
	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 1 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		





ENI S.p.A.

Energy Evolution/Refining Evolution and Transformation

***PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON
 ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA
 AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08***

***Area effrazione Oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona
 Comune di Bertonico (LO)***

					
00	Emissione	HPC	ENI Rewind	ENI Rewind	09/08/2023
Indice di Rev.	Descrizione Revisione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 2 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		


Memorandum delle revisioni

Ind. Di Rev.	Data	Paragrafo	Descrizione sintetica revisione


	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 3 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

INDICE

1.	PREMESSA.....	6
1.1	Oggetto e scopo del lavoro.....	6
1.2	Normativa di riferimento.....	6
1.3	Documentazione tecnico – amministrativa di riferimento	6
1.4	Sistema di qualità.....	10
1.5	Acronimi ed abbreviazioni	10
2.	RIEPILOGO DELL'ITER TECNICO - AMMINISTRATIVO.....	12
3.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	16
3.1	Ubicazione del sito e inquadramento urbanistico	16
3.2	Inquadramento geomorfologico geologico e idrogeologico.....	19
4.	SINTESI DELLE ATTIVITÀ ESEGUITE.....	24
4.1	Attività di MISE e indagini ambientali preliminari - Agosto ÷ Settembre 2016	24
4.2	Attività di indagini del piano di caratterizzazione - Gennaio ÷ Aprile 2017	26
4.3	Monitoraggio acque sotterranee, installazione e campionamento punti di monitoraggio gas interstiziali - Luglio 2017 ÷ Aprile 2018	26
4.4	Monitoraggio acque sotterranee e campionamento punti di monitoraggio gas interstiziali - Giugno 2018 ÷ Aprile 2019	27
4.5	Attività di manutenzione oleodotto - Luglio 2019.....	27
4.6	Monitoraggio acque sotterranee - Ottobre 2019 ÷ Febbraio 2021	28
4.7	Ripristino piezometri PZ2-PZ4-PZ5 - Marzo 2021	28
4.8	Monitoraggio acque sotterranee - Aprile 2021 ÷ Aprile 2023	29
5.	INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA	30
6.	STATO QUALITATIVO DELLE MATRICI AMBIENTALI.....	31
6.1	Stato qualitativo dei suoli	31
6.2	Stato qualitativo delle acque sotterranee.....	32
7.	ANALISI DI RISCHIO SANITARIO - AMBIENTALE	34
7.1	Caratteristiche del software applicato	34
7.1.1	Modalità operative	34
7.1.2	Principi di calcolo della procedura	34
7.2	Modello concettuale del sito.....	36
7.3	Individuazione dei parametri caratteristici del terreno.....	37
7.3.1	Parametri caratteristici del comparto ambientale outdoor	39

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 4 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

7.4	Sorgenti di potenziale contaminazione.....	42
7.4.1	Suolo Superficiale.....	42
7.4.2	Suolo Profondo	44
7.4.3	Acque sotterranee	46
7.5	Proprietà chimico-fisiche e tossicologiche.....	47
7.6	Bersagli e vie di esposizione	47
7.7	Calcolo delle concentrazioni soglia di rischio (CSR).....	47
7.7.1	Suolo Superficiale.....	48
7.7.2	Suolo Profondo	49
7.7.3	Acque sotterranee	50
7.8	Verifica delle CSC al Punto di Conformità.....	51
7.9	Valutazione diretta del rischio (soil gas)	51
7.10	Obiettivi di bonifica.....	53
8.	TECNOLOGIE DI BONIFICA POTENZIALMENTE APPLICABILI	54
8.1	Screening di tecnologie di bonifica.....	55
8.2	Screening delle tecnologie e applicabilità sito specifica.....	55
9.	STRATEGIA DEL PROGETTO	59
10.	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA - FASE 1	61
10.1	Fase 1 - Test pilota e indagini integrative.....	61
11.	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA - FASE 2	62
11.1	Fase 2 - Applicazione tecnologie SVE/BV, Bioremediation e MNA.....	62
11.1.1	Intervento SVE/BV	62
11.1.2	Intervento di Bioremediation tramite iniezione di carbone colloidale PetroFix	67
11.1.3	Monitored Natural Attenuation.....	69
12.	PIANO DI MONITORAGGIO E VERIFICA AVANZAMENTO INTERVENTI	71
12.1	Piano di monitoraggio in corso d'opera.....	71
12.2	Rebound Test	72
12.3	Verifica avanzamento del risanamento del comparto terreno.....	72
12.4	Monitoraggio delle acque sotterranee	73
12.5	Collaudo degli interventi.....	73
13.	AUTORIZZAZIONI	74
14.	MISURE DI SICUREZZA	75
14.1	Misure di sicurezza e criteri di protezione dei lavoratori	75

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 5 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

14.2	Organizzazione del cantiere di bonifica	75
14.3	Valutazione dei rischi	75
14.4	Controllo e supervisione in corso d'opera	76
15.	CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ	77
16.	STIMA COSTI DI INTERVENTO	78
17.	CONCLUSIONI.....	79
ANNESSE	METODOLOGIA ANALISI DI RISCHIO SANITARIO AMBIENTALE	81


TAVOLE

Tavola 1	Ubicazione dei sondaggi e dei punti di monitoraggio
Tavola 2	Modello concettuale per i suoli superficiali
Tavola 3	Modello concettuale per i suoli profondi
Tavola 4	Piezometria gennaio 2022
Tavola 5	Modello concettuale per le acque di falda
Tavola 6	Ubicazione indagini integrative
Tavola 7	Ubicazione campo prova per test pilota SVE/BV
Tavola 8	Ubicazione punti di test iniezioni PetroFix
Tavola 9	Ubicazione indicativa punti SVE-BV full scale
Tavola 10	P&ID indicativo impianto SVE/BV di full scale
Tavola 11	Ubicazione indicativa punti iniezioni PetroFix full scale
Tavola 12	Ubicazione punti di collaudo

ALLEGATI

Allegato 1	Mappa e Visura catastale Foglio 24 Mappale 35
Allegato 2	Risultati analitici terreni
Allegato 3	Risultati analitici acque sotterranee
Allegato 4	Rilievo dei fluidi
Allegato 5	Risultati analitici soil gas
Allegato 6	Certificati delle analisi granulometriche
Allegato 7	Stratigrafie delle indagini realizzate
Allegato 8	Elaborazioni dei dati meteo utilizzate
Allegato 9	Dati di input utilizzati nelle simulazioni
Allegato 10	Rapporti di Prova della speciazione MADEP utilizzata nel calcolo delle frazioni idrocarburiche
Allegato 11	Schermate Risk-net 3.1.1
Allegato 12	SPECIFICA TECNICA - Test pilota e indagini ambientali integrative
Allegato 13	Cronoprogramma delle attività

APPENDICE 1: File Risk-net editabili

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 6 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce il *“Progetto Unico di Bonifica con Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 04/08”* relativo all’area interessata dalla fuoriuscita d’idrocarburi avvenuta per manomissione dolosa dell’oleodotto Eni S.p.A. da 26" Ferrera-Bertonico-Cremona, ubicata nel Comune di Bertonico (LO) e notificata ai sensi dell’artt. 249 e 245 del D.Lgs. 152/06 in data 28 agosto 2016 (rif. prot. n. 921/16).

1.1 Oggetto e scopo del lavoro

Il presente documento costituisce il *“Progetto Unico di Bonifica con Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 04/08”*, redatto in conformità con quanto previsto dall’Allegato 4 alla parte IV - Titolo V del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

1.2 Normativa di riferimento

Il presente documento è conforme alle principali normative nazionale e regionali in campo ambientale, di seguito riassunte:

Normativa Nazionale

- [1] Decreto Legislativo 03 Aprile 2006, n. 152 “Norme in materia ambientale” e s.m.i.;
- [2] Decreto Legislativo 16 gennaio 2008, n. 4 “Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale”;
- [3] D.M. 12 febbraio 2015, n. 31 “Regolamento recante criteri semplificati per la caratterizzazione, messa in sicurezza e bonifica dei punti vendita carburanti, ai sensi dell’articolo 252, comma 4, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152”.

1.3 Documentazione tecnico – amministrativa di riferimento

Per la predisposizione del presente elaborato tecnico, si è fatto riferimento a quanto riportato nei seguenti documenti/comunicazioni, che si assumono noti:

- [1] “Notifica ai sensi dell’art. 249 e Allegato 4 del Titolo V della Parte IV del D.Lgs 152/06, in qualità di soggetto non responsabile ai sensi dell’art. 245 del D.Lgs 152/06”, inviata in data 28 Agosto 2016 (prot. Eni 921/16);
- [2] Comunicazione “Aggiornamento Attività di MISE e di verifica dello stato qualitativo delle matrici ambientali”, inviata in data 6 settembre 2016 (prot. Eni 953/16);
- [3] “Piano di Caratterizzazione - ai sensi del D.G.R. della Regione Lombardia del 27/06/2006 - n. 8/2838” (nel seguito “Piano di Caratterizzazione”), inviato in data 26 Settembre 2016 (prot. Eni 1023/16);
- [4] “Valutazione analisi e piano indagini di caratterizzazione” unitamente ai certificati analitici relativi al campionamento della matrice terreni svolto in contraddittorio (07/09/2016), inviata in data 30 Gennaio 2017 (ARPA LOMBARDIA class. 11.2 - fascicolo n. 2016.7.77.289 - 2017.7.80.41);

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 7 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	


- [5] Comunicazione "Programma indagini previste dal Piano di Caratterizzazione", inviata in data 18 Gennaio 2017 (prot. Eni 57/17);
- [6] Comunicazione "Campionamento acque sotterranee previste dal Piano di Caratterizzazione", inviata in data 01 Febbraio 2017 (prot. Eni 119/17);
- [7] Comunicazione "Campionamento acque sotterranee mese di Aprile 2017", inviata in data 4 Aprile 2017 (prot. Eni 345/17);
- [8] Comunicazione "Anticipazione risultati delle indagini previste da Piano di Caratterizzazione [ai sensi del D.G.R. della Regione Lombardia del 27/06/2006 - n. 8/2838]", inviata in data 18 Maggio 2017 (prot. Eni 533/17);
- [9] "Trasmissione esiti indagini di caratterizzazione svolte dal 30 gennaio al 2 febbraio 2017.Valutazione tecnica." che confermano i dati del Laboratorio di Parte, inviata in data 9 Giugno 2017 (prot. ARPA LOMBARDIA MI.2017.0087972);
- [10] Trasmissione del documento "Rapporto tecnico descrittivo dei risultati del Piano di Caratterizzazione", inviato in data 12 luglio 2017 (prot. Eni 768/17);
- [11] Comunicazione "Campionamento acque sotterranee mese di Ottobre 2017", inviata in data 11 ottobre 2017 (prot. Eni 1086/17);
- [12] Comunicazione "Programma installazione sonde e I campagna di monitoraggio gas interstiziali (Soil Gas)", inviata in data 23 novembre 2018 (prot. Eni 1257/17);
- [13] Comunicazione "Variazione ubicazione installazione sonde Soil Gas e Monitoraggio acque di falda mese di Gennaio 2018", inviata in data 22 Dicembre 2017 (prot. Eni 1389/17);
- [14] Comunicazione "Monitoraggio acque di falda mese di Aprile 2018-Planimetria georeferenziata SGS", inviata in data 3 Aprile 2018 (prot. Eni 415/18);
- [15] Comunicazione "Programmazione II campagna di monitoraggio gas interstiziali", inviata in data 23 Maggio 2018 (prot. Eni 596/18);
- [16] Comunicazione "Monitoraggio acque di falda mese di Luglio 2018", inviata in data 9 Luglio 2018 (prot. Eni 796/18);
- [17] Comunicazione "Programmazione III campagna di monitoraggio gas interstiziali - Agosto 2018", inviata in data 27 Luglio 2018 (prot. Eni 865/18);
- [18] Comunicazione "Riprogrammazione III campagna di monitoraggio gas interstiziali - Agosto 2018", inviata in data 01 Agosto 2018 (prot. Eni 886/18);
- [19] Trasmissione del documento "Attività di monitoraggio acque sotterranee e Soil gas (Luglio 2017-Aprile 2018)", inviato in data 24 Agosto 2018 (prot. Eni 952/18);
- [20] Comunicazione "Restituzione risultati analitici Monitoraggio acque sotterranee (Luglio 2018) - Programmazione campagna di monitoraggio acque sotterranee Ottobre 2018", inviata in data 01 Ottobre 2018 (prot. Eni 1086/18);
- [21] Comunicazione "Monitoraggio acque di falda mese di Gennaio 2019 e IV campagna monitoraggio gas interstiziali", inviata in data 10 Dicembre 2018 (prot. Eni 1396/18);

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 8 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

- [22] Trasmissione del documento “Rapporto Descrittivo Attività di Monitoraggio acque sotterranee e Soil Gas (Giugno 2018 - Ottobre 2018)”, inviato in data 11 gennaio 2019 (prot. Eni 45/19);
- [23] “Trasmissione esiti monitoraggio soil gas del 22/08/2018 e acque di falda del 17/10/2018”, inviata in data 28 gennaio 2019 (prot. ARPA LOMBARDIA mi.2019.0013394);
- [24] Comunicazione “Monitoraggio acque di falda mese di Aprile 2019”, inviata in data 25 Marzo 2019 (prot. Eni 338/19);
- [25] Comunicazione “Anticipazione risultati analitici monitoraggio acque sotterranee e SGS (gennaio 2019)”, inviata in data 30 Aprile 2019 (prot. Eni 494/19);
- [26] Comunicazione attività di manutenzione oleodotto, inviata in data 10 giugno 2019 (prot. ENI HSE LP 665/19 del 7 giugno 2019);
- [27] “Trasmissione esiti monitoraggio soil gas del 15/01/2019. Valutazione tecnica”, inviata in data 11 giugno 2019 (prot. ARPA Lombardia mi.2019.0093155 del 07/06/2019);
- [28] Comunicazione Errata Corrige Mappale di riferimento, inviata in data 13 giugno 2019 (prot. ENI HSE LP 679/19 del 13 giugno 2019);
- [29] Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee – ottobre 2019, inviata il 14 ottobre 2019 (prot. ENI HSE LP 1108/19 del 14 ottobre 2019);
- [30] Comunicazione attività di manutenzione oleodotto – Trasmissione esiti campionamento terreni, inviata in data 5 novembre 2019 (prot. ENI HSE LP 1180/19 del 28 ottobre 2019);
- [31] Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee – gennaio 2020, inviata il 19 dicembre 2019 (prot. ENI HSE LP 1368/19 del 17 dicembre 2019);
- [32] Comunicazione aggiornamento attività, inviata in data 28 gennaio 2020 (prot. ENI HSE LP 102/20 del 28 gennaio 2020);
- [33] Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee – aprile 2020, inviata il 31 marzo 2020 (prot. ENI HSE LP 310/20 del 27 marzo 2020);
- [34] Comunicazione risultati analitici del monitoraggio della falda – Ottobre 2019, Gennaio e Aprile 2020, inviata il 6 maggio 2020 (prot. ENI HSE LP 430/20 del 4 maggio 2020);
- [35] Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee – luglio 2020, inviata il 25 giugno 2020 (prot. ENI HSE LP 634/20 del 23 giugno 2020);
- [36] Comunicazione risultati analitici del monitoraggio della falda – Luglio 2020, inviata il 21 agosto 2020 (prot. ENI HSE LG 791/20 del 21 agosto 2020);
- [37] Comunicazione attività ripristino piezometri e monitoraggio acque sotterranee, inviata il 14 ottobre 2020 (prot. ENI HSE LG 976/20 del 13 ottobre 2020);
- [38] Comunicazione posticipo attività di ripristino piezometri, inviata il 3 novembre 2020 (prot. ENI HSE LG 1046/20 del 3 novembre 2020);
- [39] Comunicazione Risultati analitici del monitoraggio della falda - Novembre 2020, inviata in data 1 dicembre 2020 (prot. ENI HSE LG 1134/20 del 30 novembre 2020);
- [40] Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee – Febbraio 2021, inviata il 29 gennaio 2021 (prot. ENI Rewind 335/2021/PVR del 28 gennaio 2021);

 	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 9 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

- [41] Comunicazione Risultati analitici del monitoraggio della falda - Febbraio 2021, inviata il 4 marzo 2021 (prot. ENI Rewind 793/2021/PVR del 4 marzo 2021);
- [42] Comunicazione riprogrammazione attività ripristino piezometri, inviata il 15 marzo 2021 (prot. ENI Rewind 885/2021/PVR del 15 marzo 2021);
- [43] Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee – Aprile 2021, inviata il 23 marzo 2021 (prot. ENI Rewind 1057/2021/PVR del 23 marzo 2021);
- [44] Comunicazione Risultati analitici del monitoraggio della falda - Aprile 2021, inviata il 10 maggio 2021 (prot. ENI Rewind 1663/2021/PVR del 10 maggio 2021);
- [45] Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee – Luglio 2021, inviata il 25 giugno 2021 (prot. ENI Rewind 2284/2021/PVR del 25 giugno 2021);
- [46] Comunicazione Risultati analitici del monitoraggio della falda - Luglio 2021, inviata il 30 agosto 2021 (prot. ENI Rewind 3161/2021/PVR del 30 agosto 2021);
- [47] Comunicazione Risultati analitici del monitoraggio della falda - Ottobre 2021, inviata il 3 dicembre 2021 (prot. ENI Rewind 4390/2021/PVR del 3 dicembre 2021);
- [48] Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee – Gennaio 2022, inviata il 23 dicembre 2021 (prot. ENI Rewind 4682/2021/PVR del 23 dicembre 2021);
- [49] Comunicazione Risultati analitici del monitoraggio della falda - Gennaio 2022, inviata il 14 febbraio 2022 (prot. ENI Rewind 599/2022/PVR del 14 febbraio 2022);
- [50] Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee - Aprile 2022, inviata il 18 marzo 2022 (prot. ENI Rewind 1117/2022/PVR del 18 marzo 2022);
- [51] Comunicazione Risultati analitici del monitoraggio della falda - Aprile 2022, inviata il 16 maggio 2022 (prot. ENI Rewind 1890/2022/PVR del 16 maggio 2022);
- [52] Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee - Luglio 2022, inviata il 28 giugno 2022 (prot. ENI Rewind 2517/2022/PVR del 28 giugno 2022);
- [53] “Attività di monitoraggio acque sotterranee – Verbale ARPA n. 110574 del 21/04/2022. Trasmissione relazione tecnica valutazione analisi” (Protocollo numero arpa_mi.2022.0131670 del 17/08/2022 15:24);
- [54] Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee - Settembre 2022, inviata il 24 agosto 2022 (prot. ENI Rewind 3259/2022/PVR del 24 agosto 2022);
- [55] Comunicazione di trasmissione risultati analitici monitoraggio acque sotterranee Maggio 2022 - Luglio 2022 e riscontro a Nota ARPA del 17 agosto 2022, inviata il 2 settembre 2022 (prot. ENI Rewind 3385/2022/PVR del 2 settembre 2022);
- [56] Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee - Ottobre 2022, inviata il 26 settembre 2022 (prot. ENI Rewind 3729/2022/PVR del 26 settembre 2022);
- [57] Trasmissione risultati analitici monitoraggio acque sotterranee Agosto 2022 - Ottobre 2022 (prot. ENI Rewind 4605/2022/PVR del 29/11/2022);
- [58] Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee - Gennaio 2023, inviata il 23 dicembre 2022 (prot. ENI Rewind 4974/2022/PVR del 23 dicembre 2022);

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 10 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

[59] Trasmissione risultati analitici monitoraggio acque sotterranee - Gennaio 2023 (prot. ENI Rewind 640/2023/PVR del 24/02/2023);

[60] Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee – Aprile 2023, inviata il 22 marzo 2023 (ENI Rewind - Prot. PANIND/28/2023/P del 22 marzo 2023).

1.4 Sistema di qualità

Per la redazione del presente documento sono state adottate le procedure di controllo ed assicurazione della qualità proprie di Eni Rewind S.p.A., certificata ai sensi dello standard UNI EN ISO 9001/2015, ISO 14001/2015 e OHSAS 18001/2007.

1.5 Acronimi ed abbreviazioni

All.	Allegato
Ann.	Annesso
APAT	Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici
BTEX	Benzene Toluene Etilbenzene Xilene
Cap.	Capitolo
CdS	Conferenza dei Servizi
CRS	Concentrazione Rappresentativa alla Sorgente
CSC	Concentrazione Soglia di Contaminazione
CSR	Concentrazione Soglia di Rischio
D.Lgs.	Decreto Legislativo
EE.PP.	Enti Pubblici
EPA	Environmental Protection Agency
EtBE	Etil ter Butil Etere
Fig.	Figura
IPA	Idrocarburi Policiclici Aromatici
ISO	International Organization for Standardization
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
ISS	Istituto Superiore di Sanità
LNAPL	Light Non Aqueous Phase Liquid (Fase Liquida, Non Acquosa, Leggera – Surnatante)
MtBE	Metil ter Butil Etere
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
OHSAS	Occupational Health and Safety Assessment Series
p.c.	piano campagna
par.	paragrafo
POB	Progetto Operativo di Bonifica
PUB	Progetto Unico di Bonifica

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 11 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

PV	Punto Vendita
s.l.m.	sul livello del mare
s.m.i.	successive modifiche ed integrazioni
SGS	Soil Gas Survey
SOA	Sommatoria Organici Aromatici
Tab.	Tabella
TPH	Total Petroleum Hydrocarbons (Idrocarburi Alifatici Totali)
UNI	Istituto Nazionale di Unificazione
USDA	United States Department of Agriculture
s.l.m.	sul livello del mare
s.m.i.	successive modifiche ed integrazioni
UNI	Istituto Nazionale di Unificazione
USDA	United States Department of Agriculture

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 12 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

2. RIEPILOGO DELL'ITER TECNICO - AMMINISTRATIVO

Nel presente paragrafo, in riferimento a quanto riportato nel Paragrafo 1.3, si intende riassumere in ordine cronologico l'iter tecnico - amministrativo che ha riguardato il sito a seguito dell'evento di potenziale contaminazione causato dall'effrazione dolosa notificato agli EE.PP. il 28 agosto 2016 ai sensi dell'art. 249 e 245 del D.Lgs. 152/06 (rif. prot. n. 921/16):

- **28/08/2016:** "Notifica ai sensi dell'art. 249 e Allegato 4 del Titolo V della Parte IV del D.Lgs 152/06, in qualità di soggetto non responsabile ai sensi dell'art. 245 del D.Lgs 152/06", inviata in data 28 Agosto 2016 (prot. Eni 921/16);
- **06/09/2016:** Comunicazione "Aggiornamento Attività di MISE e di verifica dello stato qualitativo delle matrici ambientali", inviata in data 6 settembre 2016 (prot. Eni 953/16);
- **26/09/2016:** "Piano di Caratterizzazione - ai sensi del D.G.R. della Regione Lombardia del 27/06/2006 - n. 8/2838" (nel seguito "Piano di Caratterizzazione"), inviato in data 26 Settembre 2016 (prot. Eni 1023/16);
- **30/01/2017:** "Valutazione analisi e piano indagini di caratterizzazione" unitamente ai certificati analitici relativi al campionamento della matrice terreni svolto in contraddittorio (07/09/2016), inviata in data 30 Gennaio 2017 (ARPA LOMBARDIA class. 11.2 - fascicolo n. 2016.7.77.289 - 2017.7.80.41);
- **18/01/2017:** Comunicazione "Programma indagini previste dal Piano di Caratterizzazione", inviata in data 18 Gennaio 2017 (prot. Eni 57/17);
- **01/02/2017:** Comunicazione "Campionamento acque sotterranee previste dal Piano di Caratterizzazione", inviata in data 01 Febbraio 2017 (prot. Eni 119/17);
- **04/04/2017:** Comunicazione "Campionamento acque sotterranee mese di Aprile 2017", inviata in data 4 Aprile 2017 (prot. Eni 345/17);
- **18/05/2017:** Comunicazione "Anticipazione risultati delle indagini previste da Piano di Caratterizzazione [ai sensi del D.G.R. della Regione Lombardia del 27/06/2006 - n. 8/2838]", inviata in data 18 Maggio 2017 (prot. Eni 533/17);
- **09/06/2017:** "Trasmissione esiti indagini di caratterizzazione svolte dal 30 gennaio al 2 febbraio 2017. Valutazione tecnica." che confermano i dati del Laboratorio di Parte, inviata in data 9 Giugno 2017 (prot. ARPA LOMBARDIA MI.2017.0087972);
- **12/07/2017:** Trasmissione del documento "Rapporto tecnico descrittivo dei risultati del Piano di Caratterizzazione", inviato in data 12 luglio 2017 (prot. Eni 768/17);
- **11/10/2017:** Comunicazione "Campionamento acque sotterranee mese di Ottobre 2017", inviata in data 11 ottobre 2017 (prot. Eni 1086/17);
- **23/11/2017:** Comunicazione "Programma installazione sonde e l campagna di monitoraggio gas interstiziali (Soil Gas)", inviata in data 23 novembre 2018 (prot. Eni 1257/17);
- **22/12/2017:** Comunicazione "Variazione ubicazione installazione sonde Soil Gas e Monitoraggio acque di falda mese di Gennaio 2018", inviata in data 22 Dicembre 2017 (prot. Eni 1389/17);
- **03/04/2018:** Comunicazione "Monitoraggio acque di falda mese di Aprile 2018-Planimetria georeferenziata SGS", inviata in data 3 Aprile 2018 (prot. Eni 415/18);

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 13 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

- **23/05/2018:** Comunicazione “Programmazione II campagna di monitoraggio gas interstiziali”, inviata in data 23 Maggio 2018 (prot. Eni 596/18);
- **09/07/2018:** Comunicazione “Monitoraggio acque di falda mese di Luglio 2018”, inviata in data 9 Luglio 2018 (prot. Eni 796/18);
- **27/07/2018:** Comunicazione “Programmazione III campagna di monitoraggio gas interstiziali - Agosto 2018”, inviata in data 27 Luglio 2018 (prot. Eni 865/18);
- **01/08/2018:** Comunicazione “Riprogrammazione III campagna di monitoraggio gas interstiziali - Agosto 2018”, inviata in data 01 Agosto 2018 (prot. Eni 886/18);
- **24/08/2018:** Trasmissione del documento “Attività di monitoraggio acque sotterranee e Soil gas (Luglio 2017-Aprile 2018)”, inviato in data 24 Agosto 2018 (prot. Eni 952/18);
- **01/10/2018:** Comunicazione “Restituzione risultati analitici Monitoraggio acque sotterranee (Luglio 2018) - Programmazione campagna di monitoraggio acque sotterranee Ottobre 2018”, inviata in data 01 Ottobre 2018 (prot. Eni 1086/18);
- **10/12/2018:** Comunicazione “Monitoraggio acque di falda mese di Gennaio 2019 e IV campagna monitoraggio gas interstiziali”, inviata in data 10 Dicembre 2018 (prot. Eni 1396/18);
- **11/01/2019:** Trasmissione del documento “Rapporto Descrittivo Attività di Monitoraggio acque sotterranee e Soil Gas (Giugno 2018 - Ottobre 2018)”, inviato in data 11 gennaio 2019 (prot. Eni 45/19);
- **28/01/2019:** “Trasmissione esiti monitoraggio soil gas del 22/08/2018 e acque di falda del 17/10/2018”, inviata in data 28 gennaio 2019 (prot. ARPA LOMBARDIA mi.2019.0013394);
- **25/03/2019:** Comunicazione “Monitoraggio acque di falda mese di Aprile 2019”, inviata in data 25 Marzo 2019 (prot. Eni 338/19);
- **30/04/2019:** Comunicazione “Anticipazione risultati analitici monitoraggio acque sotterranee e SGS (gennaio 2019)”, inviata in data 30 Aprile 2019 (prot. Eni 494/19);
- **10/06/2019:** Comunicazione attività di manutenzione oleodotto, inviata in data 10 giugno 2019 (prot. ENI HSE LP 665/19 del 7 giugno 2019);
- **11/06/2019:** “Trasmissione esiti monitoraggio soil gas del 15/01/2019. Valutazione tecnica”, inviata in data 11 giugno 2019 (prot. ARPA Lombardia mi.2019.0093155 del 07/06/2019);
- **13/06/2019:** Comunicazione Errata Corrige Mappale di riferimento, inviata in data 13 giugno 2019 (prot. ENI HSE LP 679/19 del 13 giugno 2019);
- **14/10/2019:** Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee – ottobre 2019, inviata il 14 ottobre 2019 (prot. ENI HSE LP 1108/19 del 14 ottobre 2019);
- **05/11/2019:** Comunicazione attività di manutenzione oleodotto – Trasmissione esiti campionamento terreni, inviata in data 5 novembre 2019 (prot. ENI HSE LP 1180/19 del 28 ottobre 2019);
- **19/12/2019:** Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee – gennaio 2020, inviata il 19 dicembre 2019 (prot. ENI HSE LP 1368/19 del 17 dicembre 2019);
- **28/01/2020:** Comunicazione aggiornamento attività, inviata in data 28 gennaio 2020 (prot. ENI HSE LP 102/20 del 28 gennaio 2020);

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 14 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

- **31/03/2020:** Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee – aprile 2020, inviata il 31 marzo 2020 (prot. ENI HSE LP 310/20 del 27 marzo 2020);
- **06/05/2020:** Comunicazione risultati analitici del monitoraggio della falda – Ottobre 2019, Gennaio e Aprile 2020, inviata il 6 maggio 2020 (prot. ENI HSE LP 430/20 del 4 maggio 2020);
- **25/06/2020:** Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee – luglio 2020, inviata il 25 giugno 2020 (prot. ENI HSE LP 634/20 del 23 giugno 2020);
- **21/08/2020:** Comunicazione risultati analitici del monitoraggio della falda – Luglio 2020, inviata il 21 agosto 2020 (prot. ENI HSE LG 791/20 del 21 agosto 2020);
- **14/10/2020:** Comunicazione attività ripristino piezometri e monitoraggio acque sotterranee, inviata il 14 ottobre 2020 (prot. ENI HSE LG 976/20 del 13 ottobre 2020);
- **03/11/2020:** Comunicazione posticipo attività di ripristino piezometri, inviata il 3 novembre 2020 (prot. ENI HSE LG 1046/20 del 3 novembre 2020);
- **01/12/2020:** Comunicazione Risultati analitici del monitoraggio della falda - Novembre 2020, inviata il 1 dicembre 2020 (prot. ENI HSE LG 1134/20 del 30 novembre 2020);
- **29/01/2021:** Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee – Febbraio 2021, inviata il 29 gennaio 2021 (prot. ENI Rewind 335/2021/PVR del 28 gennaio 2021);
- **04/03/2021:** Comunicazione Risultati analitici del monitoraggio della falda - Febbraio 2021, inviata il 4 marzo 2021 (prot. ENI Rewind 793/2021/PVR del 4 marzo 2021);
- **15/03/2021:** Comunicazione riprogrammazione attività ripristino piezometri, inviata il 15 marzo 2021 (prot. ENI Rewind 885/2021/PVR del 15 marzo 2021);
- **23/03/2021:** Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee – Aprile 2021, inviata il 23 marzo 2021 (prot. ENI Rewind 1057/2021/PVR del 23 marzo 2021);
- **10/05/2021:** Comunicazione Risultati analitici del monitoraggio della falda - Aprile 2021, inviata il 10 maggio 2021 (prot. ENI Rewind 1663/2021/PVR del 10 maggio 2021);
- **25/06/2021:** Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee – Luglio 2021, inviata il 25 giugno 2021 (prot. ENI Rewind 2284/2021/PVR del 25 giugno 2021);
- **30/08/2021:** Comunicazione Risultati analitici del monitoraggio della falda - Luglio 2021, inviata il 30 agosto 2021 (prot. ENI Rewind 3161/2021/PVR del 30 agosto 2021);
- **03/12/2021:** Comunicazione Risultati analitici del monitoraggio della falda - Ottobre 2021, inviata il 3 dicembre 2021 (prot. ENI Rewind 4390/2021/PVR del 3 dicembre 2021);
- **23/12/2021:** Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee – Gennaio 2022, inviata il 23 dicembre 2021 (prot. ENI Rewind 4682/2021/PVR del 23 dicembre 2021);
- **14/02/2022:** Comunicazione Risultati analitici del monitoraggio della falda - Gennaio 2022, inviata il 14 febbraio 2022 (prot. ENI Rewind 599/2022/PVR del 14 febbraio 2022);
- **18/03/2022:** Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee - Aprile 2022, inviata il 18 marzo 2022 (prot. ENI Rewind 1117/2022/PVR del 18 marzo 2022);

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 15 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

- **16/05/2022:** Comunicazione Risultati analitici del monitoraggio della falda - Aprile 2022, inviata il 16 maggio 2022 (prot. ENI Rewind 1890/2022/PVR del 16 maggio 2022);
- **28/06/2022:** Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee - Luglio 2022, inviata il 28 giugno 2022 (prot. ENI Rewind 2517/2022/PVR del 28 giugno 2022);
- **17/08/2022:** “Attività di monitoraggio acque sotterranee – Verbale ARPA n. 110574 del 21/04/2022. Trasmissione relazione tecnica valutazione analisi” (Protocollo numero arpa_mi.2022.0131670 del 17/08/2022 15:24);
- **24/08/2022:** Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee - Settembre 2022, inviata il 24 agosto 2022 (prot. ENI Rewind 3259/2022/PVR del 24 agosto 2022);
- **02/09/2022:** Comunicazione di trasmissione risultati analitici monitoraggio acque sotterranee Maggio 2022 - Luglio 2022 e riscontro a Nota ARPA del 17 agosto 2022, inviata il 2 settembre 2022 (prot. ENI Rewind 3385/2022/PVR del 2 settembre 2022);
- **26/09/2022:** Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee - Ottobre 2022, inviata il 26 settembre (prot. ENI Rewind 3729/2022/PVR del 26 settembre 2022);
- **29/11/2022:** Trasmissione risultati analitici monitoraggio acque sotterranee Agosto 2022 - Ottobre 2022 (prot. ENI Rewind 4605/2022/PVR del 29/11/2022);
- **23/12/2022:** Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee - Gennaio 2023, inviata il 23 dicembre 2022 (prot. ENI Rewind 4974/2022/PVR del 23 dicembre 2022);
- **24/02/2023:** Trasmissione risultati analitici monitoraggio acque sotterranee - gennaio 2023 (prot. ENI Rewind 640/2023/PVR del 24/02/2023);
- **22/03/2023:** Comunicazione attività di monitoraggio acque sotterranee – Aprile 2023, inviata il 22 marzo 2023 (ENI Rewind - Prot. PANIND/28/2023/P del 22 marzo 2023).

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 16 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

3.1 Ubicazione del sito e inquadramento urbanistico

L'evento di effrazione dolosa è avvenuto in un'area agricola non urbanizzata, ubicata nel Comune di Bertonico (LO), a una distanza di circa 150 m dalla SP 192, in destra idrografica rispetto al canale Muzza che scorre a circa 190 m in direzione Nord-Nord-est rispetto al punto di effrazione. A circa 80 m a Est dal punto di effrazione scorre anche il colatore Valguercia, che si immette nel canale Muzza poco più a Nord.

Il Comune di Bertonico confina a Nord con Moscazzano, a Nord-Est con Montodine e Ripalta Arpina, a Est con Gombito, a Sud-Est con Castiglione d'Adda, a Sud con Terranova dei Passerini e a Ovest con Turano Lodigiano. Nella Figura 3-1 si riporta la foto aerea dell'area con ubicazione del punto di effrazione e il tracciato indicativo dell'oleodotto oggetto di effrazione.

L'area oggetto di studio interessa il mappale n. 35 del Foglio 24 del Comune di Bertonico (LO), come riportato in

Figura 3-2, stralcio della mappa catastale estratto dal geoportale della Regione Lombardia. In **Allegato 1** si riporta la mappa e la visura catastale del foglio e del mappale di interesse.




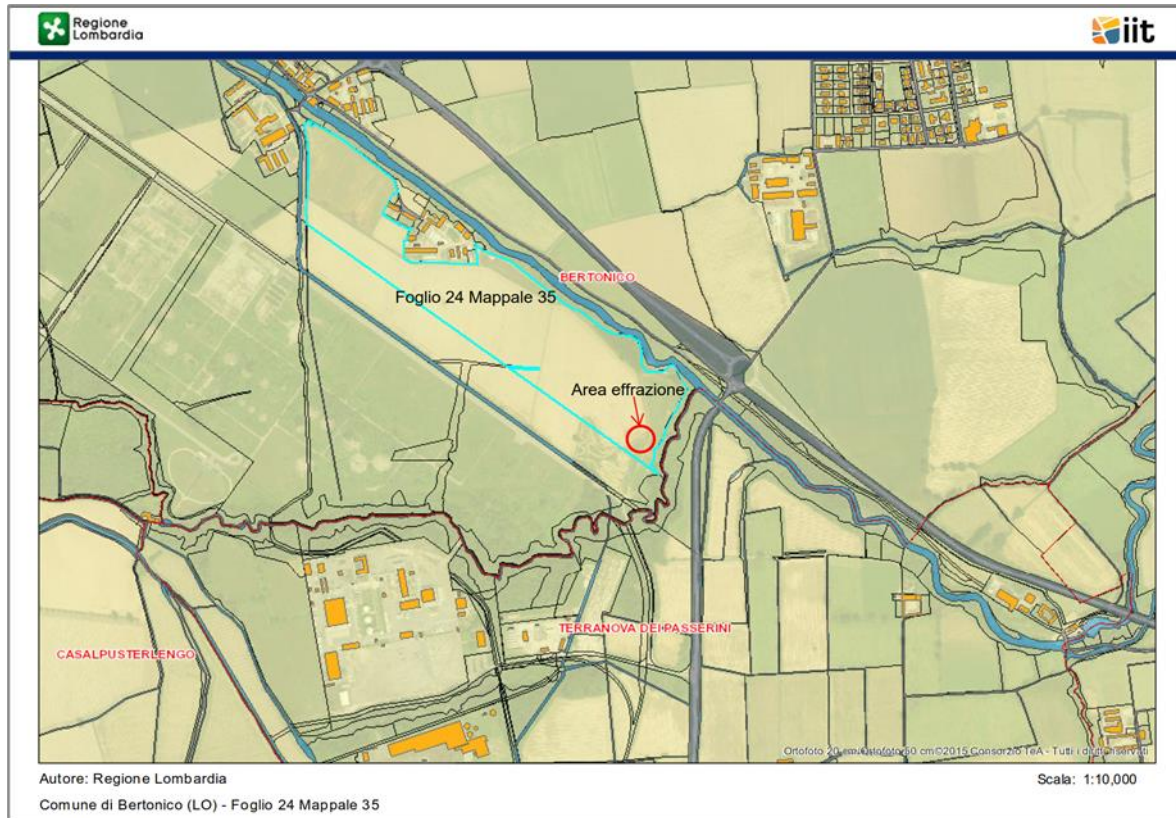
	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 17 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

Figura 3-1: Foto aerea dell'area con indicazioni del sito – estratto da Google Earth



Figura 3-2: Stralcio mappa catastale (<https://www.catasto.servizirl.it/rlter/public/viewer30/index.jsp>)

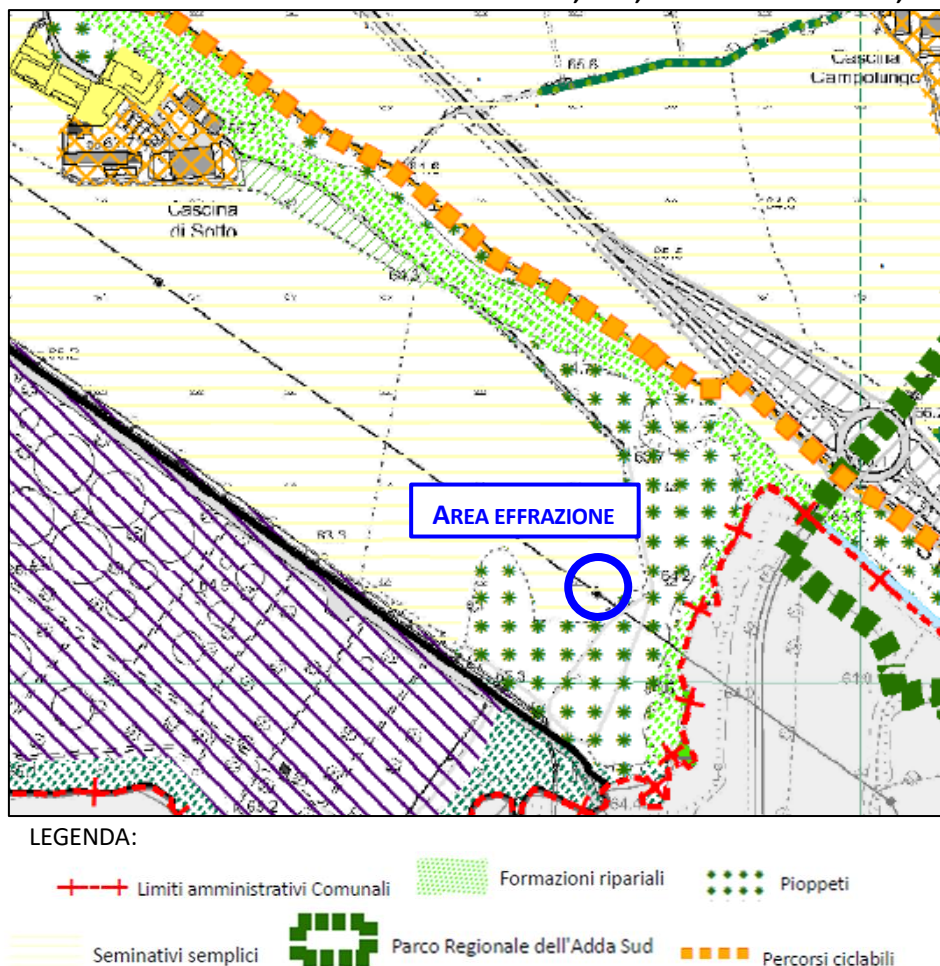
	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 18 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	



Il sito ricade in un'area adibita a seminativi semplici e prossima a un pioppeto (**Figura 3-3**), appartenente alle sponde del canale Muzza e del colatore Valguercia, quindi vincolata dal D.Lgs. 42/04, art. 142 - comma 1 - lettera c: "i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna".

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 19 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

Figura 3-3: Stralcio “carta dell’uso del suolo - fonte DUSAF”, PGT, comune di Bertonico, dicembre 2014



L’area non è sottoposta a ulteriori vincoli, è infatti localizzata a circa 200 m a Sud Ovest dal confine del Parco Adda Sud (Figura 3-4).



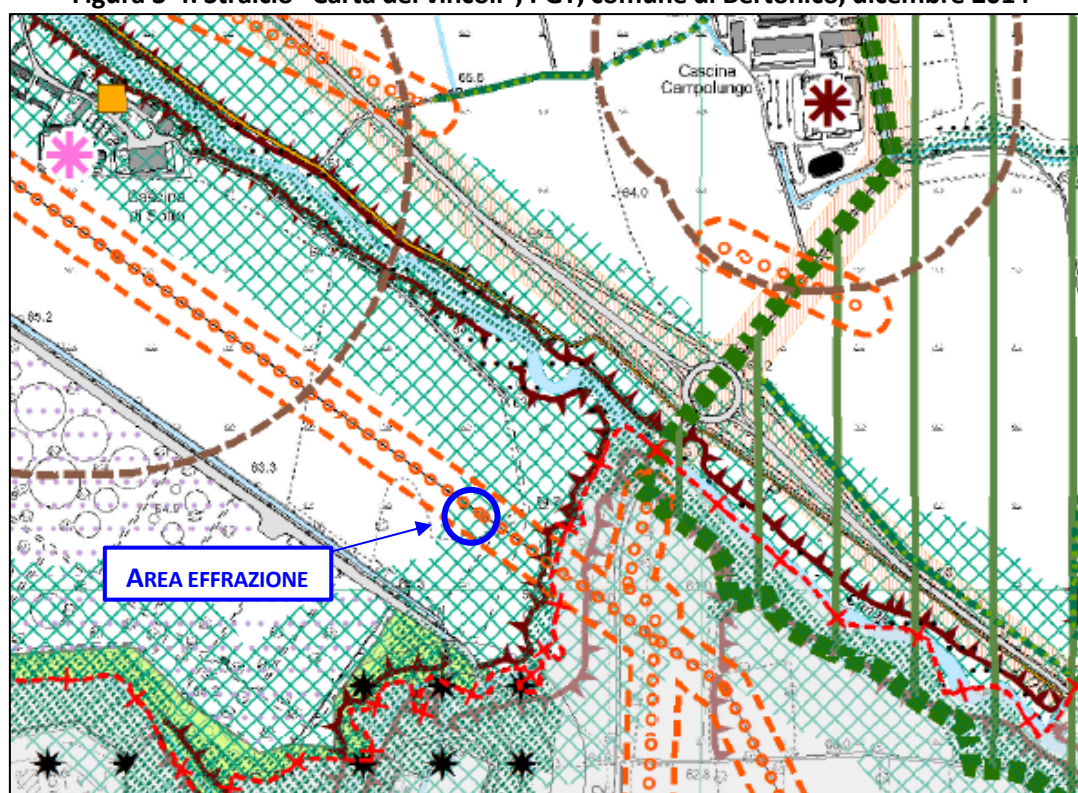



	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 20 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

Figura 3-4: Stralcio "Carta dei vincoli", PGT, comune di Bertonico, dicembre 2014



LEGENDA:

-  Corsi d'acqua vincolati e relative sponde (D.Lgs. 42/04 art. 142 comma 1 lettera c)
-  Elettrodotto
-  Fascia di rispetto degli elettrodotti (distanza di prima approssimazione, indicativa)
-  Limiti amministrativi Comunali
-  Allevamenti: Bovini da latte; Suini; Equini
-  Fascia di rispetto dagli allevamenti (mt. 200 Bovini ed Equini; mt. 400 Suini)
-  Impianti a rischio di incidente rilevante e relative aree di danno

In merito al procedimento ambientale, vengono cautelativamente valutati i valori di soglia definiti dal D.Lgs. 152/06 Parte IV, Titolo V, Allegato 5 - Tabella 1, Colonna A, per i terreni ad uso *verde pubblico, privato e residenziale*.

3.2 Inquadramento geomorfologico geologico e idrogeologico

Il territorio presenta una conformazione caratterizzata da lievi depressioni ed elevazioni della superficie topografica, probabilmente ereditata dai processi erosivi e di accrescimento della pianura attivi durante l'Olocene. Le quote altimetriche, comprese fra i 68 metri s.l.m. a Nord-Ovest e i 48 m s.l.m. a Sud-Est, decrescono procedendo da Sud a Nord e da Ovest ad Est, determinando un'immersione verso Est-NordEst della

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 21 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

superficie topografica. Il sito dove si è verificata l'effrazione dolosa è situato nella parte Sud-Ovest del territorio comunale e presenta un'altitudine pari a circa 63 m s.l.m.

L'assetto geomorfologico attuale risente principalmente dell'azione delle dinamiche fluviali (e fluvio-glaciali) e dell'impatto antropico.

Dal punto di vista geologico, il territorio di Bertonico è relativamente omogeneo, ove affiorano depositi d'origine alluvionale prodotti dall'azione sedimentaria del Fiume Adda durante le fasi finali del Pleistocene superiore. La Carta Geologica d'Italia (Foglio n. 60 - Piacenza) individua le seguenti unità litologiche:

- Fluvio-glaciale e fluviale Wurm (fg^w): costituisce l'unità geomorfologica definita "Livello Fondamentale della Pianura", comprende sedimenti quali ghiaie sabbiose e sabbie con strato superficiale di alterazione limoso-argilloso brunastro spesso circa 40 - 60 cm. Pleistocene superiore, denominata nella letteratura geologica "Diluvium recente";
- Alluvium antiche (a^1): alluvioni sabbioso-ghiaioso e argilloso limose, postglaciali, antiche. Olocene;
- Alluvioni recenti (a^2): alluvioni limose, localmente sabbiose e ghiaiose, anche attualmente esondabili, recenti (a^2) con localmente inclusi depositi di bacini palustri, prevalentemente argillosi, neri (p). Olocene;
- Alluvioni attuali (a^3): alluvioni ghiaioso-sabbiose attuali. Olocene.

