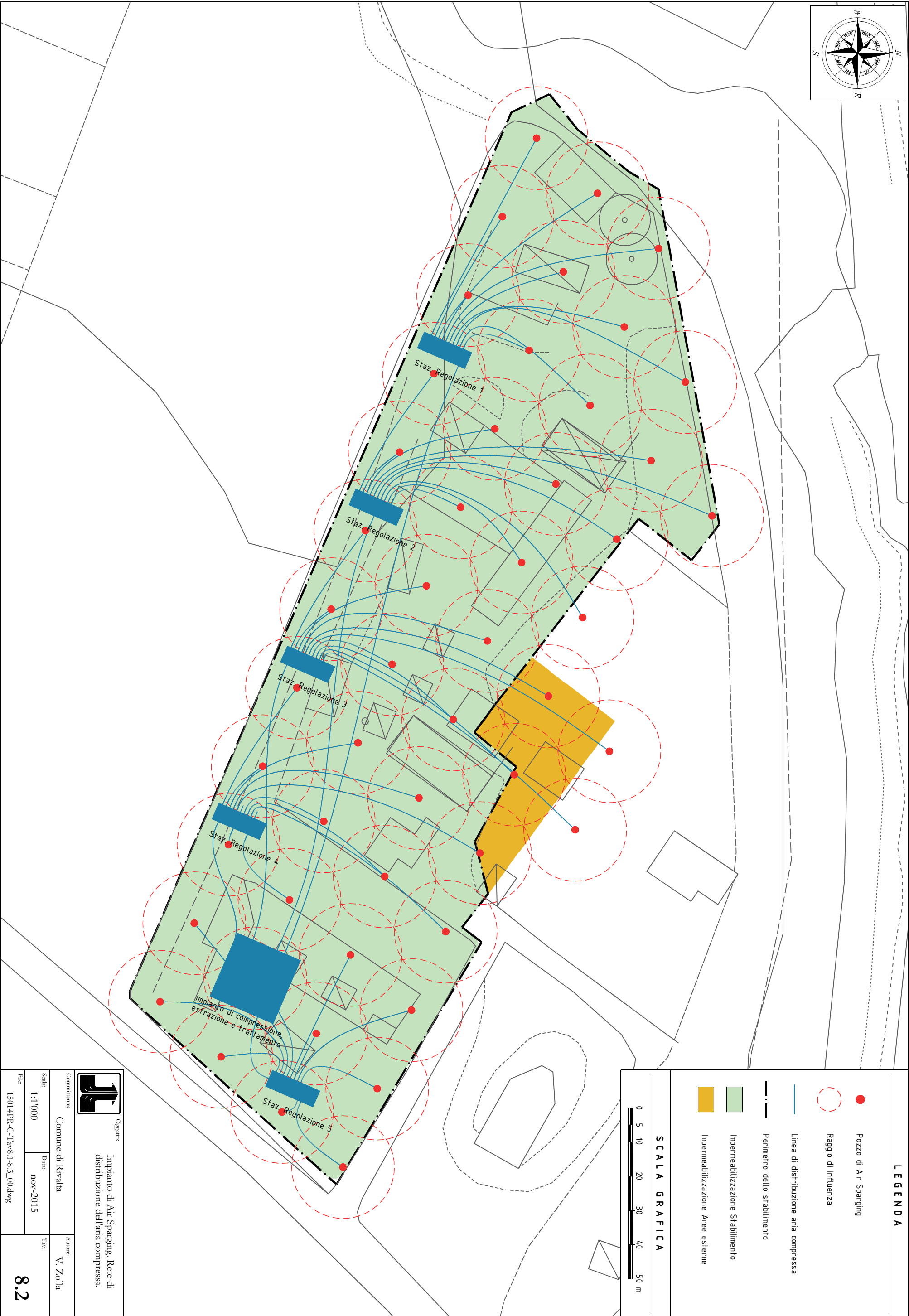
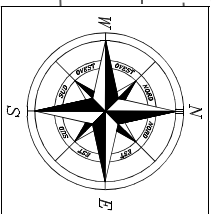


Oggetto: Ubicazione dei pozzi di Air Sparging e Soil Vapour Extraction.

Comitente: Comune di Rivalta Autore: V. Zolla

Scala: 1:1'000 Data: nov-2015 Tav.

File: 15014PR-C-Tav8.1-8.3_00.dwg



LEGENDA

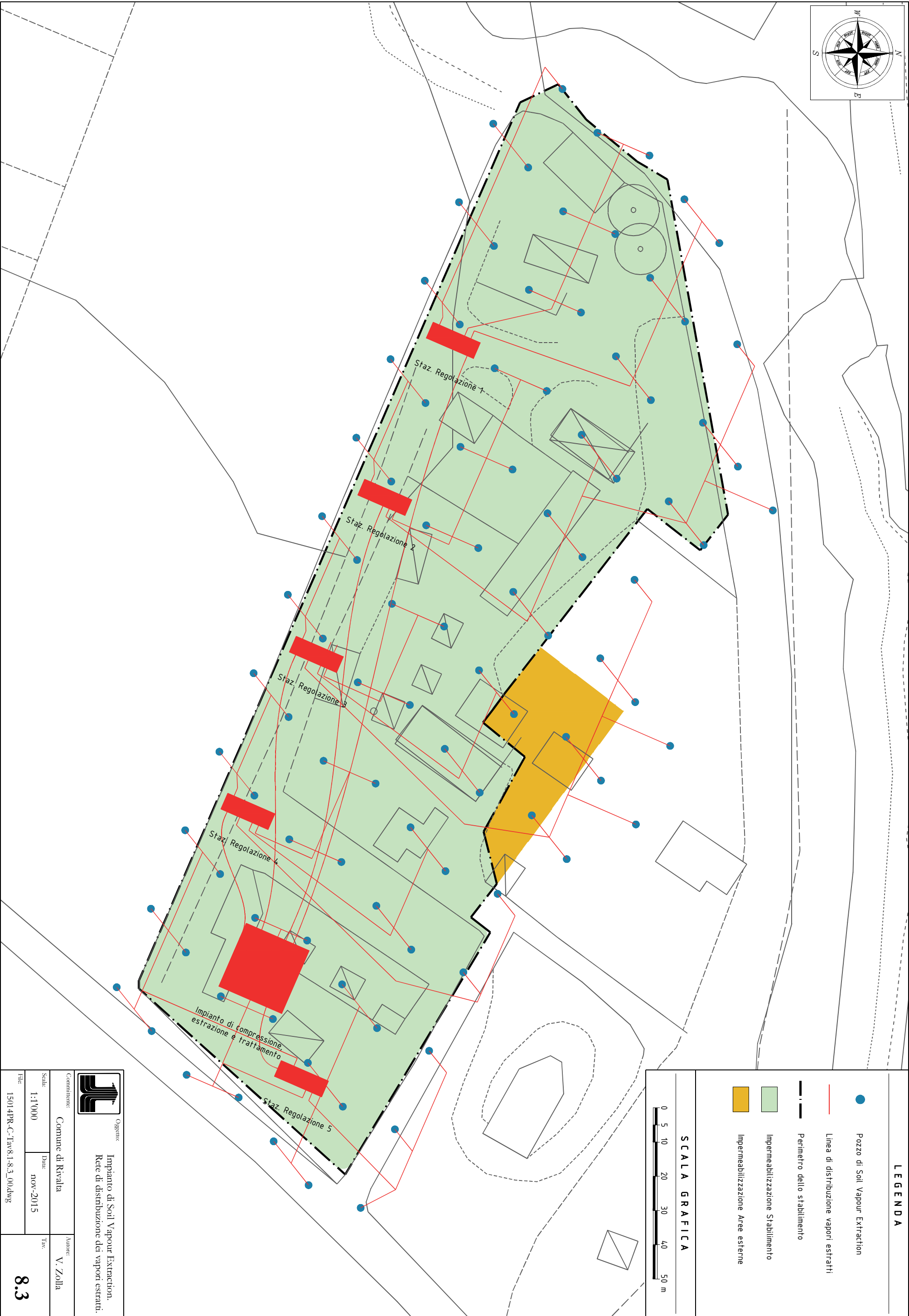
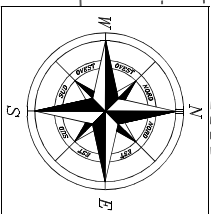
- Pozzo di Air Sparging
- Raggio di influenza
- Linea di distribuzione aria compressa
- - - Perimetro dello stabilimento
- Impermeabilizzazione Stabilimento
- Impermeabilizzazione Aree esterne

SCALA GRAFICA



Oggetto: Impianto di Air Sparging. Rete di distribuzione dell'aria compressa.

Comitatante: Comune di Rivalta		Autore: V. Zolla	
Scala: 1:1'000	Data: nov-2015	Tav. 8.2	
File: 15014PR-C-Tav8.1-8.3-00.dwg			



LEGENDA

- Pozzo di Soil Vapour Extraction
- Linea di distribuzione vapori estratti
- Perimetro dello stabilimento
- Impermeabilizzazione Stabilimento
- Impermeabilizzazione Aree esterne