Dal punto di vista fisiografico e geologico il territorio può essere suddiviso in n. 4 unità fisiografiche principali: il "Livello Fondamentale della Pianura", il "Terrazzo superiore", il "Terrazzo inferiore" ed i "Paleomeandri del Fiume Adda". L'area oggetto di effrazione appartiene al "Livello fondamentale della pianura", la cui formazione è dovuta a processi di dinamica alluvionale avvenuti nel tardo Pleistocene superiore e nell'ambito di un sistema fluviale oggi scomparso. Quest'unità si sviluppa con ampiezza variabile da 10 a 12 km in tutto il territorio lodigiano e si estende in direzione NordOvest-SudEst risultando delimitata a NordEst e SudOvest da accentuate depressioni formate dagli alvei e dai depositi più recenti del Lambro e dell'Adda. Nel Comune di Bertonico la transizione dal "Livello Fondamentale della Pianura" alla "Valle Attuale dell'Adda" è marcata dalla presenza di un terrazzo fluviale caratterizzato da buona continuità laterale e da un dislivello di circa 10-12 metri. Dal punto di vista tessiturale, nel territorio di Bertonico il "Livello Fondamentale della Pianura" è formato da sabbie e sabbie limose debolmente argillose con intercalazioni di ghiaie.

Il territorio è attraversato da un fitto reticolo idrografico composto da corsi d'acqua naturali e da canali artificiali di grandi e piccole dimensioni. I corpi idrici più significativi sono costituiti dai fiumi Lambro, Adda e Po, le cui acque sono derivate a fini irrigui o idroelettrici per mezzo di numerose opere di presa.

Spina dorsale del sistema irriguo artificiale del territorio lodigiano è invece il Canale Muzza; l'opera consortile provvede a irrigare gran parte delle aree agricole comprese tra Lambro e Adda. Il comprensorio irriguo comprende il territorio di 34 comuni, tra cui Bertonico, ed è gestito dal Consorzio Muzza Bassa Lodigiana.

Un altro canale artificiale rilevante, per la sua vicinanza al punto di effrazione, è il colatore Valguercia che converge con il canale Muzza 180 m a Nord-Est dal sito.

Dal punto di vista idrogeologico, il territorio comunale di Bertonico è caratterizzato dalla presenza di più corpi idrici sotterranei, che si differenziano per la diversa collocazione batimetrica e per il diverso regime idraulico,

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 22 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

freatico per la falda più superficiale e artesiano o semiartesiano per le falde più profonde, captate a scopo idropotabile.

La successione stratigrafica del sottosuolo di Bertonico è stata ricostruita mediante la rielaborazione di due sezioni idrogeologiche con l'utilizzo delle stratigrafie raccolte dalle diverse verticali d'indagine presenti nel territorio comunale. Il sottosuolo della pianura lodigiana, in accordo con quanto osservato dalla stratigrafia locale, risulta così composto:

- litozona ghiaioso-sabbiosa superficiale: costituita da ghiaie, sabbie prevalenti e conglomerati, sede dell'acquifero superficiale, libero, caratterizzato da trasmissività elevate;
- litozona sabbioso-argillosa: è suddivisa in due serie, la prima costituita da argille, limi e sabbie di colore grigio-azzurro, verde, giallo, nero con frequenti livelli torbosi, mentre la seconda da alternanze di ghiaie e sabbie con argille e limi grigio azzurri o neri. È sede di acquiferi di tipo confinato nei livelli ghiaiosi e sabbiosi;
- litozona argillosa: costituita da depositi fini argillosi, il cui limite superiore può essere considerato la base delle strutture idriche significative, in quanto la bassa permeabilità generale non fa prevedere la presenza di significativi strati sabbioso-ghiaiosi. Localmente la litozona argillosa viene direttamente a contatto con la litozona ghiaioso-sabbiosa superficiale, presumibilmente a causa di movimenti orogenetici che ne hanno determinato l'emersione subaerea, la successiva erosione quindi la definitiva sepoltura sotto le coltri continentali.

Così come si evince dal PGT comunale, la soggiacenza presunta della falda freatica nel sito in analisi risulta al confine tra due zone, cioè compresa nella zona tra i 2 e i 6 m da p.c. e nella zona tra i 6 e i 10 m da p.c. (**Figura 3-5**).



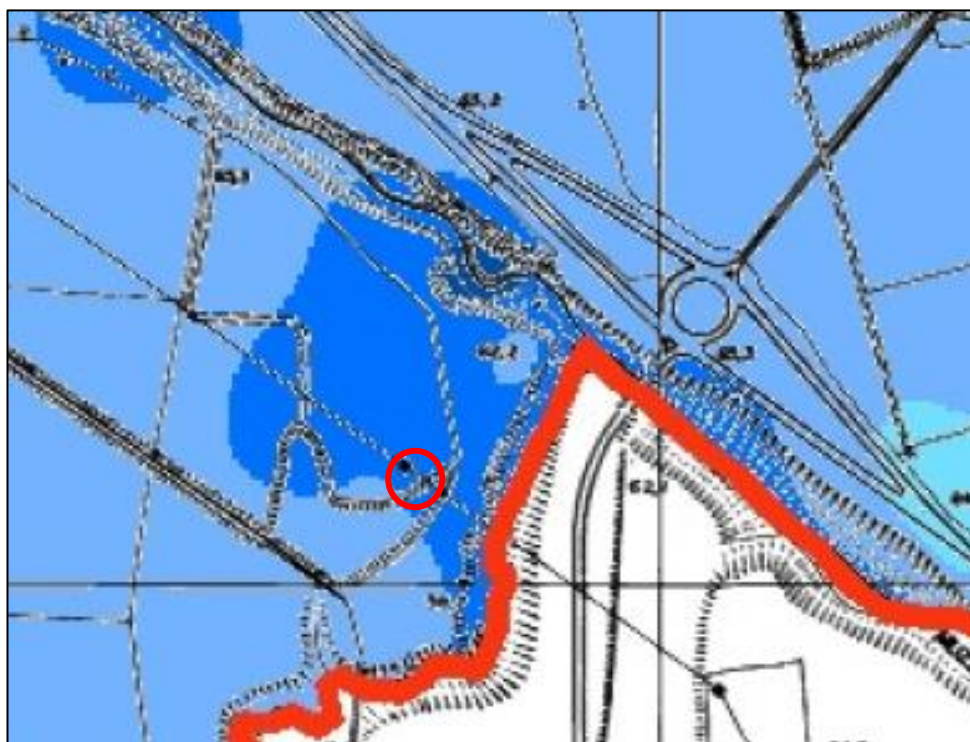
	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 23 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

Figura 3-5: Stralcio “Carta della soggiacenza della falda freatica”, Relazione Geologica, comune di Bertonico, marzo 2013



LEGENDA:

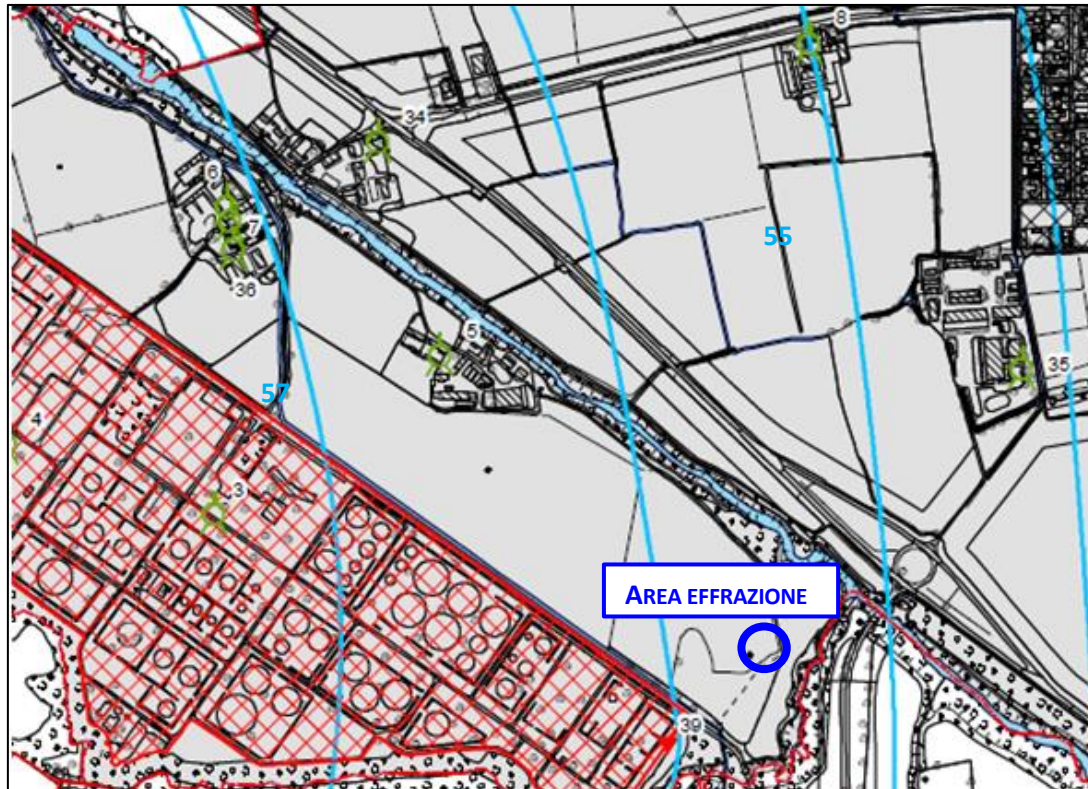
Profondità dal piano campagna

-  <2 m
-  tra 2 e 6 m
-  tra 6 e 10 m
-  tra 10 e 15 m








L'andamento della superficie piezometrica risente dell'azione drenante esercitata dal fiume Adda e della presenza di paleomeandri che modificano localmente la direzione di deflusso delle acque sotterranee. La superficie piezometrica individua un asse di drenaggio orientato da SO a NE. Il gradiente idraulico è pressoché costante sul "Livello Fondamentale della Pianura", con valori che si attestano intorno allo 0,2%. Nell'area in esame, la direzione di deflusso presunta è da Sud-Ovest verso Nord-Est (**Figura 3-6**).

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 24 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

Figura 3-6: Stralcio “Carta idrogeologica e del sistema idrografico”, relazione geologica, comune di Bertonico, marzo 2013



LEGENDA:

<u>Classi di permeabilità</u>		<u>Potenziali elementi soggetti ad inquinamento</u>	
	$k = 10^{-4} \div 10^{-2}$ cm/sec		Punto di monitoraggio della falda (piezometro con stratigrafia)
	$k = 10^{-6} \div 10^{-4}$ cm/sec		Pozzo pubblico a uso idropotabile (con numerazione)
<u>Elementi idrogeologici</u>			Pozzo privato a differente utilizzo (con numerazione)
	Isopiezometriche - m s.l.m.		
	Isopiezometriche - m s.l.m.		

Nell'intorno del punto di effrazione sono presenti n. 3 pozzi pubblici ad uso potabile (ID 3, 5, 35), di cui il più vicino dista circa 650 m (ID 35). A circa 350 m in direzione Sud-Ovest è inoltre presente n. 1 punto di monitoraggio della falda (ID 39).

Dalla valutazione della direzione di deflusso della falda osservata localmente nel sito di effrazione, che risulta concorde con quanto indicato nel PGT comunale (da SudOvest verso NordEst), tali pozzi risultano a monte-gradiente rispetto al punto di effrazione.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 25 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

4. SINTESI DELLE ATTIVITÀ ESEGUITE

Per il dettaglio delle informazioni sintetizzate nel presente capitolo si rimanda ai documenti di cui al paragrafo 1.3.

In **Tavola 1** sono rappresentate le attività di seguito riassunte.

4.1 Attività di MISE e indagini ambientali preliminari - Agosto ÷ Settembre 2016

Gli interventi di messa in sicurezza d'emergenza (MISE) hanno avuto inizio in data 28 agosto 2016, con l'esecuzione delle seguenti attività:

- messa in sicurezza dell'oleodotto con chiusura del punto di prelievo non autorizzato utilizzato per l'effrazione;
- realizzazione di uno scavo nell'intorno del punto di effrazione, con successivo ampliamento e approfondimento dello stesso per consentire la rimozione del terreno con evidenze di contaminazione - dimensioni indicative scavo finale: 8x11 m, profondità pari a circa 5,5 m da p.c.;
- realizzazione di n. 3 saggi di scavo approfonditi fino a 4,5 m (saggio 1) e fino a 5 m (saggio 2, saggio 3), al fine di una delimitazione preliminare delle dimensioni dell'area impattata, con verifica dei VOC tramite PID (indagine preliminare del 31/08/2016 e 01/07/2016);
- realizzazione di n. 2 argini per impedire alle eventuali acque del colatore, che al momento dell'effrazione risultava in secca, di entrare nell'area di scavo;
- aggotamento tramite autospurgo del prodotto rilevato alla profondità di 5 m da p.c. e delle acque piovane;
- ripristino dell'area di scavo con posa di tessuto-non-tessuto sul fondo/pareti dello scavo, riempimento dello stesso con materiale certificato e posizionamento di n. 1 tubo guida.

La rimozione del terreno è avvenuta con l'ausilio di un escavatore meccanico.

Nei giorni 05÷12 settembre 2016 sono state realizzate le attività di seguito descritte:

- prelievo di n. 13 campioni di terreno di pareti/fondo dello scavo;
- perforazione di n. 6 sondaggi (BH1÷BH6), spinti a 8 m da p.c., e di n. 4 sondaggi attrezzati a piezometro (PZ1÷PZ4), approfonditi a 13 m da p.c., e prelievo di n. 33 campioni di terreno;
- prelievo di n. 2 campioni di acque superficiali dal colatore Valguercia;
- rilievo dei fluidi e campionamento delle acque sotterranee dai piezometri realizzati (PZ1÷PZ4).

I risultati delle analisi eseguite sui campioni di terreno prelevati hanno evidenziato delle concentrazioni di idrocarburi leggeri C<12, idrocarburi pesanti C>12, etilbenzene e/o xileni superiori alle CSC nei campioni prelevati da pareti/fondo e lungo le verticali di indagine sono riportati nella seguente **Tabella 4-1**.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 26 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO		INDICE DI REV. 00	

Tabella 4-1: Sintesi dei campioni di terreno con concentrazioni superiori alle CSC

Punto di campionamento	Profondità indagine (m)	Data di prelievo campione	Benzene	Toluene	Etilbenzene	Xileni	Stirene	Sommatoria Organici Aromatici	Idrocarburi C<12	Idrocarburi C>12
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
			CSC **	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	10
<i>terreno superficiale</i>										
PSE 1A	0-1	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 1	519
PSE 2A	0-1	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	8	1300
PZ3	0-1	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 1	144
<i>terreno profondo</i>										
PNO 1A	1-5,5	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	1,40	< 0,05	1,40	228	34000
PNO 2A	1-5,5	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	4	1375
PNE 1A	1-5,5	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	0,48	1,50	< 0,05	2,00	233	14000
PSE 1A	1-5,5	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 1	91
PSE 2A	1-5,5	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	0,23	0,74	< 0,05	0,97	193	6800
PSO 1A	1-5,5	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	1,90	< 0,05	1,90	333	19000
FS	5,5	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	1,80	3,80	< 0,05	5,60	461	67000
PZ2	7-8	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 1	84
BH1	5-6	07/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 1	58
PZ4	4-5 *	07/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	1,70	< 0,05	1,70	110	15000
PZ4	4-5 ARPA	07/09/2016	< 0,02	0,02	0,03	0,19	< 0,02	0,24	1590	10101
PZ4	5-6 *	07/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	1,60	< 0,05	1,60	150	1600
PZ4	5- 6 ARPA	07/09/2016	< 0,02	0,17	0,16	0,66	< 0,02	1	938	2898
PZ4	7-8 *	07/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	0,08	< 0,05	< 0,1	21	120
PZ4	7-8 ARPA	07/09/2016	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,04	< 0,02	< 0,1	< 1	< 40
PZ4	8-8,8 *	07/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	9,9	150
PZ4	8-8,8 ARPA	07/09/2016	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,04	< 0,02	< 0,1	< 1	118


* campionamento in contraddittorio con ARPA

** CSC (tabella 1 A) per i terreni normati dall'allegato 5 al titolo V della parte quarta del DLgs 152/2006

I risultati completi delle analisi eseguite sui campioni di terreno sono riportati in **Allegato 2**. I risultati della campagna di monitoraggio acque sotterranee del 7 settembre 2016 hanno evidenziato la generale e completa conformità ai valori di riferimento dei n. 4 campioni prelevati.

I campioni di acque superficiali prelevati in corrispondenza dei n. 2 punti di accesso del colatore Valguercia, nei pressi del punto di effrazione, hanno evidenziato l'assenza dei parametri ricercati.

I risultati completi delle analisi eseguite sui campioni di acque sotterranee sono riportati in **Allegato 3**, mentre in **Allegato 4** sono riassunti i risultati dei rilievi dei fluidi.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 27 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

4.2 Attività di indagini del piano di caratterizzazione - Gennaio ÷ Aprile 2017

Nel periodo Gennaio ÷ Aprile 2017 sono state effettuate le attività di indagine finalizzate alla definizione/delimitazione della potenziale contaminazione individuata, di seguito riassunte:

- perforazione di n. 5 sondaggi (BH7, BH8, BH11, BH13 e BH14) approfonditi fino ad intercettazione della falda acquifera (circa 8-9 m da p.c.);
- perforazione di n. 2 sondaggi nell'intorno di PZ3 (BH9 e BH10) approfonditi fino a 3 m da p.c.;
- perforazione di n. 1 sondaggio attrezzato a piezometro (BH12/PZ5), come da richiesta di Arpa Lombardia;
- prelievo di n. 24 campioni di terreno, dei quali n. 12 in contraddittorio con Arpa Lombardia;
- esecuzione di rilievo dei fluidi e campionamento delle acque sotterranee dai piezometri esistenti (PZ1÷PZ5), rispettivamente in data 06 febbraio 2017, realizzato in contraddittorio con Arpa Lombardia e 12 aprile 2017.

I risultati delle analisi eseguite sui campioni di terreno prelevati hanno evidenziato la generale e completa conformità ai valori di riferimento, validata da Arpa Lombardia.

I risultati completi delle analisi eseguite sui campioni di terreno sono riportati in **Allegato 2**. I risultati delle campagne di monitoraggio acque sotterranee del 6 febbraio 2017 e del 12 aprile 2017 hanno evidenziato la generale e completa conformità ai valori di riferimento dei n. 5 campioni prelevati, validata da Arpa Lombardia. I risultati completi delle analisi eseguite sui campioni di acque sotterranee sono riportati in **Allegato 3**, mentre in **Allegato 4** sono riassunti i risultati dei rilievi dei fluidi.

4.3 Monitoraggio acque sotterranee, installazione e campionamento punti di monitoraggio gas interstiziali - Luglio 2017 ÷ Aprile 2018

Al fine di verificare lo stato qualitativo delle acque sotterranee, sono state eseguite n. 4 campagne di monitoraggio nei giorni 13 luglio 2017, 19 ottobre 2017, 9 gennaio 2018 e 19 aprile 2018.

I risultati delle campagne di monitoraggio eseguite evidenziano la generale e completa conformità ai valori di riferimento, ad eccezione del superamento per il parametro idrocarburi totali (n-esano) rilevato in PZ4 il 13 luglio 2017. I risultati completi delle analisi eseguite sui campioni di acque sotterranee sono riportati in **Allegato 3**, mentre in **Allegato 4** sono riassunti i risultati dei rilievi dei fluidi.

Vista l'eccedenza rilevata in PZ4, si è operato con l'esecuzione di periodici spurghi forzati con pompa elettrosommersa, la cui frequenza è stata calibrata mediante l'ausilio di periodiche verifiche speditive dello stato qualitativo delle acque sotterranee.

In data 4 dicembre 2017 sono stati realizzati e attrezzati n. 4 punti di monitoraggio gas interstiziali (soil gas survey, SGS1÷SGS4), in accordo alle indicazioni ricevute per le vie brevi da Arpa Lombardia.

In data 13 dicembre 2017 è stata realizzata la prima campagna di monitoraggio dei gas interstiziali (autunnale), i cui risultati hanno evidenziato delle concentrazioni inferiori ai limiti di rilevabilità per tutte le postazioni realizzate. I risultati completi delle analisi eseguite sui campioni di gas interstiziali sono riportati in **Allegato 5**.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 28 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

4.4 Monitoraggio acque sotterranee e campionamento punti di monitoraggio gas interstiziali - Giugno 2018 ÷ Aprile 2019

Nel periodo Giugno 2018 ÷ Aprile 2019 sono state realizzate n. 4 campagne di monitoraggio delle acque sotterranee, con cadenza trimestrale (23 luglio 2018, 17 ottobre 2018, 15 gennaio 2019 e 11 aprile 2019), delle quali il 17 ottobre 2018 in contraddittorio con i tecnici Arpa Lombardia.

I risultati delle analisi eseguite sui campioni prelevati dai n. 5 piezometri installati in sito (PZ1÷PZ5) hanno evidenziato quanto di seguito descritto:

- generale e completa conformità ai valori di riferimento in PZ1 e PZ3;
- superamento delle CSC per il parametro idrocarburi totali (n-esano) in PZ2 (lug2018, ott2018) e PZ5 (lug2018);
- presenza di prodotto surnatante in PZ4 (velo - luglio 2018).

I risultati delle analisi eseguite dall'Ente di controllo per il campionamento eseguito in contraddittorio il 17 ottobre 2018 hanno evidenziato la generale e completa conformità ai valori di riferimento in PZ2, PZ3 e PZ4.

In data 16 novembre 2018 si è provveduto all'esecuzione di un air lift su tutti i piezometri presenti in sito, finalizzato al ripristino delle condizioni di efficienza dei piezometri stessi.

I risultati completi delle analisi eseguite sui campioni di acque sotterranee sono riportati in **Allegato 3**, mentre in **Allegato 4** sono riassunti i risultati dei rilievi dei fluidi.

Nei giorni 5 giugno 2018, 22 agosto 2018 e 15 gennaio 2019 sono state effettuate le campagne di monitoraggio gas interstiziali, rappresentative delle stagioni primavera, estate e inverno, delle quali il 22 agosto 2018 e 15 gennaio 2019 in contraddittorio con i tecnici Arpa Lombardia.

I risultati delle analisi eseguite sui campioni di gas interstiziali hanno evidenziato delle concentrazioni quasi sempre inferiori ai limiti di rilevabilità per tutte le postazioni realizzate, validati da Arpa Lombardia, riportati in **Allegato 5**.

4.5 Attività di manutenzione oleodotto - Luglio 2019

Durante il mese di Luglio 2019 sono state eseguite le attività di manutenzione sull'oleodotto che sono consistite nella sostituzione di una porzione della condotta oggetto di manomissione dolosa, previa esecuzione di uno scavo (rif. comunicazione attività di manutenzione oleodotto del 10 giugno 2019 prot. ENI HSE LP 665/19 del 7 giugno 2019).

Lo scavo principale è stato approfondito fino a circa 3 m da p.c. ed è stato eseguito previa infissione di palancole sui lati NE e SO dello stesso, in modo da eseguire in sicurezza i lavori di manutenzione dell'oleodotto.

L'area di scavo si è sovrapposta parzialmente all'area notificata ai sensi dell'art. 249 del D.Lgs. 152/06 (ns. rif. HSE HUB Prot. n. 921/16 del 28/08/2016).

Per la verifica della qualità ambientale dei terreni naturali in posto, al termine dello scavo sono stati prelevati n. 5 campioni di terreno rappresentativi delle pareti e del fondo scavo. Dalle analisi eseguite è risultato un superamento per il parametro Idrocarburi C>12 nel campione di fondo scavo prelevato a 3 m di profondità a

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 29 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

sud-est dello scavo (FS- 3SE). I restanti campioni analizzati sono risultati conformi ai rispettivi limiti normativi per i parametri ricercati (Idrocarburi leggeri C<12, Idrocarburi pesanti C>12, BTEXS, MtBE, EtBE).

Il materiale certificato di cava utilizzato per ricolmare lo scavo effettuato in fase di MISE, separato dal terreno naturale in posto mediante telo in TNT, è stato scavato ed è stato stoccato temporaneamente in sito per il riutilizzo in fase di rinterro.

Il restante terreno naturale scavato è stato stoccato temporaneamente in sito su un telo in LDPE in cumulo, in attesa della caratterizzazione e successivo smaltimento presso impianto autorizzato, secondo quanto previsto dal D.Lgs 152/06 e s.m.i.

Lo scavo è stato in seguito rinterrato con materiale certificato.

Durante le attività di manutenzione sono stati danneggiati i piezometri PZ2, PZ4 e PZ5, facenti parte della rete di monitoraggio delle acque sotterranee.

Per maggiori dettagli si rimanda alla “Comunicazione attività di manutenzione oleodotto – Trasmissione esiti campionamento terreni”, inviata in data 5 novembre 2019 (prot. ENI HSE LP 1180/19 del 28 ottobre 2019).

4.6 Monitoraggio acque sotterranee - Ottobre 2019 ÷ Febbraio 2021

Nel periodo Ottobre 2019 ÷ Luglio 2021 sono state realizzate n. 6 campagne di monitoraggio delle acque sotterranee, con cadenza trimestrale (23 ottobre 2019, 30 gennaio 2020, 15 aprile 2020, 28 luglio 2020, 3 novembre 2020, 2 febbraio 2021) per i piezometri PZ1-PZ3 che hanno restituito piena conformità ai limiti normativi di riferimento per tutti i parametri ricercati.

Per quanto riguarda i restanti piezometri, PZ2-PZ4 e PZ5, nel periodo ottobre 2019-febbraio 2021 non è stato possibile eseguire il monitoraggio in quanto questi piezometri erano stati danneggiati durante le attività di manutenzione dell’oleodotto eseguite a luglio 2019.

4.7 Ripristino piezometri PZ2-PZ4-PZ5 - Marzo 2021

Nel mese di Marzo 2021 sono state eseguite le attività di riperforazione dei piezometri PZ2, PZ4 e PZ5. I piezometri sono stati realizzati a distruzione di nucleo e sono stati allestiti con le stesse caratteristiche dei rispettivi piezometri danneggiati in precedenza (profondità, diametro tubo, tratto cieco, tratto fenestrato). Nella **Tabella 4-2** si riporta la sintesi delle caratteristiche costruttive dei n. 5 piezometri, le coordinate e le quote del precedente rilievo topografico, eseguito a gennaio 2018, e del nuovo rilievo eseguito ad Aprile 2021 a seguito del rifacimento dei piezometri PZ2-PZ4 e PZ5. Per esigenze operative di cantiere, i nuovi piezometri sono stati realizzati a circa 1-2 m di distanza dai piezometri andati distrutti. L’ubicazione è riportata in **Tavola 1**.


	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 30 a 112
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO		INDICE DI REV. 00

Tabella 4-2: Sintesi delle caratteristiche costruttive dei piezometri

ID	Coordinata X	Coordinata Y	QUOTA B.P. m s.l.m.	QUOTA P.C. m s.l.m.	Profondità m da p.c	Diametro tubo in "	Tratto cieco (m)	Tratto fenestrato (m)
<i>precedente rilievo topografico - gennaio 218</i>								
PZ1	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	13	4	0-5; 12-13	5-12
PZ2	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	13	4	0-5; 12-13	5-12
PZ3	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	13	4	0-7; 12-13	7-12
PZ4	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	13	4	0-5; 12-13	5-12
PZ5	551761,415	5008093,187	64,351	64,321	13	4	0-6; 12-13	6-12
<i>nuovo rilievo topografico - aprile 2021</i>								
PZ1	551742,719	5008090,480	64,088	63,911	13	4	0-5; 12-13	5-12
PZ2	551765,539	5008086,260	63,744	63,586	13	4	0-5; 12-13	5-12
PZ3	551757,090	5008079,553	63,596	63,517	13	4	0-7; 12-13	7-12
PZ4	551752,887	5008089,379	63,935	63,966	13	4	0-5; 12-13	5-12
PZ5	551761,723	5008091,153	63,894	63,701	13	4	0-6; 12-13	6-12

4.8 Monitoraggio acque sotterranee - Aprile 2021 ÷ Aprile 2023

A seguito della riperforazione dei piezometri, avvenuta a marzo 2021, è ripreso il monitoraggio sull'intera rete piezometrica a partire dal mese di aprile 2021.

I risultati delle analisi eseguite sui campioni prelevati dai n. 5 piezometri installati in sito (PZ1÷PZ5) hanno evidenziato, per il periodo di riferimento, quanto di seguito descritto:

- generale e completa conformità ai valori di riferimento in PZ1 e PZ3;
- superamento delle CSC di riferimento (tabella 2 dall'allegato 5 al titolo V della parte quarta del D.Lgs 152/2006) per il parametro idrocarburi totali (n-esano) in PZ4 (ott21, gen22, apr22-analisi ARPA, lug22) e PZ5 (ott21, gen22);
- presenza di prodotto surnatante in PZ4 (2 cm - nov21).

A seguito dei superamenti riscontrati nei piezometri PZ4 e PZ5 ad ottobre 2021, è stato avviato a partire dal mese di novembre 2021 un'attività di messa in sicurezza consistente in spurghi forzati a cadenza settimanale sui due piezometri critici e avviato un monitoraggio idrochimico a cadenza mensile sui predetti piezometri.

Ad aprile 2022 è stato eseguito il monitoraggio in contraddittorio con ARPA. L'ente di controllo ha prelevato campioni dai piezometri PZ2, PZ4 e PZ5, riscontrando un superamento nel PZ4 per il parametro idrocarburi totali (n-esano), mentre il laboratorio di parte aveva rilevato conformità in tutti i piezometri. Il monitoraggio di luglio 2022 ha restituito la non conformità nel PZ4 per il parametro idrocarburi totali (n-esano).

I successivi monitoraggi condotti in agosto, settembre e ottobre 2022, gennaio e aprile 2023 hanno evidenziato la conformità alla CSC di riferimento per i punti oggetto di monitoraggio.

In riscontro alla nota ARPA del 17 agosto 2022, è in fase di programmazione l'installazione di un sistema Pump&Stock in funzione di MISE, come comunicato con nota Eni Rewind Prot. 3385/2022/PVR del 02/09/2022, oltre agli interventi di spurgo forzato già attivati. Si specifica inoltre che sono in corso verifiche con il gestore dell'elettrodoto per eventuali interferenze con l'area impianto P&S.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 31 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

5. INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA

In relazione all'eccedenza per Idrocarburi Totali (n-esano) rilevata dal Luglio 2017, si è operato con l'esecuzione di periodici spurghi forzati con elettropompa sommersa quale intervento di messa in sicurezza, con frequenze variabili in funzione delle evidenze riscontrate in campo.

A seguito dei superamenti riscontrati a ottobre 2021 sui piezometri PZ4 e PZ5 è stato avviato il monitoraggio idrochimico a cadenza mensile sui due piezometri oltre a ulteriori interventi periodici mediante spurgo forzato. Come riportato in precedenza, è in fase di programmazione l'installazione di un sistema Pump&Stock in funzione di MISE, come comunicato con nota Eni Rewind Prot. 3385/2022/PVR del 02/09/2022, oltre agli interventi di spurgo forzato già attivati. Si specifica inoltre che sono in corso verifiche con il gestore dell'elettrodotto per eventuali interferenze con l'area impianto P&S.

Si specifica che i recenti monitoraggi trimestrali di ottobre 2022, gennaio e aprile 2023 hanno restituito la conformità di tutta la rete piezometrica presente in sito.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 32 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

6. STATO QUALITATIVO DELLE MATRICI AMBIENTALI

Sulla base delle attività di indagine e di monitoraggio condotte a partire dal 2016 e descritte nel Capitolo 4, è stato definito lo stato qualitativo delle matrici ambientali coinvolte, rispetto alle CSC previste per i terreni, di cui alla Tabella 1, Colonna A, riportata nell'Allegato 5 alla Parte IV, Titolo V, del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e alle CSC previste per le acque sotterranee, di cui alla Tabella 2 riportata nell'Allegato 5 alla Parte IV, Titolo V, del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

Le CSC previste dal D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e considerate per il sito in oggetto sono riportate nelle sottostanti tabelle.

Tabella 6-1: CSC di riferimento per i suoli

Parametro	U.M.	CSC Tabella A
Idrocarburi leggeri (C<12)	mg/Kg	10
Idrocarburi pesanti (C>12)	mg/Kg	50
Benzene	mg/Kg	0,1
Etilbenzene	mg/Kg	0,5
Toluene	mg/Kg	0,5
Stirene	mg/Kg	0,5
Xilene	mg/Kg	0,5
Sommatoria Organici Aromatici	mg/Kg	1
MTBE*	mg/Kg	10*

(*) limite Proposto dall'ISS

Tabella 6-2: CSC di riferimento per le acque sotterranee

Parametro	U.M.	CSC
Idrocarburi Totali (come n-esano)	µg/l	350
Benzene	µg/l	1
Etilbenzene	µg/l	50
Stirene	µg/l	25
Toluene	µg/l	15
p-Xilene	µg/l	10
MTBE*	µg/l	40*

(*) limite Proposto dall'ISS

6.1 Stato qualitativo dei suoli

In **Tabella 6-3** si elencano i campioni di terreno prelevati nel corso delle indagini ambientali che hanno evidenziato il superamento delle CSC di riferimento.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 33 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

Tabella 6-3: Sintesi dei campioni di terreno con Concentrazioni superiori alle CSC

Punto di campionamento	Profondità indagine (m)	Data di prelievo campione	Benzene	Toluene	Etilbenzene	Xileni	Stirene	Sommatoria Organici Aromatici	Idrocarburi C<12	Idrocarburi C>12
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
			CSC **	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	10
<i>terreno superficiale</i>										
PSE 1A	0-1	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 1	519
PSE 2A	0-1	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	8	1300
PZ3	0-1	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 1	144
<i>terreno profondo</i>										
PNO 1A	1-5,5	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	1,40	< 0,05	1,40	228	34000
PNO 2A	1-5,5	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	4	1375
PNE 1A	1-5,5	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	0,48	1,50	< 0,05	2,00	233	14000
PSE 1A	1-5,5	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 1	91
PSE 2A	1-5,5	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	0,23	0,74	< 0,05	0,97	193	6800
PSO 1A	1-5,5	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	1,90	< 0,05	1,90	333	19000
FS	5,5	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	1,80	3,80	< 0,05	5,60	461	67000
PZ2	7-8	05/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 1	84
BH1	5-6	07/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 1	58
PZ4	4-5 *	07/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	1,70	< 0,05	1,70	110	15000
PZ4	4-5 ARPA	07/09/2016	< 0,02	0,02	0,03	0,19	< 0,02	0,24	1590	10101
PZ4	5-6 *	07/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	1,60	< 0,05	1,60	150	1600
PZ4	5- 6 ARPA	07/09/2016	< 0,02	0,17	0,16	0,66	< 0,02	1	938	2898
PZ4	7-8 *	07/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	0,08	< 0,05	< 0,1	21	120
PZ4	7-8 ARPA	07/09/2016	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,04	< 0,02	< 0,1	< 1	< 40
PZ4	8-8,8 *	07/09/2016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	9,9	150
PZ4	8-8,8 ARPA	07/09/2016	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,04	< 0,02	< 0,1	< 1	118

* campionamento in contraddittorio con ARPA

** CSC (tabella 1 A) per i terreni normati dall'allegato 5 al titolo V della parte quarta del DLgs 152/2006

6.2 Stato qualitativo delle acque sotterranee

In merito alla matrice acque sotterranee, le analisi chimiche eseguite sui campioni prelevati nel corso dei monitoraggi periodici eseguiti da settembre 2016 ad ottobre 2022, hanno mostrato il superamento della CSC prevista dal D.Lgs. 152/06 e s.m.i. per il solo parametro Idrocarburi totali (espressi come n-esano). Di seguito si elencano i piezometri che hanno evidenziato il superamento della CSC di riferimento.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 34 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

Tabella 6-4: Sintesi dei campioni di acqua sotterranea con Concentrazioni superiori alle CSC

Punto di campionamento	Data di prelievo campione	Laboratorio	HC tot (n- esano)
		u.d.m.	µg/l
		CSC	350
PZ2	23/07/2018	Parte	396
	17/10/2018	Parte	601
		ARPA	266
PZ4	13/07/2017	Parte	91600
	23/07/2018	Parte	non campionato per presenza di velo di prodotto
	20/10/2021	Parte	17000
	11/11/2021	Parte	non campionato per presenza di 2 cm di prodotto
	14/01/2022	Parte	7540
	21/04/2022	Parte	104
		ARPA	372
01/07/2022	Parte	1110	
PZ5	23/07/2018	Parte	1270
	20/10/2021	Parte	1000
	14/01/2022	Parte	522


Come si può vedere dalla

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 35 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

Tabella 6-4 sono stati riscontrati superamenti in:

- PZ2 in solo due campagne di monitoraggio eseguite il 23/07/2018 e il 17/10/2018;
- PZ4 in sette campagne di monitoraggio eseguite il 13/07/2017, il 23/07/2017 (presenza di velo di prodotto), il 20/10/2021, l'11/11/2021 (presenza di prodotto), il 14/01/2022, il 21/04/2022 (contraddittorio con ARPA) e il 01/07/2022. Si ricorda che il piezometro PZ4 non è stato monitorato nel periodo compreso tra ottobre 2019 e febbraio 2021 a causa del suo danneggiamento insieme ai piezometri PZ2 e PZ5;
- PZ5 in tre campagne di monitoraggio eseguite il 23/07/2018, il 20/10/2021 e il 14/01/2022. Si ricorda che il piezometro PZ5 non è stato monitorato nel periodo compreso tra ottobre 2019 e febbraio 2021 a causa del suo danneggiamento insieme ai piezometri PZ2 e PZ4.

L'ubicazione dei punti di monitoraggio è riportata in **Tavola 1** mentre in **Allegato 3** si riportano gli esiti delle analisi chimiche eseguite riferite al periodo settembre 2016 – aprile 2023. Per ulteriori approfondimenti si rimanda ai documenti di riferimento trasmessi alle PP.AA. ed elencati nel Paragrafo 1.3 e alle lettere periodiche di aggiornamento trasmesse agli Enti di controllo.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 36 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

7. ANALISI DI RISCHIO SANITARIO - AMBIENTALE

7.1 Caratteristiche del software applicato

7.1.1 Modalità operative

L'analisi è stata implementata applicando i seguenti software:

- Risk-net ver. 3.1.1 Pro**, sviluppato nell'ambito della rete RECONnet (Rete Nazionale sulla gestione e la Bonifica dei Siti Contaminati) su iniziativa del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Roma "Tor Vergata".
 Il software permette di calcolare il rischio e gli obiettivi di bonifica legati alla presenza di contaminanti all'interno di un sito, applicando la procedura APAT-ISPRA di analisi di rischio sanitaria ("Criteri metodologici l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati"; APAT-ISPRA 2008) in accordo con quanto previsto dalla normativa italiana (D.Lgs. 152/06 e D.M. 31/2015).
 Il livello di calcolo utilizzato si riferisce al livello 2 di analisi (tier 2) che prevede l'utilizzo di equazioni di fate and transport di tipo analitico.
 Il software permette di calcolare il rischio e gli obiettivi di bonifica legati alla presenza di contaminanti all'interno di un sito, applicando la procedura APAT-ISPRA di analisi di rischio sanitaria ("Criteri metodologici l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati"; APAT-ISPRA 2008) in accordo con quanto previsto dalla normativa italiana (D.Lgs. 152/06 e D.M. 31/2015).
 Il livello di calcolo utilizzato si riferisce al livello 2 di analisi (tier 2) che prevede l'utilizzo di equazioni di fate and transport di tipo analitico.
- Rome plus ver. 1.0d**, sviluppato da ISPRA e dalle ARPA all'interno delle attività del Gruppo di Lavoro 9 bis del Sistema Nazionale Protezione Ambiente (SNPA) per l'applicazione delle indicazioni tecniche delle Linee Guida SNPA 17/2018 e SNPA 15/2018.

7.1.2 Principi di calcolo della procedura

Il software Risk-net permette di calcolare sia il rischio in modo diretto ("Forward"), associato alla concentrazione rilevata in sorgente, che gli obiettivi di bonifica (CSR, concentrazioni soglia di rischio) in maniera indiretta ("Backward"), definendo i limiti di accettabilità del rischio e dell'indice di pericolo.

Per ogni percorso di esposizione attivato sono calcolate, attraverso i modelli analitici di trasporto descritti nelle linee guida APAT-ISPRA (2008), le concentrazioni massime attese in condizioni stazionarie al punto di esposizione.

Tali modelli tengono conto della ripartizione dei contaminanti nelle diverse fasi del suolo e dell'attenuazione subita durante la migrazione dalla sorgente al punto di esposizione.

Successivamente, sulla base dei parametri di esposizione caratteristici dei bersagli individuati, dei parametri tossicologici dei contaminanti e delle concentrazioni degli stessi al punto di esposizione, sono calcolati il rischio e gli obiettivi di bonifica (CSR).

In seguito, per ciascun contaminante vengono cumulati gli effetti legati alla presenza di più vie di esposizione attive e vengono calcolati gli obiettivi di bonifica e i rischi individuali (legati alla singola sostanza) e cumulativi (derivanti dalla presenza di più sostanze).

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 37 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

Il software Rome plus comprende due strumenti di calcolo:

- *“San Giovanni”* per la valutazione dei risultati dell’analisi, in termini di Rischio associato alle concentrazioni misurate nei gas interstiziali e di Obiettivi di intervento (C accettabile) sito specifici dei gas interstiziali, in base al Modello concettuale specifico del sito.
Le valutazioni sono condotte in ottemperanza al documento *“Procedura operativa per la valutazione e l’utilizzo dei dati derivanti da misure di gas interstiziali nell’analisi di rischio dei siti contaminati”* (LG SNPA 17/2018).
- *“Fori”* per la valutazione del rischio a partire dalle misure di flusso emissivo dei gas interstiziali da suolo in base al Modello concettuale specifico del sito ed in ottemperanza all’Appendice B (*“Misure di flusso (flux chambers) in modalità attiva”*) del documento *“Progettazione del monitoraggio dei vapori nei siti contaminati”* (LG SNPA 15/2018).

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 38 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

7.2 Modello concettuale del sito

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

In **Tabella 7-1** è rappresentato il Modello Concettuale del sito in esame. Gli scenari espositivi selezionati fanno riferimento ad un utilizzo agricolo del sito. Inoltre, sono messe in evidenza le potenziali relazioni esistenti fra sorgente di potenziale contaminazione, modalità di trasporto dei contaminanti, bersagli finali e modalità d'esposizione.

Tabella 7-1: Modello concettuale del sito


Sorgenti di contaminazione	Modalità di migrazione	Via di esposizione	Modalità di esposizione	Tipo di esposizione	Bersaglio
Suolo Superficiale	-	-	Ingestione suolo	Diretta	Lavoratore on-site
	-	-	Contatto dermico		
	Erosione del vento	Dispersione in aria	Inalazione polveri outdoor	Indiretta	
	Volatilizzazione		Inalazione vapori outdoor*		
Lisciviazione e diluizione in falda	Falda	Rischio Falda	Indiretta	Falda (PoC off-site)	
Suolo Profondo	Volatilizzazione	Dispersione in aria	Inalazione vapori outdoor	Indiretta	Lavoratore on-site
	Lisciviazione e diluizione in falda	Falda	Rischio Falda	Indiretta	Falda (PoC on-site)
Acque sotterranee	Volatilizzazione	Dispersione in aria	Inalazione vapori outdoor	Indiretta	Lavoratore on-site
	Trasporto	Falda	Rischio Falda	Indiretta	Falda (PoC on-site)

**Nonostante il percorso di inalazioni vapori sia stato attivo, i parametri indice individuati sono definiti non volatili (banca dati ISS-INAIL 2018) quindi ad essi è necessariamente associato un rischio nullo per i percorsi di inalazione vapori.*

Si specifica, inoltre, che l'area di interesse è di tipo agricolo e in prossimità del sito non vi sono edifici di tipo residenziale, né di tipo industriale/commerciale: pertanto non sono stati attivati i percorsi di inalazione vapori/polveri indoor.

In virtù di quanto sopra esposto, i percorsi di esposizione/migrazione considerati potenzialmente attivi sull'area in esame risultano i seguenti:

- Ingestione di suolo, contatto dermico ed inalazione polveri per i terreni insaturi superficiali;
- Inalazione vapori outdoor per i terreni insaturi profondi;
- Lisciviazione in falda per i terreni insaturi superficiali e profondi;
- Trasporto in falda per le acque sotterranee.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 39 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

Le acque di falda sono quindi state considerate come recettore ambientale per la verifica del rispetto delle CSC al POC in base alle indicazioni del D.Lgs 04/08, mentre il recettore lavoratore on-site è stato considerato per la verifica del rischio sanitario.

Per quanto riguarda le simulazioni relative al percorso di lisciviazione e trasporto in falda, per tutte le aree sorgenti in esame sono stati considerati come Punti di Conformità i piezometri di valle flusso PZ2 e PZ5.

In **Tavola 2** e **Tavola 3** si riporta il modello concettuale delle aree sorgenti relative ai terreni superficiali ed ai terreni profondi.

Nei paragrafi che seguono sono riassunte le informazioni ricavate durante la fase di caratterizzazione del sito ed utili alla ricostruzione del modello concettuale.


7.3 Individuazione dei parametri caratteristici del terreno

Tipo di suolo rappresentativo in zona insatura

I parametri caratteristici della zona insatura sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 7-2: Parametri caratteristici del suolo insaturo

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore	Tipo di dato
Soggiacenza delle acque sotterranee	L _{GW}	cm	823,5	Valore minimo registrato nel periodo gennaio 2020 – aprile 2023 (Sito specifico)
			928,8	Valore massimo registrato nel periodo gennaio 2020 – aprile 2023 (Sito specifico)
Suolo Superficiale				
Spessore frangia capillare	h _{cap}	cm	18,8	Loamy Sand class. USDA
Densità del suolo	ρ _s	g/cm ³	1,7	Default ISPRA
Porosità efficace del terreno in zona insatura	θ _e	-	0,353	Loamy Sand class. USDA
Contenuto volumetrico di acqua	θ _w	-	0,103	Loamy Sand class. USDA
Contenuto volumetrico di aria	θ _a	-	0,250	Loamy Sand class. USDA
Contenuto volumetrico di acqua nella frangia capillare	θ _{w, cap}	-	0,318	Loamy Sand class. USDA
Contenuto volumetrico di aria nella frangia capillare	θ _{a, cap}	-	0,035	Loamy Sand class. USDA
Frazione di carbonio organico	f _{oc}	-	0,015	Sito specifico – Valore minimo rilevato in BH9
pH	pH	-	7,7	Sito specifico – Campione BH9
Suolo Profondo				
Spessore frangia capillare	h _{cap}	cm	10,0	Sand class. USDA
Densità del suolo	ρ _s	g/cm ³	1,7	Default ISPRA
Porosità efficace del terreno in zona	θ _e	-	0,385	Sand class. USDA

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 40 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore	Tipo di dato
insatura				
Contenuto volumetrico di acqua	θ_w	-	0,068	Sand class. USDA
Contenuto volumetrico di aria	θ_a	-	0,317	Sand class. USDA
Contenuto volumetrico di acqua nella frangia capillare	$\theta_{w, cap}$	-	0,330	Sand class. USDA
Contenuto volumetrico di aria nella frangia capillare	$\theta_{a, cap}$	-	0,055	Sand class. USDA
Frazione di carbonio organico	f_{oc}	-	0,002	Sito specifico – Valore minimo rilevato nel campione di ARPA BH6 (4-5 m)
pH	pH	-	7,5	Sito specifico – BH8 (7,3-8,3)

In relazione alle analisi granulometriche, effettuate sui campioni prelevati durante la fase di caratterizzazione del sito, sono state ricavate le caratteristiche tessiturali per le matrici terreni superficiali e profondi. I risultati delle prove granulometriche sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 7-3: Elaborazioni granulometriche per la definizione della tessitura delle matrici ambientali

Campione prelevato	Profondità (m. da p.c.)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Granulometria
GR1 C1	0,00 – 1,00	83,50%	10,50%	6,00%	Loamy Sand
BH6-CR1	2,00 – 3,00	89,00%	8,00%	3,00%	Sand
BH6-CR2	6,00 – 7,00	15,00%	68,00%	17,00%	Silt Loam

In **Allegato 6** sono riportati i certificati delle analisi granulometriche. Le tessiture dei comparti terreno insaturo superficiale e terreno insaturo profondo sono state determinate in base alla classificazione USDA, mediante l'utilizzo del "Soil Text Calculator".

Dai risultati ottenuti si evince che la classe granulometrica maggiormente cautelativa, per gli scenari di esposizione individuati, relativi alla matrice Suolo Superficiale corrisponde alla classe "LOAMY SAND" e relativi alla matrice Suolo Profondo, cautelativamente, alla classe "SAND"

Di seguito vengono riportati i risultati delle elaborazioni con "Soil Text Calculator" per la matrice suolo superficiale (campione GR1 C1) e suolo profondo (campione BH6-CR1):



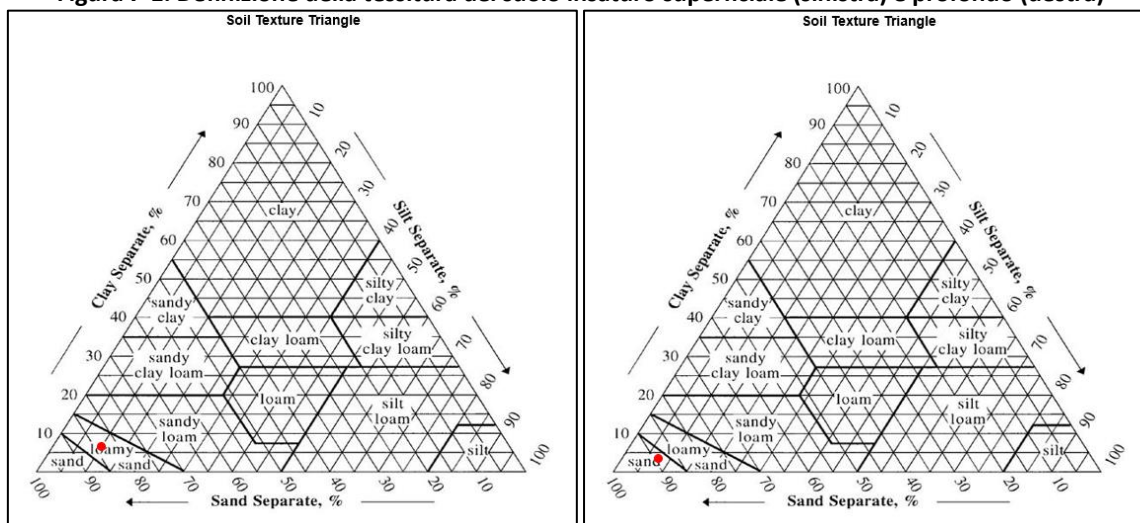
	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 41 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

Figura 7-1: Definizione della tessitura del suolo insaturo superficiale (sinistra) e profondo (destra)



Per quanto riguarda le caratteristiche della zona saturata, sulla base delle successioni stratigrafiche individuate in fase di caratterizzazione e vista l'assenza di analisi granulometriche per campioni nella matrice suolo saturo, si è assunta come rappresentativa della tessitura della porzione saturata di terreno, la classe granulometrica "LOAMY SAND".

In **Allegato 7** sono riportate le stratigrafie delle indagini che hanno interessato la zona insatura e saturata dell'acquifero.

Soggiacenza delle acque sotterranee (L_{GW})

Per quanto riguarda le misure di soggiacenza delle acque sotterranee, sono stati utilizzati i valori misurati nelle sessioni degli ultimi tre anni di monitoraggio, eseguite con cadenza trimestrale, da gennaio 2020 ad aprile 2023. Sono stati utilizzati i dati relativi a tutti i piezometri presenti nell'area (PZ1÷PZ5).

Ai fini delle simulazioni, per il suolo superficiale e per le acque di falda è stato assunto un valore di soggiacenza pari al minimo dei valori misurati, in quanto tale valore risulta il più cautelativo per i percorsi attivati al fine del calcolo delle CSR ambientali: 8,235 m da p.c.

Per quanto riguarda il suolo profondo, si è assunto, in via cautelativa, un valore di soggiacenza pari a 9,288 m (coincidente con il valore massimo registrato nel periodo gennaio 2020 - aprile 2023), allo scopo di massimizzare il rischio derivante dallo scenario considerato.

In **Tavola 4** è riportato l'andamento della superficie piezometrica rilevato a gennaio 2022, rappresentativo del periodo considerato. Si precisa che le piezometrie precedenti e quelle successive mostrano andamento piezometrico allineato a quello di gennaio 2022.

7.3.1 Parametri caratteristici del comparto ambientale outdoor

Nella tabella seguente sono riportati i valori dei parametri caratteristici del comparto ambientale outdoor impiegati nella presente Analisi di Rischio ed una giustificazione sintetica della scelta effettuata.


	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 42 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

Tabella 7-4: Parametri caratteristici del comparto ambientale outdoor

Parametro	Simbo lo	Unità di misura	Valore	Tipo dato
Caratteristiche dell'ambiente outdoor				
Precipitazioni cumulate annue	p	mm/anno	1.129,4	Sito specifico: valore massimo delle cumulate annuali rilevate nella stazione di Bertonico - periodo 2010 – 2022. (Servizio meteorologico regionale, archivio dati meteorologici delle precipitazioni cumulate annue di ARPA Lombardia)
		cm/anno	112,94	
Infiltrazione areale di fratture outdoor	η_{out}	-	1	Default ISPRA
Infiltrazione efficace nel suolo	l_{ef}	cm/y	22,96	Sito specifico: calcolato sulla base della precipitazione cumulata annua e della litologia prevalente per il suolo superficiale "Loamy Sand"
Altezza della zona di miscelazione	δ_{air}	cm	200	Default ISPRA
Velocità del vento alla quota di rilevazione	$U_{air,SM}$	m/s	1,46	Sito specifico: valore minimo rilevato nella Stazione di Bertonico (LO) nel periodo 2010 – 2022. (Servizio meteorologico regionale, Archivio dati meteorologici - ARPA Lombardia)
Velocità del vento nella zona di miscelazione	U_{air}	m/s	1,15	Velocità media annua calcolata nella zona di miscelazione
Direzione prevalente del vento	-	-	O – E	Sito specifico: dati della Stazione di Bertonico (LO) nel periodo 2010 – 2022. (Servizio meteorologico regionale, Archivio dati meteorologici - ARPA Lombardia)



Il calcolo preliminare per la determinazione di alcuni dei valori sopra indicati è riportato con maggiore dettaglio nel seguito; in **Allegato 8** sono riportate le elaborazioni dei dati meteo utilizzati.

Calcolo dell'Infiltrazione Efficace (l_{eff})

Nella successiva **Tabella 7-5** si riportano i dati di precipitazione cumulata annua relativi alla stazione di riferimento ubicata nel Comune di Bertonico (LO); il periodo di riferimento per i dati in esame è 2010 - 2022.

Tabella 7-5: Precipitazioni cumulate annue nella stazione di Bertonico (LO)

Anno	Precipitazione cumulata (mm)
2010	972,6
2011	352,6
2012	502,2
2013	800
2014	1129,4
2015	483,2
2016	677,2
2017	448
2018	717,8
2019	829,4

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 43 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

Anno	Precipitazione cumulata (mm)
2020	629,8
2021	N.D.
2022	N.D.
MASSIMO	1129,4

I dati disponibili sono stati elaborati al fine di ottenere le cumulate di ciascun anno di interesse. In accordo con i criteri ISPRA è stato considerato il valore massimo delle precipitazioni cumulate annue: 1.129,4 mm/anno (112,94 cm/anno). Tale valore è stato utilizzato per il calcolo dell'infiltrazione efficace (I_{eff}) che rientra nella valutazione del percorso di dilavamento della sorgente terreni insaturi verso il recettore acque di falda e dipendente dalle caratteristiche granulometriche del terreno superficiale (APAT 2008, pp.63-64). Il valore di infiltrazione efficace (I_{eff}), tenendo conto della granulometria del suolo superficiale (Loamy Sand) così stimato è pari a 112,94 cm/anno.

Direzione e velocità del vento

La direzione e la velocità del vento, per ogni anno, sono state calcolate come medie mensili rilevate nel periodo 2010 - 2022 nella stazione meteo di Bertonico (LO).

Per quanto riguarda la velocità del vento, è stato cautelativamente considerato il valore minimo tra i dati disponibili pari a 1,46 m/s; per il sito in oggetto è stata considerata una classe di stabilità atmosferica, secondo Pasquill – Gifford, pari a "D" ed un valore di rugosità del suolo di tipo rurale pari a 0,15.

Per ottenere la velocità a 2 m di altezza, corrispondente con l'altezza della zona di miscelazione in aria, è stata applicata la formula 3.2.14 a pag. 74 del manuale ISPRA (ex-APAT) 2008. Tale elaborazione ha portato ad un valore di 1,15 m/s.

$$\frac{U_{air}(z_1)}{U_{air}(z_2)} = \left(\frac{z_1}{z_2}\right)^p = \frac{U_{air}(10m)}{U_{air}(2m)} = \left(\frac{10}{2}\right)^p = \frac{1,46}{U_{air}(2m)} = \left(\frac{10}{2}\right)^{0,15} =$$

$$= \frac{1,46}{U_{air}(2m)} = 1,273 \Rightarrow U_{air}(2m) = 1,15 \text{ m/s}$$

La direzione prevalente del vento è stata determinata sulla base dei dati misurati presso la stazione meteo di Corsico e corrisponde all'asse Ovest - Est nel periodo 2010 - 2022.



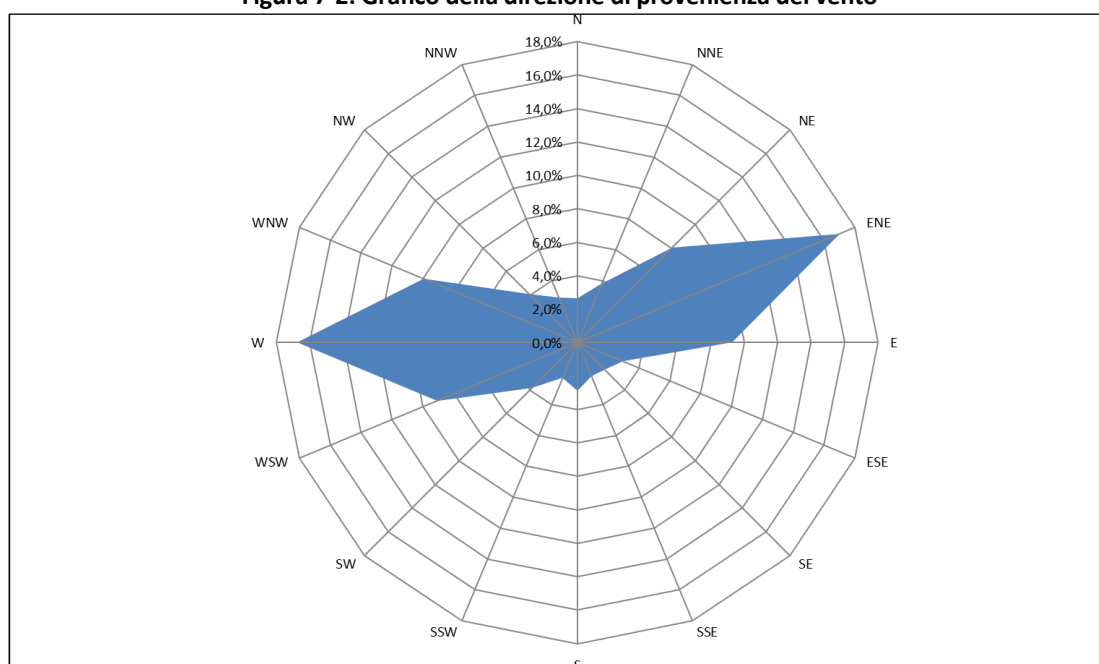
	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 44 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

Figura 7-2: Grafico della direzione di provenienza del vento



Per il dettaglio delle elaborazioni sui dati meteorologici si rimanda all'**Allegato 8** del presente documento.

7.4 Sorgenti di potenziale contaminazione

Le aree sorgenti sono state selezionate secondo quanto descritto nel paragrafo V.4.1 dell'Appendice V di ISPRA [Rif. 6], cioè sono stati definiti i poligoni di Thiessen corrispondenti ai campioni di suolo potenzialmente contaminati, aventi almeno un superamento delle relative CSC.

I dati utilizzati per la definizione delle aree sorgenti in oggetto sono dettagliati ed elencati nel Capitolo 4.

Come inquinanti indicatori sono state selezionate le specie chimiche che, almeno in un campione analizzato, hanno evidenziato un superamento delle CSC riportate nelle tabelle di cui all'Allegato 5, Titolo V, Parte quarta del D.Lgs. 152/2006. Si specifica che per la matrice suolo sono state considerate come riferimento le CSC per uso verde/residenziale.

Nel caso in esame, sulla base dei risultati analitici dei campioni prelevati durante le indagini eseguite, sono state individuate aree sorgenti di potenziale contaminazione nelle matrici ambientali suolo insaturo superficiale (SS), suolo insaturo profondo (SP) e acque di falda (GW).

In **Allegato 9** viene riportato il riepilogo dei dati di input utilizzati per le simulazioni effettuate.

7.4.1 Suolo Superficiale

L'estensione della potenziale contaminazione nel suolo superficiale (0-1 m da p.c.) è stata definita in base alla suddivisione dell'area in oggetto in poligoni di Thiessen e come indicato dalle Linee Guida APAT 2008 (§ 3.1.1 pag. 22). In base a tale suddivisione è stata individuata un'unica sorgente di contaminazione per il suolo superficiale. Si specifica che l'area sorgente è stata definita considerando quelle porzioni dei poligoni di Thiessen

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 45 a 112
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO		INDICE DI REV. 00

esterne all'area di scavo, in quanto, a valle dell'intervento di MISE/manutenzione, lo scavo è stato ripristinato con materiale conforme certificato con la completa rimozione della porzione di terreno superficiale, come specificato nel paragrafo 4.5.

Nella seguente **Tabella 7-6** vengono riassunte le CRS calcolate per ciascun parametro indice selezionato.

Tabella 7-6: Sorgenti di potenziale contaminazione nel Suolo Superficiale

Sorgente	Parametro	CSC (mg/kg)	CRS (mg/kg)
SS	Idrocarburi pesanti (C>12)	50	1.300

Le sorgenti di potenziale contaminazione sono rappresentate in **Tavola 2**.

La Concentrazione Rappresentativa della Sorgente impiegata per l'elaborazione delle simulazioni di analisi di rischio è stata posta pari al massimo valore riscontrato nei terreni (PSE 2A 0-1m), corrispondente rispettivamente a 1.300 mg/kg per la sorgente SS.

Per quanto riguarda gli Idrocarburi, è stata utilizzata la speciazione, eseguita secondo i criteri MADEP, relativa al campione PZ3 (0-1 m), prelevato in occasione delle attività di indagine che hanno interessato il sito in esame. Nella **Tabella 7-7** seguente sono riportati i risultati della speciazione considerata; per i relativi rapporti di prova si rimanda all'**Allegato 10**.

Tabella 7-7: Risultato della speciazione degli idrocarburi eseguite nel campione PZ3 (0-1 m)

Sorgente	Campione	U.M.	Alifatici C5-C8	Alifatici C9-C12	Alifatici C13-C18	Alifatici C19-C36	Aromatici C9-C10	Aromatici C11-C22
SS	PZ3 (0-1)	%	0,00	0,00	40,28	59,72	0,00	0,00

A partire dalla speciazione sopra riportata, per ciascuna sorgente individuata, è stata calcolata la ripartizione della concentrazione massima nelle diverse classi MADEP; nella seguente **Tabella 7-8** vengono riportati i risultati di tale ripartizione:

Tabella 7-8: Ripartizione della Cmax secondo la speciazione MADEP

Sorgente	Campione	U.M.	Alifatici C13-C18	Alifatici C19-C36	Aromatici C13-C22
SS	PSE 2A (0-1 m)	mg/kg	523,64	776,36	0,00

Le caratteristiche dimensionali delle sorgenti per la matrice suolo superficiale ed i relativi percorsi di esposizione attivati, sono riportati nella seguente **Tabella 7-9**.

Tabella 7-9: Caratteristiche delle sorgenti di contaminazione nel suolo superficiale

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore	Tipo dato
SS				
Vie di esposizione attivate	-	Ingestione suolo/ contatto dermico Inalazione polveri outdoor Lisciviazione in falda		

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 46 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore	Tipo dato
Estensione della sorgente nella direzione principale della falda	W	m	5,11	Sito specifico
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale alla direzione della falda	Sw	m	6,62	Sito specifico
Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	W'	m	4,00	Sito specifico
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale alla direzione del vento	Sw'	m	7,23	Sito specifico
Profondità del top della sorgente	Ls	m/p.c.	0,0	p.c.
Profondità della base della sorgente	Lf	m/p.c.	1,0	Bottom della matrice Suolo Superficiale
Spessore della sorgente	L _F	m	1,0	Spessore Suolo Superficiale
Distanza punto di conformità in falda	POC	m	0,52	Distanza dal PoC PZ5

7.4.2 Suolo Profondo

L'estensione della potenziale contaminazione nel suolo profondo (livello 1 - 9,288 m da p.c.) è stata definita in base alla suddivisione dell'area in oggetto in poligoni di Thiessen e come indicato dalle Linee Guida APAT 2008 (§ 3.1.1 pag. 22). In base a tale suddivisione è stata individuata un'area di potenziale contaminazione per il suolo profondo, denominata SP.

Nella seguente **Tabella 7-10** vengono riassunte le CRS calcolate per ciascun parametro indice selezionato.

Tabella 7-10: Sorgenti di potenziale contaminazione nel Suolo Profondo

Sorgente	Parametro	CSC (mg/kg)	CRS (mg/kg)
SP	Etilbenzene	0,5	1,8
	Xileni	0,5	3,8
	Idrocarburi leggeri (C<12)	10	1.590
	Idrocarburi pesanti (C>12)	50	67.000

La sorgente di potenziale contaminazione è rappresentata in **Tavola 3**.

La Concentrazione Rappresentativa della Sorgente impiegata per l'elaborazione delle simulazioni di analisi di rischio è stata posta pari al massimo valore riscontrato nei terreni.

Per quanto riguarda gli Idrocarburi è stata utilizzata la speciazione eseguita secondo i criteri MADEP, relativa al campione PZ4 (4-5 m) prelevato in contraddittorio da ARPA.

A partire dalla speciazione sopra citata, per ciascuna sorgente individuata, è stata calcolata la ripartizione della concentrazione massima nelle diverse classi MADEP; nella seguente **Tabella 7-11** vengono riportati i risultati ottenuti:

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 47 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

Tabella 7-11: Ripartizione della Cmax secondo la speciazione MADEP

Sorgente	Campione	U.M.	Alifatici C5-C8	Alifatici C9-C12	Alifatici C13-C18	Alifatici C19-C36	Aromatici C9-C10	Aromatici C11-C12	Aromatici C13-C22
SP	PZ4 (4-5 m) ARPA	%	1,06	9,33	41,19	30,48	1,09	0,00	16,84

A partire dalla speciazione sopra riportata, per ciascuna sorgente individuata, è stata calcolata la ripartizione della concentrazione massima nelle diverse classi MADEP; nella seguente **Tabella 7-12** vengono riportati i risultati di tale ripartizione:

Tabella 7-12: Ripartizione della Cmax secondo la speciazione MADEP

Sorgente	Campione	U.M.	Alifatici C5-C8	Alifatici C9-C12	Alifatici C13-C18	Alifatici C19-C36	Aromatici C9-C10	Aromatici C11-C12	Aromatici C13-C22
SP	PZ4 (ARPA) per C<12 e FS (5 m) per C>12	mg/kg	146,81	1.292,22	31.179,8 7	23.072,6 5	150,97	0,00	12.747,4 9

Le caratteristiche dimensionali delle sorgenti per la matrice suolo profondo ed i relativi percorsi di esposizione attivati, sono riportati nella seguente **Tabella 7-13**.

Tabella 7-13: Caratteristiche delle sorgenti di contaminazione nel suolo profondo insaturo

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore	Tipo dato
SP				
Vie di esposizione attivate	-	Inalazione vapori outdoor Lisciviazione in falda		
Estensione della sorgente nella direzione principale della falda	W	m	19,37	Sito specifico
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale alla direzione della falda	Sw	m	15,66	Sito specifico
Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	W'	m	19,17	Sito specifico
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale alla direzione del vento	Sw'	m	14,22	Sito specifico
Profondità del top della sorgente	L _s	m/p.c.	1,0	Top dello strato Suolo Profondo
Profondità della base della sorgente	L _f	m/p.c.	9,288	Sito specifico – valore posto pari al massimo valore di soggiacenza rilevato nel periodo gennaio 2020 – aprile 2023.
Spessore della sorgente	L _F	m	8,288	Spessore suolo profondo insaturo.
Distanza punto di conformità in falda	POC	m	On-Site	Sito specifico

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 48 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

7.4.3 Acque sotterranee

L'estensione della potenziale contaminazione nelle acque sotterranee è stata definita in base alla suddivisione dell'area in oggetto in poligoni di Thiessen e come indicato dalle Linee Guida APAT 2008 (§ 3.1.1 pag. 22). In base a tale suddivisione è stata individuata un'area di potenziale contaminazione per le acque sotterranee, denominata GW.

Nella seguente **Tabella 7-14** vengono riassunte le CRS calcolate per ciascun parametro indice selezionato.

Tabella 7-14: Sorgenti di potenziale contaminazione nelle acque sotterranee

Sorgente	Parametro	CSC (µg/l)	CRS (µg/l)
GW	Idrocarburi totali (come n-esano)	350	17.000

La sorgente di potenziale contaminazione è rappresentata in **Tavola 5**.

La Concentrazione Rappresentativa della Sorgente impiegata per l'elaborazione delle simulazioni di analisi di rischio è stata posta pari al massimo valore riscontrato nelle acque sotterranee, nel periodo di riferimento (gennaio 2020-aprile 2023), osservato in corrispondenza del PZ4 a ottobre 2021.

Per gli Idrocarburi è stata utilizzata la specazione eseguita secondo i criteri MADEP, relativa al campione PZ4 del 17/08/2017.

A partire dalla specazione sopra citata è stata calcolata la ripartizione della concentrazione massima nelle diverse classi MADEP; nella seguente **Tabella 7-15** vengono riportati i risultati ottenuti:

Tabella 7-15: Ripartizione della Cmax secondo la specazione MADEP

Sorgente	Campione	U.M.	Alifatici C5-C8	Alifatici C9-C12	Alifatici C13-C18	Alifatici C19-C36	Aromatici C9-C10	Aromatici C11-C12	Aromatici C13-C22
GW	PZ4	%	0,84	20,84	49,40	28,92	0,00	0,00	0,004

A partire dalla specazione sopra riportata, per ciascuna sorgente individuata, è stata calcolata la ripartizione della concentrazione massima nelle diverse classi MADEP; nella seguente **Tabella 7-16** vengono riportati i risultati di tale ripartizione:

Tabella 7-16: Ripartizione della Cmax secondo la specazione MADEP

Sorgente	Campione	U.M.	Alifatici C5-C8	Alifatici C9-C12	Alifatici C13-C18	Alifatici C19-C36	Aromatici C9-C10	Aromatici C11-C12	Aromatici C13-C22
GW	PZ4 (ottobre 2021)	µg/l	143,31	3.543,31	8.397,32	4.915,55	0,00	0,00	0,68

Le caratteristiche dimensionali della sorgente per la matrice acque sotterranee ed i relativi percorsi di esposizione attivati, sono riportati nella seguente **Tabella 7-17**.

Tabella 7-17: Caratteristiche delle sorgenti di contaminazione nelle acque sotterranee

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 49 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

Parametro	Simbolo	Unità di misura	Valore	Tipo dato
GW				
Vie di esposizione attivate	-	Inalazione vapori outdoor Trasporto in falda		
Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	W'	m	17,4	Sito specifico
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale alla direzione del vento	Sw'	m	13,7	Sito specifico
Estensione della sorgente nella direzione principale della falda	W	m	18,1	Sito specifico
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale alla direzione della falda	Sw	m	12,8	Sito specifico
Distanza del PoC	X _{PoC}	m	0 (on-site)	Sito specifica – PoC: PZ5
Soggiacenza della falda	L _F	m	8,235	Sito specifico – valore minimo scelto tra i dati derivanti rilevati nel periodo gennaio 2020 – aprile 2023

7.5 Proprietà chimico-fisiche e tossicologiche

Ogni contaminante è caratterizzato da specifici parametri chimico-fisici e tossicologici, che sono utilizzati nelle procedure di calcolo del programma.

I parametri chimico-fisici degli inquinanti sono necessari per quantificare la naturale distribuzione del contaminante tra le diverse matrici ambientali (suolo, acqua sotterranea e fase gassosa) e per valutare la loro mobilità e persistenza nell'ambiente.

Per la definizione delle proprietà chimico-fisiche e tossicologiche si è fatto riferimento ai valori della banca dati ISS-INAIL, aggiornata a marzo 2018.

Sulla base dell'aggiornamento più recente della Banca dati ISS-INAIL, i metalli (escluso il Mercurio), gli IPA e le frazioni pesanti degli Idrocarburi secondo la classificazione MADEP (Alifatici C13-C18, Alifatici C19-C36 e Aromatici C13-C22) per le loro specifiche proprietà chimico-fisiche sono considerati composti non volatili e pertanto il rischio sanitario, associato a tali sostanze, è nullo in relazione al percorso espositivo di volatilizzazione.

In **Annexo 1** sono riportate le proprietà chimico-fisiche e tossicologiche degli inquinanti indicatori selezionati.

7.6 Bersagli e vie di esposizione


Le caratteristiche dei bersagli, relativi agli scenari d'esposizione selezionati, sono indicate in **Annexo 1**.

Nel caso specifico, per i percorsi di migrazione attivati, sono stati considerati i seguenti bersagli:

- Recettore sanitario (lavoratore on-site);
- Recettore ambientale (falda).

7.7 Calcolo delle concentrazioni soglia di rischio (CSR)

Il calcolo della Concentrazione Soglia di Rischio, per i parametri indicatori individuati, è stato effettuato secondo la seguente procedura:

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 50 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

- Step 1: applicazione della procedura backward, finalizzata alla determinazione dei valori di CSR, imponendo l'accettabilità del rischio individuale;
- Step 2: applicazione della procedura forward, finalizzata alla rimodulazione dei valori di CSR precedentemente determinati, tenendo conto dei riferimenti di accettabilità per il rischio cumulativo qualora, in seguito allo step 1, risultino presenti più contaminanti.

Utilizzando il software Risk-net, versione 3.1.1 Pro, sono state eseguite le seguenti simulazioni:

- Suolo Superficiale (sorgente SS):
 - ingestione suolo/contatto dermico;
 - inalazione polveri outdoor;
 - lisciviazione in falda.
- Suolo Profondo (sorgente SP):
 - inalazione vapori outdoor;
 - lisciviazione in falda.
- Acque sotterranee (sorgente GW):
 - inalazione vapori outdoor;
 - trasporto dei contaminanti in falda.

Si sottolinea che, nel calcolo delle CSR, saranno seguite le linee guida MATTM del 18.11.2014, ossia:

- nei casi in cui la CSR relativa ad un contaminante di interesse, venga calcolata dal software come maggiore della concentrazione a saturazione (nel suolo (C_{sat} [mg/kg]) o nella falda (S [mg/litro])), per tale inquinante si proporrà un valore di CSR al massimo pari alla C_{max};
- nei casi in cui la CSR relativa ad un contaminante di interesse, venga calcolata dal software come minore della CSC, per tale inquinante si proporrà un valore pari alla CSC stessa.

Il parametro "C_{sat}" è la Concentrazione di Saturazione nel suolo, definita nel paragrafo 4.5.4 del documento ISPRA 2008, mentre il parametro "Sol" rappresenta la Solubilità della data specie chimica in acqua, mentre "C_{sat}" è la Concentrazione di Saturazione nel suolo, definita nel paragrafo 4.5.4 del documento ISPRA 2008.

Si precisa che, in linea con quanto indicato nella Delibera n. 68/2020 del 6/2/2020 del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), nelle opzioni di calcolo non sarà attivata la limitazione alle C_{sat}.

Le schermate prodotte dal software utilizzato sono presentate in **Allegato 11** ed i file editabili, contenenti le simulazioni, sono riportati in **Appendice 1**.

Nei paragrafi seguenti sono riassunti i dettagli dei calcoli.

7.7.1 Suolo Superficiale

Il calcolo delle CSR per la sorgente SS, secondo il modello concettuale illustrato precedentemente, ha portato ai seguenti risultati:


	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 51 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO		INDICE DI REV. 00	

Tabella 7-18: Calcolo delle CSR per la sorgente SS

Parametro	CSR singola (mg/kg)					C _{sat}	CSR applicabile		CRF	CSR cumulata mg/kg	C _{max} mg/kg
	Ingestione di suolo	Contatto dermico	Polveri Outdoor	Cumulato Outdoor	Lisciviazione		Tipo	mg/kg			
SS	STEP 1						STEP 2				
Alifatici C13-C18	2,04e+5	1,55e+5	>1e+6	8,81e+4	9,33e+4	1,02e+2	C _{max} *	8,81e+4	168,2	5,24e+2	5,24e+2
Alifatici C19-C36	>1e+6	>1e+6	>1e+6	>1e+6	>1e+6	8,96e+0	C _{max} *	>1e+6	2269,5	7,76e+2	7,76e+2

*: La CSR è stata posta pari alla C_{max} in quanto la CSR fornita dal software risulta >C_{sat}, come da linea guida MATTM del 18.11.2014

Per tutte le frazioni MADEP è stata cautelativamente considerata, come CSR finale, la CRS rilevata nei terreni insaturi poiché la CSR cumulata calcolata risulta maggiore della C_{sat}.

La CSR relativa al parametro "Idrocarburi pesanti C>12" è stata ricavata secondo il metodo "Critical Fraction", di cui al paragrafo V.5.3 dell'Appendice V di ISPRA; nella tabella seguente sono riportati i dettagli dei calcoli:

Tabella 7-19: Calcolo critical fraction per la sorgente SS

Frazione MADEP	%	CSR cumulata mg/kg s.s.	CSR critical fraction mg/kg s.s.
SS			
Alifatici C13-C18	40,28%	5,24e+2	1300,00
Alifatici C19-C36	59,72%	7,76e+2	1300,00
Idrocarburi C>12			1300,00

Dalle risultanze della elaborazione dell'AdR non si evincono superamenti delle CSR calcolate.

7.7.2 Suolo Profondo

Il calcolo delle CSR per la sorgente SP, secondo il modello concettuale illustrato precedentemente, ha portato ai seguenti risultati:

Tabella 7-20: Calcolo delle CSR per la sorgente SP

Parametro	CSR singola (mg/kg)		C _{sat}	CSR applicabile		CRF	CSR cumulata mg/kg	C _{max} mg/kg
	Vapori Outdoor	Lisciviazione		Tipo	mg/kg			
SP	STEP 1			STEP 2				
Etilbenzene	2,46e+2	1,57e-1	1,68e+2	CSC**	1,57e-1	-	1,57e-1	1,80e+0
Xileni	2,26e+4	2,67e+1	8,96e+1	CSR	2,67e+1	-	2,67e+1	3,80e+0
Alifatici C5-C8	8,01e+3	1,62e+1	1,61e+2	CSR	1,62e+1	5	3,24e+0	1,47e+2
Alifatici C9-C12	1,15e+5	1,52e+3	1,37e+1	C _{max} *	1,52e+3	3,5	1,29e+3	1,29e+3
Alifatici C13-C18	-	1,52e+3	1,37e+1	C _{max} *	1,52e+3	6,5	3,12e+4	3,12e+4
Alifatici C19-C36	-	8,79e+5	1,19e+0	C _{max} *	8,79e+5	42,4	2,31e+4	2,31e+4
Aromatici C9-C10	1,07e+4	4,04e+0	1,87e+2	CSC***	4,04e+0	4,4	0,92e+0	1,51e+2

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 52 a 112
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO		INDICE DI REV. 00

Aromatici C13-C22	-	1,11e+1	5,83e+1	CSC***	1,11e+1	9	1,23e+0	1,27e+4
*: La CSR è stata posta pari alla Cmax in quanto la CSR fornita dal software risulta >C _{sat} , come da linea guida MATTM del 18.11.2014 **: CSR sarà posta pari alla CSC in quanto la CSR fornita dal software risulta <CSC, come da linea guida MATTM del 18.11.2014 ***: valore riferito al parametro Idrocarburi Leggeri C≤12 / Idrocarburi pesanti C>12								

Riguardo alle specie idrocarburiche, le CSR relative ai parametri "Idrocarburi leggeri C<12" e "Idrocarburi pesanti C>12" sono state ricavate secondo il metodo "Critical Fraction" di cui al paragrafo V.5.3 dell'Appendice V di ISPRA; nella tabella seguente sono riportati i dettagli dei calcoli:

Tabella 7-21: Calcolo critical fraction per la sorgente SP

Frazione MADEP	%	CSR cumulata mg/kg s.s.	CSR critical fraction mg/kg s.s.
SP			
Alifatici C05-C08	9,23%	3,24e+0	35,10
Alifatici C09-C12	81,27%	1,29e+3	1.590
Aromatici C09-C10	9,49%	0,92e+0	9,68
Idrocarburi C<12			9,68
Alifatici C13-C18	46,54%	3,12e+4	67.000,00
Alifatici C19-C36	34,44%	2,31e+4	67.000,00
Aromatici C13-C22	19,03%	1,23e+0	6,46
Idrocarburi C>12			6,46



Dalle risultanze della elaborazione dell'AdR si evincono superamenti delle CSR vi è conformità alle CSR solo per il parametro Xileni; vi è presenza di rischio ambientale per i parametri Etilbenzene e Idrocarburi leggeri C<12 e pesanti C>12, ma assenza di rischio sanitario.

7.7.3 Acque sotterranee

Il calcolo delle CSR per la sorgente GW, secondo il modello concettuale illustrato precedentemente, ha portato ai seguenti risultati:

Tabella 7-22: Calcolo delle CSR per la sorgente GW

Parametro	CSR singola (µg/l)		Sol	CSR applicabile		CRF	CSR cumulata µg/l	Cmax µg/l
	Vapori Outdoor	Trasporto		Tipo	µg/l			
GW	STEP1			STEP2				
Alifatici C5-C8	7,70E+04	3,50E+02	11.000	Cmax*	350,00	2,44	143,00	143,00
Alifatici C9-C12	6,89E+04	3,50E+02	10	CSC**	350,00	7,85	44,60	3.540
Alifatici C13-C18	-	3,50E+02	10	CSC**	350,00	7,85	44,60	8.400
Alifatici C19-C36	-	3,50E+02	0,0015	CSC**	350,00	6,25	56,00	4.920
Aromatici C13-C22	-	3,50E+02	5.800	CSR	350,00	5,55	63,10	0,68

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 53 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

*: CSR sarà posta pari alla Cmax in quanto la CSR fornita dal software risulta >Csol, come da linea guida MATTM del 18.11.2014
 **: CSR posta pari alla CSC in quanto la CSR fornita dal software risulta <CSC, come da linea guida MATTM del 18.11.2014; valore riferito al parametro Idrocarburi totali

Riguardo alle specie idrocarburiche, la CSR relativa al parametro "Idrocarburi totali" è stata ricavata secondo il metodo "Critical Fraction" di cui al paragrafo V.5.3 dell'Appendice V di ISPRA; nella tabella seguente sono riportati i dettagli dei calcoli.

Tabella 7-23: Calcolo critical fraction per la sorgente GW

Frazione MADEP	%	CSR cumulata µg/l	CSR critical fraction µg/l
GW			
Alifatici C05-C08	0,84	143,0	17.000
Alifatici C09-C12	20,84	44,6	214,01
Alifatici C13-C18	43,40	44,6	90,28
Alifatici C19-C36	28,29	56,0	193,77
Aromatici C13-C22	0,004	63,1	> 1e6
Idrocarburi totali (espressi come n-esano)			90,28

Dalle risultanze della elaborazione dell'AdR per quanto riguarda la CRS rilevata nelle acque sotterranee per il parametro Idrocarburi totali, vi è presenza di rischio ambientale ma assenza di rischio sanitario.

7.8 Verifica delle CSC al Punto di Conformità

Il Punto di Conformità (PoC) per le acque sotterranee, secondo quanto stabilito dal D.Lgs. 04/2008, rappresenta il punto presso il quale deve essere garantito ogni uso potenziale della risorsa idrica, da ubicare di norma non oltre i confini del sito in attuazione del principio di precauzione.


Per l'area in esame sono stati individuati, quali Punti di Conformità (PoC), i piezometri di valle PZ2 e PZ5, sulla base della direzione prevalente del flusso idrico sotterraneo.

Dal confronto diretto tra i dati di qualità delle acque sotterranee e le CSC indicate nella Tabella 2 dell'Allegato 5 del Titolo V, Parte quarta del D.Lgs. 152/2006 è emerso:

- PZ2: conforme alle CSC per tutti i parametri ricercati per l'intero periodo di riferimento (gennaio 2020-aprile 2023);
- PZ5: presenza di superamenti delle CSC per il parametro Idrocarburi totali (come n-esano) a ottobre 2021 (1.000 µg/l) e gennaio 2022 (522 µg/l).

7.9 Valutazione diretta del rischio (soil gas)

Al fine di confermare l'esclusione del rischio sanitario per inalazione vapori per i recettori esposti, si è proceduto all'esecuzione di verifiche dirette delle concentrazioni di soil gas rilevate nelle n. 4 sonde installate in sito.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 54 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

Si specifica che, nel caso in esame, tale verifica è stata eseguita precauzionalmente a maggiore tutela del recettore sanitario e a supporto dei risultati ottenuti dall'Analisi di Rischio sanitaria, la quale ha restituito come risultato assenza di rischio per inalazione vapori.

La verifica è stata eseguita secondo le Linee Guida SNPA n.17 utilizzando il software Rome Plus.

Le linee guida SNPA n.17 prevedono:

- Un primo confronto delle concentrazioni rilevate nelle n. 4 campagne con i valori soglia (Csoglia) per il recettore specifico. Nel caso in esame è il recettore outdoor industriale/commerciale.
- Per i parametri superiori alle soglie si prevede la successiva verifica del rischio sanitario.

Dalle n. 4 sonde installate in sito sono stati prelevati campioni da sottoporre ad analisi nelle sessioni di dicembre 2017, giugno 2018, agosto 2018 e gennaio 2019. Le campagne di agosto 2018 e gennaio 2019 sono state eseguite in contraddittorio con ARPA. Nella sessione di gennaio 2019 ARPA ha prelevato due campioni con due diversi tipi di fiala: una a Carbone Attivo (CA) e una a Desorbimento Termico (DT).

Dal confronto dei valori di concentrazione rilevati per ciascuna campagna (riportati in **Allegato 5**) di monitoraggio con le Csoglia previste dalle LG SNPA è emerso che:

- Tutti i valori sono conformi alle Csoglia di riferimento per le campagne di dicembre 2017 e giugno 2018;
- Nella campagna di agosto 2018 i parametri Idrocarburi Aromatici C9-C10, Idrocarburi Aromatici C11-C22 e Stirene hanno mostrato valori superiori alle Csoglia di riferimento;
- Nella campagna di gennaio 2019 i parametri Aromatici C9-C10, Idrocarburi Aromatici C11-C22 e Stirene nelle fiale a Carbone Attivo (CA), e dei parametri Benzene ed Etilbenzene nelle fiale a Desorbimento Termico (DT) hanno mostrato valori superiori alle Csoglia di riferimento.

Sulla base dei risultati sopra illustrati sono state eseguite le simulazioni per la verifica del rischio per i dati delle campagne di agosto 2018 e gennaio 2019. Cautelativamente sono state effettuate le verifiche per tutti i parametri ricercati.

Sulla base della classe USDA associata alla tipologia di suolo insaturo e sulla base delle granulometrie disponibili, all'interno delle simulazioni è stata correlata una tessitura di tipo "grossolano", coerentemente con quanto suggerito dalle Linee Guida SNPA n.17.

Sulla base della profondità in cui è stata installata la sonda (2 m da p.c.) e della granulometria del suolo, all'interno delle simulazioni si è optato per la scelta di un fattore di attenuazione (alfa) di "tipo suolo" come suggerito dalle Linee Guida SNPA n.17 del novembre 2018.

Tabella 7-24: Esito delle simulazioni per la campagna di agosto 2018

Sostanza	Conc. soil gas	HI outdoor	Accettabilità	R prev. Outdoor	accettabilità
	mg/m ³				
<i>Alifatici C5-C8</i>	1,17E+01	1,65E-01	Accettabile		
<i>Alifatici C9-C12</i>	1,00E+01	1,41E-01	Accettabile		
<i>Aromatici C9-C10</i>	8,33E+00	9,38E-01	Accettabile		
<i>Aromatici C11-C12</i>	8,33E+00	9,38E-01	Accettabile		
<i>Benzene</i>	3,00E-02	2,82E-03	Accettabile	2,35E-07	Accettabile
<i>Toluene</i>	3,30E-01	1,86E-04	Accettabile		
<i>Etilbenzene</i>	3,00E-02	8,45E-05	Accettabile	7,54E-08	Accettabile
<i>Xileni</i>	1,00E-01	2,82E-03	Accettabile		
<i>Stirene</i>	1,67E+00	4,70E-03	Accettabile	8,40E-07	Accettabile


	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 55 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

Tabella 7-25: Esito delle simulazioni per la campagna di gennaio 2019

Sostanza	Conc. soil gas	HI outdoor	Accettabilità	R prev. Outdoor	accettabilità
	mg/m ³				
<i>Alifatici C5-C8</i>	1,94E+00	2,74E-02	Accettabile		
<i>Alifatici C9-C12</i>	1,66E+00	2,34E-02	Accettabile		
<i>Aromatici C11-C12</i>	1,39E+00	1,56E-01	Accettabile		
<i>Aromatici C9-C10</i>	1,38E+00	1,55E-01	Accettabile		
<i>Benzene</i>	2,33E-02	2,19E-03	Accettabile	1,83E-07	Accettabile
<i>Toluene</i>	3,30E-01	1,86E-04	Accettabile		
<i>Etilbenzene</i>	9,90E-02	2,79E-04	Accettabile	2,49E-07	Accettabile
<i>Xileni</i>	6,90E-01	1,94E-02	Accettabile		
<i>Stirene</i>	2,77E-01	7,80E-04	Accettabile	1,39E-07	Accettabile

Come mostrato nelle **Tabelle 7-28 e 7-29** il rischio sanitario è accettabile per tutti i parametri, ad ulteriore conferma dell'assenza di rischio sanitario.

7.10 Obiettivi di bonifica

Sulla base dei risultati sopra illustrati, nella seguente tabella si riportano gli Obiettivi di Bonifica definiti:

Tabella 7-26: Obiettivi di Bonifica



ID Sorgente	Parametro	U. M.	CRS	Obiettivi di Bonifica
SS	Idrocarburi pesanti (C>12)	mg/kg	1.300	1.300
SP	Etilbenzene	mg/kg	1,8	0,5
	Xileni	mg/kg	3,8	26,7
	Idrocarburi leggeri (C<12)	mg/kg	1.590	10
	Idrocarburi pesanti (C>12)	mg/kg	67.000	50
GW	Idrocarburi totali (come n-esano)	µg/l	17.000	350

Come si evince dalla tabella sopra riportata, per il sito in esame, le CRS rilevate in sito risultano conformi alle relative CSR calcolate per la sorgente suolo insaturo superficiale **SS**.

Per quanto riguarda la sorgente suolo profondo insaturo **SP** vi è conformità alle CSR solo per il parametro Xileni, vi è presenza di rischio ambientale per i parametri Etilbenzene e Idrocarburi leggeri e pesanti.

Infine, per la sorgente acque sotterranee **GW** vi è rischio ambientale per il parametro Idrocarburi totali (come n-esano) e presenza di superamenti delle CSC ai PoC.

Si specifica che i recenti monitoraggi delle acque sotterranee di ottobre 2022, gennaio 2023 e aprile 2023 hanno restituito la conformità di tutta la rete piezometrica presente in sito.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 56 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

8. TECNOLOGIE DI BONIFICA POTENZIALMENTE APPLICABILI


Il D.Lgs. 152/06, all'interno dell'Allegato 3 - "Criteri generali per la selezione e l'esecuzione degli interventi di bonifica e ripristino ambientale, di messa in sicurezza (d'urgenza, operativa o permanente), nonché per l'individuazione delle migliori tecniche d'intervento a costi sopportabili", esplicita il concetto di migliore tecnologia disponibile (Best Available Technologies – BAT), evidenziando come la scelta sia legata ad un bilanciamento di interessi diversi, generali e sito-specifici, tra cui principalmente:

- il livello di protezione dell'ambiente desiderato/accettabile;
- l'esistenza di tecniche affidabili che permettano di conseguire, garantendoli nel tempo, tali livelli di protezione;
- l'entità dei costi di progettazione, realizzazione, gestione del monitoraggio etc. nelle varie fasi dell'intervento.

La scelta della migliore tecnica disponibile deve essere relazionata inoltre alla sito-specificità di ogni singola situazione di inquinamento e alle diverse variabili in gioco; un'analisi costi-efficacia e/o costi-benefici, a tutti i livelli, sia qualitativo che di dettaglio, può contribuire in modo determinante alla risoluzione di questo processo decisionale.

Le tecnologie potenzialmente applicabili per la bonifica devono fare riferimento ai seguenti criteri tecnici generali:

- protezione dell'ambiente fisico e dell'uomo: è il criterio fondamentale di valutazione, si concretizza eliminando o riducendo i rischi di esposizione; nella pratica, questo si ottiene riducendo le modalità di esposizione, la tossicità e/o la massa di contaminanti presenti; oltre a ciò, la tecnologia da adottare non deve incrementare i rischi, né a breve, né a lungo termine, o determinare impatti su matrici diverse da quelle oggetto del risanamento;
- raggiungimento degli obiettivi di bonifica: la tecnologia deve far prevedere il raggiungimento degli obiettivi definiti in tempi accettabili;
- efficacia a lungo e breve termine: la tecnologia scelta deve consentire l'ottenimento di risultati duraturi al termine delle operazioni e deve anche fornire un'apprezzabile riduzione del rischio per i potenziali recettori;
- facilità di realizzazione e gestione: la fattibilità tecnica, la disponibilità di materiali e servizi e la semplicità gestionale sono criteri sostanziali nella scelta della tecnologia di intervento; essi si traducono nella possibilità di minimizzare i costi realizzativi e operativi ed i rischi di mal funzionamento/inefficienza della tecnologia;
- minimo impatto ambientale: si traduce nella scelta di una tecnologia che riduca al minimo il contatto tra l'uomo e le matrici contaminate, il trasferimento di materiali nocivi presso altri siti, l'impatto visivo e sonoro, la produzione di rifiuti secondari e il consumo di risorse energetiche; questo aspetto viene specificamente sottolineato dalla normativa nazionale, che consiglia fortemente l'utilizzo di tecniche di trattamento in situ o on site, al fine di minimizzare la produzione ed il trasferimento off site di materiali contaminati e dei relativi rischi;
- sostenibilità ambientale: definita come un bilancio accettabile, in termini ambientali, economici e di indicatori sociali, tra gli effetti connessi con l'espletamento/realizzazione dell'attività stessa ed i benefici prodotti;
- aspetti economici: la scelta della tecnologia da applicare al caso specifico di contaminazione deve scaturire da un processo decisionale nel quale sono presi in considerazione non solo gli aspetti tecnico-operativi ma anche quelli economici.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 57 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

In considerazione di ciò, l'analisi delle tecnologie non ha interessato l'intera gamma di quelle esistenti sul mercato, ma si è concentrata su quelle potenzialmente applicabili in relazione all'ambito in esame, generalmente caratterizzato da:

- superfici operative di dimensioni variabili, in aree agricole;
- analiti d'interesse riconducibili per lo più ai prodotti di raffinazione, quali benzine e gasoli.

In relazione alle caratteristiche anzidette ci si è inoltre orientati verso tecnologie di certificata efficacia, dimostrata già da numerose applicazioni esistenti, escludendo ad esempio tecnologie off-site o on-site, di tipo invasivo, che necessitano generalmente, per le attività di bonifica, di aree di superficie troppo grandi rispetto alle normali dimensioni del sito.

8.1 Screening di tecnologie di bonifica

Di seguito è riportata la rassegna delle metodologie di bonifica analizzate in quanto potenzialmente applicabili al sito in esame, scelte principalmente tra quelle di tipo in situ.

8.2 Screening delle tecnologie e applicabilità sito specifica

Nell'ambito della definizione della migliore tecnologia di bonifica applicabile al sito occorre individuare e confrontare tutti gli aspetti interessati, che sono di natura tecnica ma anche economica. È questo un processo decisionale spesso complicato, poiché risulta anche fortemente condizionato dalle situazioni al contorno, quali difficoltà operative o vincoli di vario tipo.

Uno strumento qualitativo che può aiutare il progettista in tale processo è fornito dalla matrice decisionale delle tecnologie, ovvero la "screening matrix". Tale matrice associa, a livello qualitativo, un punteggio/valore ai diversi aspetti maggiormente significativi nell'ambito del processo.

Esistono validi riferimenti in letteratura per la definizione di una matrice tipo: nel presente lavoro è stata presa a riferimento la Screening Matrix elaborata dall'organo federale americano "Federal Remediation Technologies Roundtable", a cui si ispira anche la matrice elaborata in ambito nazionale da ISPRA.