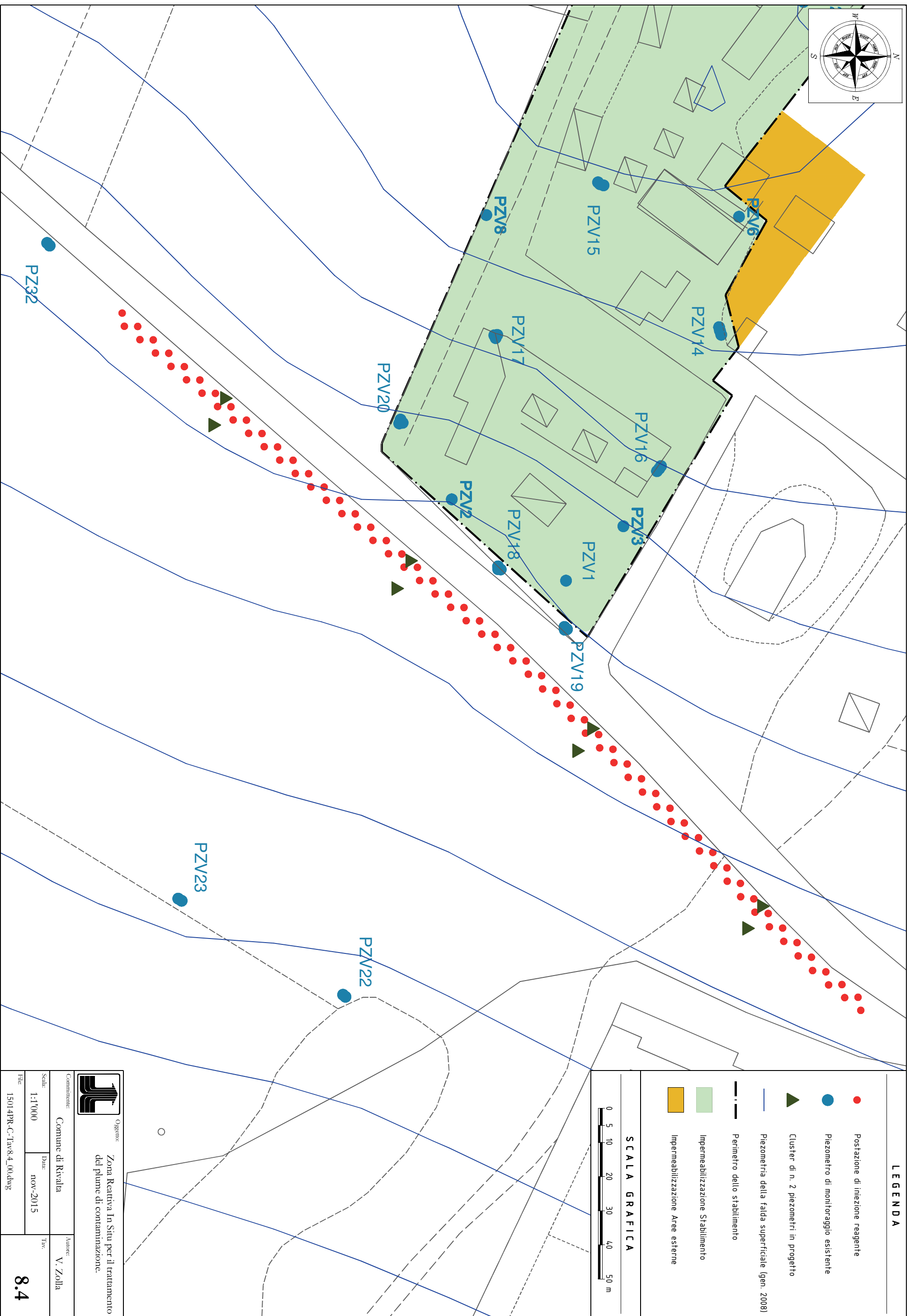
SCALA GRAFICA



Oggetto: Impianto di Soil Vapour Extraction.
Rete di distribuzione dei vapori estratti.

Comitente: Comune di Rivalta
Autore: V. Zolla

Scala: 1:1'000	Data: nov-2015	Tav. 8.3
File: 15014PR-C-Tav8.1-8.3_00.dwg		



ALLEGATO 2

Allegato fotografico – edifici e strutture da demolire nella Chimica Industriale

Foto 1 - Edificio j – uffici con guaina bituminosa su copertura



Foto 2 – Aree “l” e “k” – isole serbatoi e fabbricato con tettoia in lamiera recente



Foto 3 - Edificio “m”- guaina bituminosa su copertura



Foto 4 - Edificio “v” – edificio con tettoia in fibrocemento presumibilmente non contenente amianto

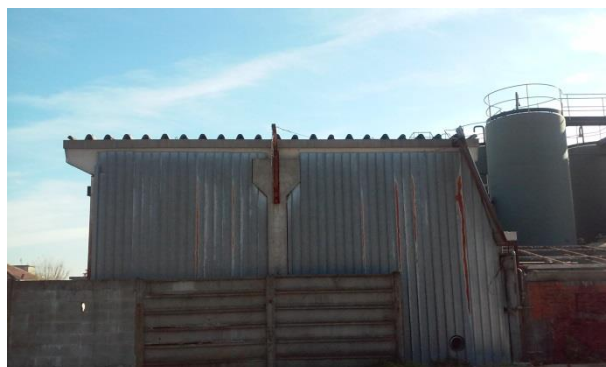


Foto 5 - Edificio “q” – edificio con copertura a botte – laboratorio chimico



Foto 6 - Edificio “q” – particolare laboratorio chimico



Foto 7 - Edificio “r” – impianto distillazione. Coperture metalliche e corpo dell’edificio in muratura



Foto 8 - Edificio “s” – magazzino in lamiera senza copertura



Foto 9 – Area “ZS3” – area di stoccaggio non più esistente



Foto 10 – Area “cc” – vasca prefabbricata fuori terra in cls



Foto 11 – Area “p” impianto trattamento acque reflue



Foto 12 - Area “s” e “t” – magazzino in muratura. Guaina bituminosa su copertura