I parametri che vengono presi in considerazione all'interno della matrice nell'analisi delle diverse tecnologie di bonifica, per un determinato contaminante e per uno specifico comparto ambientale (suolo/frangia capillare/falda), sono i seguenti:

- Stato di sviluppo della tecnologia:
 - ✓ Buono: se già implementata su diversi siti, ben documentata e compresa;
 - ✓ Medio: sebbene sia implementata a scala reale, necessita di approfondimenti di test e miglioramenti;
 - ✓ Basso: se non implementata su scala reale, ma solo in test pilota o di laboratorio con buoni risultati;
- Treno di tecnologie richiesto:
 - ✓ Buono: se la tecnologia sta in piedi da sola (tecnologia tipo "stand alone"), ovvero non necessita di ulteriori trattamenti per avere efficacia e risulta semplice allo stesso modo;
 - ✓ Medio: se è relativamente semplice, in quanto legata ad un treno standard di n. 2 tecnologie;
 - ✓ Basso: se la tecnologia è complessa, in quanto coinvolge un treno di più tecnologie con il trattamento di diversi comparti e la produzione di eccessive quantità di rifiuti;
- Costi operativi e di manutenzione (O&M):
 - ✓ Buono: se è associato un basso costo legato ad una manutenzione non particolarmente intensiva;



	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 58 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

- ✓ Medio: se è associato ad un costo medio di manutenzione, con frequenza di intervento anch'essa nella media;
- ✓ Basso: se è associato ad un alto costo, con interventi di manutenzione di natura intensiva;
- Costi del capitale:
 - ✓ Buono: se associato a bassi costi di capitale (investimento iniziale);
 - ✓ Medio: se associato ad un costo medio di capitale;
 - ✓ Basso: se associato ad un elevato costo di capitale;
- Affidabilità del sistema e facilità/grado di manutenzione:
 - ✓ Buona: se la tecnologia, oltre che affidabile, richiede poca manutenzione;
 - ✓ Media: se la tecnologia è piuttosto affidabile, ma con una necessità di manutenzione significativa;
 - ✓ Bassa: se la tecnologia risulta meno affidabile e con elevato grado di manutenzione richiesta;
- Costi relativi alla progettazione, costruzione ed esercizio/manutenzione dei sistemi nell'intero processo:
 - ✓ Buono: se è associato a dei bassi costi generali (in relazione ad altre opzioni possibili);
 - ✓ Medio: se è associabile a costi generali medi;
 - ✓ Basso: se è associabile ad alti costi generali;
- Tempo della bonifica per trattamento in situ:
 - ✓ Buono: se inferiore ad 1 anno per i suoli o a 3 anni per le acque;
 - ✓ Medio: se compreso tra 1 e 3 anni per i suoli e tra 3 e 10 anni per le acque;
 - ✓ Basso: se superiore a 3 anni per i suoli e a 10 anni per le acque;
- Disponibilità della tecnologia sul mercato:
 - ✓ Buona: se esistono più fornitori (> 4) in grado di progettare, costruire e gestire i sistemi relativi alla tecnologia in esame;
 - ✓ Media: se esiste un limitato numero di fornitori (2-4 fornitori);
 - ✓ Bassa: se esistono pochissimi fornitori (<2), ad esempio nel caso in cui la tecnologia è coperta da brevetti esclusivi;
- Sostenibilità ambientale:
 - ✓ Buona: nel caso in cui vi sia un basso impatto sulle risorse naturali, ovvero una bassa produzione di rifiuti e alto grado di recupero/riutilizzo delle risorse;
 - ✓ Media: nel caso di un impatto valutabile nella media delle tecnologie esistenti;
 - ✓ Bassa: nel caso di un alto impatto sulle risorse naturali, con elevata produzione di rifiuti, ovvero bassa sostenibilità.

Nella Tabella seguente vengono dunque passate in rassegna le diverse tecnologie, effettuando una valutazione qualitativa dei diversi aspetti sopraelencati ed associando infine delle valutazioni sito specifiche sull'applicabilità delle stesse.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 59 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

Matrici ambientali interessate	Metodologia di bonifica disponibile	Stato di Sviluppo	Treno di tecnologie associato	Costi O&M	Costi capitali	Affidabilità	Costi relativi	Tempo di Bonifica	Disponibilità della Tecnologia	Sostenibilità Ambientale	Applicabile al sito (SI/NO)	Aspetti Generali e Valutazioni Sito Specifiche
Terreno insaturo superficiale	Soil Vapor Extraction/Bioventing	+	+	=	=	+	+	=	+	=	si	<p>La realizzazione di pozzi di aspirazione/immissione nel terreno insaturo consente la volatilizzazione e la captazione dei contaminanti adsorbiti in questa porzione di sottosuolo. La presenza di tali punti di aspirazione permette anche il controllo dei vapori prodotti dalla tecnica di Air Sparging, impedendone la propagazione. Inducendo una circolazione di aria nel sottosuolo lo SVE fornisce, inoltre, l'ossigeno necessario allo sviluppo di colonie microbiche in grado di metabolizzare i contaminanti presenti in sito.</p> <p>Nel caso specifico la tecnologia si ritiene potenzialmente applicabile nel richiamare i vapori organici presenti nel sottosuolo ma non necessario in quanto conforme alle CSR calcolate.</p>
	Biopile	+	+	--	--	=	--	+	+	=	si	<p>Il trattamento dei terreni con trattamenti biologici a mezzo di Biopile sfrutta la capacità delle popolazioni microbiche indigene di biodegradare i composti idrocarburici in condizioni aerobiche.</p> <p>Nel trattamento delle Biopile il terreno contaminato viene disposto in cumuli di dimensioni variabili, cercando di mantenere le migliori condizioni ambientali per stimolare l'attività biologica di degradazione, regolando il tenore di ossigeno, l'umidità, la concentrazione di nutrienti del terreno, etc.</p> <p>Nel caso specifico potenzialmente applicabile ma non necessario in quanto conforme alle CSR calcolate.</p>
	Asportazione off-site	+	+	+	--	+	+	+	+	+	--	si
Terreno insaturo profondo	Desorbimento chimico mediante surfattanti	+	=	+	=	=	+	--	=	+	no	<p>I trattamenti di desorbimento chimico in situ consistono nell'iniezione nella matrice contaminata di una miscela contenente composti in grado di desorbire in maniera selettiva dalla matrice solida i contaminanti di interesse (adsorbiti e/o assorbiti) e renderli miscibili in fase liquida, aumentandone così la disponibilità a successivi trattamenti (fisici/chimici/biologici), generando micelle parziali che rendono il contaminante più utilizzabile per i trattamenti successivi. Nel caso specifico sono previsti surfattanti non ionici biodegradabili.</p> <p>Nel caso specifico la tecnologia non viene ritenuta applicabile per assenza di prodotto e idonei punti di monitoraggio dell'intervento.</p>
	Soil Vapor Extraction/Bioventing	+	+	=	=	+	+	=	+	=	si	<p>La realizzazione di pozzi di aspirazione/immissione nel terreno insaturo consente la volatilizzazione e la captazione dei contaminanti adsorbiti in questa porzione di sottosuolo. La presenza di tali punti di aspirazione permette anche il controllo dei vapori prodotti dalla tecnica di Air Sparging, impedendone la propagazione. Inducendo una circolazione di aria nel sottosuolo lo SVE fornisce, inoltre, l'ossigeno necessario allo sviluppo di colonie microbiche in grado di metabolizzare i contaminanti presenti in sito.</p> <p>Nel caso specifico la tecnologia si ritiene applicabile nel richiamare i vapori organici presenti nel sottosuolo e in falda attraverso un sistema di SVE eventualmente accoppiato ad AS.</p>
	Monitored Natural Attenuation (MNA)	+	--	+	+	=	+	--	+	+	si	<p>Tali processi sono applicabili nell'ambito di una contaminazione di grado non elevato, residuale, e con un'estensione piuttosto ridotta, ai fini della bonifica in tempi accettabili. Il caso specifico interessa una contaminazione non significativa in termini di concentrazioni rilevate in sito. Risulterebbe inoltre necessario, ai fini del mantenimento di condizioni di sicurezza del sito nella corretta gestione del plume in falda, affiancare tale tecnologia con altri treni, quali sistemi di emungimento e barriere fisiche. I processi di N.A. sono comunque sempre presenti e possono contribuire alla decontaminazione della porzione residuale.</p> <p>Nel caso specifico la tecnologia viene ritenuta applicabile in affiancamento ad altre tecnologie per trarre obiettivi di bonifica e tempi accettabili.</p>
	Asportazione off-site	+	+	+	--	+	+	+	+	+	--	no

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 60 a 112
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO		INDICE DI REV. 00

Matrici ambientali interessate	Metodologia di bonifica disponibile	Stato di Sviluppo	Treno di tecnologie associato	Costi O&M	Costi capitali	Affidabilità	Costi relativi	Tempo di Bonifica	Disponibilità della Tecnologia	Sostenibilità Ambientale	Applicabile al sito (SI/NO)	Aspetti Generali e Valutazioni Sito Specifiche
Acque sotterranee/Frangia Capillare	P&T	+	=	-	-	+	=	=	+	-	si	L'emungimento delle acque di falda impedisce la propagazione della contaminazione e favorisce la rimozione degli inquinanti, aumentando il richiamo delle acque nella porzione dell'acquifero interessato dalla contaminazione. La tecnica in oggetto non consente comunque di garantire il conseguimento degli obiettivi di bonifica in tempi ragionevolmente contenuti, incidendo perciò sui costi di gestione ed operativi del sistema e sul rapporto costi-benefici della tecnologia nell'applicazione sito specifica. Nel caso specifico applicabile per la rimozione dei contaminati, ma la non costante presenza dei superamenti delle CSC di riferimento rendono la tecnologia troppo cautelativa e poco sostenibile dal punto di vista sia ambientale che economico, oltre alla necessità di individuare un recapito finale per lo scarico delle acque, con tempi lunghi per rilascio autorizzazione e di attivazione della fornitura ENEL.
	Bioremediation - PetroFix (Regenesi) + EAB (Electron Acceptor Blend)	=	+	+	=	=	+	=	=	+	si	La tecnologia prevede l'utilizzo di una miscela a base di acqua altamente concentrata in elettroni accettori (ammendanti a base di solfati e nitrati a rilascio immediato) e carbone attivo di dimensioni micrometriche (1-2 µm). PetroFix ha la duplice funzione di rimuovere rapidamente la fase disciolta adsorbendola sul carbone mentre gli accettori di elettroni aggiunti stimolano la biodegradazione dei contaminanti presenti. Il prodotto può essere applicato con facilità utilizzando apparecchiature prontamente disponibili associato alla tecnologia direct push. Nel caso specifico, il trattamento si ritiene applicabile per la realizzazione di una barriera a monte dei POC e nell'intorno del piezometro Pz4, che impedisca la migrazione della contaminazione verso i pozzi di valle e ne favorisca, allo stesso tempo, la biodegradazione. Tale tecnologia risulta particolarmente adatta al Sito in oggetto anche per la possibilità di mantenimento dei risultati conseguiti nel tempo, anche con un'unica campagna di iniezione. Inoltre, il prodotto PetroFix contiene a parità di volume iniettato una percentuale maggiore di carbone attivo che permette quindi una maggiore efficacia di trattamento dei composti. L'iniezione del prodotto PetroFix direttamente nella sorgente secondaria di contaminazione ha una duplice funzione: rimuove gli idrocarburi dalla fase disciolta, li adsorbe su particelle di carbone attivo e quindi stimola la biodegradazione degli idrocarburi aggiungendo accettori di elettroni (EAB)
	Air sparging /Biosparging	+	=	=	=	+	=	+	+	=	si	Mediante l'immissione di aria nelle acque di falda, in configurazione AS, si ottiene il passaggio del contaminante dalla fase disciolta alla fase vapore, veicolandolo nella porzione insatura del terreno in cui i vapori vengono estratti e trattati con un sistema di SVE abbinato; nel caso di configurazione in BS, si incentiva la biodegradazione in falda senza far sviluppare vapori nell'insaturo. Comunque, la presenza di questa sola tecnologia non garantisce in tutte le situazioni le condizioni di sicurezza per la possibile migrazione del plume di contaminazione; in caso di necessità, deve dunque essere prevista ed associata ad un sistema di emungimento e trattamento delle acque. Nel caso specifico applicabile per la rimozione dei contaminati, ma la non costante presenza dei superamenti delle CSC di riferimento rendono la tecnologia troppo cautelativa e poco sostenibile dal punto di vista sia ambientale che economico, oltre alla necessità di affiancare un sistema P&T non presente.
	Ossidazione chimica	+	=	=	-	=	=	+	+	=	si	I trattamenti di ossidazione chimica in situ consistono nell'iniezione nella matrice contaminata di una miscela reagente contenente un opportuno agente ossidante che consente la completa trasformazione del contaminante. L'ossidazione chimica dei contaminanti è efficace in presenza di una litologia omogenea e sufficientemente permeabile: qualora queste condizioni non siano verificate, è possibile che gli ossidanti introdotti non riescano ad entrare in contatto in modo efficace con i contaminanti, e che pertanto le zone a minore permeabilità non siano interessate dal trattamento. Nel caso specifico applicabile per la rimozione dei contaminati, ma la non costante presenza dei superamenti delle CSC di riferimento rendono la tecnologia troppo cautelativa e poco sostenibile dal punto di vista sia ambientale che economico, oltre alla necessità di affiancare preferibilmente un sistema P&T non presente per recupero della contaminazione.

Legenda: +: Buono =: Medio -: Basso ♦: livello di efficacia fortemente dipendente da condizioni sito specifiche

Tabella 8-1: Screening delle tecnologie di bonifica

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 61 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

9. STRATEGIA DEL PROGETTO

Nel caso del sito in esame, i presupposti conoscitivi e gli elementi di base utilizzati per l'individuazione della tecnologia di bonifica idonea sono i seguenti:

- l'area è interessata dalla presenza dell'oleodotto da 26" Ferrera-Bertonico-Cremona;
- l'area è interessata dalla presenza di elettrodotti di alta e media tensione;
- l'area è inserita in un contesto agricolo;
- dal punto di vista litostratigrafico, in sito sono presenti strati prevalentemente a matrice sabbiosa e limosa, con presenza di lenti argillose;
- la soggiacenza statica della falda oscilla stagionalmente di circa 1-1,5 m con soggiacenza media intorno ai 9 m da b.p. (valore minimo di 8,2 m da b.p. e massimo di 9,28 m da b.p. riscontrato nei piezometri, nel periodo considerato gennaio 2020-ottobre 2022);
- la superficie della falda mostra una direzione di deflusso prevalente da ovest verso est;
- i terreni insaturi superficiali non hanno mostrato superamenti della CSR calcolata per il parametro Idrocarburi pesanti (C>12);
- i terreni insaturi profondi hanno mostrato superamenti delle CSR calcolate per i parametri Etilbenzene e Idrocarburi leggeri C<12 e pesanti C>12, per un'estensione di circa 200 m²;
- le acque sotterranee hanno mostrato sporadici e puntuali superamenti dei limiti di riferimento (CSR/CSC), per il solo parametro idrocarburi totali (n-esano), in corrispondenza dei piezometri PZ4 e PZ5 (POC). Ultimo superamento registrato in PZ4 è stato a luglio 2022 con un valore pari a 1110 µg/l, in PZ5 è stato a gennaio 2022 con un valore pari a 522 µg/l;
- presso il sito sono attivi interventi di spurgo forzato sui piezometri PZ4 e PZ5 a cadenza settimanale ed è in fase di programmazione l'installazione di un sistema di Pump&Stock.

Sulla base di quanto presentato nei paragrafi precedenti e degli obiettivi di bonifica validi per il sito in esame, rappresentati dalle CSR calcolate mediante Analisi di Rischio sito specifica, la proposta tecnica oggetto del presente Progetto Unico di Bonifica privilegia dunque l'applicazione della tecnologia di seguito descritta secondo le seguenti fasi:

➤ **Fase 1 – Test pilota e indagini integrative**

- **Indagini integrative:** utili per verifica e aggiornamento dello stato qualitativo dei terreni insaturi profondi a 6 anni dall'evento di notifica, tramite realizzazione di sondaggi/piezometri e prelievo di campioni da sottoporre ad analisi chimiche e microbiologiche di laboratorio.
- **Test pilota Soil Vapor Extraction e Bioventing:** utile per la verifica dell'applicabilità della tecnologia selezionata, la valutazione del raggio di influenza (ROI) e la conferma del dimensionamento preliminare presentato nel presente documento (numero e ubicazione dei punti di estrazione/ insufflaggio, caratteristiche costruttive);

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 62 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

- **Test pilota Bioremediation - PetroFix:** utile per la verifica dell'applicabilità della tecnologia selezionata, la valutazione dell'area di influenza e la conferma del dimensionamento presentato nel presente documento (numero e ubicazione dei punti di iniezione, quantitativi e tipologia di prodotti proposti).

➤ **Fase 2 - Applicazione tecnologie selezionate per il trattamento dei suoli e delle acque di falda**

- **Soil Vapor Extraction/Bioventing** per il trattamento dei terreni insaturi profondi. Tale tecnologia favorisce la volatilizzazione e realizza il recupero e la captazione dei contaminanti adsorbiti in questa porzione di sottosuolo. Inoltre, inducendo una circolazione di aria nel sottosuolo il sistema SVE favorirà, l'ossigenazione necessaria allo sviluppo di colonie microbiche in grado di metabolizzare i contaminanti presenti in sito. In fase di avanzamento dell'intervento si valuteranno eventuali necessità di passaggio da sistemi SVE a BV. Il Bioventing favorisce l'ossigenazione del suolo, attivando i processi catabolici aerobici e la proliferazione dei microrganismi autoctoni che con la loro attività degradano e metabolizzano i composti organici adsorbiti dalle componenti minerali e organiche del suolo
- **Bioremediation - PetroFix** per:
 - la protezione delle acque sotterranee in corrispondenza dei PoC. Barriera permeabile reattiva da realizzare a monte dei PoC (PZ2 e PZ5);
 - il risanamento della matrice acque sotterranee nell'area sorgente secondaria di contaminazione (area nell'intorno del PZ4);

L'iniezione del prodotto PetroFix direttamente nella sorgente secondaria di contaminazione ha una duplice funzione: rimuove gli idrocarburi dalla fase disciolta, li adsorbe su particelle di carbone attivo e quindi stimola la biodegradazione degli idrocarburi aggiungendo accettori di elettroni.
- **Monitored Natural Attenuation (MNA)** quale tecnologia parallela ed in supporto a quelle elencate in precedenza.

Tale intervento è stato selezionato poiché:

- è efficace ai fini del raggiungimento degli Obiettivi di Bonifica;
- risponde ai criteri di applicabilità e sostenibilità ambientale, minimizzando la produzione di rifiuti e determinando nel contempo un basso impatto energetico ed economico, anche in relazione all'attività commerciale svolta sul sito. Tale aspetto è dettagliato nel seguito del documento;
- presenta un rapporto costi-benefici ottimale, compatibile con le finalità dell'intervento e con le caratteristiche attuali e future del sito, ivi comprese le condizioni logistiche.

In affiancamento alle tecnologie di cui sopra e in attesa di valutazione del presente documento, si proseguirà con le attività di messa in sicurezza delle acque sotterranee mediante spurghi forzati e programmazione dell'installazione di un sistema Pump&Stock, da gestire in funzione delle evidenze eventualmente riscontrate nel corso dei monitoraggi periodici.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 63 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

10. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA - FASE 1

Gli interventi di bonifica da realizzare presso il sito in oggetto permetteranno di gestire la contaminazione rilevata ed il risanamento delle aree SP e GW, individuate e descritte nei precedenti capitoli.

Nello specifico le operazioni di bonifica proposte si svolgeranno per fasi, come descritto al Capitolo 9.

10.1 Fase 1 - Test pilota e indagini integrative


Preliminarmente alla realizzazione degli interventi di bonifica di **Fase 2**, verranno eseguiti test pilota, volti al dimensionamento definitivo degli impianti/interventi, e realizzate indagini integrative per verifica e aggiornamento dello stato qualitativo dei terreni insaturi.

Pertanto, nella **Fase 1** si prevede di realizzare:

- test idraulici per definizione dei parametri caratteristici dell'acquifero;
- n. 9 sondaggi (indicativamente associati ai seguenti precedenti punti di prelievo BH1, PNE 1A, PSE 1A, PSO 1A, PNO 1A, PNO 2A, PZ2, PZ3 e PZ4 - **Tavola 6**), per prelievo di campioni di terreno da sottoporre ad analisi chimiche e microbiologiche per MNA (con possibilità di monitorare riduzione concentrazioni), da ubicare nell'intorno delle pareti dello scavo MISE e nei punti che hanno mostrato, durante la caratterizzazione di settembre 2016, concentrazioni elevate per la verifica delle concentrazioni residue. Alcuni sondaggi verranno attrezzati per allestire il campo prove SVE/BV.
- n. 1 piezometro integrativo, denominato PZ6, da ubicare a valle del PZ5 e a circa 10/15 m di distanza. Tale piezometro verrà inoltre utilizzato per il monitoraggio dell'efficacia della barriera realizzata a monte con PetroFix. Verrà valutato di realizzare un ulteriore punto (PZ7) da ubicare più a valle rispetto al PZ6 previsto, in caso di evidenze nel corso della realizzazione di PZ6 (**Tavola 6**);
- un campo prova SVE/BV da realizzare nell'area effrazione, costituito da n. 1 coppia di punti di estrazione SVE/ventilazione BV (punto di ventilazione costituito da n. 2 tubazioni con fenestrate superficiali e profonde) e n. 3 punti di monitoraggio del test pilota - **Tavola 7**);
- test pilota Soil Vapor Extraction e Bioventing (SVE-BV), utili per la verifica dell'applicabilità della tecnologia selezionata, la valutazione del raggio di influenza (ROI) e il dimensionamento *full scale* (numero e ubicazione dei punti di estrazione/ insufflaggio, caratteristiche costruttive)
- test PetroFix con iniezione reagente nell'intorno del piezometro PZ5, con formazione di barriera di monte di circa 4-5 m di lunghezza ed iniezione reagente nell'intorno del piezometro PZ4 (**Tavola 8**), utile per la verifica dell'applicabilità della tecnologia selezionata, la valutazione dell'area di influenza e il dimensionamento *full scale* (numero e ubicazione dei punti di iniezione, quantitativi e tipologia di prodotti proposti).

I dettagli relativi alla modalità di realizzazione di quanto proposto per i test pilota e per le indagini sono riportati nella specifica tecnica in **Allegato 12**.

I dati raccolti nella **Fase 1** verranno analizzati ed elaborati al fine di confermare ed implementare quanto previsto nella **Fase 2**.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 64 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

11. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA - FASE 2

Gli interventi di bonifica da realizzare presso il sito in oggetto permetteranno di gestire la contaminazione rilevata ed il risanamento delle aree **SP** e **GW**, individuate e descritte nei precedenti capitoli.

In riferimento alla sorgente suolo insaturo superficiale **SS**, sulla base delle elaborazioni di Analisi di Rischio di cui al Capitolo 7, non si prevedono interventi di bonifica in quanto le CRS rilevate in sito risultano conformi alle relative CSR calcolate (rif. **Tabella 7-30**).

Nello specifico le operazioni di bonifica proposte si svolgeranno per fasi, come descritto al Capitolo 9.

11.1 Fase 2 - Applicazione tecnologie SVE/BV, Bioremediation e MNA

Nel presente paragrafo vengono descritte le attività da eseguire a seguito della realizzazione di quanto previsto nella **Fase 1**, ovvero:

- Implementazione dell'intervento di SVE/BV, volto al risanamento della matrice terreno profondo;
- Implementazione dell'intervento di Bioremediation con iniezione di carbone colloidale PetroFix, volto al risanamento della matrice acque sotterranee.

Anche in questa fase sarà presente in sito l'impianto di P&S, quale presidio da attivare nel caso dovessero essere riscontrate criticità sulla matrice acque sotterranee. Qualora si osservasse la stabilità delle concentrazioni entro gli obiettivi di bonifica, il sistema P&S potrà essere rimosso, previa comunicazione agli Enti.

11.1.1 Intervento SVE/BV

La **Fase 2** dell'intervento di Soil Vapor Extraction e Bioventing prevede l'applicazione full scale delle tecnologie testa nel corso della **Fase 1**, attuando gli accorgimenti tecnologici, desunti della fase di test, volti ad ottimizzare i sistemi.

Principi della tecnologia

Il Soil Vapor Extraction (SVE) consiste nell'estrazione dei contaminanti dal terreno insaturo tramite l'applicazione di depressioni indotte all'interno di pozzetti fenestrati, per mezzo di idonei sistemi di aspirazione. L'azione di risanamento, in linea generale, si esplica secondo due processi principali:

- estrazione fisica degli inquinanti: gli strati aerati del terreno sono sottoposti ad una depressione ed estrazione dei gas interstiziali; con il flusso dei gas interstiziali vengono estratti anche gli inquinanti organici volatili allo stato di vapore;
- l'estrazione dei gas interstiziali determina un richiamo di aria dall'esterno, con conseguente ossigenazione del terreno ed attivazione dei processi di biodegradazione in situ ad opera della popolazione microbica autoctona.

Questa tecnologia si applica a composti organici volatili quali le frazioni petrolifere volatili, la maggior parte degli idrocarburi clorurati e gli idrocarburi aromatici (Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xilene, ecc.).

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 65 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

L'efficacia del processo dipende, oltre che dalle caratteristiche intrinseche dei contaminanti (Costante di Henry in primis), dalle caratteristiche del suolo quali umidità e granulometria.

L'azione di risanamento esercitata dalla tecnologia di bonifica BioVenting (BV) si esplica attraverso un processo di degradazione biologica; infatti, nel terreno sono naturalmente presenti microrganismi in grado di utilizzare i composti idrocarburici come fonte di energia. Solitamente la mancanza di ossigeno è il fattore limitante lo sviluppo e l'attivazione di tali microrganismi. Scopo del BV è dunque l'immissione di ossigeno nel sottosuolo, tramite l'insufflazione di aria ambiente all'interno degli appositi pozzetti di ventilazione fenestrati. L'efficacia dell'intervento dipende da una serie di parametri, fra cui assumono particolare importanza la biodegradabilità degli inquinanti, la permeabilità dei terreni contaminati all'aria e l'eventuale presenza di livelli saturi d'acqua che possano impedire la diffusione dell'aria nel sottosuolo.

L'intervento di bonifica si attuerà secondo due tecnologie che saranno applicate sequenzialmente sul sito, secondo tempistiche che potranno essere dettagliate a seguito del completamento della fase di test pilota. L'impianto SVE sarà finalizzato all'estrazione dei vapori volatilizzati nell'insaturo; la depressione indotta nel sottosuolo favorisce la volatilizzazione e realizza il recupero e la captazione dei contaminanti, costituiti da frazioni idrocarburiche leggere, adsorbite alla matrice solida. Inoltre, inducendo una circolazione di aria nel sottosuolo, fornisce l'ossigeno necessario allo sviluppo di colonie microbiche in grado di metabolizzare i contaminanti presenti in sito.

La successiva conversione a BV consentirà il completamento della degradazione delle frazioni residue di contaminanti idrocarburici insistenti nell'area di effrazione attraverso l'ossigenazione indotta, che favorirà lo sviluppo di attività microbica aerobica idrocarburo-degradante.

Area di intervento

L'intervento riguarderà l'area sorgente per una superficie complessiva di ca. 200 m², rappresentata graficamente in **Tavola 3**. L'intervento interesserà la porzione insatura del suolo profondo da una profondità di ca. 1 m da p.c. sino al piano di falda, posto mediamente a ca. 9 m da p.c., per una volumetria indicativa di ca. 1600 m³ di suolo. Il test pilota sul pozzo SVE profondo (fenestrato 6-9 m da p.c.) consentirà di valutare l'eventuale condensa/acqua richiamata dall'impianto ai fini dell'ottimizzazione del dimensionamento full scale.

Modalità di intervento

I sistemi di aspirazione saranno dimensionati per assicurare la copertura dell'intera area di estensione della contaminazione, mirando ad effettuare almeno 3-5 ricambi / giorno dell'aria contenuta nella porosità del suolo. Tenuto conto della dimensione dell'area di intervento e della litologia prevalente, si prevede di realizzare all'interno dell'area di effrazione **n. 9 punti di estrazione vapori (Tavola 9)**. In relazione agli esiti della **Fase 1** di intervento sarà possibile valutare l'eventuale necessità di installare un numero maggiore o minore di punti di insufflazione/estrazione al fine di coprire integralmente ed efficacemente l'area contaminata nonché l'opportunità di agire distintamente su due distinti livelli utilizzando coppie di punti di ventilazione (superficiale e profonda).

I pozzetti di prevista installazione potranno essere usati sia per l'insufflazione che per l'estrazione dell'aria, in quanto a seguito dei monitoraggi condotti nel corso dell'intervento potrà rendersi utile la conversione del sistema di SVE in sistema di BV all'esaurirsi delle frazioni più leggere di contaminanti.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 66 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

Nella seguente tabella è riportato un dimensionamento preliminare dei punti di ventilazione e dei parametri di esercizio dell'impianto, desunto da esperienze maturate dalla scrivente in siti con caratteristiche litologiche analoghe. A seguito del completamento dei test previsti nella Fase 1 di bonifica, tali dati potranno essere confermati o aggiornati al fine di ottimizzare le performance del sistema di bonifica. Pertanto, la corretta profondità/fenestrazione sarà valutata a valle dei test pilota e prima di eseguire le indagini per l'installazione full scale.

Parametro	UM	Valore
Profondità [da p.c.]	m	9,0
Dimensioni	pollici	4"
Tratto cieco/fessurato	m	0-1,0; 1,0-6,0 (sup.); 6,0-9,0 (prof.)
Materiale	-	PVC
Portata aria estratta per pozzo	m ³ /h	40-50
Depressione a testa pozzo	mbarg	150
Raggio di influenza	m	5

Modalità di realizzazione pozzi di ventilazione

I pozzi di estrazione saranno realizzati osservando tutte le cautele e le procedure tecniche adottate nella buona pratica per l'esecuzione di sondaggi ambientali. La testa pozzo sarà protetta da un pozzetto in cemento di dimensioni adeguate, dotato di chiusino o cilindro metallico di protezione.

Come indicato precedentemente, ci si riserva di valutare alcune variazioni delle caratteristiche dei punti ventilazione in funzione dell'effettiva condizione del sito e dell'acquisizione dei risultati relativi alla Fase 1 di bonifica.

Dimensionamento preliminare impianti

Di seguito si descrive in dettaglio lo schema di impianto SVE/BV che si intende installare all'interno del Sito, comprensivo del dimensionamento preliminare delle attrezzature e delle portate di esercizio.

L'impianto di Soil Vapor Extraction sarà composto dai seguenti elementi (**Tavola 10**):

- soffiante a canale laterale (alimentata elettricamente tramite allaccio 380V, 50Hz, 16A);
- separatore di condensa;
- pompa di rilancio condense;
- sistema di trattamento dei vapori estratti;
- quadro di controllo con valvole di regolazione portata, vacuometro e punto di presa campione/monitoraggio;
- piping.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 67 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

La soffiante di aspirazione verrà dotata di presa d'aria falsa, da utilizzare qualora necessario per diluire il flusso entrante con un apporto atmosferico tale da annullare ogni potenziale rischio di esplosione, o quanto tale da garantire un valore LEL (Lower Explosive Limit) inferiore a 20% (ambiente esplosivo = LEL 100% = CH4 5%).

A seguito della conversione in BV potranno essere dismesse la sezione di separazione delle condense e la linea di trattamento dei vapori. Le restanti apparecchiature verranno riconvertite in modo da consentire l'immissione di aria nel sottosuolo anziché l'aspirazione da questo.

Descrizione del processo

L'impianto di SVE provvederà ad estrarre i contaminanti presenti nel sottosuolo mediante l'applicazione di una depressione ai pozzi di ventilazione. I vapori raccolti dalla linea di aspirazione sono convogliati all'interno di un separatore di condensa nel quale si separano per gravità due distinte correnti:

- fase gassosa (costituita da miscela di aria e contaminanti volatili in forma gassosa);
- fase liquida (costituita da miscela di acqua e contaminanti volatili in forma disciolta).

La corrente gassosa è richiamata a mezzo di aspiratore a canali laterali e rilanciata al sistema di trattamento gas, quindi emessa in atmosfera.

La fase liquida è rilanciata mediante pompa ad un serbatoio di stoccaggio per poi essere conferita ad impianto di smaltimento/trattamento autorizzato a norma di legge.

Quando i monitoraggi periodici evidenzieranno condizioni compatibili con il potenziale esaurimento delle frazioni idrocarburiche più leggere e volatili, gli impianti di aspirazione saranno convertiti in sistema di Bioventing al fine di favorire lo sviluppo dell'attività degradativa aerobica ad opera dei batteri naturalmente presenti nel sottosuolo.

Principali sezioni

Nella seguente tabella sono riassunte le caratteristiche delle principali sezioni dell'impianto di ventilazione. I dati ivi riportati potranno essere aggiornati / confermati a seguito del completamento della Fase 1 di intervento.

IMPIANTO SVE	
Aspiratore a canali laterali	
ITEM	KS1
Servizio	Aspirazione vapori interstiziali
Numero	1
Portata nominale	400 m ³ /h (150 mbar)
ΔPmax	300 mbar
Separatore liquido / gas	
ITEM	SC1
Servizio	Separazione correnti gassose e liquide
Numero	1
Pressione di esercizio	0,7 bar

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 68 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

Portata esercizio (gas)	400 m ³ /h
Temperatura esercizio	Ambiente
Servizio	Separazione correnti gassose e liquide
Rilancio fase liquida	
ITEM	PA01
Servizio	Rilancio corrente liquida a serbatoio di stoccaggio
Numero	1
Portata nominale	1 m ³ /h
Prevalenza max	25 m

Impianto di filtraggio e trattamento aria

Il trattamento dell'aria verrà eseguito mediante filtrazione su carbone attivo granulare (GAC), sulla base di quanto riportato nella tabella seguente. Il dimensionamento preliminare ivi riportato sarà confermato / aggiornato sulla base degli esiti dei test previsti nella **Fase 1** di bonifica.

Parametro	Valore
Numero linee	1
Numero filtri (per linea)	2
Numero totale filtri.	2
Servizio	Abbattimento VOC
Tipologia riempimento	GAC
ITEM	FC1 – FC2
Quantità GAC	500 kg/cad
Temperatura	Ambiente

Caratteristiche chimico-fisiche correnti in uscita

Le correnti in uscita dagli impianti sono costituite da:

- emissioni in atmosfera (punto di emissione camino).

Relativamente alle emissioni in atmosfera sarà garantita la conformità ai limiti previsti dalla normativa vigente, con riferimento particolare al D.Lgs. 152/06 e s.m.i. (Tabelle A1 - D Allegato 1 alla Parte V). Nel dettaglio sono stati quindi assunti i valori limite di seguito riportati.

Tabella 11.1 - Limiti all'emissione in atmosfera

Parametro	Riferimento	Soglia di rilevanza (g/h)	Valore limite (mg/Nm ³)
Benzene	Tabella A1 – Classe III	25	5
Etilbenzene	Tabella D – Classe III	2000	150
Stirene	Tabella D – Classe IV	3000	300
Toluene	Tabella D – Classe IV	3000	300
Xileni	Tabella D – Classe IV	3000	300
<i>Altri composti</i>			
Idrocarburi totali (n-esano)	Tabella D – Classe III	2000	150

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 69 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

Con riferimento allo schema sopra riportato, ai fini del calcolo del flusso di massa e di concentrazione la norma prevede che:

- in caso di presenza di più sostanze della stessa classe, le quantità delle stesse vanno sommate;
- in caso di più sostanze di classi diverse, alle quantità di sostanze di ogni classe vanno sommate le quantità di sostanze delle classi inferiori.

Fermi restando i valori di emissione sopra indicati, la concentrazione totale, nel caso di più sostanze, non deve superare il limite della classe più elevata.

Piping

La linea di ventilazione SVE sarà costituita in materiale HDPE, fuori terra od interrata a seconda della fattibilità logistica. La testa pozzo dei pozzetti dovrà essere realizzata in modo tale da permettere l'agevole campionamento periodico dei soil gas.

Quadro di controllo

L'impianto di SVE sarà dotato di un quadro di controllo per la regolazione dei flussi in aspirazione, tramite valvola a saracinesca installata su ciascuna linea. All'interno del quadro saranno installati anche il vacuometro per la lettura della depressione indotta e la presa campione per il prelievo d'aria ed il monitoraggio dei parametri di interesse.

11.1.2 Intervento di Bioremediation tramite iniezione di carbone colloidale PetroFix

Nella **Fase 2** del progetto, l'intervento di Bioremediation tramite iniezione di carbone colloidale PetroFix prevede l'implementazione degli interventi già realizzati nella Fase 1, ovvero:

- Ampliamento della barriera realizzata a monte del POC (PZ5) con aggiunta di ulteriori n. 4 punti, per un totale di n. 8 punti (esecuzione di n. 2 punti verso nord-ovest e n. 2 verso sud-est);
- Ampliamento dell'area di intervento nell'intorno del piezometro PZ4, previa verifica interferenza con oleodotto, con aggiunta di ulteriori n. 8 punti, per un totale di n. 12 punti.

Il prodotto prescelto è costituito da una miscela di carbone di tipo colloidale (con diametro compreso tra 1 e 2 µm), fornito unitamente ad una combinazione di elettro-accettori a base di nitrati e solfati, che favoriscono le successive attività di biodegradazione dei contaminanti adsorbiti sul carbone stesso.

La miscela prodotto/acqua sarà distribuita nei punti di iniezione su uno spessore di circa 4 m, posto tra frangia capillare ed il terreno saturo, a profondità comprese tra circa 8 m e 12 m da p.c. per l'implementazione della barriera a monte del PZ5. La barriera sarà realizzata a monte a circa 2 m dal POC (PZ5) e l'interasse dei punti di iniezione sarà di 1,5 m, come nella Fase 1.

Nell'intorno del PZ4, la miscela sarà distribuita sullo stesso spessore indicato per la barriera e (tra circa 8 m e 12 m da p.c.) e la distanza tra il PZ4 ed i punti di iniezione sarà di 1,5 m, mentre l'interasse tra un punto e il successivo sarà di circa 2 m.

Di seguito, in

Tabella 11-2, sono riportate le quantità di reagenti da impiegare anche nella Fase 2, come per i test pilota di iniezione di Fase 1, ed i relativi rapporti di diluizione.



	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 70 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

Tabella 11-2 - Quantitativi relativi ai punti di iniezione

Indicazione Area intervento	Area PZ4	Barriera a monte del PZ5
Numero punti di iniezione	4 (test pilota di Fase 1) + 8 (full scale di Fase 2)	4 (test pilota di Fase 1) + 4 (full scale di Fase 2)
Spessore trattamento	4 m (8-12 m da p.c.)	4 m (8-12 m da p.c.)
Carboni di tipo colloidale concentrati per punto	181 Kg	136 Kg
Ammendante a base di nitrati e solfati per punto	9 Kg	7 kg
Volume di iniezione per punto	Circa 2200 litri	Circa 1400 litri

L'intervento verrà eseguito con le stesse modalità realizzative della **Fase 1**, i cui dettagli sono riportati in **Allegato 12**.

L'ubicazione indicativa dei punti di iniezione è riportata nella **Tavola 11**. L'ubicazione finale dei punti verrà definita in funzione dei test e verificata in campo a seguito del picchettamento dell'oleodotto e nel rispetto delle distanze minime da tenere.

Al fine di valutare l'efficacia dell'iniezione di carboni colloidali, sarà realizzato un piano di monitoraggio della durata di 6 mesi a partire dalle iniezioni stesse, con periodicità mensile. Dovrà essere eseguito un monitoraggio pre-iniezione come baseline di riferimento. Successivamente, il monitoraggio proseguirà a cadenza trimestrale fino al collaudo finale dell'intervento di risanamento delle acque sotterranee.

Nello specifico, in corrispondenza dei piezometri PZ4, PZ5 e PZ6 (di nuova realizzazione nella Fase 1, a valle di PZ5), oltre ai parametri previsti per le routinarie attività di monitoraggio (quali: idrocarburi totali-BTEXS-MtBE), saranno rilevati anche i parametri chimico-fisici (pH, ORP, Conducibilità Elettrica, DO, T, Salinità), utili per il controllo dei processi di biodegradazione in atto, e saranno ricercati i seguenti parametri aggiuntivi:

- COD;
- BOD;
- Solfati;
- Nitrati;
- Solfuri;

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 71 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

- Metalli (Fe II, Fe III, Mn II, Mn IV);
- Metano;
- CO₂;
- Analisi microbiologiche per valutazione dell'attività di biodegradazione attraverso misurazione dei geni funzionali.

Si precisa che tali parametri saranno analizzati in quanto indici dell'andamento della biodegradazione e non rientrano nei parametri per i quali sono stati definiti gli obiettivi di bonifica.

Dovrà essere eseguito un monitoraggio pre-iniezione come baseline di riferimento.

11.1.3 Monitored Natural Attenuation

La tecnologia MNA è identificabile come una tecnica di bonifica "passiva", in cui il carico inquinante presente nel sottosuolo viene ridotto naturalmente tramite la capacità potenziale di autodepurazione dell'ambiente, nello specifico grazie a processi fisici (dispersione, volatilizzazione), chimici (precipitazione, dissoluzione, adsorbimento, idrolisi, decadimento, reazioni acido-base, redox) e microbiologici (ossidazione, fermentazione, riduzione e dechlorazione). Fra i vari meccanismi elencati sopra, i processi di biodegradazione sono quelli di particolare interesse per il sito in esame e attraverso i quali i microrganismi autoctoni trasformano i composti inquinanti in altre sostanze riducendone così concentrazione e massa.

Presupposto fondamentale per l'applicazione dell'attenuazione naturale è la possibilità di dimostrare l'efficacia dei processi di attenuazione partendo da un'adeguata caratterizzazione del sito e basandosi su molteplici linee di evidenza:

- esame dei dati storici per valutare la geometria e lo stato evolutivo del plume (per contaminazioni a carico delle acque);
- esame dei dati idrogeologici (infiltrazione efficace, conducibilità idraulica, soggiacenza di falda) e geochimici (temperatura, pH, potenziale redox, ossigeno, nitrati, etc.);
- esame dei dati di campo e dei microcosmi per valutare direttamente i processi e l'eventuale necessità di fare ricorso a modelli numerici in grado di dimostrare l'efficacia dell'MNA in condizioni complesse.

Risulta quindi fondamentale il controllo, tramite monitoraggio, dei processi di attenuazione naturale ed il loro avanzamento nell'azione di riduzione dei contaminanti (in termini di massa, concentrazioni, mobilità o tossicità), in riferimento al raggiungimento degli obiettivi di bonifica individuati.

In un'ottica di "bonifica sostenibile", che tenga conto nell'individuazione della migliore soluzione degli aspetti ambientali, economici e sociali, l'attenuazione naturale costituisce un supporto e una possibile alternativa ad altre tecniche di bonifica invasive e generatrici di emissioni, scarichi e rifiuti. Lo stesso D.Lgs. 152/06 nell'Allegato 3 alla parte quarta fornisce alcuni richiami al concetto di sostenibilità nella scelta delle tecnologie da applicare (individuazione delle migliori tecniche di intervento a costi sostenibili - B.A.T.N.E.E.C. - Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs). La scelta della migliore tra le possibili tipologie di

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 72 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

intervento deve tener conto del livello di protezione dell'ambiente che sarebbe desiderabile conseguire, dell'esistenza o meno di tecniche affidabili in grado di conseguire e mantenere nel tempo detti livelli di protezione e dell'entità dei costi di progettazione, realizzazione, gestione monitoraggio, etc. da sostenere nelle varie fasi dell'intervento.

Nel caso specifico la tecnologia MNA sarà a supporto degli ulteriori interventi descritti nel presente documento, valutando la sussistenza di condizioni favorevoli ai processi di biodegradazione ed eventuale riduzione delle concentrazioni nell'ambito delle indagini integrative di cui al paragrafo 10.1 e **Allegato 12** e delle indagini di verifica dell'avanzamento del risanamento del comparto terreno di cui al paragrafo 12.3.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 73 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

12. PIANO DI MONITORAGGIO E VERIFICA AVANZAMENTO INTERVENTI

Nel presente capitolo si riportano le attività di monitoraggio e collaudo previste sia durante il corso delle attività che al termine delle operazioni di bonifica:

- Piano di monitoraggio in corso d'opera;
- *Rebound Test* dei sistemi di bonifica;
- Verifica avanzamento del risanamento del comparto terreno;
- Monitoraggio delle acque sotterranee per verifica avanzamento del risanamento del comparto acque sotterranee.

12.1 Piano di monitoraggio in corso d'opera

Il piano di monitoraggio in corso d'opera ha l'obiettivo di verificare le performance degli interventi di bonifica e l'evoluzione delle condizioni ambientali.

In particolare, in relazione ai vari interventi che saranno realizzati si prevede il monitoraggio di:

Tabella 12.1 - Piano di monitoraggio in corso d'opera

Sistema	Punto	Frequenza di misura 1	Frequenza di misura 2	Frequenza di misura 3	Supporto	Parametri
SVE	IN (trattamento aria)	Settimanale per il 1° mese	Quindicinale per il 2° mese	Mensile dal 3° mese	PID/GA + Fiala c.a.	SOT + BTEXS + HC<12 + HC>12 Flusso di massa in g/h
	OUT (trattamento aria)					
	SVE-BV1÷ SVE-BV9	Monitoraggio pre avvio	Mensile per i primi tre mesi	Trimestrale	PID/GA + Fiala c.a.	SOT + BTEXS + HC<12 + HC>12
FALDA	Piezometri PZ1-PZ2-PZ3	Mensile per i primi sei mesi	Trimestrale	Trimestrale	Bottiglie Vials	BTEp-XS, MtBE e HC
	Piezometri PZ4 -PZ5-PZ6	Mensile per i primi sei mesi	Trimestrale	Trimestrale	Bottiglie Vials	BTEp-XS, MtBE e HC + parametri aggiuntivi (vedi par. 11.1.2)

Qualora a seguito dei monitoraggi condotti nel corso dell'intervento potrà rendersi utile la conversione del sistema di SVE in sistema di BV all'esaurirsi delle frazioni più leggere di contaminanti, si attiveranno dei monitoraggi ad hoc di seguito descritti:

- Rilievo pressione, VOC, CO₂ e O₂ presso punti MON1, MON2, MON3, PZ5 ed eventuali altri punti ritenuti utili, con cadenza settimanale per il 1° mese da avvio SVE, quindicinale nel 2° mese e mensile dal 3° mese.
- Test respirometrico al 3° mese e 6° mese da avvio BV, a seguire con cadenza semestrale/annuale in funzione dei monitoraggi periodici.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 74 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

I dati così rilevati saranno elaborati e utilizzati per verificare l'avanzamento della bonifica e trasmessi periodicamente agli Enti di controllo.

La scrivente si riserva di variare il piano di monitoraggio sulla base degli effettivi riscontri ottenuti nel corso dei controlli periodici; tale variazione sarà ad ogni modo comunicata con congruo anticipo e concordato con le EE.PP.

L'andamento degli interventi di bonifica verrà descritto in appositi report di monitoraggio semestrali.

12.2 Rebound Test

Lo spegnimento dei sistemi di bonifica e l'esecuzione del *Rebound Test* verranno effettuati qualora si osservassero condizioni asintotiche delle concentrazioni nei gas estratti dal sistema di SVE.

Il *Rebound Test* consisterà nello spegnimento dei sistemi di bonifica per un periodo di 1-3 mesi, durante il quale sarà monitorata la qualità delle acque di falda e sarà eseguito un test respirometrico dei punti SVE/BV.

Ulteriori dettagli e modalità operative saranno condivisi con gli Enti di controllo prima del test.

12.3 Verifica avanzamento del risanamento del comparto terreno

Le attività di verifica dell'avanzamento del risanamento della matrice terreno (suolo profondo) avranno lo scopo di verificare in corso d'opera il raggiungimento degli obiettivi di bonifica (CSR) e consentiranno di valutare le seguenti opzioni:

- la prosecuzione degli interventi di bonifica;
- variazioni/modifiche alla configurazione degli impianti di bonifica;
- varianti progettuali agli interventi di bonifica.

Pertanto, in funzione dell'avanzamento della bonifica e sulla base dei dati acquisiti dal monitoraggio in corso d'opera, verranno eseguite specifiche campagne di indagine volte a verificare periodicamente lo stato di qualità dei terreni e valutare l'avanzamento dei fenomeni di attenuazione naturale MNA (analisi microbiologiche).

Si prevede di realizzare verifiche periodiche indicativamente ogni 12 mesi dall'avvio degli interventi di **Fase 2** o in funzione dell'andamento della bonifica. Il dettaglio delle attività, numero e ubicazione dei punti di indagine verranno condivise preliminarmente con le PP.AA. tramite apposita nota.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 75 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

12.4 Monitoraggio delle acque sotterranee

Gli interventi di bonifica sulla contaminazione residua rilevata nel comparto acque sotterranee verranno monitorati mediante l'esecuzione di rilievi fluidi e prelievo di campioni dai piezometri presenti e il confronto delle concentrazioni con le CSR definite dall'Analisi di Rischio, nonché le CSC previste dal D.Lgs. 152/06 e s.m.i. in corrispondenza del POC.

Di seguito si riportano i limiti di riferimento:

Parametro	U.M.	Obiettivi di bonifica (CSR/CSC)
Idrocarburi totali (n-esano)	µg/l	350
Benzene	µg/l	1
Etilbenzene	µg/l	50
Toluene	µg/l	15
p-Xilene	µg/l	10
MtBE*	µg/l	40

Tabella 12.2 – Limiti CSC/CSR

12.5 Collaudo degli interventi

Sulla base dell'avanzamento della bonifica e dei dati del monitoraggio degli interventi sopra descritti, qualora si osservassero concentrazioni asintotiche nei gas dei sistemi SVE/BV e miglioramenti sostanziali nella qualità della matrice ambientale acque sotterranee con il traguardo degli obiettivi di bonifica definiti, si procederà al collaudo della matrice ambientale terreni, tramite punti di indagine ubicati indicativamente in corrispondenza dei punti realizzati nella fase 1, come riportato in **Tavola 12**.

In particolare, si prevede di realizzare n. 8 sondaggi (C1÷C8) di collaudo della matrice suolo profondo e verifica dei n. 8 sondaggi realizzati nella fase 1, spinti alla profondità indicativa di 8,5-9,0 m da p.c. (fino al raggiungimento della falda), procedendo al prelievo di campioni di terreno negli orizzonti coincidenti ai livelli risultati contaminati nei punti di indagine presenti nelle diverse aree di interesse.

I campioni prelevati saranno sottoposti ad analisi chimica di laboratorio per la ricerca dei parametri di cui alla Tabella al capitolo 6 e confrontati con la CSR definite al Capitolo 7.

Ci si riserva di rivalutare la presente proposta in funzione dell'evoluzione del quadro ambientale.

Acquisiti i risultati si procederà alla condivisione con gli Enti e alla definizione dei prossimi step dell'iter ambientale.

Per quanto riguarda il collaudo delle acque sotterranee, esso verrà eseguito in accordo con gli Enti e in concomitanza del collaudo della matrice terreno profondo.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 76 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

13. AUTORIZZAZIONI

L'articolo 242, comma 7, del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. specifica che l'autorizzazione regionale, relativa all'approvazione del Progetto Operativo di Bonifica, *"ai soli fini della realizzazione e dell'esercizio degli impianti e delle attrezzature necessarie all'attuazione del progetto e per il tempo strettamente necessario all'attuazione medesima...sostituisce a tutti gli effetti le autorizzazioni, le concessioni, i concerti, le intese, i nulla osta, i pareri e gli assensi previsti dalla legislazione vigente..."*.

L'esercizio degli impianti di bonifica descritti nel progetto prevede i seguenti punti di scarico/emissione:

- Emissione in atmosfera ai sensi del Titolo I Parte V del D. Lgs 152/06 e s.m.i.

Le suddette autorizzazioni saranno da ricomprendere nell'atto autorizzativo del Progetto di Bonifica in esame.

Come anticipato, il dimensionamento preliminare del sistema SVE sarà confermato / aggiornato sulla base degli esiti dei test previsti nella **Fase 1** di bonifica.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 77 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

14. MISURE DI SICUREZZA

14.1 Misure di sicurezza e criteri di protezione dei lavoratori

Prima dell'inizio degli interventi di bonifica verrà predisposto, secondo quanto richiesto dalla normativa vigente, uno specifico Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC) che conterrà la descrizione puntuale dei rischi per gli operatori e delle misure di sicurezza da adottare per minimizzare tali rischi.

L'esecutore delle attività dovrà osservare, in relazione ai rischi derivanti sia dalle attività previste che dalle particolari operazioni svolte e/o esistenti nell'ambiente di lavoro e nelle zone in cui le diverse società andranno ad operare, tutte le norme vigenti in materia di prevenzione degli infortuni ed igiene del lavoro, impegnandosi ad adottare, a sua cura e spese, tutte quelle misure e quei provvedimenti previsti dalle succitate norme e dispositivi, anche in relazione a quanto previsto dal D.Lgs. n. 81/08 e ss.mm.ii.

14.2 Organizzazione del cantiere di bonifica

La collocazione del cantiere sarà interamente all'interno della proprietà, presso l'area del sito di effrazione. L'area oggetto dell'intervento sarà messa in sicurezza secondo le normative vigenti e segnalata con l'apposita cartellonistica di sicurezza. In particolare, nel corso dei lavori sarà adottata adeguata segnalazione e protezione delle aree di lavoro, degli scavi e delle zone che potrebbero determinare rischio.

L'accesso al cantiere di bonifica sarà consentito solo al personale addetto alle operazioni, alla D.L. e ai tecnici degli EE.PP.

14.3 Valutazione dei rischi

In linea generale, considerando che le attività di bonifica che potrebbero generare rischi comprenderanno essenzialmente operazioni di perforazione, movimentazione di terreni contaminati e campionamenti di acque e gas contaminati, i maggiori rischi per la sicurezza degli operatori potrebbero essere connessi ai seguenti fattori:

- contatto accidentale con macchine operatrici in movimento (escavatore, pala gommata, ecc.);
- contatto cutaneo od oculare con terreni, acque e gas contaminati;
- caduta di materiale dall'alto, in particolare dalle macchine operatrici;
- inalazione di polveri o vapori che potrebbero svilupparsi durante lo scavo del materiale contaminato o il campionamento di acque e gas contaminati;
- esposizione continuativa al rumore dei mezzi di cantiere.

Per ridurre i rischi derivanti da tali fattori, durante ogni attività di cantiere implicante i rischi suddetti, gli operatori dovranno sempre disporre dei seguenti dispositivi di protezione individuale (DPI), da utilizzare quando necessari:

- elmetto protettivo;
- maschera per la protezione delle vie respiratorie;
- scarpe antinfortunistiche con lama antiforo e puntale in acciaio;
- cuffie auricolari;
- occhiali protetti guanti resistenti all'abrasione;
- guanti protettivi

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 78 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

- tute in tyvek® monouso.


Gli operatori svolgeranno le proprie mansioni sotto la supervisione di un responsabile per la sicurezza in fase di esecuzione, che avrà il compito di verificare la corretta applicazione delle norme di sicurezza.

14.4 Controllo e supervisione in corso d'opera

Il responsabile della sicurezza seguirà i lavori della Società di bonifica, effettuando i controlli atti a verificare la corretta applicazione delle misure di prevenzione e protezione previste dalla valutazione dei rischi.

È facoltà del Responsabile della Sicurezza richiedere l'immediata sospensione dei lavori qualora si verificasse condizione di pericolo immediato o il ripetuto mancato rispetto delle disposizioni di legge in materia di sicurezza sul lavoro. Egli ha inoltre la facoltà di convocare, ogni qualvolta lo ritenga necessario, i responsabili delle singole imprese al fine di concordare interventi migliorativi per la sicurezza dei lavoratori, e/o informare gli stessi su attività concomitanti critiche derivanti da attività di altre imprese.

Nel caso in cui si verificassero condizioni di rischio non evidenziate in occasione del sopralluogo iniziale e/o emergessero problematiche attinenti la Salute e Sicurezza dei lavoratori; ciascun Responsabile della Sicurezza è tenuto ad evidenziare tali problematiche e richiedere un incontro congiunto tra le Parti al fine di ricercare soluzioni migliorative per ripristinare le normali condizioni di lavoro.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 79 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

15. CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ


La successione temporale indicativa con cui verranno svolte le attività è specificata in **Allegato 13**. Relativamente ai test idraulici di cui al paragrafo 10.1 e **Allegato 12**, gli stessi non figurano nel cronoprogramma delle attività in quanto verranno svolti in autonomia e non appena programmabili.

Le tempistiche non tengono conto dei tempi tecnici di ottenimento di eventuali autorizzazioni e delle validazioni da parte degli Enti di Controllo, oltre che eventuali ulteriori limitazioni derivanti dall'accesso alle aree di proprietà terzi.

La tempistica delle attività che saranno svolte sarà comunque comunicata agli Enti di controllo con congruo preavviso.

La durata complessiva degli interventi di cui al presente documento è stimata in **45 mesi**.

Si specifica che in funzione degli esiti delle attività di **Fase 1**, potranno essere apportate eventuali modifiche al cronoprogramma delle attività di **Fase 2**.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 80 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

16. STIMA COSTI DI INTERVENTO

Nel presente capitolo si riporta la stima dei costi delle attività descritte nel presente documento, considerando un periodo complessivo di 45 mesi di cui 24 mesi di funzionamento dei sistemi SVE/BV (rif. Capitolo 15).

Il totale delle attività prevede una spesa stimata di **380.000,00 € +/- 30%** (IVA esclusa).

Voce	Attività	Totale
A	Fase 1 - Test pilota e indagini integrative	€
A.1	Indagini integrative, campo prove e piezometro integrativo	30.000
A.2	Test pilota SVE/BV	20.000
A.3	Test PetroFix e monitoraggio	35.000
B	Fase 2 - Applicazione tecnologie SVE/BV, Bioremediation e MNA	
B.1	Realizzazione pozzi SVE/BV	15.000
B.2	Opere civili	40.000
B.2	Installazione sistemi SVE/BV e start-up	15.000
B.3	Intervento PetroFix e monitoraggio	50.000
B.4	Esercizio impianto SVE/BV e monitoraggio (24 mesi)	75.000
B.5	Rebound test	15.000
B.6	Campagna di indagine di verifica terreni	25.000
B.7	Collaudo matrici ambientali	15.000
B.8	Monitoraggio acque sotterranee	20.000
C	Costi gestione dei rifiuti prodotti	
C.1	Costi relativi alla gestione dei rifiuti prodotti	15.000
D	Costi del personale	
D.1	Costi personale per riunioni/Conferenza dei Servizi e costi reportistica	10.000
	Totale (esclusi oneri sicurezza e fornitura energetica)	380.000 +/- 30%

Tabella 16.1 - Computo metrico estimativo.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 81 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

17. CONCLUSIONI

Il presente documento costituisce il “*Progetto Unico di Bonifica con Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 04/08*” relativo all’area interessata dalla fuoriuscita d’idrocarburi avvenuta per manomissione dolosa dell’oleodotto Eni S.p.A. da 26" Ferrera-Bertonico-Cremona, ubicata nel Comune di Bertonico (LO) e notificata ai sensi dell’artt. 249 e 245 del D.Lgs. 152/06 in data 28 agosto 2016 (rif. prot. n. 921/16).

Sulla base di quanto presentato nei capitoli precedenti e degli obiettivi di bonifica definiti per il sito in esame, rappresentati dalle CSR calcolate mediante Analisi di Rischio (rif. **Tabella 7-30**), la proposta tecnica oggetto del presente Progetto Unico di Bonifica privilegia l’applicazione delle tecnologie di seguito descritte, individuate per il risanamento in fasi del suolo profondo insaturo **SP** e delle acque sotterranee **GW**.

Per la sorgente suolo insaturo superficiale **SS** non si prevedono interventi di bonifica in quanto le CRS rilevate in sito risultano conformi alle relative CSR calcolate.


➤ **Fase 1 – Test pilota e indagini integrative**

- **Indagini integrative:** utili per verifica e aggiornamento dello stato qualitativo dei terreni insaturi profondi a 6 anni dall’evento di notifica, tramite realizzazione di sondaggi/piezometri e prelievo di campioni da sottoporre ad analisi chimiche e microbiologiche di laboratorio.
- **Test pilota Soil Vapor Extraction e Bioventing:** utile per la verifica dell’applicabilità della tecnologia selezionata, la valutazione del raggio di influenza (ROI) e la conferma del dimensionamento preliminare presentato nel presente documento (numero e ubicazione dei punti di estrazione/ insufflaggio, caratteristiche costruttive);
- **Test pilota Bioremediation - PetroFix:** utile per la verifica dell’applicabilità della tecnologia selezionata, la valutazione dell’area di influenza e la conferma del dimensionamento presentato nel presente documento (numero e ubicazione dei punti di iniezione, quantitativi e tipologia di prodotti proposti).

➤ **Fase 2 - Applicazione tecnologie selezionate per il trattamento dei suoli e delle acque di falda**

- **Soil Vapor Extraction/Bioventing** per il trattamento dei terreni insaturi profondi. Tale tecnologia favorisce la volatilizzazione e realizza il recupero e la captazione dei contaminanti adsorbiti in questa porzione di sottosuolo. Inoltre, inducendo una circolazione di aria nel sottosuolo il sistema SVE favorirà, l’ossigenazione necessaria allo sviluppo di colonie microbiche in grado di metabolizzare i contaminanti presenti in sito. In fase di avanzamento dell’intervento si valuteranno eventuali necessità di passaggio da sistemi SVE a BV. Il Bioventing favorisce l’ossigenazione del suolo, attivando i processi catabolici aerobici e la proliferazione dei microrganismi autoctoni che con la loro attività degradano e metabolizzano i composti organici adsorbiti dalle componenti minerali e organiche del suolo
- **Bioremediation - PetroFix** per:
 - la protezione delle acque sotterranee in corrispondenza dei PoC. Barriera permeabile reattiva da realizzare a monte dei PoC (PZ2 e PZ5);
 - il risanamento della matrice acque sotterranee nell’area sorgente secondaria di contaminazione (area nell’ intorno del PZ4);

L’iniezione del prodotto PetroFix direttamente nella sorgente secondaria di contaminazione ha una duplice funzione: rimuove gli idrocarburi dalla fase disciolta, li adsorbe su particelle di

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 82 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	



carbone attivo e quindi stimola la biodegradazione degli idrocarburi aggiungendo accettori di elettroni.

- **Monitored Natural Attenuation (MNA)** quale tecnologia parallela ed in supporto a quelle elencate in precedenza.

I dati raccolti nella **Fase 1** verranno analizzati ed elaborati al fine di confermare ed implementare quanto previsto nella **Fase 2**.

In affiancamento alle tecnologie di cui sopra e in attesa di valutazione del presente documento, si proseguirà con le attività di messa in sicurezza delle acque sotterranee mediante spurghi forzati e programmazione dell'installazione di un sistema Pump&Stock, da gestire in funzione delle evidenze eventualmente riscontrate nel corso dei monitoraggi periodici.

A seguito dell'avvio degli interventi di bonifica l'impianto di P&S verrà mantenuto in sito quale presidio, da attivare nel caso dovessero essere riscontrate criticità sulla matrice acque sotterranee. Qualora si osservasse la stabilità delle concentrazioni entro gli obiettivi di bonifica, il sistema P&S potrà essere rimosso, previa comunicazione agli Enti.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 83 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

ANNESSO 1 METODOLOGIA ANALISI DI RISCHIO SANITARIO AMBIENTALE

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 84 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

METODOLOGIA ANALISI DI RISCHIO

La metodologia applicata ha previsto:

- l'acquisizione delle informazioni e dei dati disponibili sul sito;
- la ricostruzione dello schema concettuale del sito;
- la definizione delle proprietà chimico-fisiche e tossicologiche delle sostanze;
- l'individuazione degli inquinanti indicatori per ciascuna sorgente di contaminazione;
- l'individuazione delle vie e delle possibili modalità di esposizione;
- la definizione delle caratteristiche dei bersagli e dei fattori di esposizione;
- l'aggiornamento del Data-Base chimico-fisico e tossicologico in base alle sostanze riscontrate.

Ricostruzione del modello concettuale del sito (MCS)

La ricostruzione del modello concettuale del sito rappresenta uno dei passi fondamentali nella procedura di analisi del rischio ed è eseguita attraverso la definizione:

- dell'inquadramento geologico-idrogeologico del sito;
- dei dati meteorologici caratteristici dell'area;
- degli scenari di simulazione e delle vie e modalità di esposizione;
- degli inquinanti tipici del sito e degli inquinanti indicatori;
- delle caratteristiche dei bersagli e dei fattori di esposizione.

Le attività di ricostruzione del modello concettuale si basano su dati sito specifici acquisiti nel corso dello studio di caratterizzazione del sito e sono finalizzati all'esplicitazione di tutte le variabili che possono influenzare il trasporto dei contaminanti, il loro arrivo ai bersagli individuati e le modalità d'assunzione degli stessi.

Ai fini dello studio sono state verificate ed elaborate le informazioni acquisite in tutte le fasi di caratterizzazione del sito.

Definizione delle proprietà chimico-fisiche e tossicologiche

Ogni inquinante interagisce con le matrici ambientali ospiti (terreno, acque, aria) in modo strettamente dipendente sia dalle proprietà chimico-fisiche che lo caratterizzano che dalle proprietà intrinseche dell'ambiente circostante.

La definizione di tali variabili risulta fondamentale in quanto da esse dipendono i meccanismi di "Fate&Transport" dell'inquinante dalla zona sorgente verso i bersagli individuati.

I parametri chimico-fisici che regolano la mobilizzazione degli inquinanti ed utilizzati nelle procedure di calcolo sono:

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 85 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

- solubilità in acqua (S, mg/l);
- costante di Henry (H, adimensionale);
- pressione di vapore (VP, mm Hg);
- coefficiente di partizione suolo/acqua per i composti inorganici (Kd, ml/g);
- coefficiente di adsorbimento al suolo per i composti organici (Koc, ml/g);
- coefficiente di diffusione in aria (Dair, cm²/s);
- coefficiente di diffusione in acqua (Dw, cm²/s).

Le proprietà tossicologiche d'ogni specie chimica sono caratterizzate dai seguenti parametri:

- il Potenziale Cancerogeno (SF espresso in kg*giorno/mg): costante caratteristica per ogni sostanza cancerogena che indica la probabilità di contrarre il cancro per unità di somministrazione della sostanza per tutta la vita;
- la Dose Giornaliera di Riferimento o Ammissibile (RfD espressa in mg/kg/giorno): rappresenta l'assunzione giornaliera di contaminante, per unità di peso corporeo, capace di non provocare rischi alla salute umana.
- La Concentrazione di Riferimento (RfC per i non cancerogeni, espressa in mg/m³ e IUR per i cancerogeni espressa in m³/μg): rappresenta la concentrazione di contaminante di esposizione continua che non produce effetti avversi durante tutto il corso della vita.

I dati di tossicità per l'uomo sono espressi mediante i seguenti parametri:

- RfD_{ing} e SF_{ing}: rappresentano rispettivamente la dose di riferimento per tossicità non cancerogena e la slope factor per cancerogenicità, per la via d'esposizione "ingestione orale di contaminante" e vengono assunti anche per la via di esposizione "contatto dermico con il contaminante".
- RfC e IUR: rappresentano rispettivamente la concentrazione di riferimento per tossicità non cancerogena e la IUR per cancerogenicità, per la via d'esposizione "inalazione di polveri e vapori contaminati".

Nella Banca Dati ISS-INAIL aggiornata a marzo 2018 sono presentati i valori dei parametri tossicologici, relativi alle sostanze indicate nella "short list" di cui all'Allegato 2 del D.M. 31/2015.


Stima della Concentrazione al Punto di Esposizione

Secondo le vie di esposizione attive, il bersaglio può entrare in contatto direttamente o indirettamente con le specie contaminanti rilevate nei comparti ambientali terreno insaturo e/o acque sotterranee.

Fatto salvo le vie di esposizione per ingestione e contatto cutaneo (dove il bersaglio è direttamente esposto al media ambientale contaminato) tutte le altre vie di esposizione prevedono il passaggio di stato fisico del contaminante e/o il suo trasporto.

Tali meccanismi sono simulati mediante equazioni analitiche, dette "Fattori di Trasporto" o equazioni di "Fate & Transport".

Le equazioni utilizzate nel presente elaborato sono definite nel documento di riferimento per l'Analisi di Rischio redatto da ISPRA (ex- APAT, marzo 2008).

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 86 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

Si riportano nel seguito i fattori di trasporto corrispondenti alle potenziali vie di migrazione e di esposizione attivabili.

Inalazione outdoor di vapori da suolo superficiale: VF_{ss}

Le equazioni per la stima del fattore di volatilizzazione da suolo superficiale in ambienti aperti sono le seguenti:

$$VF_{ss} \left[\frac{(mg / m^3 - aria)}{(mg / kg - suolo)} \right] = \frac{2W' \rho_s}{U_{air} \delta_{air}} \cdot \sqrt{\frac{D_s^{eff} H}{\pi \tau (\vartheta_w + k_s \rho_s + H \vartheta_a)}} \times 10^3$$

$$VF_{ss} \left[\frac{(mg / m^3 - aria)}{(mg / kg - suolo)} \right] = \frac{W' \rho_s d}{U_{air} \delta_{air} \tau} \times 10^3$$

dove:

$$D_s^{eff} = D_a \frac{\vartheta_a^{3.33}}{\vartheta_e^2} + \frac{D_w}{H} \cdot \frac{\vartheta_w^{3.33}}{\vartheta_e^2}$$

Si assume come fattore di trasporto il minore tra i due.

La stessa via di esposizione è modellizzata dal software Risk-net ver. 3.1 Pro considerando la diluizione in aria ambiente del soil gas presente nel suolo superficiale insaturo. L'equazione utilizzata è la seguente:

$$\alpha_{ss} \left[\frac{mg/m^3_{aria}}{mg/m^3_{soil\ gas}} \right] = \frac{2W'}{U_{air} \delta_{air}} \sqrt{\frac{D_s^{eff}}{\pi \tau}}$$


Inalazione outdoor di polveri da suolo superficiale: PEF

L'equazione per la stima del fattore di emissione di particolato in ambienti aperti da suolo superficiale è la seguente:

$$PEF \left[\frac{(mg / m^3 - aria)}{(mgkg - suolo)} \right] = \frac{P_e W'}{U_{air} \delta_{air}} \times 10^3$$

Inalazione outdoor di vapori da suolo profondo: VF_{samb}

Per la stima del fattore di volatilizzazione da suolo profondo in ambienti aperti, è stato utilizzato il modello "Johnson & Ettinger", che impone il vincolo che la massima volatilizzazione di una sostanza da suolo profondo

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 87 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

debba esser pari o inferiore alla volatilizzazione da suolo superficiale per tale sostanza. Dunque, nel caso in cui la volatilizzazione outdoor da suolo superficiale (VF_{ss}) per una sostanza sia minore rispetto a quella da suolo profondo (VF_{samb}), si assume come fattore di trasporto quello da suolo superficiale.

Le equazioni per la stima del fattore di volatilizzazione da suolo profondo in ambienti aperti sono le seguenti:

$$VF_{samb} \left[\frac{mg/m^3 - aria}{mg/kg - suolo} \right] = \frac{H \cdot \rho_s}{(\theta_w + k_s \cdot \rho_s + H \cdot \theta_a) \cdot \left(1 + \frac{U_{air} \cdot \delta_{air} \cdot L_s(SP)}{D_s^{eff} \cdot W'}\right)} \cdot 10^3$$

$$VF_{samb} \left[\frac{(mg/m^3 - aria)}{(mg/kg - suolo)} \right] = \frac{W' \cdot \rho_s \cdot d_s}{U_{air} \cdot \delta_{air} \cdot \tau} \cdot 10^3$$

Si assume come fattore di trasporto il minore tra i due.

La stessa via di esposizione è modellizzata considerando la diluizione in aria ambiente del soil gas presente nel suolo profondo insaturo. L'equazione utilizzata è la seguente:

$$\alpha_{samb} \left[\frac{mg/m^3_{aria}}{mg/m^3_{soil\ gas}} \right] = \frac{1}{1 + \frac{U_{air} \cdot \delta_{air} \cdot L_s}{D_s^{eff} \cdot W'}}$$

Inalazione indoor di vapori da suolo profondo: VF_{sest}

Le equazioni per la stima del fattore di volatilizzazione da suolo superficiale e profondo in ambienti confinati sono le seguenti:

$$VF_{sest} = \left[\frac{(mg/m^3 - aria)}{(mg/kg - suolo)} \right] = \frac{H \rho_s}{(\theta_w + k_s \rho_s + H \theta_a)} \cdot \frac{D_s^{eff}}{L_T L_b ER} \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{1 + \frac{D_s^{eff}}{L_T L_b ER} + \frac{D_s^{eff} L_{crack}}{D_{crack}^{eff} L_T \eta}}$$

$$VF_{sest} = \left[\frac{(mg/m^3 - aria)}{(mg/kg - suolo)} \right] = \frac{\rho_s \cdot d_s}{L_b \cdot ER \cdot \tau} \cdot 10^3$$

dove D_{seff} è il coefficiente di diffusione effettiva attraverso la zona vadosa e D_{crackeff} è il coefficiente di diffusione effettiva attraverso le fenditure delle fondazioni:

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 88 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

$$D_{crack}^{eff} \left[\frac{cm^2}{s} \right] = D_a \cdot \frac{g_{acrack}^{3.33}}{g_e^2} + \frac{D_w}{H} \cdot \frac{g_{wcrack}^{3.33}}{g_e^2}$$

Si assume come fattore di trasporto il minore tra i due.

La stessa via di esposizione è modellizzata considerando la diluizione in aria ambiente del soil gas presente nel suolo profondo insaturo. L'equazione utilizzata è la seguente:

$$\alpha_{sepsp} \left[\frac{mg/m^3_{aria}}{mg/m^3_{soil\ gas}} \right] = \frac{\frac{D_s^{eff}}{L_T L_B E R}}{1 + \frac{D_s^{eff}}{L_T L_B E R} + \frac{D_s^{eff} L_{crack}}{D_{crack}^{eff} L_T \eta}}$$

Inalazione outdoor di vapori da falda: VFwamb

L'equazione per la stima del fattore di volatilizzazione da falda in ambienti aperti è la seguente:

$$VF_{wamb} \left[\frac{(mg/m^3 - aria)}{(mg/L - acqua)} \right] = \frac{H}{1 + \frac{U_{air} \delta_{air} L_{GW}}{D_{ws}^{eff} W'}} \cdot 10^3$$

dove:

$$D_W^{eff} = (h_{cap} + h_v) \cdot \left(\frac{h_{cap}}{D_{cap}^{eff}} + \frac{h_v}{D_s^{eff}} \right)^{-1}; \quad D_{cap}^{eff} = D_a \cdot \frac{g_{acap}^{3.33}}{g_e^2} + \frac{D_w}{H} \cdot \frac{g_{wcap}^{3.33}}{g_e^2}$$

La stessa via di esposizione è modellizzata considerando la diluizione in aria ambiente del soil gas presente nel suolo profondo insaturo al di sopra della tavola d'acqua. L'equazione utilizzata è la seguente:

$$\alpha_{wamb} \left[\frac{mg/m^3_{aria}}{mg/m^3_{soil\ gas}} \right] = \frac{1}{1 + \frac{U_{air} \delta_{air} L_{GW}}{D_{ws}^{eff} W'}}$$

Inalazione indoor di vapori da falda: VFwesp.

L'equazione per la stima del fattore di volatilizzazione da falda in ambienti confinati è la seguente:

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 89 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

$$VF_{wesp} = \left[\frac{(mg/m^3 - aria)}{(mg/L - acqua)} \right] = \frac{H \frac{D_w^{eff}}{L_T L_b ER}}{1 + \frac{D_w^{eff}}{L_T L_b ER} + \frac{D_w^{eff} L_{crack}}{D_{crack}^{eff} L_T \eta}} \cdot 10^3$$

dove:


$$D_W^{eff} = (h_{cap} + h_v) \cdot \left(\frac{h_{cap}}{D_{cap}^{eff}} + \frac{h_v}{D_s^{eff}} \right)^{-1} ; \quad D_{cap}^{eff} = D_a \cdot \frac{g_{acap}^{3.33}}{g_e^2} + \frac{D_w}{H} \cdot \frac{g_{wcap}^{3.33}}{g_e^2}$$

La stessa via di esposizione è modellizzata considerando la diluizione in aria ambiente del soil gas presente nel suolo profondo insaturo al di sopra della tavola d'acqua. L'equazione utilizzata è la seguente:

$$\alpha_{wesp} \left[\frac{mg/m^3_{aria}}{mg/m^3_{soil\ gas}} \right] = \frac{\frac{D_w^{eff}}{L_T L_b ER}}{1 + \frac{D_w^{eff}}{L_T L_b ER} + \frac{D_w^{eff} L_{crack}}{D_{crack}^{eff} L_T \eta}}$$

Il significato dei simboli presenti nelle equazioni è riportato nella tabella seguente.

Simbolo	Unità di misura	Parametro
Caratteristiche del contaminante		
H	adim.	Costante di Henry
K _s K _d per metalli K _{oc} *f _{oc} per organici	l/kg	Coefficiente di partizione solido/liquido
K _d	l/kg	Coefficiente di partizione suolo/acqua
K _{oc}	l/kg	Coefficiente di partizione fase organica solida/acqua
D _w	cm ² /sec	Coefficiente di diffusione in acqua
D _a	cm ² /sec	Coefficiente di diffusione in aria
Geometria della zona insatura		
L _{GW}	cm	Profondità del piano di falda
h _{cap}	cm	Spessore frangia capillare
h _v	cm	Spessore della zona insatura
Geometria della sorgente di contaminazione in zona insatura		
L _s	cm	Profondità del top della sorgente nel rispetto al p.c.
L _f	cm	Profondità della base della sorgente rispetto al p.c.
d _s	cm	Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo)
d	cm	Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo)
Caratteristiche fisiche del terreno insaturo		

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 90 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

Simbolo	Unità di misura	Parametro
ρ_s	g/cm ³	Densità del suolo
θ_e	adim.	Porosità totale del terreno in zona insatura
θ_w	adim.	Contenuto volumetrico di acqua
θ_a	adim.	Contenuto volumetrico di aria
θ_{wcap}	adim.	Contenuto volumetrico di acqua nelle frangia capillare
θ_{acap}	adim.	Contenuto volumetrico di aria nelle frangia capillare
f_{oc}	adim.	Frazione di carbonio organico
Caratteristiche dell'ambiente outdoor		
δ_{air}	cm	Altezza della zona di miscelazione
W'	cm	Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento
U_{air}	cm/s	Velocità del vento
τ	anno	Tempo medio di durata del flusso di vapore
P_e	g/(cm ² -s)	Portata di particolato per unità di superficie
Caratteristiche dell'ambiente indoor		
L_{crack}	cm	Spessore delle fondazioni/muri
L_b	cm	Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione
L_T	cm	Distanza tra il top della sorgente e la base delle fondazioni
η	adim.	Frazione areale di fratture
θ_{wcrack}	adim.	Contenuto volumetrico di acqua nelle fratture
θ_{acrack}	adim.	Contenuto volumetrico di aria nelle fratture
ER	1/s	Tasso di ricambio di aria indoor
τ	anni	Tempo medio di durata del flusso di vapore

Parametri delle equazioni di Fate & Transport

Stima del Chemical Intake

In base ai tempi di esposizione, alle caratteristiche del bersaglio e alle specifiche proprietà dell'inquinante, è calcolata per ogni via d'esposizione, la portata effettiva di esposizione (E) attraverso le seguenti formule (ex-APAT, marzo 2008):

Contatto dermico con suolo

$$E \left[\frac{mg}{kg \times giorno} \right] = \frac{SA \times AF \times ABS \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365}$$

Ingestione di suolo

$$E \left[\frac{mg}{kg \times giorno} \right] = \frac{IR_s \times FI \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365}$$

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 91 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

Ingestione di acqua

$$E \left[\frac{l}{kg \times giorno} \right] = \frac{IR_w \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365}$$

Inalazione di vapori e polveri outdoor

(dosi di riferimento)

$$E \left[\frac{m^3}{kg \times giorno} \right] = \frac{B_o \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365}$$

(concentrazioni di riferimento)

$$EC[-] = \frac{EF_{go} \cdot EF \cdot ED}{AT \cdot 365 \frac{giorni}{anno} \cdot 24 \frac{ore}{giorno}}$$

Inalazione di vapori indoor

(dosi di riferimento)

$$E \left[\frac{m^3}{kg \times giorno} \right] = \frac{B_i \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365}$$

(concentrazioni di riferimento)

$$EC[-] = \frac{EF_{gi} \cdot EF \cdot ED}{AT \cdot 365 \frac{giorni}{anno} \cdot 24 \frac{ore}{giorno}}$$

Nella tabella seguente sono riportati i valori di default dei fattori di esposizione, così come indicati nel documento "Criteri metodologici" di ISPRA (ex-APAT, marzo 2008).

Descrizione	Simbolo	Unità di Misura	Residenziale		Industriale
			Bersaglio	Adulto	Bambino
Fattori comuni a tutte le modalità di esposizione					
Peso corporeo	BW	kg	70	15	70
Durata di esposizione	ED	anni	24	6	25

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 92 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

Descrizione	Simbolo	Unità di Misura	Residenziale		Industriale
			Adulto	Bambino	Commerciale
Frequenza di esposizione	EF	giorni/anno	350	350	250
Tempo di esposizione	ET	ore/giorno	24	24	8
Tempo medio di esposizione per le sostanze cancerogene	AT _c	anni	70	70	70
Tempo medio di esposizione per le sostanze non cancerogene	AT _{nc}	anni	ED	ED	ED
Inalazione di Aria Outdoor					
Inalazione outdoor	B _o	m ³ /ora			
Attività fisica intensa			1,5	1	2,5
Attività fisica moderata			0,9	0,7	1,5
Attività fisica sedentaria			-	-	0,9
Frazione di particelle di suolo nella polvere	F _{sd}	adim.	1	1	1
Inalazione di Aria Indoor					
Inalazione indoor	B _i	m ³ /ora			
Attività fisica intensa			1,5	1	2,5
Attività fisica moderata			0,9	0,7	1,5
Attività fisica sedentaria			-	-	0,9
Contatto dermico con Suolo					
Superficie di pelle esposta	SA	cm ²	5700	2800	3300
Fattore di aderenza dermica del suolo	AF	mg/(cm ² *giorno)	0,07	0,2	0,2
Fattore di assorbimento dermico	ABS	adim.	0,1/0,01*		
Ingestione di Suolo					
Frazione di suolo ingerita	FI	adim.	1	1	1
Tasso di ingestione di suolo	IR _s	mg/giorno	100	200	50
Ingestione di Acqua					
Tasso di ingestione di acqua	IR _w	l/giorno	1	2	1

*valori parametro specifici – quanto indicato è da utilizzare in assenza di dati di letteratura.

Parametri di esposizione

Moltiplicando la concentrazione al POE (Point of Exposure, punto di esposizione) con la portata effettiva di esposizione (E), si calcola l'assunzione cronica giornaliera di contaminante (CDI e I, mg/kg/giorno); questa risulta essere, rispettivamente:

$$CDI = C_{POE} \times E \quad (\text{per sostanze cancerogene})$$

$$I = C_{POE} \times E \quad (\text{per sostanze non cancerogene})$$

Stima del Rischio e criteri di accettabilità

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 93 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

La procedura di calcolo del Rischio Individuale (R) e/o dell'indice di pericolo (HQ), legato a ciascun contaminante, risulta essere:

per percorsi contatto diretto, ingestione, inalazione particolato

$$R = CDI \times SF \quad (\text{per sostanze cancerogene})$$

$$HQ = \frac{I}{RfD} \quad (\text{per sostanze non cancerogene})$$

per percorso inalazione vapori

$$R = CDI \times IUR \quad (\text{per sostanze cancerogene})$$

$$HQ = I/RfC \quad (\text{per sostanze non cancerogene})$$

dove:

CDI e I (Chronic Daily Intake), assunzione cronica giornaliera per contaminante cancerogeno e non cancerogeno;

RfD, dose giornaliera di riferimento del contaminante tossico [mg/kg/d].

SF (slope factor), potenziale cancerogeno del contaminante cancerogeno [kg*d/mg];

HQ (Hazard Quotient), rapporto tra l'attuale livello di esposizione e quello che non provoca rischi per la salute umana; se HQ > 1 la popolazione bersaglio può subire effetti tossici;

R (Carcinogenic Risk), probabilità di contrarre il cancro come risultato dell'esposizione al contaminante cancerogeno.


Il Rischio Cumulativo, legato agli inquinanti complessivamente presenti nel sito è calcolato, nell'ipotesi semplificata e conservativa di interazione additiva tra i contaminanti, mediante le espressioni seguenti:

$$R_{cum} = \sum Ri \quad (\text{per sostanze cancerogene})$$

$$HI = \sum HQi \quad (\text{per sostanze non cancerogene})$$

Come detto in precedenza, ai fini dell'individuazione del rischio per la salute umana sono valutati due tipi di effetti potenziali:

- carcinogenici;

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 94 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

- non-carcinogenici.

I primi sono quantificati mediante la stima delle probabilità (o rischio, R) di contrarre effetti cancerogeni, mentre gli effetti non-carcinogenici sono quantificati attraverso la stima dell'indice di pericolo (Hazard Quotient).

Nel caso specifico, secondo quanto contenuto nel D.Lgs. 04/08, è stato assunto un rischio individuale accettabile pari a 10⁻⁶ ed un rischio cumulativo accettabile pari a 10⁻⁵.

I potenziali effetti non-carcinogenici sono valutati attraverso il calcolo dell'Indice di Rischio Cronico HQ. Per ciascun composto d'interesse e via di immissione, l'Indice di Rischio Cronico è espresso come il rapporto tra l'immissione e la dose di riferimento.

La dose di riferimento costituisce il valore limite di immissione conservativamente indicato e deve risultare superiore alla dose effettivamente immessa (infatti, l'indice di Rischio deve essere <1) in modo da non avere possibilità di effetti avversi per la salute umana. Anche se la dose immessa supera la dose di riferimento, la probabilità di un effetto dannoso per la salute umana può essere considerata relativamente bassa, per valori non eccessivamente elevati (poche volte la dose di riferimento), in quanto il valore della dose di riferimento è stabilito in via conservativa e non quantifica direttamente il rapporto tra dose immessa ed effetto sulla salute.

Quando si considera più di un composto d'interesse e più di un mezzo di immissione, l'indice di Rischio (HI) è espresso come sommatoria dei rapporti tra immissione e dose di riferimento; anche in questo caso se la risultante è <1 gli effetti sulla salute umana possono considerarsi nulli.

Nella tabella seguente sono riassunti i concetti precedentemente spiegati.


RISCHIO	Sostanza non cancerogena		Sostanza Cancerogena	
	Formula	Valore Standard	Formula	Valore Standard
<i>Rischio individuale</i>				
Classe A/B	-	-	Ri = CDlixFi o Ri = CDlixiUR	1E-06
Classe C	-	-	Ri = CDlixFi o Ri = CDlixiUR	1E-06
Classe D/E	HQj=CDli/RfDi o HQj=CDli/RfC	1	-	-
<i>Rischio cumulativo</i>	HI = ΣHQj	1	Rcum = Σ Ri	1E-05

Classe A/B e C: classe di tossicità della sostanza

Accettabilità dei rischi sanitari.

Stima delle Concentrazioni Soglia di Rischio

Le Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) sono definite dal D.Lgs. 152/06 come i livelli di contaminazione da determinare caso per caso con l'applicazione della procedura di analisi di rischio sito-specifica secondo i principi illustrati nell'Allegato 1 alla parte quarta del D. Lgs. 152/06 e sulla base dei risultati del piano di

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 95 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

caratterizzazione, il cui superamento richiede la messa in sicurezza e la bonifica. I livelli di concentrazione così definiti costituiscono i livelli di accettabilità per il sito.

La Concentrazione Soglia di Rischio per la salute umana derivante da esposizione alla singola sostanza inquinante è calcolata per ogni sorgente (suolo superficiale, suolo profondo e falda), tramite le seguenti equazioni:

$$CSR_{ind} = \frac{RS_{accettabile} \cdot NAF}{E \cdot T}$$

dove:

T= 1/RfD per composti non cancerogeni

T= SF per composti cancerogeni

RSaccettabile= HI (=1) nel caso di effetti tossici; TR (=10-6) nel caso di effetti cancerogeni

NAF= fattore di attenuazione naturale che viene definito in base alle caratteristiche del sito e ai modelli di "fate and transport".

Le CSR così calcolate, che sono definite CSR per rischio individuale, rispettano il vincolo relativo all'accettabilità del rischio individuale, ma potrebbero non rispettare quello relativo all'accettabilità del rischio cumulativo, ovvero derivante dalla esposizione a più sostanze. Laddove si verifici che il rischio cumulativo derivante dall'applicazione delle suddette equazioni risulti superiore al valore di accettabilità, le CSR da rischio individuale vengono ridotte proporzionalmente tramite le seguenti equazioni, che forniscono le CSR da rischio cumulativo:



$$CSR_{cum} = CSR_{ind} \frac{RS_{accettabile}^{cumulativo}}{RS_{calcolato}^{cumulativo}}$$

dove:



$RS_{accettabile}^{cumulativo}$ = HQ (=1) nel caso di effetti tossici; TRcum (=10-5) nel caso di effetti cancerogeni

La procedura di calcolo delle CSR, utilizzata nel presente elaborato, ha previsto l'applicazione di 2 step successivi:

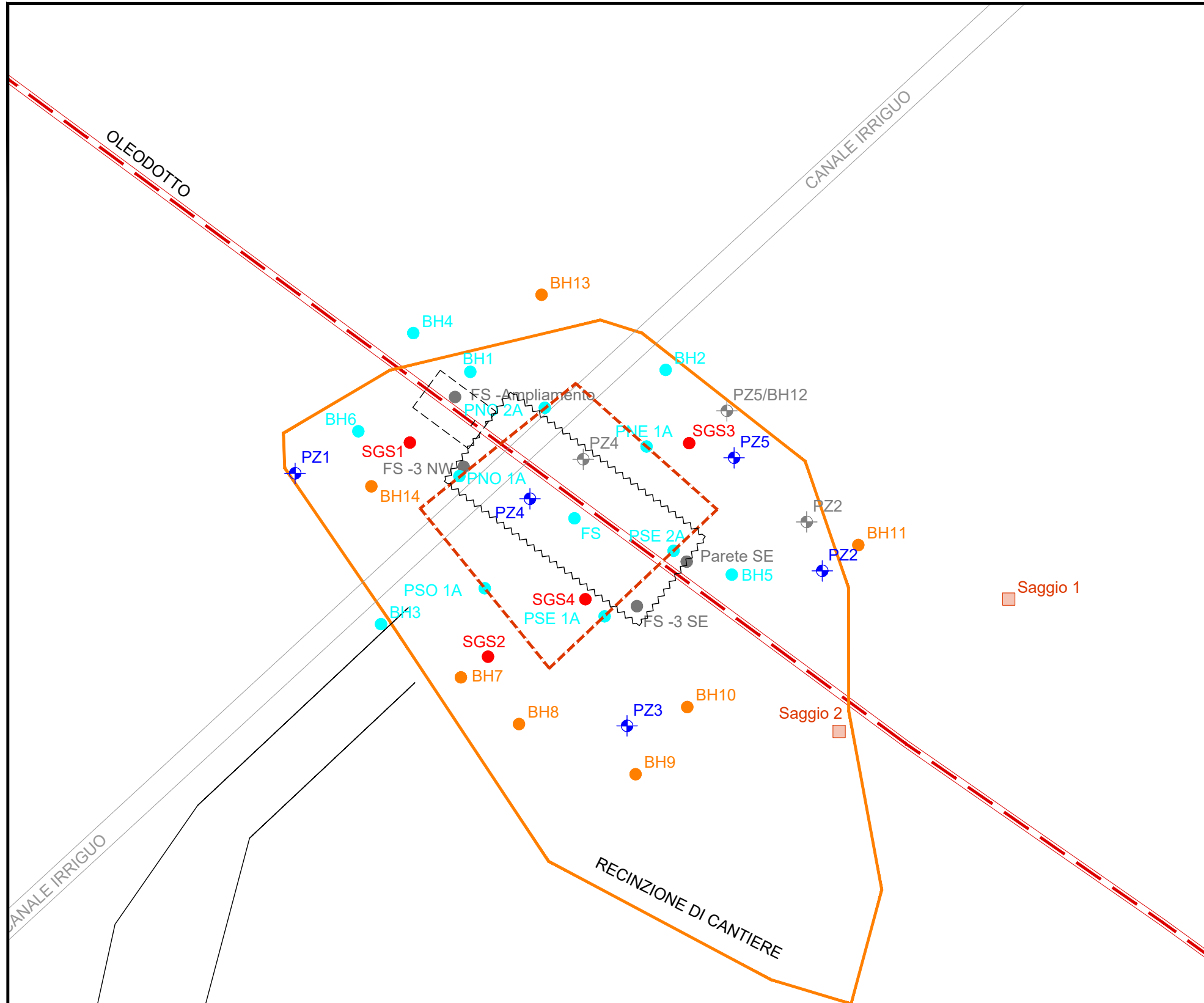
- Step 1: applicazione della procedura backward finalizzata alla determinazione dei valori di CSR, imponendo l'accettabilità del rischio individuale.
- Step 2: applicazione della procedura forward finalizzata alla rimodulazione dei valori di CSR precedentemente determinati, tenendo conto dei riferimenti di accettabilità per il rischio cumulativo qualora, in seguito allo step 1, risultino presenti più contaminanti.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 96 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

Per imporre l'accettabilità del rischio cumulativo è stato necessario applicare la procedura di analisi di rischio facendo coincidere la CRS (Concentrazione Rappresentativa alla Sorgente) con la CSR di cui allo step 1.

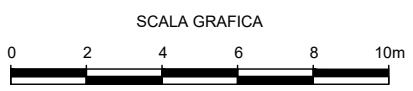
	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 97 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

TAVOLE



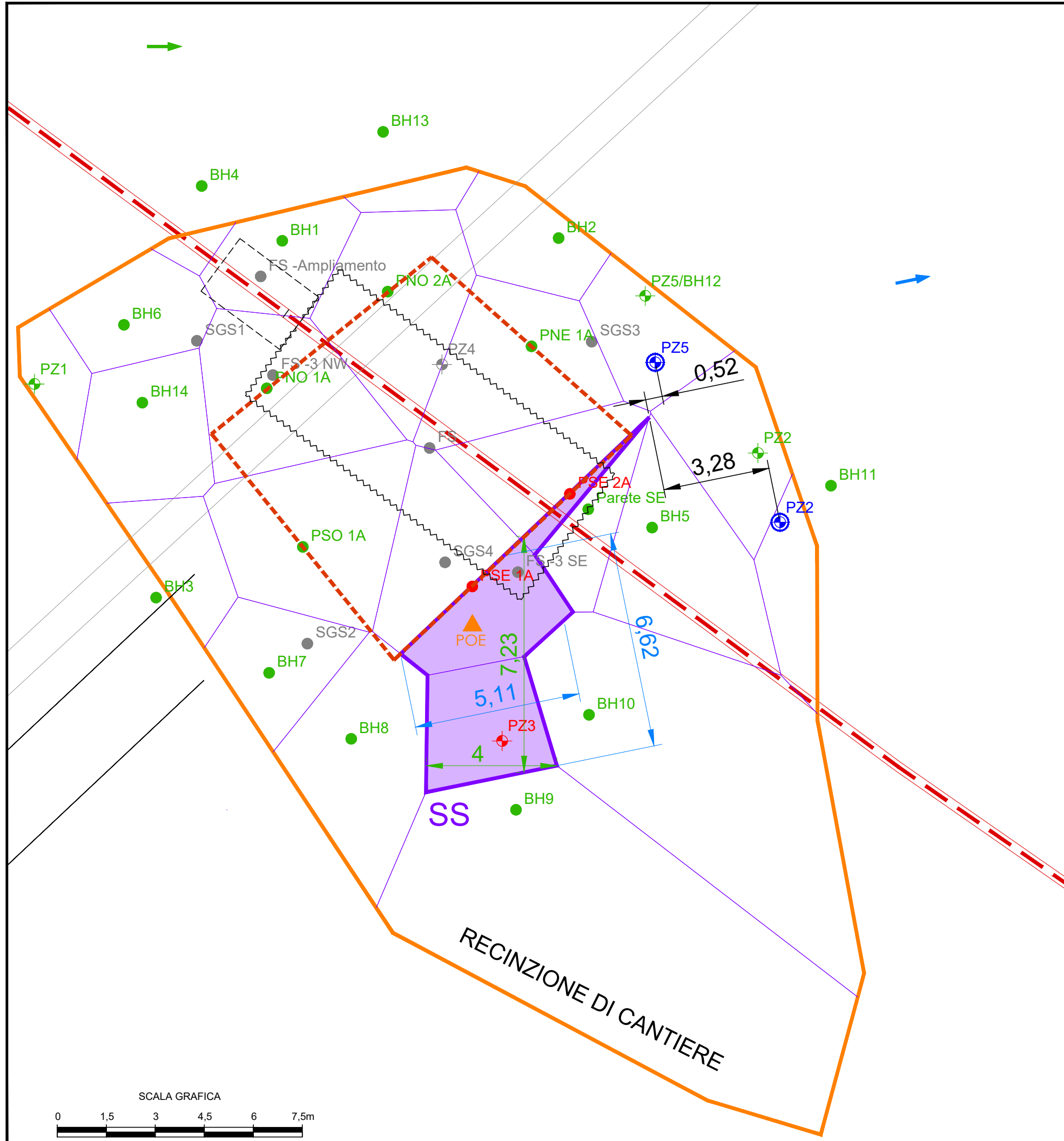
LEGENDA

- Oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona
- Scavo manutenzione oleodotto - 2019
- Ampliamento scavo manutenzione oleodotto
- Recinzione di cantiere
- Area scavo MISE
- Piezometri
- Piezometri distrutti a luglio 2019
- Indagini realizzate nel 2016
- Indagini realizzate nel 2017
- Indagini realizzate nel 2019
- Saggio realizzato nel 2016
- Sonda Nesty Probe



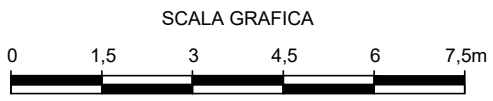
12/12/2022				
Data	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato
Ubicazione dei sondaggi e dei punti di monitoraggio			TAVOLA 1	
TITOLO Progetto Unico di Bonifica con Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 E D.Lgs. 04/08 Area di effrazione Oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona Comune di Bertonico (LO)			SCALA	1:200
			PROG. n°	2216132
			NOME FILE	2216132-Bertonico-PUB
HPC AG Via F. Ferrucci, 17/A - 20145 Milano Tel. +39 02 4548 8990 Fax. +39 02 4548 9396 www.hpc.ag			CLIENTE ENI R&M	

FORMATO A3 - SCALA DI STAMPA 1:1



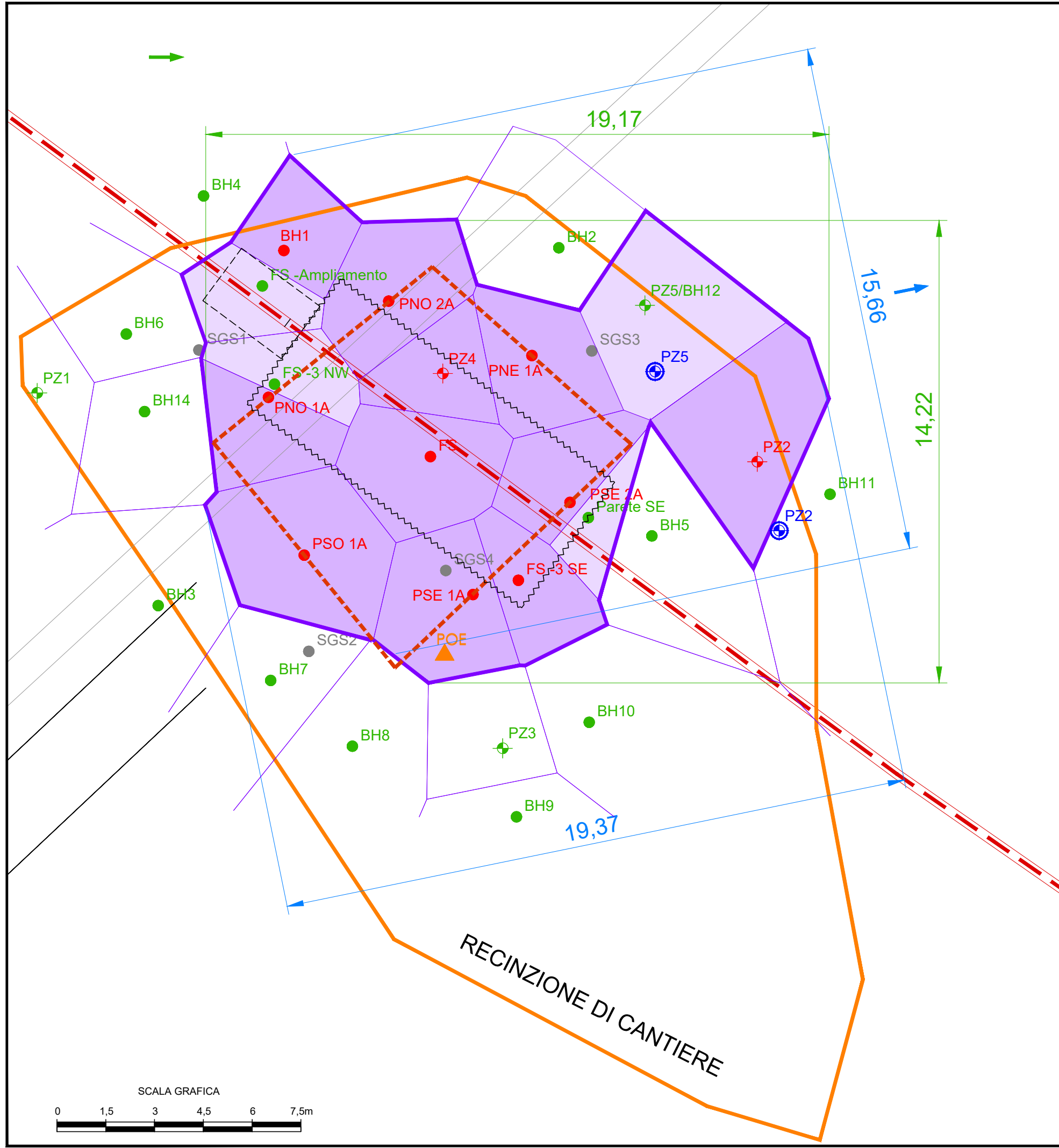
LEGENDA

- Area scavo MISE
- Oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona
- Scavo manutenzione oleodotto - 2019
- Ampliamento scavo manutenzione oleodotto
- Punti conformi alle CSC di riferimento
- Punti non conformi alle CSC di riferimento
- Punti esclusi dai poligoni di Thiessen
- Poligoni di Thiessen
- Area sorgente per i suoli superficiali
- Poligoni inclusi per l'analisi del vicinato
- Punto di conformità (POC)
- Recettore outdoor inside
- Direzione della falda
- Direzione principale del vento



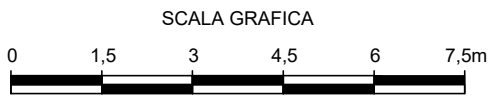
18/04/2023				
Data	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato
Modello concettuale per i suoli superficiali			TAVOLA 2	
TITOLO			SCALA	grafica
Progetto Unico di Bonifica con Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 E D.Lgs. 04/08 Area di effrazione Oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona Comune di Bertonico (LO)			PROG. n°	2216132
			NOME FILE	2216132-Bertonico-PUB
PROGETTO				
		HPC AG Via F. Ferrucci, 17/A - 20145 Milano Tel. +39 02 4548 8990 Fax. +39 02 4548 9396 www.hpc.ag		CLIENTE ENI R&M



FORMATO A3 - SCALA DI STAMPA 1:1



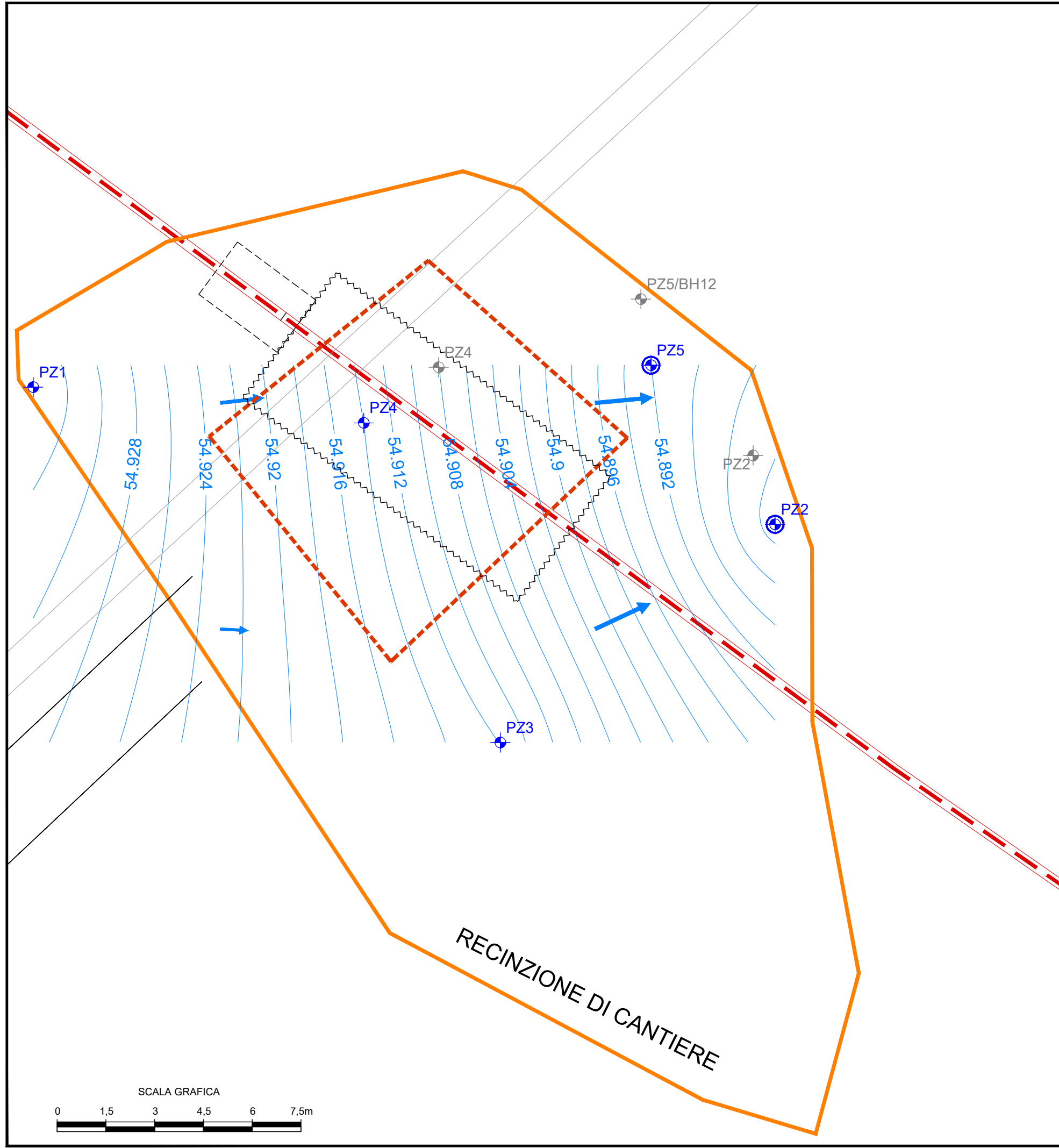
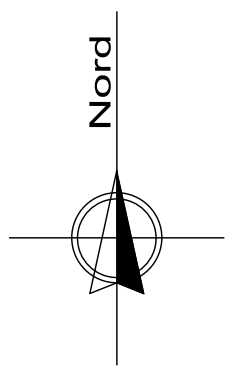
LEGENDA


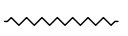
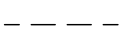




-  Area scavo MISE
-  Oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona
-  Scavo manutenzione oleodotto - 2019
-  Ampliamento scavo manutenzione oleodotto
-  Punti conformi alle CSC di riferimento
-  Punti non conformi alle CSC di riferimento
-  Punti esclusi dai poligoni di Thiessen
-  Poligoni di Thiessen
-  Area sorgente per i suoli profondi
-  Poligoni inclusi per l'analisi del vicinato
-  Punto di conformità (POC)
-  Recettore commerciale outdoor
-  Direzione della falda
-  Direzione principale del vento



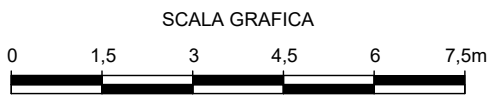
18/04/2023				
Data	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato
Modello concettuale per i suoli profondi			TAVOLA 3	
TITOLO			SCALA	grafica
Progetto Unico di Bonifica con Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 E D.Lgs. 04/08			PROG. n°	2216132
Area di efferazione Oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona			NOME FILE	2216132-Bertonico-PUB
Comune di Bertonico (LO)			PROGETTO	
		HPC AG Via F. Ferrucci, 17/A - 20145 Milano Tel. +39 02 4548 8990 Fax. +39 02 4548 9396 www.hpc.ag		
CLIENTE		 ENI R&M		

FORMATO A3 - SCALA DI STAMPA 1:1

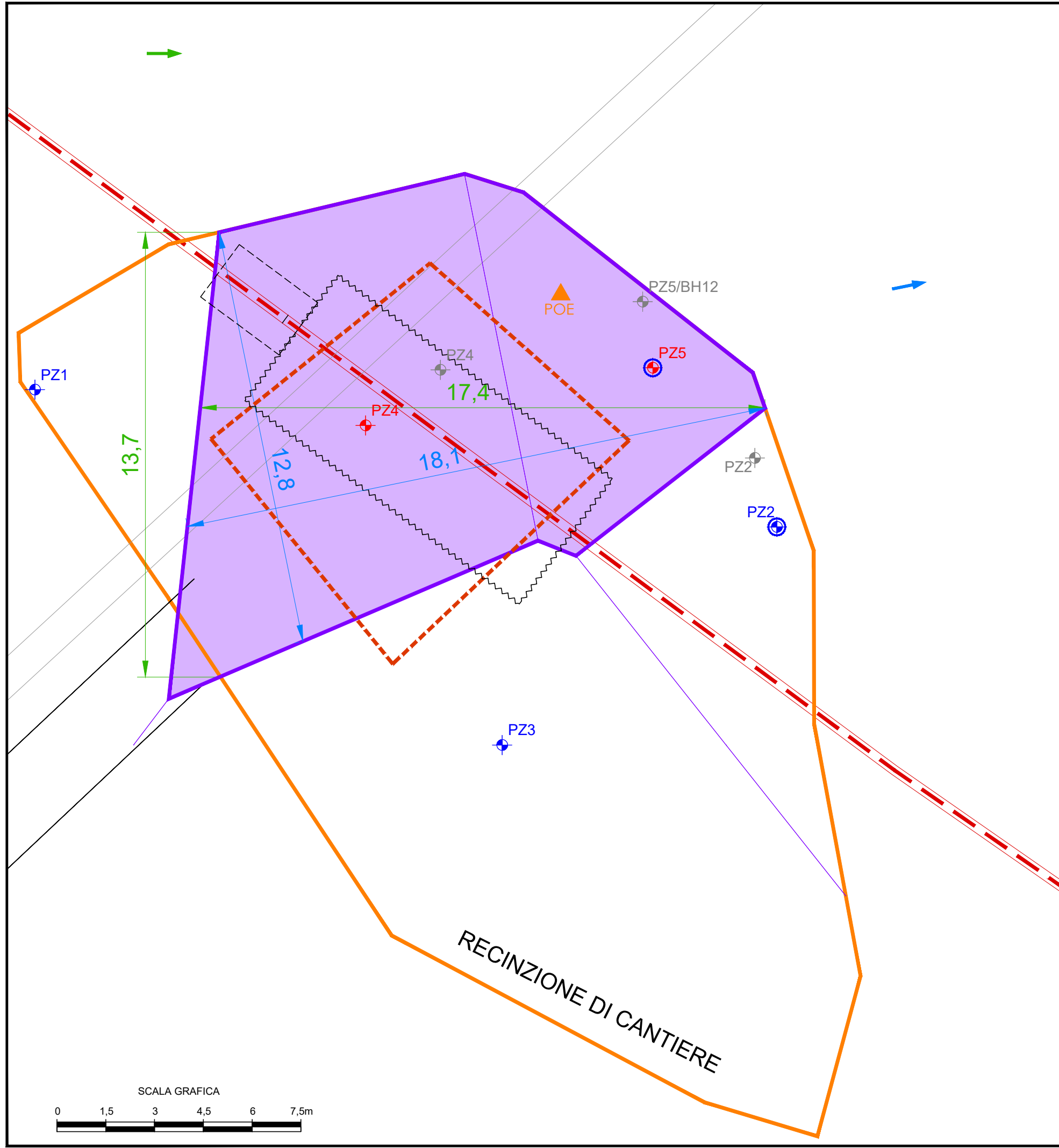
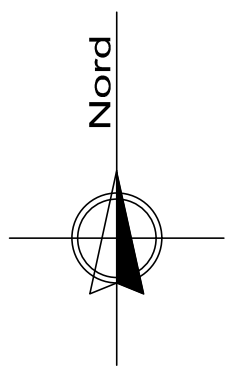


- LEGENDA**
-  Area scavo MISE
 -  Oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona
 -  Scavo manutenzione oleodotto - 2019
 -  Ampliamento scavo manutenzione oleodotto
 -  Piezometri
 -  Piezometri distrutti a luglio 2019
 -  Punto di conformità (POC)
 -  Isopieze (m s.l.m.)
 -  Direzione della falda

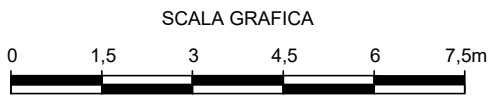
RECINZIONE DI CANTIERE



12/12/2022				
Data	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato
Piezometria Gennaio 2022			TAVOLA	
			4	
TITOLO			SCALA	grafica
Progetto Unico di Bonifica con Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 E D.Lgs. 04/08			PROG. n°	2216132
Area di effrazione Oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona Comune di Bertonico (LO)			NOME FILE	2216132-Bertonico-PUB
PROGETTO				
		HPC AG Via F. Ferrucci, 17/A - 20145 Milano Tel. +39 02 4548 8990 Fax. +39 02 4548 9396 www.hpc.ag		
CLIENTE				

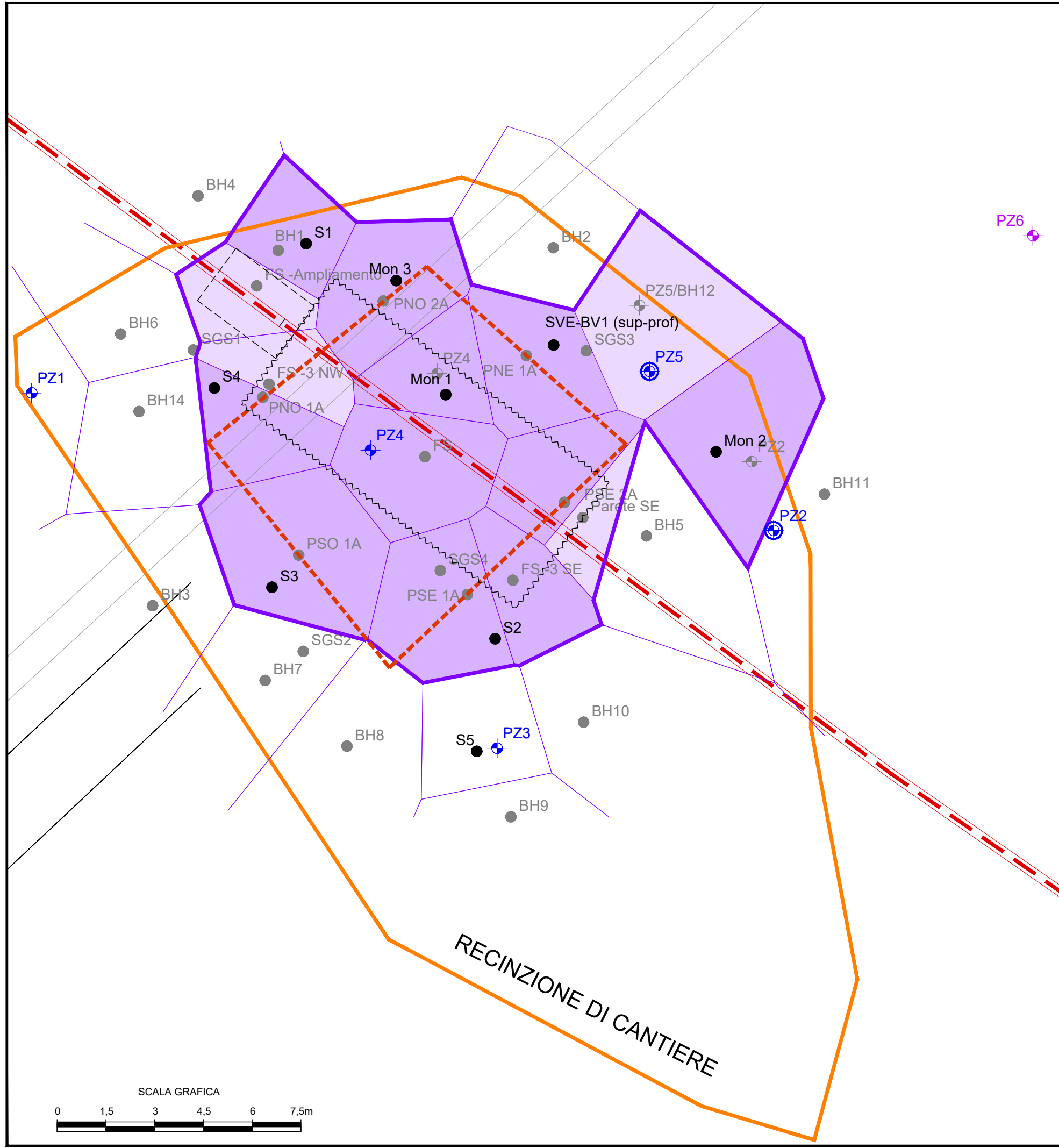


- LEGENDA**
- Area scavo MISE
 - Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona
 - Scavo manutenzione oleodotto - 2019
 - Ampliamento scavo manutenzione oleodotto
 - Piezometri conformi alle CSC di riferimento
 - Piezometri non conformi alle CSC di riferimento
 - Piezometri distrutti a luglio 2019
 - Poligoni di Thiessen
 - Area sorgente per le acque di falda
 - Punto di conformità (POC)
 - Direzione della falda
 - Direzione principale del vento
 - Recettore outdoor on-site

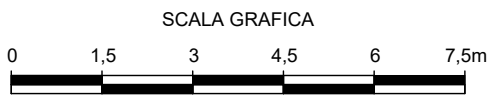


18/04/2023				
Data	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato
Modello concettuale per le acque di falda			TAVOLA 5	
TITOLO			SCALA	grafica
Progetto Unico di Bonifica con Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 E D.Lgs. 04/08 Area di effrazione Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona Comune di Bertonico (LO)			PROG. n°	2216132
			NOME FILE	2216132-Bertonico-PUB
PROGETTO				
		HPC AG Via F. Ferrucci, 17/A - 20145 Milano Tel. +39 02 4548 8990 Fax. +39 02 4548 9396 www.hpc.ag		
CLIENTE		ENI R&M		

FORMATO A3 - SCALA DI STAMPA 1:1

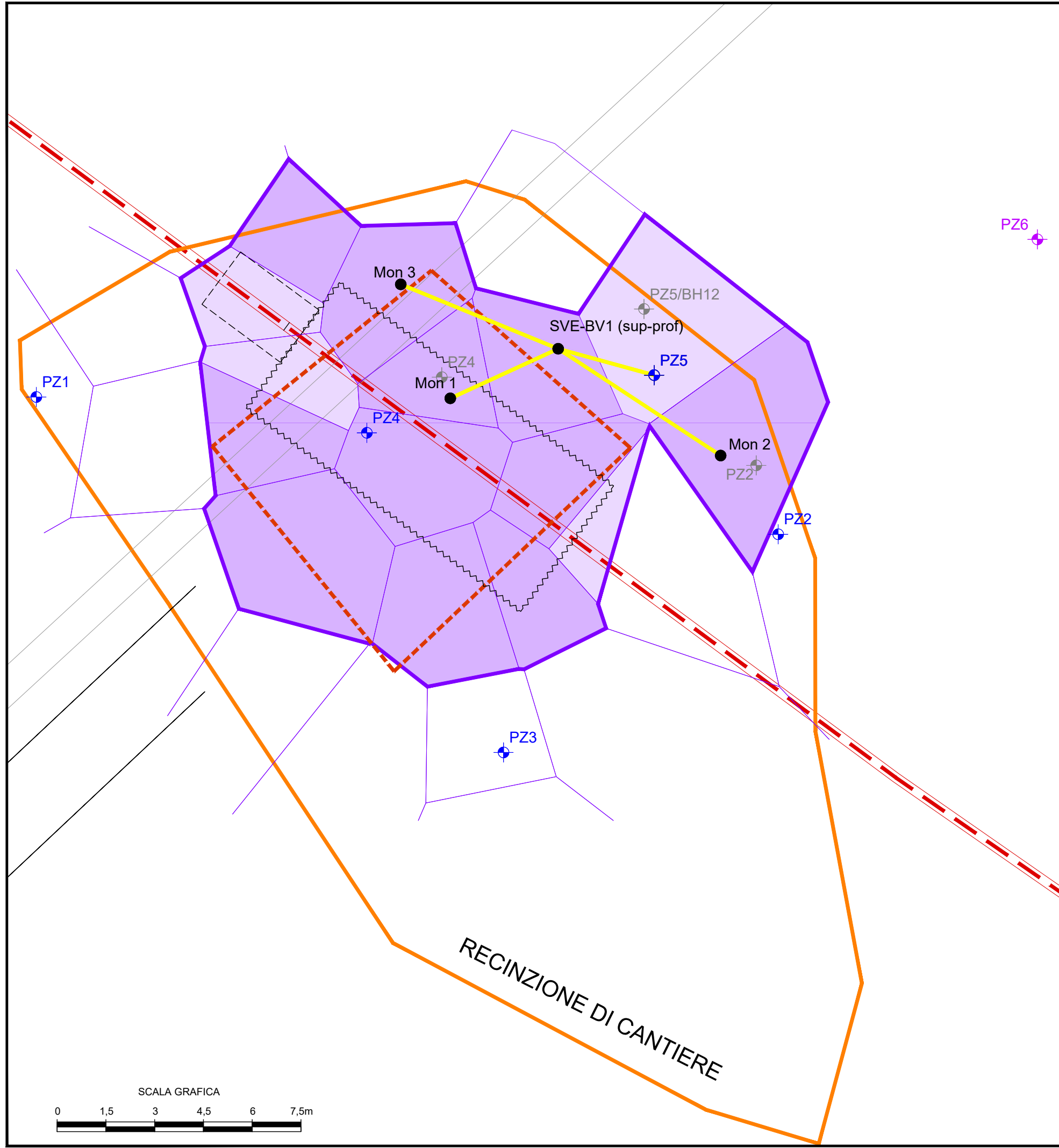
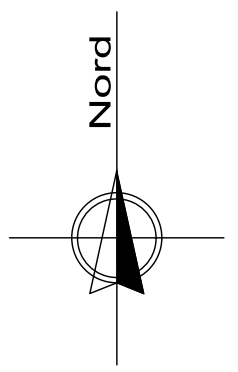


- LEGENDA**
- Area scavo MISE
 - Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona
 - Scavo manutenzione oleodotto - 2019
 - Ampliamento scavo manutenzione oleodotto
 - Indagini pregresse
 - Piezometri esistenti
 - Piezometri di nuova realizzazione
 - Punto di indagine
 - Punto di conformità (POC)
 - Poligoni di Thiessen
 - Area sorgente per i suoli profondi
 - Poligoni inclusi per l'analisi del vicinato

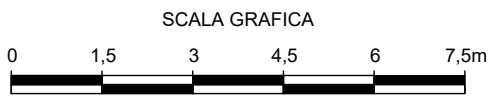


12/12/2022				
Data	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato
Ubicazione indagini integrative			TAVOLA	
			6	
TITOLO			SCALA	grafca
Progetto Unico di Bonifica con Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 E D.Lgs. 04/08			PROG. n°	2216132
Area di effrazione Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona			NOME FILE	2216132-Bertonico-PUB
Comune di Bertonico (LO)				
PROGETTO				
		HPC AG Via F. Ferrucci, 17/A - 20145 Milano Tel. +39 02 4548 8990 Fax. +39 02 4548 9396 www.hpc.ag		
CLIENTE				

FORMATO A3 - SCALA DI STAMPA 1:1

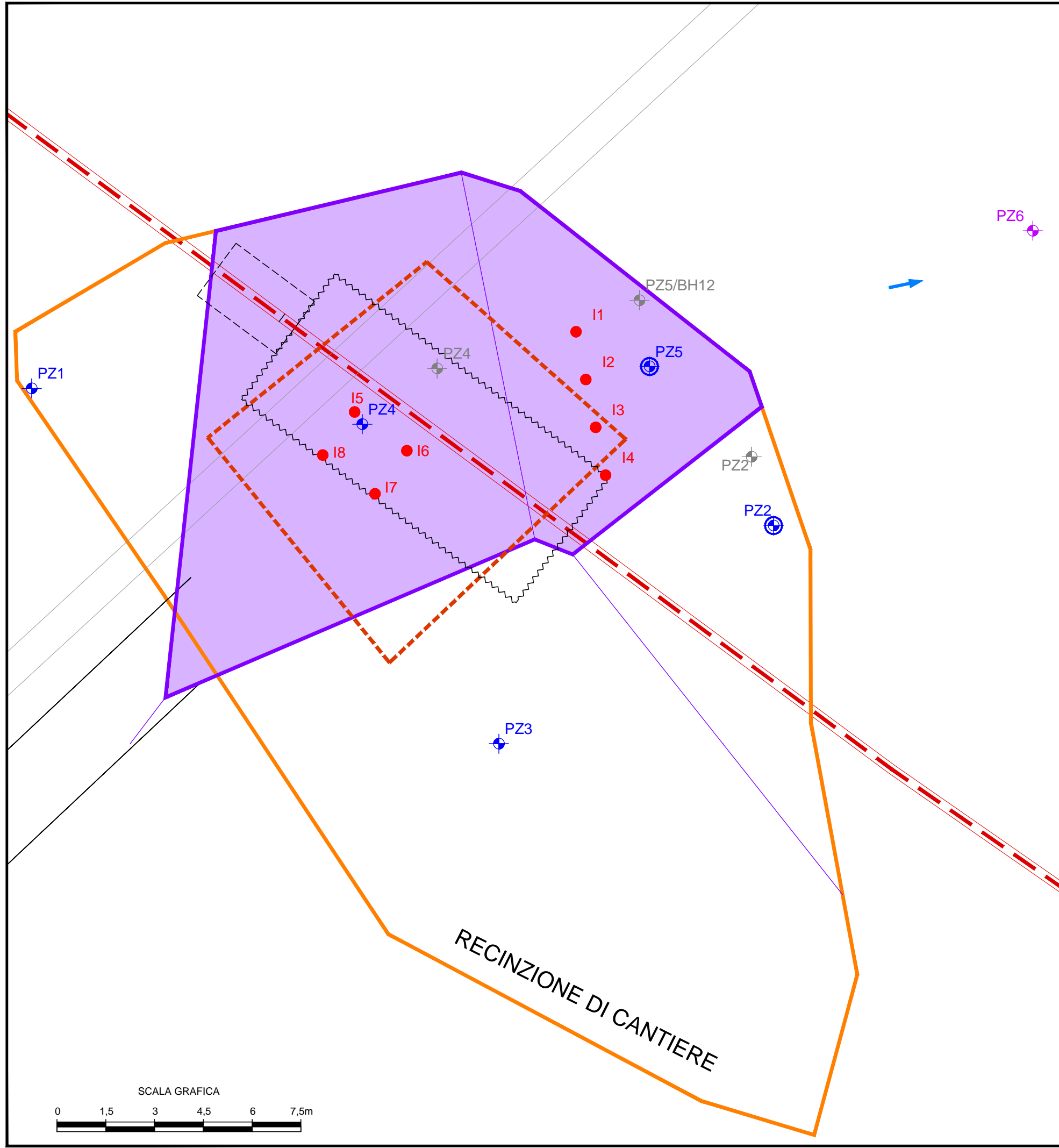
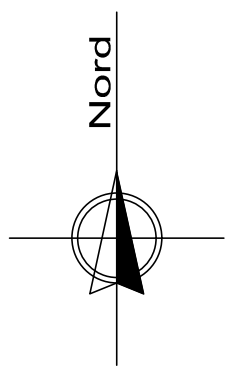


- LEGENDA**
- Area scavo MISE
 - Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona
 - Scavo manutenzione oleodotto - 2019
 - Ampliamento scavo manutenzione oleodotto
 - Indagini pregresse
 - Piezometri esistenti
 - Piezometri di nuova realizzazione
 - Campo prove SVE-BV
 - Punto di test pilota SVE e BV
 - Punto di monitoraggio test pilota
 - Poligoni di Thiessen
 - Area sorgente per i suoli profondi
 - Poligoni inclusi per l'analisi del vicinato



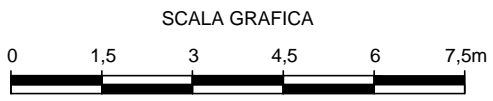
12/12/2022				
Data	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato
Ubicazione campo prova per test pilota SVE/BV			TAVOLA 7	
TITOLO			SCALA	grafica
Progetto Unico di Bonifica con Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 E D.Lgs. 04/08 Area di effrazione Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona Comune di Bertonico (LO)			PROG. n°	2216132
			NOME FILE	2216132-Bertonico-PUB
PROGETTO				
		HPC AG Via F. Ferrucci, 17/A - 20145 Milano Tel. +39 02 4548 8990 Fax. +39 02 4548 9396 www.hpc.ag		CLIENTE ENI R&M

FORMATO A3 - SCALA DI STAMPA 1:1

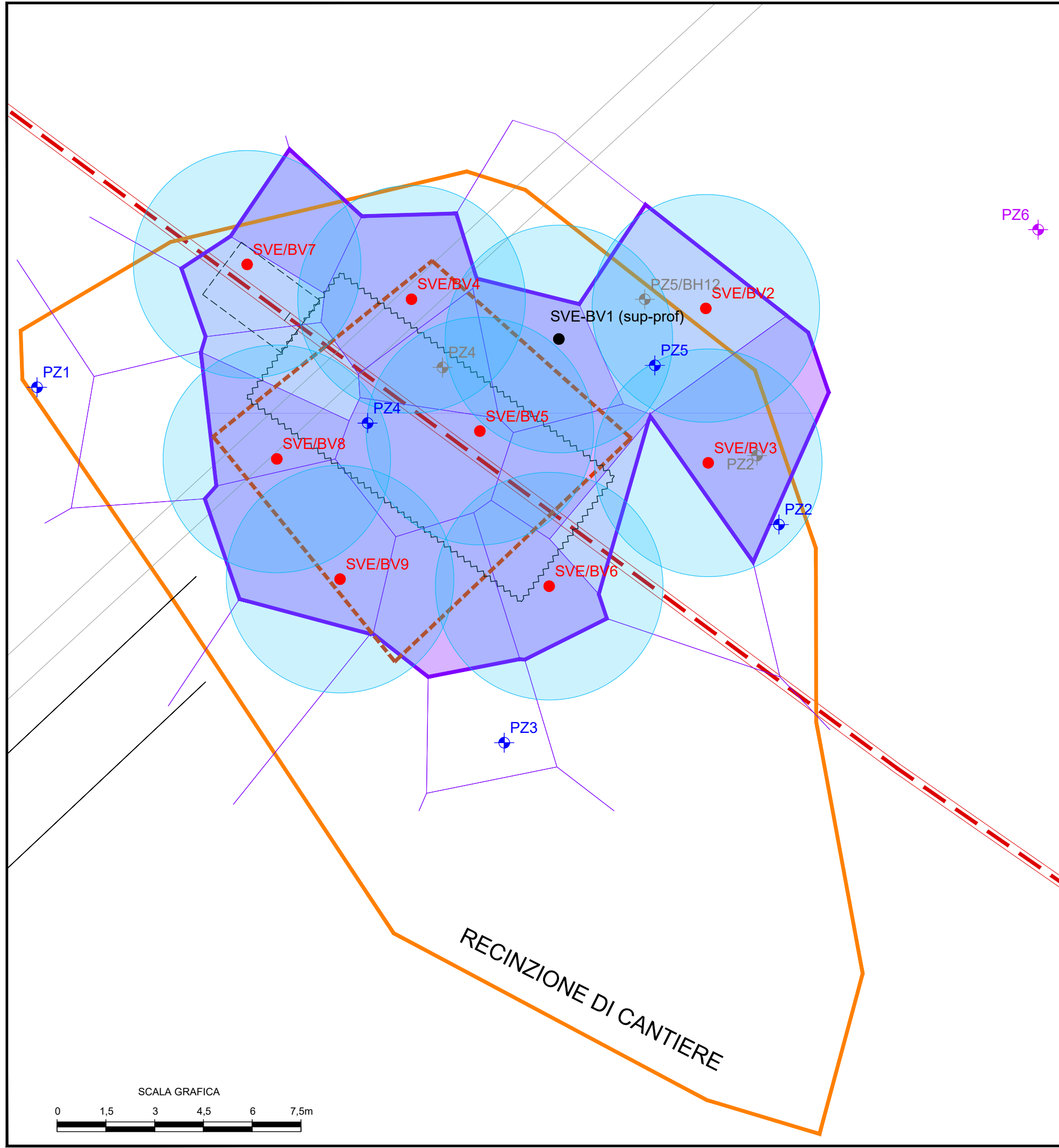


- LEGENDA**
- Area scavo MISE
 - Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona
 - Scavo manutenzione oleodotto - 2019
 - Ampliamento scavo manutenzione oleodotto
 - Indagini pregresse
 - Piezometri esistenti
 - Piezometri di nuova realizzazione
 - Punto di conformità (POC)
 - Punti di iniezione test pilota
 - Poligoni di Thiessen
 - Area sorgente per le acque di falda
 - Direzione della falda

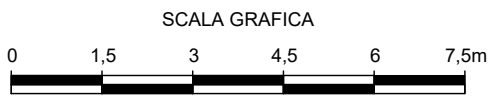
RECINZIONE DI CANTIERE



07/03/2023				
Data	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato
Ubicazione punti di test iniezioni PetroFix			TAVOLA	
			8	
TITOLO			SCALA	grafica
Progetto Unico di Bonifica con Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 E D.Lgs. 04/08			PROG. n°	2216132
Area di effrazione Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona			NOME FILE	2216132-Bertonico-PUB
Comune di Bertonico (LO)				
PROGETTO				
		HPC AG Via F. Ferrucci, 17/A - 20145 Milano Tel. +39 02 4548 8990 Fax. +39 02 4548 9396 www.hpc.ag		
CLIENTE				

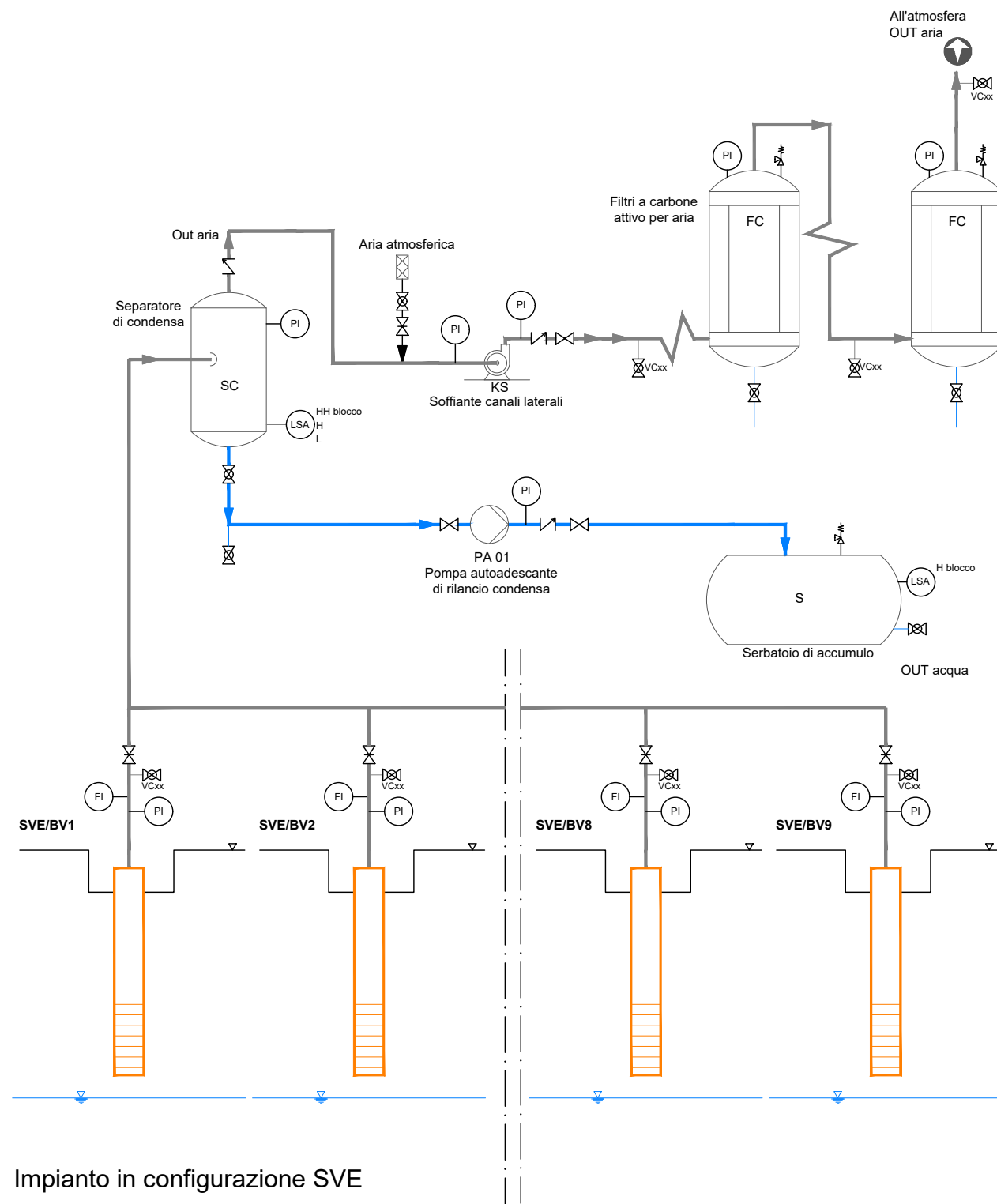


- LEGENDA**
- Area scavo MISE
 - Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona
 - Scavo manutenzione oleodotto - 2019
 - Ampliamento scavo manutenzione oleodotto
 - Indagini pregresse
 - Piezometri esistenti
 - Piezometri di nuova realizzazione
 - Punto test SVE-BV
 - Punto SVE-BV da realizzare
 - Poligoni di Thiessen
 - Area sorgente per i suoli profondi
 - Poligoni inclusi per l'analisi del vicinato

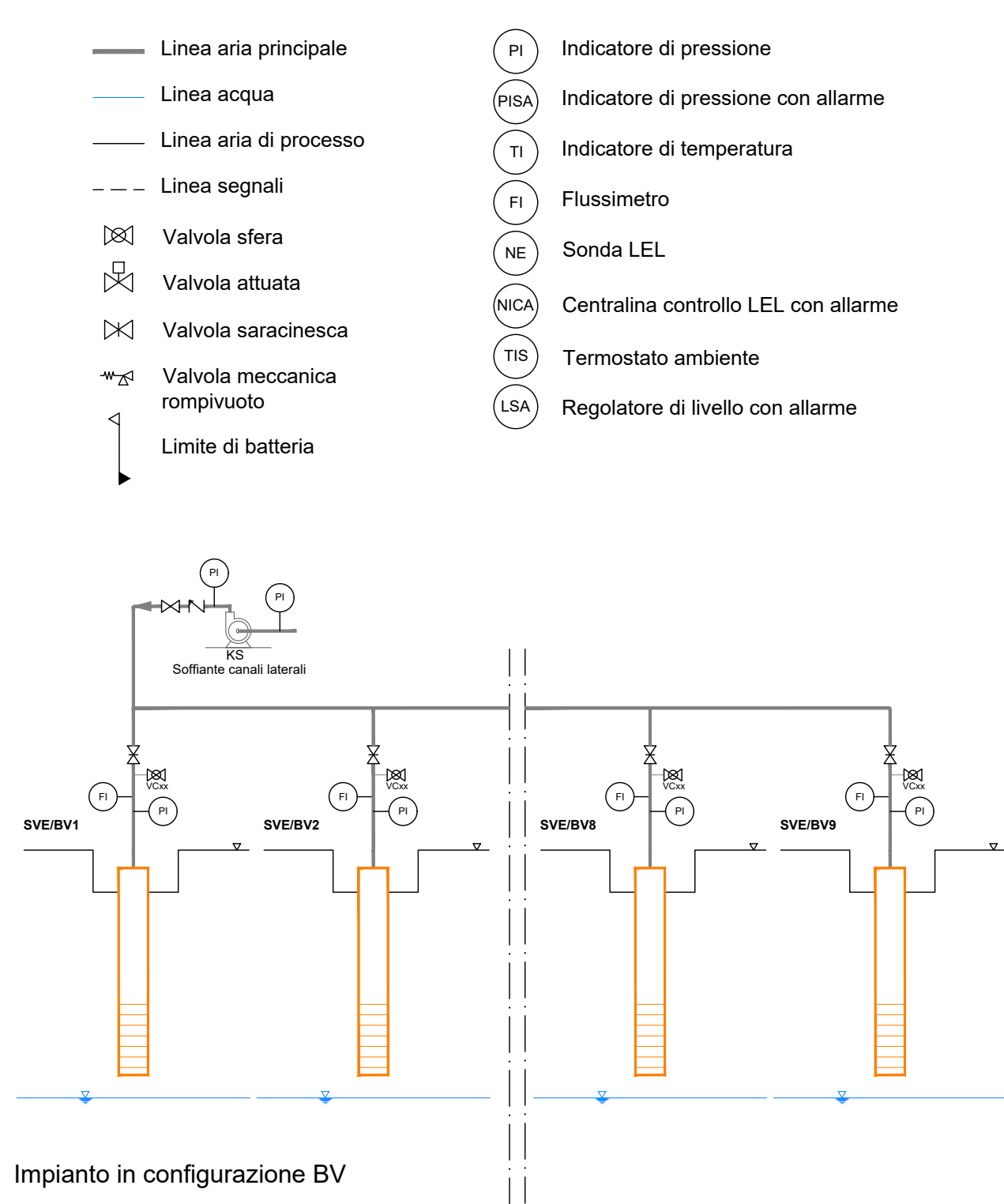


12/12/2022				
Data	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato
Ubicazione indicativa punti SVE-BV full scale			TAVOLA	
			9	
TITOLO			SCALA	grafica
Progetto Unico di Bonifica con Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 E D.Lgs. 04/08			PROG. n°	2216132
Area di effrazione Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona			NOME FILE	2216132-Bertonico-PUB
Comune di Bertonico (LO)				
PROGETTO				
		HPC AG Via F. Ferrucci, 17/A - 20145 Milano Tel. +39 02 4548 8990 Fax. +39 02 4548 9396 www.hpc.ag		
		CLIENTE		

FORMATO A3 - SCALA DI STAMPA 1:1



Impianto in configurazione SVE

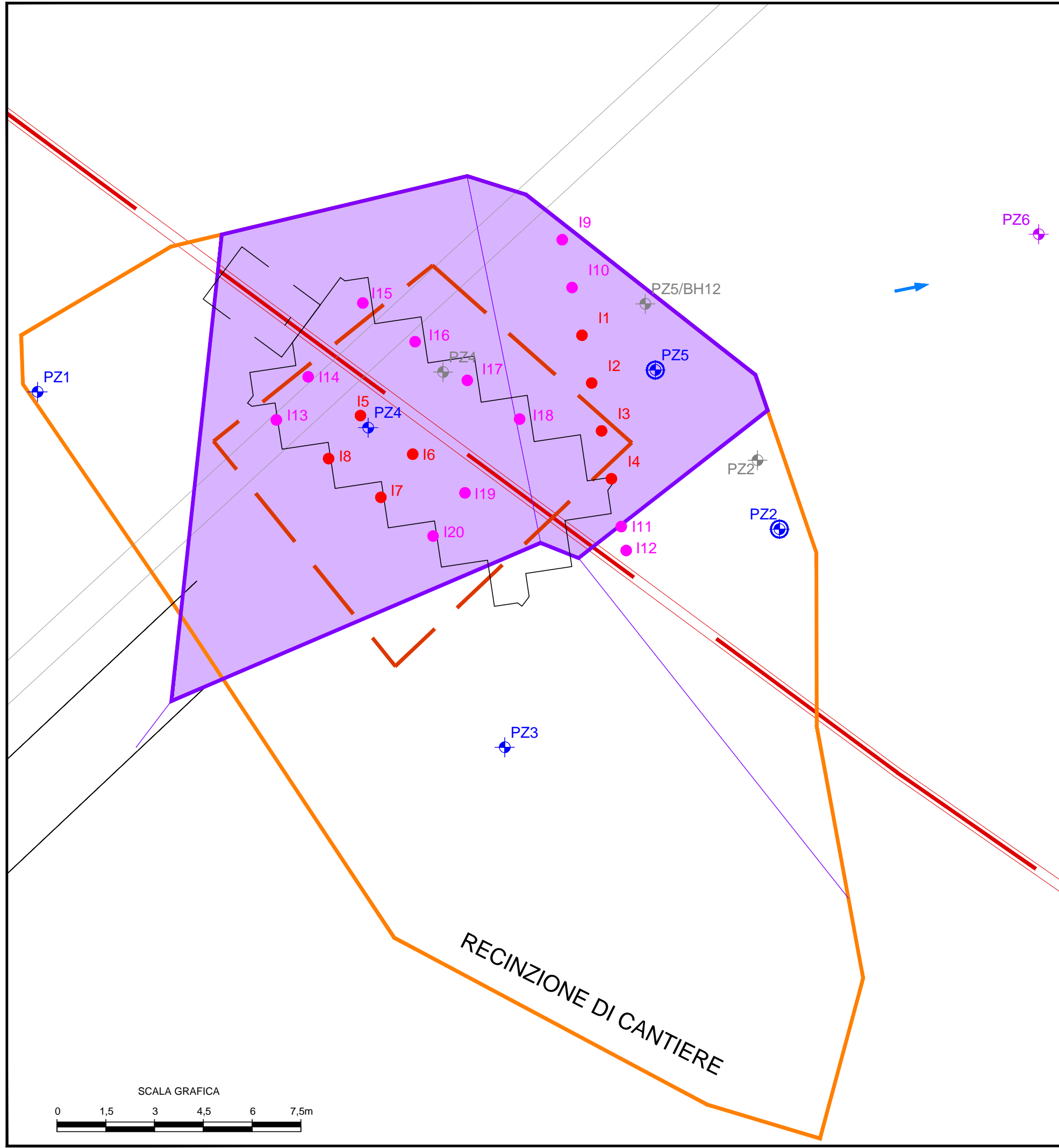
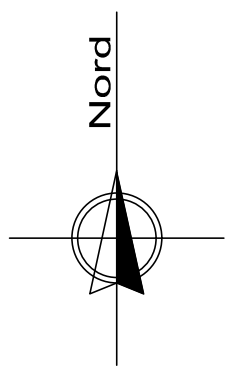


Impianto in configurazione BV

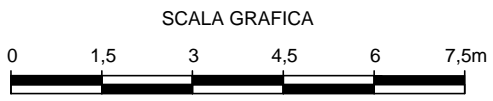
LEGENDA

- Linea aria principale
- Linea acqua
- Linea aria di processo
- - - Linea segnali
- ⊗ Valvola sfera
- ⊠ Valvola attuata
- ⊞ Valvola saracinesca
- ⊞ Valvola meccanica rompivuoto
- ∇ Limite di batteria
- PI Indicatore di pressione
- PISA Indicatore di pressione con allarme
- TI Indicatore di temperatura
- FI Flussimetro
- NE Sonda LEL
- NICA Centralina controllo LEL con allarme
- TIS Termostato ambiente
- LSA Regolatore di livello con allarme

12/12/2022				
Data	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato
P&ID indicativo impianto SVE/BV di full scale			TAVOLA 10	
TITOLO Progetto Unico di Bonifica con Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 E D.Lgs. 04/08 Area di effrazione Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona Comune di Bertonico (LO)			SCALA	-
PROGETTO			PROG. n°	2216132
 HPC AG Via F. Ferrucci, 17/A - 20145 Milano Tel. +39 02 4548 8990 Fax. +39 02 4548 9396 www.hpc.ag			 ENI R&M	NOME FILE 2216132-Bertonico-PUB

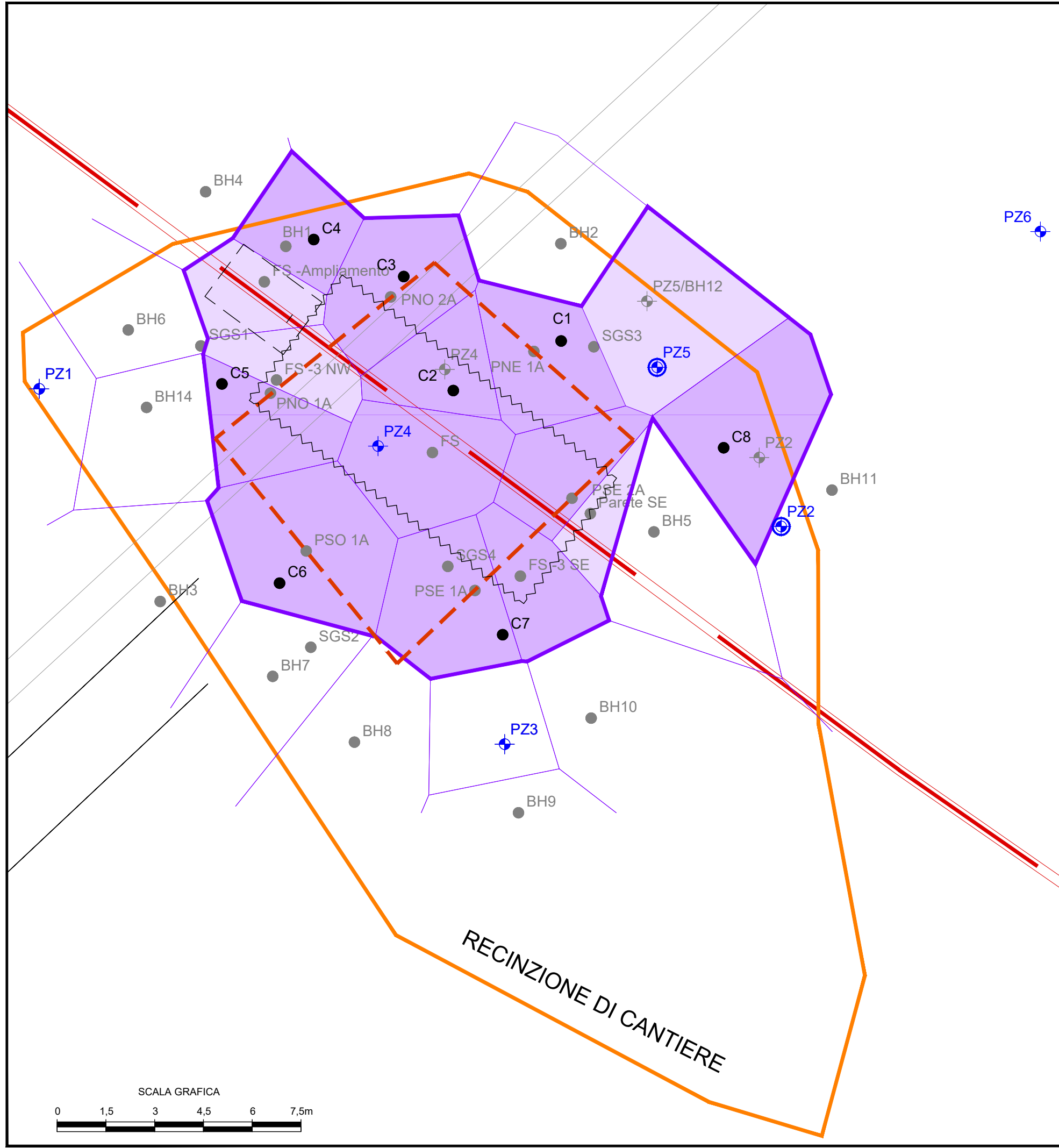
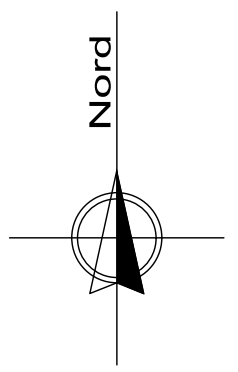


- LEGENDA**
- Area scavo MISE
 - Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona
 - Scavo manutenzione oleodotto - 2019
 - Ampliamento scavo manutenzione oleodotto
 - Indagini pregresse
 - Piezometri esistenti
 - Piezometri di nuova realizzazione
 - Punto di conformità (POC)
 - Punti di iniezione test pilota
 - Punti di iniezione full scale
 - Poligoni di Thiessen
 - Area sorgente per le acque di falda
 - Direzione della falda

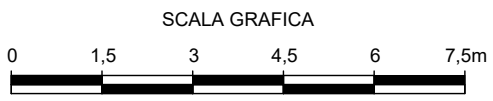


RECINZIONE DI CANTIERE

07/03/2023				
Data	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato
Ubicazione indicativa punti iniezioni PetroFix full scale			TAVOLA 11	
TITOLO			SCALA	grafica
Progetto Unico di Bonifica con Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 E D.Lgs. 04/08 Area di effrazione Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona Comune di Bertonico (LO)			PROG. n°	2216132
			NOME FILE	2216132-Bertonico-PUB
PROGETTO				
		HPC AG Via F. Ferrucci, 17/A - 20145 Milano Tel. +39 02 4548 8990 Fax. +39 02 4548 9396 www.hpc.ag		
CLIENTE				



- LEGENDA**
- Area scavo MISE
 - Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona
 - Scavo manutenzione oleodotto - 2019
 - Ampliamento scavo manutenzione oleodotto
 - Indagini pregresse
 - Piezometri esistenti
 - Punto di collaudo
 - Punto di conformità (POC)
 - Poligoni di Thiessen
 - Area sorgente per i suoli profondi
 - Poligoni inclusi per l'analisi del vicinato





12/12/2022				
Data	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato
Ubicazione punti di collaudo			TAVOLA 12	
TITOLO Progetto Unico di Bonifica con Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 E D.Lgs. 04/08 Area di effrazione Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona Comune di Bertonico (LO)			SCALA grafica	2216132
PROGETTO			NOME FILE	2216132-Bertonico-PUB
		HPC AG Via F. Ferrucci, 17/A - 20145 Milano Tel. +39 02 4548 8990 Fax. +39 02 4548 9396 www.hpc.ag		CLIENTE

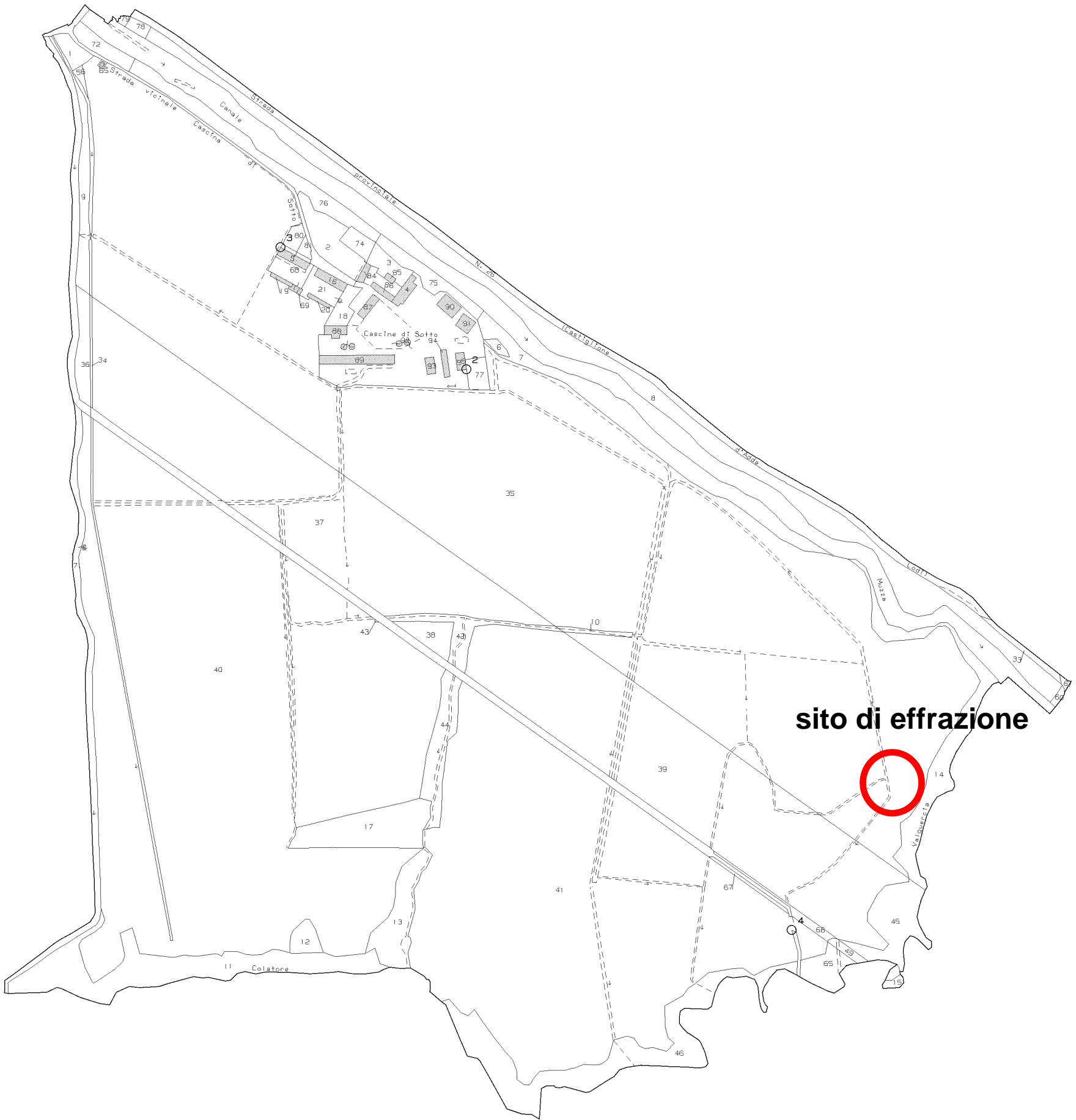
FORMATO A3 - SCALA DI STAMPA 1:1

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 98 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

ALLEGATI

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 99 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

ALLEGATO 1



sito di effrazione

Catasto terreni
Visura attuale per immobile
Situazione degli atti informatizzati al 12/09/2022



Immobile di catasto terreni



Causali di aggiornamento ed annotazioni

Informazioni riportate negli atti del catasto al 12/09/2022

Dati identificativi: Comune di **BERTONICO (A811) (LO)**

Foglio **24** Particella **35**

Classamento:

Redditi: dominicale **Euro 2.299,17**

agrario **Euro 1.127,04**

Il reddito dominicale è stato calcolato tenendo conto delle seguenti deduzioni: I2A^a)

Particella con qualità: **SEMIN IRRIG** di classe **1**

Superficie: **218.226 m²**

Riserve: 1 - Atti di passaggio intermedi non esistenti

Ultimo atto di aggiornamento: VOLTURA D'UFFICIO del 17/12/2014 Pratica n. LO0008742 in atti dal 25/03/2015 RETT. TRASCR. 276/2015 COSTITUZIONE DI DIRITTI REALI A TITOLO GRATUITO (n. 970.1/2015)

> **Dati identificativi**

Comune di **BERTONICO (A811) (LO)**

Foglio **24** Particella **35**

FRAZIONAMENTO del 30/04/1970 in atti dal 31/10/1974 (n. 1274)

Riserve: 1 - Atti di passaggio intermedi non esistenti

> **Dati di classamento**

Redditi: dominicale **Euro 2.299,17**

agrario **Euro 1.127,04**

Il reddito dominicale è stato calcolato tenendo conto delle seguenti deduzioni: I2A^a)

Particella con qualità: **SEMIN IRRIG** di classe **1**

Superficie: **218.226 m²**

FRAZIONAMENTO del 05/05/1993 in atti dal 21/05/1993 (n. 21513.3/1993)

> Altre variazioni

VOLTURA D'UFFICIO del 17/12/2014 Pratica n. LO0008742 in atti dal 25/03/2015 RETT. TRASCR. 276/2015 COSTITUZIONE DI DIRITTI REALI A TITOLO GRATUITO (n. 970.1/2015)

> Intestazione attuale dell'immobile - totale intestati: 2

> 1. FONDAZIONE IRCCS CA' GRANDA
OSPEDALE MAGGIORE POLICLINICO
(CF 04724150968)

Sede in MILANO (MI)

Diritto di: Nuda proprieta' per 1/1 (deriva dall'atto 1)

△ **Riserve:** 1 - Atti di passaggio intermedi non esistenti

> 2. FONDAZIONE PATRIMONIO CA' GRANDA
(CF 97700680156)

Sede in MILANO (MI)

Diritto di: Usufrutto per 1/1 (deriva dall'atto 1)

△ **Riserve:** 1 - Atti di passaggio intermedi non esistenti



1. VERBALE del 25/10/2018 Pubblico ufficiale NOTAIO FERRO Sede MILANO (MI) Repertorio n. 3430 - UU Sede MILANO (MI) Registrazione n. 55323 registrato in data 07/11/2018 - VERBALE DEL CONSIGLIO DI AMMINISTRAZIONE Voltura n. 2305.1/2019 - Pratica n. LO0027610 in atti dal 18/12/2019

Visura telematica

Tributi speciali: Euro 0,90

Legenda

a) I2A: Consorzi degli utenti di muzzza - roggia bertonica maestra - bocchello campagna - bocchello regona - bocchello monticella

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 100 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

ALLEGATO 2

Risultati analitici terreni



Punto di campionamento	Profondità indagine (m)	Data di prelievo campione	Laboratorio analisi	Benzene	Toluene	Etilbenzene	o-Xilene	m-p-Xilene	Xileni	Stirene	Sommatoria Organici Aromatici	MTBE	Idrocarburi C<12	Idrocarburi C>12	
				mq/kg	mq/kg	mq/kg	mq/kg	mq/kg	mq/kg	mq/kg	mq/kg	mq/kg	mq/kg	mq/kg	mq/kg
CSC **				0,1	0,5	0,5	0,5	-	0,5	0,5	1	10***	10	50	
terreno superficiale															
PNO 1A	0-1	05/09/2016	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5	
PNO 2A	0-1		Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5	
PNE 1A	0-1		Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5	
PSE 1A	0-1		Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	519	
PSE 2A	0-1		Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	1300	
PSO 1A	0-1		Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5	
P22	0-1		Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5	
P23	0-1		Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	144	
P21	0-1		Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5	
BH3	0-1		Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5	
BH1	0-1	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
BH2	0-1	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
BH4	0-1	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
BH5	0-1	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
BH6	0-1	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
BH7	0-1 #	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH8	0-1 *	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH9	0-1 *	ARPA	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,04	-	< 0,02	< 0,1	-	< 1	< 40		
BH9	0-1 *	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH9	0-1 *	ARPA	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,04	-	< 0,02	< 0,1	-	< 1	< 40		
BH10	0-1	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH11	0-1	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH12 (P25)	0-1	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH13	0-1 #	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH14	0-1	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
Parete SE	0-1	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	11		
terreno profondo															
PNO 1A	1-5,5	05/09/16	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	1,40	< 0,05	1,40	< 0,1	228	34000	
PNO 2A	1-5,5		Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	4	1375	
PNE 1A	1-5,5		Parte	< 0,01	< 0,05	0,48	-	-	1,50	< 0,05	2,00	< 0,1	233	14000	
PSE 1A	1-5,5		Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	91	
PSE 2A	1-5,5		Parte	< 0,01	< 0,05	0,23	-	-	0,74	< 0,05	0,97	< 0,1	193	6800	
PSO 1A	1-5,5		Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	1,90	< 0,05	1,90	0,1	333	19000	
FS	5,5		Parte	< 0,01	< 0,05	1,80	-	-	3,80	< 0,05	5,60	0,8	461	67000	
P22	4-5		Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5	
P22	7-8		Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	84	
P23	4-5		Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5	
P23	7,2-8,2	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
P21	4-5	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
P21	6,5-7,5	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
BH3	4-5	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
BH3	7-8	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
BH3	5-6	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	58		
BH1	6-7	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
BH1	7-8	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
BH2	4-5	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
BH2	7-8	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
BH4	4-5	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
BH4	7-8	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
BH5	4-5	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
BH5	7-8	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
BH6	4,5 *	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
BH6	7-8	ARPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 40		
BH6	7-8	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
BH6	4,5 *	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	1,70	< 0,05	1,70	< 0,1	110	15000		
BH6	4,5 *	ARPA	< 0,02	0,02	< 0,03	0,15	0,04	-	< 0,02	0,24	< 0,02	1590	10101		
BH6	4,5 *	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	1,60	< 0,05	1,60	< 0,1	150	1600		
BH6	4,5 *	ARPA	< 0,02	0,17	0,16	0,52	0,14	-	< 0,02	1,00	< 0,02	938	2898		
BH6	7-8 *	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	0,08	< 0,05	< 0,1	< 0,1	21	120		
BH6	7-8 *	ARPA	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,04	-	< 0,02	< 0,1	< 0,02	< 1	< 40		
BH6	8-8,8 *	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	9,9	150		
BH6	8-8,8 *	ARPA	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,04	-	< 0,02	< 0,1	< 0,02	< 1,0	118		
BH7	4,5 *	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH7	7-8 #	ARPA	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,04	-	< 0,02	< 0,1	-	< 1	< 40		
BH7	7-8 #	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH8	4,5 #	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH8	7,3-8,3 *	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH8	7,3-8,3 *	ARPA	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,04	-	< 0,02	< 0,1	-	< 1	< 40		
BH9	1-2 #	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH9	2-3 #	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH10	1-2	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	34		
BH10	2-3	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH11	4-5	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH11	7-8	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH12 (P25)	4-5	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH12 (P25)	7,5-8,5	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH13	4,5 *	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH13	4,5 *	ARPA	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-	< 0,02	< 0,1	-	< 1	< 40		
BH13	8-9 #	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH14	4-5	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
BH14	7-8	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	-	< 1	< 5		
FS - 3SE	3	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	80		
FS - 3NW	3	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		
Parete SE	1-3	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	34		
FS ampliamento	2,5	Parte	< 0,01	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 1	< 5		

* campionamento in contraddittorio con ARPA e analisi del laboratorio ARPA

** CSC (tabella 1 A) per i terreni normati dall'allegato 5 al titolo V della parte quarta del DLgs 152/2006

*** limite proposto da ISS (Parere del 2001 n. 57058 IA/12)


campionamento in contraddittorio con ARPA ma non analisi del laboratorio ARPA

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 101 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

ALLEGATO 3

Risultati analitici acque sotterranee

Punto di campionamento	Data di prelievo campione	Laboratorio	Benzene	Toluene	Etilbenzene	m-p-Xileni	o-Xilene	p-Xilene	Stirene	MTBE***	GROs (n-esano)	DROs (n-esano)	HC tot (n-esano)	
			u.d.m.	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
			CSC**	1	15	50	-	-	10	25	40	-	-	350
P21	12/09/2016	Parte	<0,1	<0,1	0,1	-	-	<0,1	<0,1	<1	<15	<15	<35	
	07/12/2016	Parte	<0,1	<0,1	0,1	-	-	<0,1	<0,1	<1	<35	88	88	
	06/02/2017	Parte	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	2,8	<0,1	<1	<35	<35	<35	
	12/04/2017	Parte	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	0,3	<0,1	1,4	<35	<35	<35	
	13/07/2017	Parte	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	<0,1	<0,1	<1	<35	132	132	
	19/10/2017	Parte	<0,1	<0,1	0,265	-	-	<0,1	<0,1	<1	<35	<35	<35	
	09/01/2018	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	19/04/2018	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	23/07/2018	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	17/10/2018	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	70,6	70,6	
	15/01/2019	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	52,5	52,5	
	11/04/2019	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	23/10/2019	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	30/01/2020	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	15/04/2020	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	28/07/2020	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	03/11/2020	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	02/02/2021	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	14/04/2021	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	16/07/2021	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	20/10/2021	Parte	<0,1	<1,0	<1,0	-	-	<1,0	<1,0	<2,0	<35,0	<35,0	<35,0	
	14/01/2022	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	21/04/2022	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	01/07/2022	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	13/10/2022	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	02/01/2023	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
03/04/2023	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35		
P22	12/09/2016	Parte	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	<0,1	<0,1	<1	<15	<15	<35	
	07/12/2016	Parte	<0,1	<0,1	0,1	-	-	<0,1	<0,1	<1	<35	78	78	
	06/02/2017*	Parte	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	<0,1	<0,1	<1	<35	<35	<35	
	12/04/2017	ARPA	<0,2	<0,2	0,21	<0,4	<0,2	-	<0,2	<2	<50	<50	<50	
	13/07/2017	Parte	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	<0,1	<0,1	9,2	<35	190	190	
	19/10/2017	Parte	<0,1	0,35	0,216	-	-	<0,1	<0,1	<1	<35	120	120	
	09/01/2018	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	19/04/2018	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	23/07/2018	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	396	396	
	17/10/2018*	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	601	601	
	15/01/2019	ARPA	<0,25	<0,25	<0,25	<0,50	<0,25	-	<1	1,3	-	241	266	
	11/04/2019	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	23/10/2019	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	30/01/2020	Parte												
	15/04/2020	Parte												
	28/07/2020	Parte												
	03/11/2020	Parte												
	02/02/2021	Parte												
	14/04/2021	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	16/07/2021	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	20/10/2021	Parte	<0,1	<1,0	<1,0	-	-	<1,0	<1,0	<2,0	<35,0	<35,0	<35,0	
	14/01/2022	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	21/04/2022	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	01/07/2022	ARPA	<0,2	<0,2	<0,2	<0,4	<0,2	-	<0,2	<2	<50	<50	<50	
	13/10/2022	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	02/01/2023	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
03/04/2023	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35		
P23	12/09/2016	Parte	<0,1	<0,1	0,1	-	-	<0,1	<0,1	<1	<15	<15	<35	
	07/12/2016	Parte	<0,1	<0,1	0,1	-	-	<0,1	<0,1	<1	<35	95	95	
	06/02/2017*	Parte	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	2,9	<0,1	<0,1	<35	<35	<35	
	12/04/2017	ARPA	<0,2	<0,2	<0,2	<0,4	<0,2	-	<0,2	<2	<50	<50	<50	
	13/07/2017	Parte	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	<0,1	<0,1	1,65	<35	334	334	
	19/10/2017	Parte	<0,1	<0,1	0,274	-	-	0,234	<0,1	<1,0	<35	<35	<35	
	09/01/2018	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	19/04/2018	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	23/07/2018	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	17/10/2018*	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	15/01/2019	ARPA	<0,25	<0,25	<0,25	<0,50	<0,25	-	<1	<0,50	-	58	83	
	11/04/2019	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	23/10/2019	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	30/01/2020	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	15/04/2020	Parte	0,147	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	28/07/2020	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	03/11/2020	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	02/02/2021	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	14/04/2021	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	16/07/2021	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	20/10/2021	Parte	<0,1	<1,0	<1,0	-	-	<1,0	<1,0	<2,0	<35,0	163	163	
	14/01/2022	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	21/04/2022	Parte	<0,2	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	01/07/2022	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	13/10/2022	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	02/01/2023	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	2,17	<35	<35	<35	
03/04/2023	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35		
P24	12/09/2016	Parte	<0,1	<0,1	0,1	-	-	<0,1	<0,1	<1	<15	<15	<35	
	07/12/2016	Parte	<0,1	<0,1	0,1	-	-	<0,1	<0,1	<1	<35	77	77	
	06/02/2017*	Parte	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	2,2	<0,1	<1	<35	<35	<35	
	12/04/2017	ARPA	<0,2	<0,2	<0,2	<0,4	<0,2	-	<0,2	<2	<50	<50	<50	
	13/07/2017	Parte	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	<0,1	<0,1	1,42	21000	70800	91600	
	19/10/2017	Parte	<0,1	<0,1	0,273	-	-	0,215	<0,1	<1,0	<35	234	234	
	09/01/2018	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	<35	<35	
	19/04/2018	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	337	337	
	23/07/2018	Parte												
	17/10/2018*	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<35	155	155	
	15/01/2019	ARPA	<0,25	<0,25	<0,25	<0,50	<0,25	-	<1	<0,5	-	116	141	
	11/04/2019	Parte	<0,1	<1	<1	-	-	<1	<1	<2	<3			



	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 102 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

ALLEGATO 4

Rilievo dei fluidi							
ID	Coordinata X	Coordinata Y	QUOTA B.P. (m s.l.m.)	QUOTA P.C. (m s.l.m.)	SOGGIACENZA DA B.P. (m)	SPESSORE PRODOTTO (m)	SOGGIACENZA DA P.C. (m)
10/09/2016							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	8,884	0,000	8,667
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	8,591	0,000	8,389
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,322	0,000	8,137
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	9,032	0,000	8,785
12/09/2016							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	8,900	0,000	8,683
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	8,610	0,000	8,408
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,335	0,000	8,150
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	9,045	0,000	8,798
15/09/2016							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	8,911	0,000	8,694
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	8,616	0,000	8,414
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,351	0,000	8,166
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	9,059	0,000	8,812
07/12/2016							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	9,250	0,000	9,033
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	8,950	0,000	8,748
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,680	0,000	8,495
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	9,390	0,000	9,143
06/02/2017							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	9,200	0,000	8,983
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	8,890	0,000	8,688
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,630	0,000	8,445
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	9,340	0,000	9,093
P25	551761,415	5008093,187	64,351	64,321	8,910	0,000	8,880
12/04/2017							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	9,123	0,000	8,906
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	9,070	0,000	8,868
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,742	0,000	8,557
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	9,301	0,000	9,054
P25	551761,415	5008093,187	64,351	64,321	9,448	0,000	9,418
13/07/2017							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	8,210	0,000	7,993
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	8,860	0,000	8,658
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,570	0,000	8,385
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	8,270	0,000	8,023
P25	551761,415	5008093,187	64,351	64,321	8,850	0,000	8,820
19/10/2017							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	8,935	0,000	8,718
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	8,630	0,000	8,428
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,370	0,000	8,185
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	9,065	0,000	8,818
P25	551761,415	5008093,187	64,351	64,321	8,670	0,000	8,640
09/01/2018							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	9,060	0,000	8,843
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	8,750	0,000	8,548
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,480	0,000	8,295
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	9,190	0,000	8,943
P25	551761,415	5008093,187	64,351	64,321	nd	0,000	nd
19/04/2018							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	9,080	0,000	8,863
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	8,780	0,000	8,578
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,520	0,000	8,335
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	8,220	0,000	7,973
P25	551761,415	5008093,187	64,351	64,321	8,810	0,000	8,780
23/07/2018							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	6,690	0,000	6,473
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	5,400	0,000	5,198
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,215	0,000	8,030
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	7,540	velo	7,293
P25	551761,415	5008093,187	64,351	64,321	4,715	0,000	4,685

Rilievo dei fluidi							
ID	Coordinata X	Coordinata Y	QUOTA B.P. (m s.l.m.)	QUOTA P.C. (m s.l.m.)	SOGGIACENZA DA B.P. (m)	SPESSORE PRODOTTO (m)	SOGGIACENZA DA P.C. (m)
17/10/2018							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	9,070	0,000	8,853
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	8,770	0,000	8,568
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,510	0,000	8,325
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	9,210	0,000	7,293
P25	551761,415	5008093,187	64,351	64,321	8,780	0,000	8,750
15/01/2019							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	9,190	0,000	8,973
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	8,885	0,000	8,683
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,620	0,000	8,435
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	9,310	0,000	9,063
P25	551761,415	5008093,187	64,351	64,321	8,905	0,000	8,875
11/04/2019							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	9,400	0,000	9,183
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	9,090	0,000	8,888
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,830	0,000	8,645
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	9,530	0,000	9,283
P25	551761,415	5008093,187	64,351	64,321	9,120	0,000	9,090
21/06/2019							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	9,220	0,000	9,003
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	8,915	0,000	8,713
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,650	0,000	8,465
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	9,350	0,000	9,103
P25	551761,415	5008093,187	64,351	64,321	8,940	0,000	8,910
28/06/2019							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	9,155	0,000	8,938
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	8,850	0,000	8,648
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,590	0,000	8,405
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	9,045	0,000	8,798
P25	551761,415	5008093,187	64,351	64,321	8,875	0,000	8,845
23/10/2019							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	8,860	0,000	8,643
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	-	0,000	-
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,360	0,000	8,175
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	-	0,000	-
P25	551761,415	5008093,187	64,351	64,321	-	0,000	-
30/01/2020							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	9,040	0,000	8,823
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	-	0,000	-
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,580	0,000	8,395
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	-	0,000	-
P25	551761,415	5008093,187	64,351	64,321	-	0,000	-
15/04/2020							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	9,220	0,000	9,003
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	-	0,000	-
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,760	0,000	8,575
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	-	0,000	-
P25	551761,415	5008093,187	64,351	64,321	-	0,000	-
28/07/2020							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	9,050	0,000	8,833
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	-	0,000	-
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,580	0,000	8,395
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	-	0,000	-
P25	551761,415	5008093,187	64,351	64,321	-	0,000	-
03/11/2020							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	9,100	0,000	8,883
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	-	0,000	-
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,620	0,000	8,435
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	-	0,000	-
P25	551761,415	5008093,187	64,351	64,321	-	0,000	-
02/02/2021							
P21	551742,716	5008090,492	64,128	63,911	8,890	0,000	8,673
P22	551764,865	5008088,379	63,787	63,585	-	0,000	-
P23	551757,033	5008079,567	63,557	63,372	8,420	0,000	8,235
P24	551755,192	5008091,090	64,264	64,017	-	0,000	-
P25	551761,415	5008093,187	64,351	64,321	-	0,000	-

Rilievo dei fluidi							
ID	Coordinata X	Coordinata Y	QUOTA B.P. (m s.l.m.)	QUOTA P.C. (m s.l.m.)	SOGGIACENZA DA B.P. (m)	SPESSORE PRODOTTO (m)	SOGGIACENZA DA P.C. (m)
14/04/2021							
	(nuovo rilievo topografico)						
P21	551742,719	5008090,480	64,088	63,911	9,054	0,000	8,877
P22	551765,539	5008086,260	63,744	63,586	8,752	0,000	8,594
P23	551757,090	5008079,553	63,596	63,517	8,577	0,000	8,498
P24	551752,887	5008089,379	63,935	63,966	8,919	0,000	8,950
P25	551761,723	5008091,153	63,894	63,701	8,896	0,000	8,703
16/07/2021							
P21	551742,719	5008090,480	64,088	63,911	8,960	0,000	8,783
P22	551765,539	5008086,260	63,744	63,586	8,671	0,000	8,513
P23	551757,090	5008079,553	63,596	63,517	8,507	0,000	8,428
P24	551752,887	5008089,379	63,935	63,966	8,844	0,000	8,875
P25	551761,723	5008091,153	63,894	63,701	8,824	0,000	8,631
20/10/2021							
P21	551742,719	5008090,480	64,088	63,911	8,945	0,000	8,768
P22	551765,539	5008086,260	63,744	63,586	8,643	0,000	8,485
P23	551757,090	5008079,553	63,596	63,517	8,475	0,000	8,396
P24	551752,887	5008089,379	63,935	63,966	8,815	0,000	8,846
P25	551761,723	5008091,153	63,894	63,701	8,800	0,000	8,607
11/11/2021							
P24	551752,887	5008089,379	63,935	63,966	8,845	0,020	8,876
P25	551761,723	5008091,153	63,894	63,701	8,627	0,000	8,434
22/12/2021							
P24	551752,887	5008089,379	63,935	63,966	9,012	0,000	9,043
P25	551761,723	5008091,153	63,894	63,701	9,005	0,000	8,812
14/01/2022							
P21	551742,719	5008090,480	64,088	63,911	9,154	0,000	8,977
P22	551765,539	5008086,260	63,744	63,586	8,859	0,000	8,701
P23	551757,090	5008079,553	63,596	63,517	8,684	0,000	8,605
P24	551752,887	5008089,379	63,935	63,966	9,021	0,000	9,052
P25	551761,723	5008091,153	63,894	63,701	9,002	0,000	8,809
04/03/2022							
P24	551752,887	5008089,379	63,935	63,966	9,442	0,000	9,473
P25	551761,723	5008091,153	63,894	63,701	9,462	0,000	9,269
21/04/2022							
P21	551742,719	5008090,480	64,088	63,911	9,396	0,000	9,219
P22	551765,539	5008086,260	63,744	63,586	9,095	0,000	8,937
P23	551757,090	5008079,553	63,596	63,517	8,922	0,000	8,843
P24	551752,887	5008089,379	63,935	63,966	9,257	0,000	9,288
P25	551761,723	5008091,153	63,894	63,701	9,243	0,000	9,050
30/05/2022							
P24	551752,887	5008089,379	63,935	63,966	9,303	0,000	9,334
P25	551761,723	5008091,153	63,894	63,701	9,282	0,000	9,089
01/07/2022							
P21	551742,719	5008090,480	64,088	63,911	9,226	0,000	9,049
P22	551765,539	5008086,260	63,744	63,586	9,025	0,000	8,867
P23	551757,090	5008079,553	63,596	63,517	8,751	0,000	8,672
P24	551752,887	5008089,379	63,935	63,966	9,082	0,000	9,113
P25	551761,723	5008091,153	63,894	63,701	9,170	0,000	8,977
22/08/2022							
P21	551742,719	5008090,480	64,088	63,911	8,801	0,000	8,624
P22	551765,539	5008086,260	63,744	63,586	9,092	0,000	8,934
P23	551757,090	5008079,553	63,596	63,517	8,388	0,000	8,309
P24	551752,887	5008089,379	63,935	63,966	9,204	0,000	9,235
P25	551761,723	5008091,153	63,894	63,701	9,164	0,000	8,971
29/09/2022							
P24	551752,887	5008089,379	63,935	63,966	9,191	0,000	9,222
P25	551761,723	5008091,153	63,894	63,701	9,171	0,000	8,978
13/10/2022							
P21	551742,719	5008090,480	64,088	63,911	9,263	0,000	9,086
P22	551765,539	5008086,260	63,744	63,586	8,962	0,000	8,804
P23	551757,090	5008079,553	63,596	63,517	8,775	0,000	8,696
P24	551752,887	5008089,379	63,935	63,966	9,130	0,000	9,161
P25	551761,723	5008091,153	63,894	63,701	9,111	0,000	8,918
02/01/2023							
P21	551742,719	5008090,480	64,088	63,911	9,010	0,000	8,833
P22	551765,539	5008086,260	63,744	63,586	8,714	0,000	8,556
P23	551757,090	5008079,553	63,596	63,517	8,526	0,000	8,447
P24	551752,887	5008089,379	63,935	63,966	8,872	0,000	8,903
P25	551761,723	5008091,153	63,894	63,701	8,825	0,000	8,632
03/04/2023							
P21	551742,719	5008090,480	64,088	63,911	9,237	0,000	9,060
P22	551765,539	5008086,260	63,744	63,586	8,936	0,000	8,778
P23	551757,090	5008079,553	63,596	63,517	8,765	0,000	8,686
P24	551752,887	5008089,379	63,935	63,966	9,101	0,000	9,132
P25	551761,723	5008091,153	63,894	63,701	9,083	0,000	8,890

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 103 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

ALLEGATO 5

Risultati analitici soil gas

Punto di campionamento	u.m.	Data di prelievo campione	Sezione di testa (T) Sezione di guardia (G)	Alifatici C5-C8	Alifatici C9-C12	Alifatici C13-C18	Alifatici C19-C36	Aromatici C11-C12	Aromatici C13-C22	Aromatici C13-C22	Aromatici C9-C10	Benzene	Toluene	Etilbenzene	M,p-Xileni O-Xileni Xileni			Stirene	
				mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³
**			-	26,3	26,3	-	-	3,29	3,29	-	3,29	0,0718	659	0,224			13,2	1,12	
SGS 1	mg m ⁻³	AUTUNNO 13/12/2017	T	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002			<0,002	<0,002	
			G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			-	-
SGS 2	mg m ⁻³		T	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002			<0,002	<0,002
			G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			-	-
SGS 3	mg m ⁻³		T	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002			<0,002	<0,002
			G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			-	-
SGS 4	mg m ⁻³		T	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002			<0,002	<0,002
			G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			-	-
SGS BIANCO	mg	T	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,1	<0,0002	<0,0001	-	-	<0,0002	<0,00002	<0,00002	<0,00002			<0,00002	<0,00002	
		G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			-	-	
SGS 1	mg m ⁻³	PRIMAVERA 05/06/2018	T	<0,02	<0,02	<0,02	<1	<0,02	-	<0,02	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002			<0,002	<0,002	
			G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			-	-	
SGS 2	mg m ⁻³		T	<0,02	<0,02	<0,02	<1	<0,02	-	<0,02	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002			<0,002	<0,002	
			G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			-	-	
SGS 3	mg m ⁻³		T	<0,02	<0,02	<0,02	<1	<0,02	-	<0,02	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002			<0,002	<0,002	
			G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			-	-	
SGS 4	mg m ⁻³		T	<0,02	<0,02	<0,02	<1	<0,02	-	<0,02	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002			<0,002	<0,002	
			G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			-	-	
SGS BIANCO	mg	T	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,1	<0,0002	-	<0,0001	<0,0002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002			<0,00002	<0,00002	
		G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			-	-	
SGS 1	mg m ⁻³	ESTATE 22/08/2018 *	T	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	0,00	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002			<0,002	<0,002	
			G	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002			<0,002	<0,002	
SGS 1 - ARPA	mg m ⁻³		T	<11,67	<10,0	-	-	<8,33	-	-	<8,33	<0,03	<0,33	<0,03	<0,067	<0,03	-	<1,67	
			G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			-	-	
SGS 2	mg m ⁻³		T	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	0,00	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002			<0,002	<0,002	
			G	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002			<0,002	<0,002	
SGS 3	mg m ⁻³		T	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	0,00	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002			<0,002	<0,002	
			G	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002			<0,002	<0,002	
SGS 4	mg m ⁻³	T	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	0,00	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002			<0,002	<0,002		
		G	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002			<0,002	<0,002		
SGS 4 - ARPA	mg m ⁻³	T	<11,67	<10,0	-	-	<8,33	-	-	<8,33	<0,03	<0,33	<0,03	<0,067	<0,03	-	<1,67		
		G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			-	-		
SGS BIANCO	mg	T	<0,0002	<0,0002	<0,0001	<0,0002	<0,0002	-	<0,0002	<0,0002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002			<0,00002	<0,00002	
		G	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-	<0,0002	<0,0002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002			<0,00002	<0,00002	
SGS 1	mg m ⁻³	INVERNO 15/01/2019 *	T	<0,011	<0,011	<0,011	<1,0	<0,011	-	<0,011	<0,011	<0,0011	<0,0011	<0,0011			<0,0011	<0,0011	
			G	<0,011	<0,011	<0,011	<1,0	<0,011	-	<0,011	<0,011	<0,0011	<0,0011	<0,0011			<0,0011	<0,0011	
SGS 2	mg m ⁻³		T	<0,011	<0,011	<0,011	<1,0	<0,011	-	<0,011	<0,011	<0,0011	<0,0011	<0,0011			<0,0011	<0,0011	
			G	<0,011	<0,011	<0,011	<1,0	<0,011	-	<0,011	<0,011	<0,0011	<0,0011	<0,0011			<0,0011	<0,0011	
SGS 3	mg m ⁻³		T	<0,011	<0,011	<0,011	<1,0	<0,011	-	<0,011	<0,011	<0,0011	<0,0011	<0,0011			<0,0011	<0,0011	
			G	<0,011	<0,011	<0,011	<1,0	<0,011	-	<0,011	<0,011	<0,0011	<0,0011	<0,0011			<0,0011	<0,0011	
SGS 3 - ARPA	mg m ⁻³		T CA	<1,944	<1,66	-	-	<1,388	-	-	<1,38	0,01056	0,256111	0,046111	0,177778	0,053333	0,2311110	<0,277	
			T DT	0,63	<0,1	-	-	<0,0833	-	-	<0,083	0,02332	0,330000	0,099000	0,562000	0,128333	0,6903330	<0,0016	
SGS 4	mg m ⁻³	T	<0,011	<0,011	<0,011	<1,0	<0,011	-	<0,011	<0,011	<0,0011	<0,0011	<0,0011			<0,0011	<0,0011		
		G	<0,011	<0,011	<0,011	<1,0	<0,011	-	<0,011	<0,011	<0,0011	<0,0011	<0,0011			<0,0011	<0,0011		
SGS BIANCO	mg	T	<0,011	<0,011	<0,011	<0,5	<0,011	-	<0,011	<0,011	<0,0011	<0,0011	<0,0011			<0,0011	<0,0011		
		G	<0,011	<0,011	<0,011	<0,5	<0,011	-	<0,011	<0,011	<0,0011	<0,0011	<0,0011			<0,0011	<0,0011		

* Campionamento effettuato in contraddittorio con ARPA

** Appendice 1, "Procedura Oper. per la valutazione e l'utilizzo dei dati derivanti da misure di gas interstiziali nell'AdR dei siti contaminati"

- Linee Guida SNPA 2018 - Recettore RESIDENZIALE (classe di recettore più conservativo)

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 104 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

ALLEGATO 6

Acc. n°	098/16	del:	10/11/2016	Certificato n°:	4046/16
Committente:	ACR di Reggiani Albertino S.p.A.			Commessa n°:	256/16
Cantiere:	Effrazione Bertonico (LO)				
Località:	Effrazione Bertonico (LO)				
Campione:	GR1 C1			Profondità (m):	0,00-1,00
Sigla di laboratorio:	T.1076/16	Data di prova:	10/11/2016	Data di emissione:	16/11/2016

Descrizione: il campione è costituito da sabbia limosa, debolmente ghiaiosa, debolmente argillosa.

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: bruno verdastro Odore: assente

CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza <input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Moderatamente consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input type="checkbox"/> Moderatamente addensato <input type="checkbox"/> Addensato <input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Debolmente umido <input type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCl	
<input type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediamente plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico	<input type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
0,00-1,00		Peso specifico dei granuli Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione	

Lo Sperimentatore Dott. Geol. Giovanni Pappalardo
Il Direttore del Laboratorio Dott. Geol. Lucio Amato

<u>Acc. n°</u>	098/16	del	10/11/16	<u>Certificato n°:</u>	4047/16
<u>Committente:</u>	ACR di Reggiani Albertino S.p.A.			<u>Commessa n°:</u>	256/16
<u>Cantiere</u>	Effrazione Bertónico (LO)				
<u>Località:</u>	Effrazione Bertónico (LO)				
<u>Campione</u>	GR1 C1			<u>Profondità (m) :</u>	0,00-1,00
<u>Sigla di laboratorio:</u>	T.1076/16	<u>Data di inizio prova:</u>	14/11/2016	<u>Data di emissione:</u>	16/11/2016

DETERMINAZIONI	1	2
Picnometro n°	13	15
Peso picnometro (N)	1.65	1.43
Peso pic. + acqua distill.(N)	4.70	4.59
Temperatura (°C)	21.0	21.0
Peso terreno secco (N)	0.40	0.40
Peso pic. + terreno secco (N)	2.05	1.82
Peso pic. + terreno + acqua distill. (N)	4.95	4.84
Temperatura miscela (°C)	21.0	21.0
Peso specifico γ_s (-)	2.71	2.72

<u>PESO SPECIFICO MEDIO "γ_s"</u>:	2,71	(-)
---	-------------	------------

Note:

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

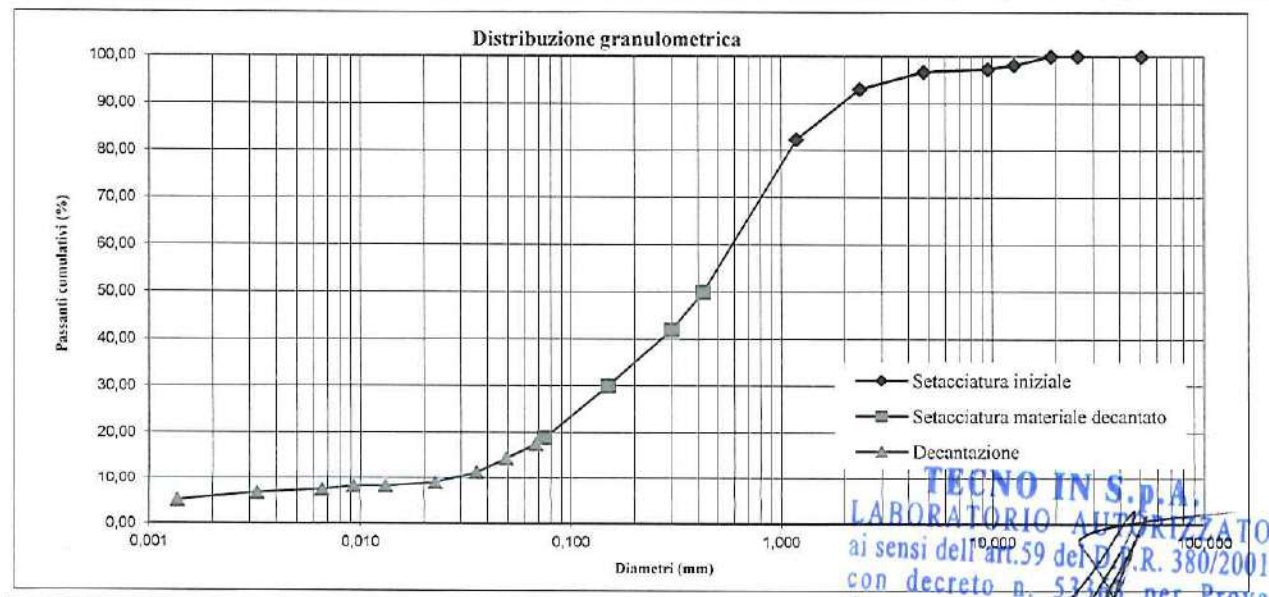
TECNO IN S.p.A.
LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001
 con decreto n. 53363 per Prove
 Geotecniche su terre

Acc. n°	098/16	del	10/11/2016	Certificato n°	4048/16
Committente:	ACR di Reggiani Albertino S.p.A.			Commessa n°	256/16
Cantiere:	Effrazione Bertónico (LO)				
Località:	Effrazione Bertónico (LO)				
Campione:	GR1 C1	Profondità:	0,00-1,00		
Sigla di laboratorio	T.1076/16	Data di inizio prova	14/11/2016	Data di emissione:	16/11/2016

Massa secca iniziale (g):	478,38	Massa secca dopo lavaggio (g):	376,55
		Massa tara (g):	8,62
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
2"	50,800	8,62	100,00
1"	25,400	8,62	100,00
3/4"	19,050	8,62	100,00
1/2"	12,700	17,32	98,15
3/8"	9,525	21,33	97,29
N. 4	4,750	24,18	96,69
N. 8	2,360	41,45	93,01
N. 16	1,180	91,65	82,33
N. 40	0,425	243,88	49,92

Massa secca iniziale (g):	50,46		
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
N.40	0,425	11,45	49,92
N.50	0,300	19,50	41,96
N.100	0,150	31,60	29,99
N. 200	0,075	42,80	18,91
		Massa tara (g)	11,45
Peso specifico della soluzione : 1,001			
Diametro max della frazione sottoposta a decantazione (mm):			0,425

Massa iniziale secca (g): 50,46			Peso specifico dei granuli: 2,71					
Tempo (min)	Letture al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Letture corrette per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K	Diametro (mm)
0,50	1,0130	21	-0,0008	1,0122	17,55	13,10	0,01328	0,068
1	1,0110	21	-0,0008	1,0102	14,42	13,70	0,01328	0,049
2	1,0090	21	-0,0008	1,0082	11,28	14,20	0,01328	0,035
5	1,0075	21	-0,0008	1,0067	8,93	14,55	0,01328	0,023
15	1,0070	21	-0,0008	1,0062	8,15	14,70	0,01328	0,013
30	1,0070	21	-0,0008	1,0062	8,15	14,70	0,01328	0,009
60	1,0065	21	-0,0008	1,0057	7,37	14,85	0,01328	0,007
250	1,0060	21	-0,0008	1,0052	6,58	15,00	0,01328	0,003
1440	1,0050	21	-0,0008	1,0042	5,02	15,20	0,01328	0,001



Distribuzione granulometrica: sabbia (73,50%), limosa (10,50%), debolmente ghiaiosa (10,00%), debolmente argillosa (6,00%).

Accettazione n°:	098/16	del	10/11/2016	Commessa n°:	256/16
Committente:	ACR di Reggiani Albertino S.p.A.				
Cantiere:	Effrazione Bertónico (LO)				
Località:	Effrazione Bertónico (LO)				
Campione:	GRI C1		Profondità (m):	0,00-1,00	
Sigla del laboratorio:	T.1076/16		Data di emissione:	16/11/2016	

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI		
Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)	
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	2,71
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)		
Argilla < 0,002 mm	(%)	6,00
Limo < 0,06 mm	(%)	10,50
Sabbia < 2,00 mm	(%)	73,50
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	10,00
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)		
Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(%)	
Indice di consistenza IC	(-)	
Limite di ritiro Wr	(%)	

DETERMINAZIONE CONTENUTO CARBONATI		
Percentuale carbonati	(%)	

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)		
Gruppo		
Sotto gruppo		
Indice di gruppo		

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT ₅ 69)		
Densità secca massima	(kN/m ³)	
Umidità ottimale	(%)	

PROVA DI PERMEABILITÀ IN PERMEAMETRO		
Permeabilità	(m/s)	

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)		
Tensione di rottura	MPa	
Deformazione a rottura	(%)	

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)		
Cu media	kPa	

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)		
Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

PROVA TRIASSIALE C.L.D. (ASTM D 4767-95)		
Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)		
Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)		
Intervallo di carico compreso tra e kPa		
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹	
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa	
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione cv	cm ² /sec	
Coefficiente di consolidazione secondaria ca	%	

TECNO IN S.p.A.
LABORATORIO AUTORIZZATO
ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001
con decreto n. 53363 per Prove
Geotecniche su terre

Acc. n°	088/16	del:	17/10/2016	Certificato n°:	3670/16
Committente:	ACR di Reggiani Albertino S.p.A.			Commessa n°:	256/16
Cantiere:	Effrazione Bertónico (LO)				
Località:	Effrazione Bertónico (LO)				
Campione:	BH6-CR1	Profondità (m):	2,00-3,00		
Sigla di laboratorio:	T.994/16	Data di prova:	17/10/2016	Data di emissione:	25/10/2016

Descrizione: il campione è costituito da sabbia debolmente limosa.

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: marrone Odore: assente

CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'
Privo di consistenza	Sciolto	Asciutto
Poco consistente	Poco addensato	Debolmente umido
Moderatamente consistente	Moderatamente addensato	Umido
Consistente	Addensato	Molto umido
Molto consistente	Molto addensato	Saturo
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCl	
Non plastico	Nulla	
Poco plastico	Debole	
Mediamente plastico	Alta	
Molto plastico		

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
2,00-3,00		Peso specifico dei granuli Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 139/2000
 con decreto n. 53363 per il 11/05/2005
Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

<u>Acc. n°</u>	088/16	del	17/10/16	<u>Certificato n°:</u>	3671/16
<u>Committente:</u>	ACR di Reggiani Albertino S.p.A.			<u>Commessa n°:</u>	256/16
<u>Cantiere</u>	Effrazione Bertónico (LO)				
<u>Località:</u>	Effrazione Bertónico (LO)				
<u>Campione</u>	BH6-CR1			<u>Profondità (m) :</u>	2,00-3,00
<u>Sigla di laboratorio:</u>	T.994/16	<u>Data di inizio prova:</u>	18/10/2016	<u>Data di emissione:</u>	25/10/2016

DETERMINAZIONI	1	2
Picnometro n°	1	2
Peso picnometro (N)	1,39	1,38
Peso pic. + acqua distill.(N)	4,67	4,59
Temperatura (°C)	23,0	23,0
Peso terreno secco (N)	0,40	0,39
Peso pic. + terreno secco (N)	1,79	1,77
Peso pic. + terreno + acqua distill. (N)	4,92	4,83
Temperatura miscela (°C)	23,0	23,0
Peso specifico γ_s (-)	2,65	2,56

<u>PESO SPECIFICO MEDIO "γ_s" :</u>	2,60	(-)
--	-------------	------------

Note:

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001
 con decreto n. 53363 per Prove
 Geotecniche su terre

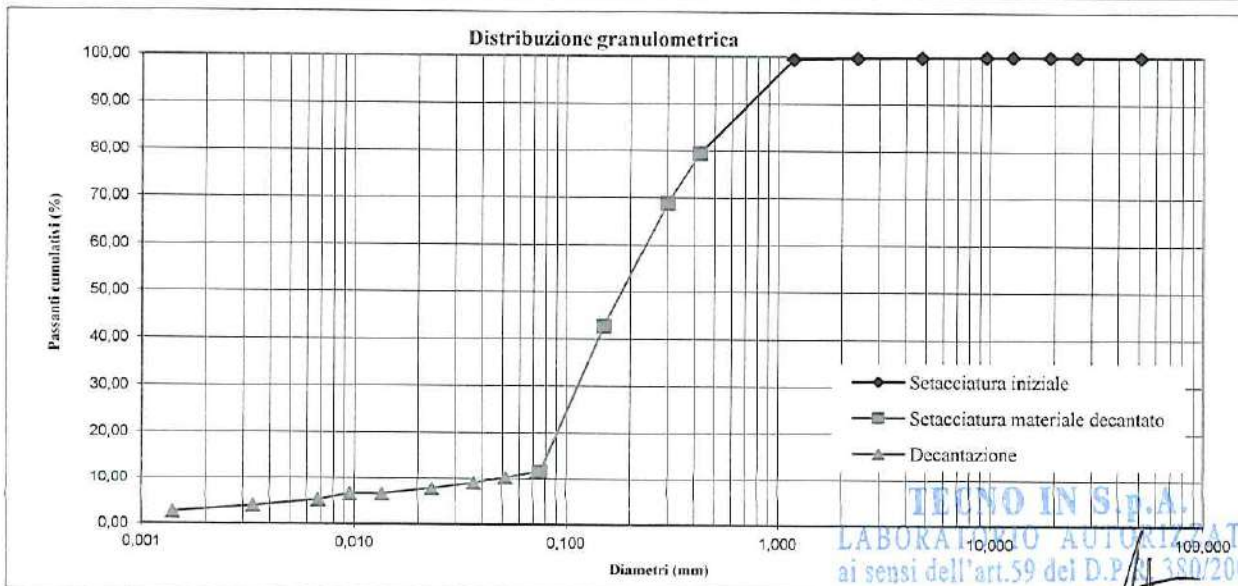
Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Acc. n°	088/16	del	17/10/2016	Certificato n°	3672/16
Committente:	ACR di Reggiani Albertino S.p.A.			Commessa n°	256/16
Cantiere:	Effrazione Bertónico (LO)				
Località:	Effrazione Bertónico (LO)				
Campione:	BH6-CR1	Profondità:	2,00-3,00		
Sigla di laboratorio	T.994/16	Data di inizio prova	18/10/2016	Data di emissione:	25/10/2016

Massa secca iniziale (g):	278,60	Massa secca dopo lavaggio (g):	232,11
		Massa tara (g):	8,60
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
2"	50,800	8,60	100,00
1"	25,400	8,60	100,00
3/4"	19,050	8,60	100,00
1/2"	12,700	8,60	100,00
3/8"	9,525	8,60	100,00
N. 4	4,750	9,06	99,83
N. 8	2,360	9,36	99,72
N. 16	1,180	10,04	99,47
N. 40	0,425	63,97	79,49

Massa secca iniziale (g):	50,1		
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
N.40	0,425	11,45	79,49
N.50	0,300	18,15	68,86
N.100	0,150	34,60	42,76
N. 200	0,075	54,20	11,66
		Massa tara (g)	11,45
Peso specifico della soluzione : 1,001			
Diametro max della frazione sottoposta a decantazione (mm):			0,425

Massa iniziale secca (g): 50,1			Peso specifico dei granuli: 2,60						
Tempo (min)	Letture al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Letture corrette per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K	Diametro (mm)	
0,50	1,0060	23	-0,0005	1,0055	11,60	14,85	0,01337	0,073	
1	1,0055	23	-0,0005	1,0050	10,31	15,00	0,01337	0,052	
2	1,0050	23	-0,0005	1,0045	9,02	15,10	0,01337	0,037	
5	1,0045	23	-0,0005	1,0040	7,73	15,20	0,01337	0,023	
15	1,0040	23	-0,0005	1,0035	6,45	15,35	0,01337	0,014	
30	1,0040	23	-0,0005	1,0035	6,45	15,35	0,01337	0,010	
60	1,0035	23	-0,0005	1,0030	5,16	15,50	0,01337	0,007	
250	1,0030	23	-0,0005	1,0025	3,87	15,65	0,01337	0,003	
1440	1,0025	23	-0,0005	1,0020	2,58	15,80	0,01337	0,001	



Distribuzione granulometrica: sabbia (89,00%) debolmente limosa (8,00%).

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001
 del decreto n. 53363 per Prove
 Geotecniche su terre

Accettazione n°:	088/16	del	17/10/2016	Commessa n°:	256/16
Committente:	ACR di Reggiani Albertino S.p.A.				
Cantiere:	Effrazione Bertónico (LO)				
Località:	Effrazione Bertónico (LO)				
Campione:	BH6-CR1	Profondità (m):	2,00-3,00		
Sigla del laboratorio:	T.994/16	Data di emissione:	25/10/2016		

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI		
Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)	
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	2,60
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)		
Argilla < 0,002 mm	(%)	3,00
Limo < 0,06 mm	(%)	8,00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	89,00
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	0,00
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)		
Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(%)	
Indice di consistenza IC	(-)	
Limite di ritiro Wr	(%)	

DETERMINAZIONE CONTENUTO CARBONATI		
Percentuale carbonati	(%)	

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)		
Gruppo		
Sotto gruppo		
Indice di gruppo		

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT _s 69)		
Densità secca massima	(kN/m ³)	
Umidità ottimale	(%)	

PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO		
Permeabilità	(m/s)	

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)	
Tensione di rottura	MPa
Deformazione a rottura	(%)

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)	
Cu media	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)	
Angolo di attrito interno (di picco)	°
Coesione (di picco)	kPa
Angolo di attrito interno (residuo)	°
Coesione (residuo)	kPa

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)	
Intervallo di carico compreso tra e kPa	
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa ⁻¹
Modulo edometrico E _{ed}	Mpa
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione cv	cm ² /sec
Coefficiente di consolidazione secondaria ca	%

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001
 con decreto n. 5303 per Prove
 Geotecniche su terre

Acc. n°	088/16	del:	17/10/2016	Certificato n°:	3673/16
Committente:	ACR di Reggiani Albertino S.p.A.			Commessa n°:	256/16
Cantiere:	Effrazione Bertónico (LO)				
Località:	Effrazione Bertónico (LO)				
Campione:	BH6-CR2			Profondità (m):	6,00-7,00
Sigla di laboratorio:	T.995/16	Data di prova:	17/10/2016	Data di emissione:	25/10/2016

Descrizione: il campione è costituito da limo argilloso, sabbioso.

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: marrone verdastro Odore: assente

CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza	<input type="checkbox"/> Sciolto	<input type="checkbox"/> Asciutto
<input type="checkbox"/> Poco consistente	<input type="checkbox"/> Poco addensato	<input type="checkbox"/> Debolmente umido
<input type="checkbox"/> Moderatamente consistente	<input type="checkbox"/> Moderatamente addensato	<input type="checkbox"/> Umido
<input type="checkbox"/> Consistente	<input type="checkbox"/> Addensato	<input type="checkbox"/> Molto umido
<input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCl	
<input type="checkbox"/> Non plastico	<input type="checkbox"/> Nulla	
<input type="checkbox"/> Poco plastico	<input type="checkbox"/> Debole	
<input type="checkbox"/> Mediamente plastico	<input type="checkbox"/> Alta	
<input type="checkbox"/> Molto plastico		

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
6,00-7,00		Peso specifico dei granuli Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001
 con decreto n. 53363 per Prove
 Geotecniche su terre

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Acc. n°	088/16	del	17/10/16	Certificato n°:	3674/16
Committente:	ACR di Reggiani Albertino S.p.A.			Commessa n°:	256/16
Cantiere	Effrazione Bertónico (LO)				
Località:	Effrazione Bertónico (LO)				
Campione	BH6-CR2			Profondità (m):	6,00-7,00
Sigla di laboratorio:	T.995/16	Data di inizio prova:	18/10/2016	Data di emissione:	25/10/2016

DETERMINAZIONI	1	2
Picnometro n°	3	4
Peso picnometro (N)	1.60	1.42
Peso pic. + acqua distill.(N)	4.71	4.62
Temperatura (°C)	23.0	23.0
Peso terreno secco (N)	0.40	0.39
Peso pic. + terreno secco (N)	2.00	1.82
Peso pic. + terreno + acqua distill. (N)	4.96	4.87
Temperatura miscela (°C)	23.0	23.0
Peso specifico γ_s (-)	2.69	2.70

<u>PESO SPECIFICO MEDIO "γ_s"</u>:	2,70	(-)
---	-------------	------------

Note:

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli



Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001
 con decreto n. 53363 per Prov.
 Geotecniche su terre



Acc. n°	088/16	del	17/10/2016	Certificato n°	3675/16
Committente:	ACR di Reggiani Albertino S.p.A.			Commessa n°	256/16
Cantiere:	Effrazione Bertónico (LO)				
Località:	Effrazione Bertónico (LO)				
Campione:	BH6-CR2			Profondità:	6,00-7,00
Sigla di laboratorio	T.995/16	Data di inizio prova	18/10/2016	Data di emissione:	25/10/2016

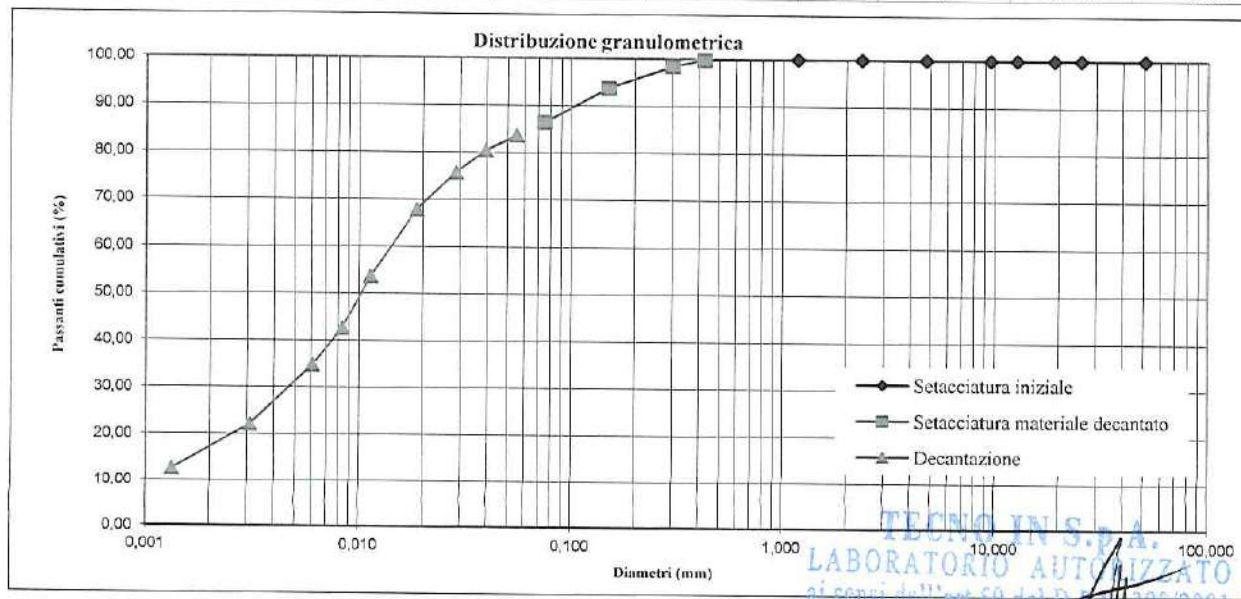
Massa secca iniziale (g):	201,81	Massa secca dopo lavaggio (g):	12,74
		Massa tara (g):	8,60
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
2"	50,800	8,60	100,00
1"	25,400	8,60	100,00
3/4"	19,050	8,60	100,00
1/2"	12,700	8,60	100,00
3/8"	9,525	8,60	100,00
N. 4	4,750	8,60	100,00
N. 8	2,360	8,60	100,00
N. 16	1,180	8,63	99,98
N. 40	0,425	8,98	99,80

Massa secca iniziale (g):	50,3		
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
N.40	0,425	11,45	99,80
N.50	0,300	12,15	98,41
N.100	0,150	14,50	93,75
N. 200	0,075	18,20	86,41
		Massa tara (g)	11,45
Peso specifico della soluzione : 1,001			

Diametro max della frazione sottoposta a decantazione (mm):	0,425
---	-------

Decantazione

Massa iniziale secca (g): 50,3			Peso specifico dei granuli: 2,70					
Tempo (min)	Letture al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Letture corrette per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K	Diametro (mm)
0,50	1,0280	23	-0,0005	1,0275	83,64	9,05	0,01297	0,055
1	1,0270	23	-0,0005	1,0265	80,49	9,30	0,01297	0,040
2	1,0255	23	-0,0005	1,0250	75,75	9,70	0,01297	0,029
5	1,0230	23	-0,0005	1,0225	67,86	10,35	0,01297	0,019
15	1,0185	23	-0,0005	1,0180	53,66	11,50	0,01297	0,011
30	1,0150	23	-0,0005	1,0145	42,61	12,45	0,01297	0,008
60	1,0125	23	-0,0005	1,0120	34,72	13,10	0,01297	0,006
250	1,0085	23	-0,0005	1,0080	22,09	14,20	0,01297	0,003
1440	1,0055	23	-0,0005	1,0050	12,63	15,00	0,01297	0,001



Distribuzione granulometrica: limo (68,00%), argilloso (17,00%), sabbioso (17,00%)

Accettazione n°:	088/16	del	17/10/2016	Commessa n°:	256/16
Committente:	ACR di Reggiani Albertino S.p.A.				
Cantiere:	Effrazione Bertónico (LO)				
Località:	Effrazione Bertónico (LO)				
Campione:	BH6-CR2		Profondità (m):	6,00-7,00	
Sigla del laboratorio:	T.995/16		Data di emissione:	25/10/2016	

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)	
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	2.70
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione S_r	(%)	

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)

Argilla < 0,002 mm	(%)	17,00
Limo < 0,06 mm	(%)	68,00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	15,00
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	0,00
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)

Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(%)	
Indice di consistenza IC	(-)	
Limite di ritiro W_r	(%)	

DETERMINAZIONE CONTENUTO CARBONATI

Percentuale carbonati	(%)	
-----------------------	-----	--

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT_s 69)

Densità secca massima	(kN/m ³)	
Umidità ottimale	(%)	

PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO

Permeabilità	(m/s)	
--------------	-------	--

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)

Tensione di rottura	MPa	
Deformazione a rottura	(%)	

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)

C_u media	kPa	
-------------	-----	--

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	



PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)

Intervallo di carico compreso tra e kPa		
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹	
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa	
Permeabilità in cella edometrica k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec	
Coefficiente di consolidazione secondaria c_{α}	%	

TECNO IN S.p.A.
LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art.59 del D.Lgs. 380/2001
 con decreto n. 53765 per Prove
 Geotecniche su terre

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 105 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

ALLEGATO 7



Località: Bertonico (LO)	Diametro carotiere: 101 mm
Sito: Effrazione Bertonico (LO)	Diametro foro:
Sondaggio/PM: BH4	Tipo piezometro:
Cassette N°: 2	Diam. PZ:
	Tratto cieco:
	Tratto finestrato:

Cliente: Eni S.p.A.

Profondità foro: mt. 8,00

Data inizio: 06/09/2016

Data fine: 06/09/2016

Sistema di perforazione: carotaggio continuo a secco

Società perforatrice: ACR

Geologo\Tecnico di cantiere: Dott. Roberto Viero

Rif. Verticale	Profondità (m da p.c.)	Spess. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Umidità	Presenza di odori	COV (ppm)	Campione terreno	Livello Piezometrico	Completa. Pozzo
	1.0	1.5		Sabbia con Limo (terreno di coltura) di colore marrone	-		0,1	X		
	2.0									
	3.0	2.5		Sabbia fine debolmente limosa di colore marrone	-					
	4.0									
	5.0	0.5		Sabbia con limo di colore marrone	-		0,0	X		
	6.0									
	7.0	1.9		Sabbia fine debolmente limosa di colore marrone	+					
	8.0									
	9.0	0.9		Limo con sabbia e argilla di colore marrone	++					
	10.0									
	11.0	0.7		Sabbia con limo debolmente argilloso di colore marrone	++		0,0	X		
<p>Fine perforazione</p> <p> X Miscela di cemento, bentonite e acqua ●●● Ghiaio siliceo - Asciutto, + Leggermente umido, ++ Umido, +++ Bagnato </p>										



Località: Bertonico (LO)	Diametro carotiere: 101 mm
Sito: Effrazione Bertonico (LO)	Diametro foro:
Sondaggio/PM: BH7	Tipo piezometro:
Cassette N°: 2	Diam. PZ:
Profondità foro: mt. 8,50	Tratto cieco:
	Tratto finestrato:

Cliente: Eni S.p.A.

Data inizio: 31/01/2017

Data fine: 31/01/2017

Sistema di perforazione: carotaggio continuo a secco

Società perforatrice: ACR

Geologo\Tecnico di cantiere: Dott. Filippo Dolci

Rif. Verticale	Profondità (m da p.c.)	Spess. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Umidità	Presenza di odori	COV (ppm)	Campione terreno	Livello Piezometrico	Completa. Pozzo
	1.0	1.0		Limi argillosi debolmente compatti	-		0,0			
	1.5	0.5		Argille limose						
	2.0	1.8		Sabbia fine debolmente limosa di colore marrone	-					
	3.0	1.7		Argille limose	-		0,0			
	4.0	1.0		Sabbie fini sciolte	-					
	5.0	1.2		Argille limose	-					
	6.0	0.8		Sabbie fini sciolte	+		0,0			
	7.0	0.5		Limo argilloso debolmente sabbioso	+++				8,0	
	9.0	Fine perforazione								
	10.0	☒ Miscela di cemento, bentonite e acqua ☒ Ghiaio siliceo - Asciutto, + Leggermente umido, ++ Umido, +++ Bagnato								
	11.0									



Località: Bertonico (LO) Diametro carotiere: 101 mm

Sito: Effrazione Bertonico (LO) Diametro foro:

Sondaggio/PM: BH8 Tipo piezometro:

Cassette N°: 2 Diam. PZ:

Profondità foro: mt. 8,50 Tratto cieco:

Sistema di perforazione: carotaggio continuo a secco

Cliente: Eni S.p.A.

Data inizio: 31/01/2017

Data fine: 31/01/2017

Società perforatrice: ACR

Geologo\Tecnico di cantiere: Dott. Filippo Dolci

Rif. Verticale	Profondità (m da p.c.)	Spess. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Umidità	Presenza di odori	COV (ppm)	Campione terreno	Livello Piezometrico	Completa. Pozzo
1.0	2.0			Limi argillosi	-		0,0			
2.0	1.0			Argille debolmente sabbiose	-					
3.0	0.2			Sabbie fini sciolte	-					
4.0	0.8			Argille limose	-					
5.0	2.5			Sabbie fini sciolte	-		0,0			
6.0	0.5			Argille debolmente sabbiose	-					
7.0	0.3			Sabbie fini sciolte						
8.0	0.4			Argille limose debolmente plastiche	+		0,0			
8.0	0.8			Sabbie fini sciolte	+++				8,3	
9.0	Fine perforazione									
10.0	Miscela di cemento, bentonite e acqua Ghiaio siliceo - Asciutto, + Leggermente umido, ++ Umido, +++ Bagnato									
11.0										



Località: Bertonico (LO) Diametro carotiere: 101 mm

Sito: Effrazione Bertonico (LO) Diametro foro:

Sondaggio/PM: BH9 Tipo piezometro:

Cassette N°: 1 Diam. PZ:

Profondità foro: mt. 3,0 Tratto cieco:

Sistema di perforazione: carotaggio continuo a secco Tratto finestrato:

Cliente: Eni S.p.A.

Data inizio: 31/01/2017

Data fine: 31/01/2017

Società perforatrice: ACR

Geologo\Tecnico di cantiere: Dott. Filippo Dolci

Rif. Verticale	Profondità (m da p.c.)	Spess. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Umidità	Presenza di odori	COV (ppm)	Campione terreno	Livello Piezometrico	Completa. Pozzo
1.0	1.8			Limi argillosi, debolmente compatti	-		0,0			
2.0	1.2			Argille limose	-		0,0			
3.0										
4.0										
5.0										
6.0										
7.0										
8.0										
9.0										
10.0										
11.0										

Fine perforazione

Miscela di cemento, bentonite e acqua
 Ghiaio siliceo
 - Asciutto, + Leggermente umido, ++ Umido, +++ Bagnato



Località: Bertonico (LO) Diametro carotiere: 101 mm

Sito: Effrazione Bertonico (LO) Diametro foro:

Sondaggio/PM: BH10 Tipo piezometro:

Cassette N°: 1 Diam. PZ:

Profondità foro: mt. 3,0 Tratto cieco:

Tratto finestrato:

Cliente: Eni S.p.A.

Data inizio: 02/02/2017

Data fine: 02/02/2017

Sistema di perforazione: carotaggio continuo a secco

Società perforatrice: ACR

Geologo/Tecnico di cantiere: Dott. Filippo Dolci

Rif. Verticale	Profondità (m da p.c.)	Spess. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Umidità	Presenza di odori	COV (ppm)	Campione terreno	Livello Piezometrico	Completa. Pozzo
	1.0	1.8		Limi argillosi, debolmente compatti	-		0,0			
	2.0	0.5		Argille limose	-		0,0			
	3.0	0.7		Materiale di riempimento (mattoni) misto a sabbie	-		0,0			
	4.0									
	5.0									
	6.0									
	7.0									
	8.0									
	9.0									
	10.0									
	11.0									

Fine perforazione

Miscela di cemento, bentonite e acqua Ghiaio siliceo
 - Asciutto, + Leggermente umido, ++ Umido, +++ Bagnato



Località: Bertonico (LO) Diametro carotiere: 101 mm

Sito: Effrazione Bertonico (LO) Diametro foro:

Sondaggio/PM: BH11 Tipo piezometro:

Cassette N°: 2 Diam. PZ:

Profondità foro: mt. 8,00 Tratto cieco:

Sistema di perforazione: carotaggio continuo a secco Tratto finestrato:

Cliente: Eni S.p.A.

Data inizio: 02/02/2017

Data fine: 02/02/2017

Società perforatrice: ACR

Geologo\Tecnico di cantiere: Dott. Filippo Dolci

Rif. Verticale	Profondità (m da p.c.)	Spess. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Umidità	Presenza di odori	COV (ppm)	Campione terreno	Livello Piezometrico	Completa. Pozzo
	1.0	1.5		Limi argillosi debolmente compatti	-		0,0			
	2.0	2.0		Sabbie fini, sciolte, debolmente limose	-					
	3.0									
	4.0	0.5		Argille plastiche	-					
	4.5	0.5		Limi debolmente sabbiosi	-		0,0			
	5.0									
	6.0	1.7		Argille plastiche, debolmente limose	-					
	7.0	0.8		Limi debolmente sabbiose	-					
	8.0	1.0		Limi debolmente argillosi con sabbia	-		0,0			
	9.0									
	10.0									
	11.0									

Fine perforazione

Miscela di cemento, bentonite e acqua
 Ghiaio siliceo
 - Asciutto, + Leggermente umido, ++ Umido, +++ Bagnato



Località: Bertonico (LO) Diametro carotiere: 101 mm

Sito: Effrazione Bertonico (LO) Diametro foro:

Sondaggio/PM: BH13 Tipo piezometro:

Cassette N°: 2 Diam. PZ:

Profondità foro: mt. 9,00 Tratto cieco:

Sistema di perforazione: carotaggio continuo a secco

Cliente: Eni S.p.A.

Data inizio: 31/01/2017

Data fine: 31/01/2017

Società perforatrice: ACR

Geologo/Tecnico di cantiere: Dott. Filippo Dolci

Rif. Verticale	Profondità (m da p.c.)	Spess. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Umidità	Presenza di odori	COV (ppm)	Campione terreno	Livello Piezometrico	Completa. Pozzo
	1.0	1.2		Limi argillosi debolmente compatti	-		0,0			
	2.0	1.4		Sabbie fini, sciolte	-					
	3.0	1.8		Sabbie limose	-					
	4.0	0.2		Argille limose			0,0			
	5.0	1.7		Limo argilloso debolmente sabbioso	-					
	6.0	1.8		Argille limose	-					
	7.0	0.7		Sabbie fini sciolte	-		0,0			
	8.0			Fine perforazione						
	9.0									
	10.0									
	11.0									

Miscela di cemento, bentonite e acqua Ghiaio siliceo

- Asciutto, + Leggermente umido, ++ Umido, +++ Bagnato



Località: Bertonico (LO)

Diametro carotiere: 101 mm

Sito: Effrazione Bertonico (LO)

Diametro foro: 178 mm

Sondaggio/PM: Pz1

Tipo piezometro: PVC

Cassette N°: 3

Diam. PZ: 4"

Tratto cieco: 0-5 m e 12-13 m

Tratto finestrato: 5-12 m

Cliente: Eni S.p.A.

Profondità foro: mt. 13,00

Data inizio: 06/09/2016

Data fine: 06/09/2016

Sistema di perforazione: carotaggio continuo a secco

Società perforatrice: ACR

Geologo\Tecnico di cantiere: Dott. Roberto Viero

Rif. Verticale	Profondità (m da p.c.)	Spess. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Umidità	Presenza di odori	COV (ppm)	Campione terreno	Livello Piezometrico	Completa. Pozzo
	1.0	1.8		Sabbia e Limo debolmente argilloso (terreno di coltura) di colore marrone	-		0,0			
	2.0	1.5		Sabbia debolmente limosa di colore marrone chiaro	-					
	3.0									
	4.0	1.0		Sabbia fine debolmente limosa di colore marrone scuro	-					
	5.0	0.3		Limo debolmente argilloso e sabbioso di colore marrone	+		0,0			
	6.0	1.5		Sabbia fine debolmente limosa di colore marrone	++					
	7.0	1.8		Limo e sabbia debolmente argillosa di colore marrone	+++		0,0			
	8.0								7,5	
	9.0									
	10.0	5.5		Sabbia fine debolmente limosa di colore marrone	+++					
	11.0									
	12.0									
	13.0									
	14.0			Fine perforazione						

⊠ Miscela di cemento, bentonite e acqua ⊠ Ghiaino siliceo

- Asciutto, + Leggermente umido, ++ Umido, +++ Bagnato



Località: Bertonico (LO)

Diametro carotiere: 101 mm

Sito: Effrazione Bertonico (LO)

Diametro foro: 178 mm

Sondaggio/PM: Pz2

Tipo piezometro: PVC

Cassette N°: 3

Diam. PZ: 4"

Tratto cieco: 0-5 m e 12-13 m

Tratto finestrato: 5-12 m

Cliente: Eni S.p.A.

Profondità foro: mt. 13,00

Data inizio: 05/09/2016

Data fine: 05/09/2016

Sistema di perforazione: carotaggio continuo a secco

Società perforatrice: ACR

Geologo\Tecnico di cantiere: Dott. Roberto Viero

Rif. Verticale	Profondità (m da p.c.)	Spess. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Umidità	Presenza di odori	COV (ppm)	Campione terreno	Livello Piezometrico	Completa. Pozzo
	1.0	2.0		Sabbia fine debolmente limosa di colore marrone scuro	-		0,2			
	2.0	0.3		Limo e Sabbia debolmente argillosa di colore marrone	-					
	3.0	0.9		Sabbia fine debolmente limosa di colore marrone scuro	-					
	4.0	1.8		Limo e sabbia debolmente argilloso di colore marrone scuro	-		0,7			
	5.0	0.5		Sabbia fine debolmente limosa di colore marrone	++					
	6.0	1.5		Limo sabbioso con argilla di colore marrone	+++					
	7.0									
	8.0	1.5		Sabbia con limo e argilla di colore marrone	+++		0,2		8,0	
	9.0									
	10.0	4.5		Sabbia fine debolmente limosa di colore marrone	+++					
	11.0									
	12.0									
	13.0									
	14.0			Fine perforazione						

⊗ Miscela di cemento, bentonite e acqua ⊗ Ghiaino siliceo

- Asciutto, + Leggermente umido, ++ Umido, +++ Bagnato



Località: Bertonico (LO)

Diametro carotiere: 101 mm

Sito: Effrazione Bertonico (LO)

Diametro foro: 178 mm

Sondaggio/PM: Pz3

Tipo piezometro: PVC

Cassette N°: 3

Diam. PZ: 4"

Tratto cieco: 0-7 m e 12-13 m

Tratto finestrato: 7-12 m

Cliente: Eni S.p.A.

Profondità foro: mt. 13,00

Data inizio: 05/09/2016

Data fine: 05/09/2016

Sistema di perforazione: carotaggio continuo a secco

Società perforatrice: ACR

Geologo/Tecnico di cantiere: Dott. Roberto Viero

Rif. Verticale	Profondità (m da p.c.)	Spess. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Umidità	Presenza di odori	COV (ppm)	Campione terreno	Livello Piezometrico	Completa. Pozzo					
	1.0	2.4		Sabbia fine debolmente limosa di colore marrone scuro	-		0,2								
	2.0														
	3.0	1.1		Sabbia fine debolmente limosa di colore marrone chiaro	-										
	4.0	0.5		Limo e sabbia debolmente argilloso di colore marrone	-										
	5.0	2.2		Sabbia fine debolmente limosa di colore marrone scuro	+		0,0								
	6.0														
	7.0	1.3		Limo con sabbia debolmente argilloso di colore grigio	++										
	8.0	5.5		Sabbia debolmente limosa di colore marrone	+++		0,0		8,2						
	9.0														
	10.0														
	11.0														
	12.0														
	13.0														
	14.0	Fine perforazione													

Miscela di cemento, bentonite e acqua Ghiaio siliceo

- Asciutto, + Leggermente umido, ++ Umido, +++ Bagnato



Località: Bertonico (LO)

Diametro carotiere: 101 mm

Sito: Effrazione Bertonico (LO)

Diametro foro: 178 mm

Sondaggio/PM: Pz4

Tipo piezometro: PVC

Cassette N°: 3

Diam. PZ: 4"

Tratto cieco: 0-5 m e 12-13 m

Tratto finestrato: 5-12 m

Cliente: Eni S.p.A.

Profondità foro: mt. 13,00

Data inizio: 07/09/2016

Data fine: 07/09/2016

Sistema di perforazione: carotaggio continuo a secco

Società perforatrice: ACR

Geologo\Tecnico di cantiere: Dott. Roberto Viero

Rif. Verticale	Profondità (m da p.c.)	Spess. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Umidità	Presenza di odori	COV (ppm)	Campione terreno	Livello Piezometrico	Completa. Pozzo	
	1.0	4.0		Tubo guida							
	2.0										
	3.0										
	4.0										
	5.0	1.5		Sabbia debolmente limosa di colore marrone	-		215				
	6.0	0.7		Sabbia con limo di colore marrone	+		264				
	7.0	0.6		Limo con argilla e sabbia di colore marrone	++						
	8.0	1.2		Limo e sabbia debolmente argilloso di colore marrone	++		5,3				
	9.0	1.2		Sabbia fine debolmente limosa di colore bruno	+++		25,7		9,0		
	10.0	3.8		Sabbia media grossolana debolmente limosa di colore marrone	+++						
	11.0										
	12.0										
	13.0			Fine perforazione							
	14.0										

Miscela di cemento, bentonite e acqua
 Ghiaio siliceo

- Asciutto, + Leggermente umido, ++ Umido, +++ Bagnato



Località: Bertonico (LO)	Diametro carotiere: 101 mm
Sito: Effrazione Bertonico (LO)	Diametro foro: 178 mm
Sondaggio/PM: Pz5-BH12	Tipo piezometro: PVC
Cassette N°: 3	Diam. PZ: 4"
	Tratto cieco: 0-6 m e 12-13 m
	Tratto finestrato: 6-12 m
Profondità foro: mt. 13,00	
Sistema di perforazione: carotaggio continuo a secco	
Geologo\Tecnico di cantiere: Dott. Filippo Dolci	

Cliente: Eni S.p.A.

Data inizio: 01/02/2017

Data fine: 01/02/2017

Società perforatrice: ACR

Rif. Verticale	Profondità (m da p.c.)	Spess. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Umidità	Presenza di odori	COV (ppm)	Campione terreno	Livello Piezometrico	Completa. Pozzo
	1.0	1.5		Limi argillosi	-		0,0			
	2.0									
	3.0	4.0		Sabbie fini, sciolte, debolmente limose	-					
	4.0									
	5.0	0.3		Argille plastiche	-		0,0			
	6.0	0.7		Sabbie fini, sciolte	-					
	7.0									
	8.0	2.0		Limi argillosi	-					
	9.0				+					
	10.0	5.5		Sabbie fini sciolte	+++		0,0		8,5	
	11.0									
	12.0				+++					
	13.0									
	14.0			Fine perforazione						

⊗ Miscela di cemento, bentonite e acqua ⊗ Ghiaino siliceo

- Asciutto, + Leggermente umido, ++ Umido, +++ Bagnato

Località: BERTONICO
 Sito: EFFLUZIONE BERTONICO
 Piezometro/sondaggio: PZ 4 Diametro carotiere: Ø4
 Cassette N°: — Diametro foro: 178
 Livello statico falda da p.c. (m): ~ 8,90 Tipo piezometro: 4°
 Sistema di perforazione: CAROTACCIO A DISTRIBUZIONE DI ANCORI
 Geologo/Tecnico di cantiere: MARCO MAGNAGLI

Cliente: ENI REWIND

Data inizio: 16.3.21 Data fine: 16.3.21

Società perforatrice: INFOMAP

Profondità (m da p.c.)	Spess. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Campione terreno	COV (ppm)	Livello Piezometrico	Compleam. Pozzo
1.0							
2.0							
3.0							
4.0							
5.0							
6.0							
7.0							
8.0							
9.0						▽	
10.0							
11.0							
12.0							
13 m							

Località: BENDONICO
 Sito: EFFILIAZIONE BENDONICO
 Piezometro/sondaggio: PZ5 Diametro carotiere: 100/1
 Casette N°: / Diametro foro: 178
 Livello statico falda da p.c. (m): N 8,50 Tipo piezometro: 4"
 Sistema di perforazione: CAROTAGGIO A DISTURBAMENTO DI NUCLEO
 Geologo/Tecnico di cantiere: MATTEO MAGNAGHI

Cliente: ENI REWIND

Data inizio: 16.3.21 Data fine: 16.3.21

Società perforatrice: INFOMAP

Profondità (m da p.c.)	Spess. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Campione terreno	COV (ppm)	Livello Piezometrico	Completam. Pozzo
1.0							
2.0							
3.0							
4.0							
5.0							
6.0							
7.0							
8.0							
9.0							
10.0							
11.0							
12.0							



13 m

Località: BERGONIO
 Sito: EFFLUSSIONE BERGONIO
 Piezometro/sondaggio: P22
 Diametro carotiere: ~~4"~~
 Cassette N°: /
 Diametro foro: 178
 Livello statico falda da p.c. (m): 8,50 ~
 Tipo piezometro: 4"
 Sistema di perforazione: CAROTAGGIO A RISTRUZIONE DI NUCLEO
 Geologo/Tecnico di cantiere: MAURO MAGNAGHI

Cliente: ENI REWIND

Data inizio: 16.3.21

Data fine: 16.3.21

Società perforatrice: INFOMAP

Profondità (m da p.c.)	Spess. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Campione terreno	COV (ppm)	Livello Piezometrico	Compleam. Pozzo
1.0							
2.0							
3.0							
4.0							
5.0							
6.0							
7.0							
8.0							
9.0							
10.0							
11.0							
12.0							

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 106 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

ALLEGATO 8

Elaborazione dei dati meteorologici

Determinazione delle Precipitazioni annue
--

Fonte: Servizio meteorologico regionale Archivio dati meteorologici Rete meteorologica di ARPA Lombardia

Stazione:	Bertonico (LO)
Intervallo dati:	2010 - 2022

Anno	Precipitazione cumulata (mm)	Numero di osservazioni
2010	972,6	327
2011	352,6	335
2012	502,2	359
2013	800	363
2014	1129,4	361
2015	483,2	330
2016	677,2	364
2017	448	309
2018	717,8	365
2019	829,4	363
2020	629,8	366
2021	N.D.	N.D.
2022	N.D.	N.D.
MASSIMO	1129,4	

Elaborazione dei dati meteorologici

Determinazione della Velocità del vento

Fonte: Servizio meteorologico regionale
Archivio dati meteorologici
Rete meteorologica di ARPA Lombardia

Stazione: Bertonico (LO)
Intervallo dati: 2010 - 2022

Anno	Velocità media (m/s)
2010	1,62
2011	1,46
2012	1,60
2013	1,54
2014	1,52
2015	1,46
2016	1,48
2017	1,55
2018	1,48
2019	1,58
2020	1,49
2021	1,55
2022	1,57
MINIMO	1,46

Velocità del vento a 2 m dal suolo

$V(2) / V(x) = (2/x)^p$			S.R.Hanna et al. 1982
Parametro	Valore	unità di misura	Note
x=	10	m	Quota di rilevazione velocità del vento
p=	0,15	-	Classe di stabilità atmosferica neutrale, area rurale
V(x)=	1,46	m/s	Velocità media annua misurata alla quota di rilevazione
V(2)=	1,15	m/s	Velocità media annua calcolata nella zona di miscelazione (2 m)

Analisi di rischio sanitaria-ambientale ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. - Bertonico (LO)

Elaborazione dei dati meteorologici

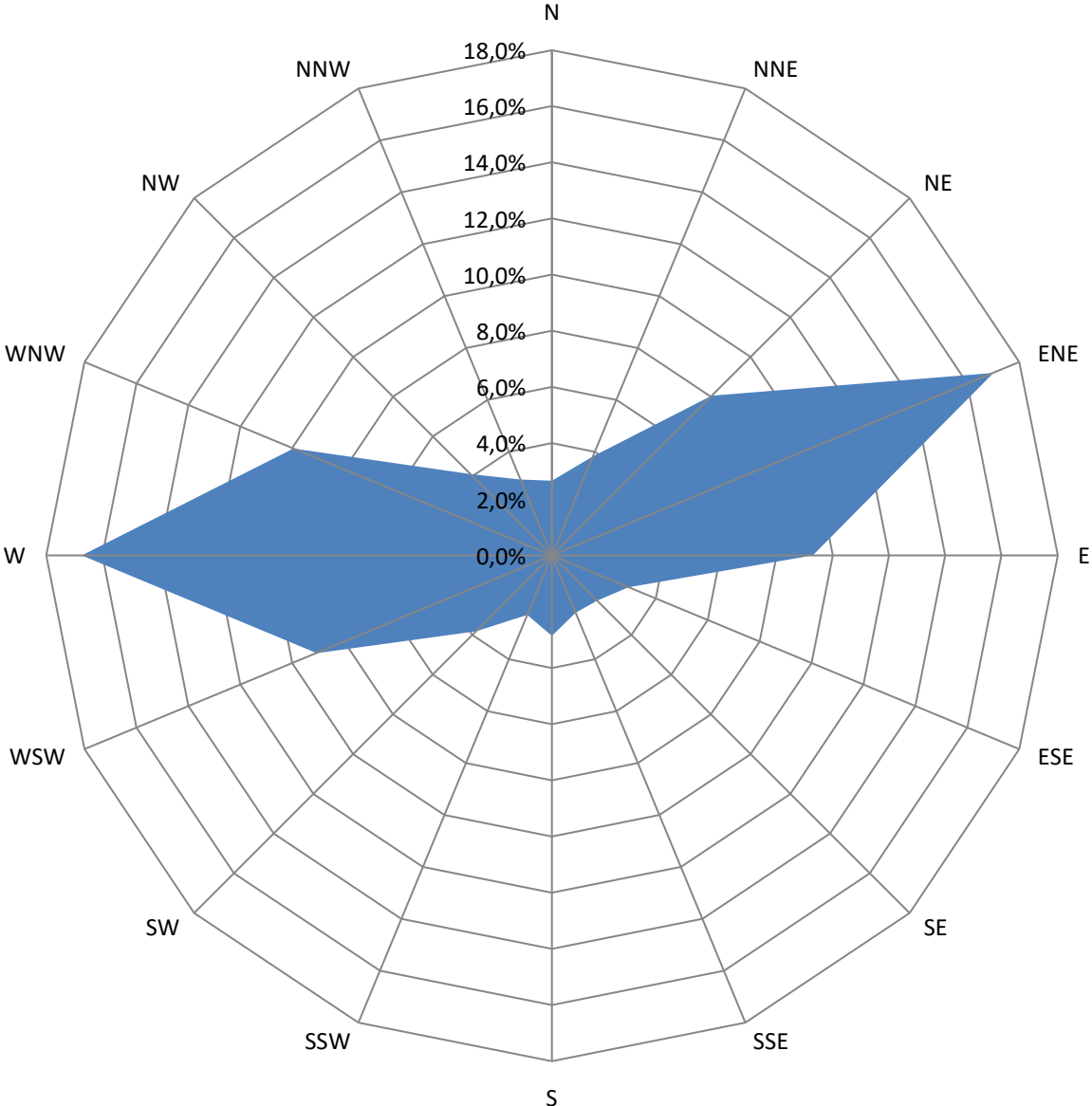
Determinazione della direzione principale di provenienza del vento

Fonte: Servizio meteorologico regionale
Archivio dati meteorologici
Rete meteorologica di ARPA Lombardia

Stazione: Bertonico (LO)
Intervallo dati: 2010 - 2022

Assi cardinali	numero di osservazio	Frequenza
N	2964	2,7%
NNE	4248	3,8%
NE	8949	8,0%
ENE	18910	17,0%
E	10325	9,3%
ESE	3283	3,0%
SE	2529	2,3%
SSE	2450	2,2%
S	3182	2,9%
SSW	2550	2,3%
SW	4244	3,8%
WSW	10079	9,1%
W	18614	16,7%
WNW	11078	10,0%
NW	4567	4,1%
NNW	3265	2,9%
Totale	111237	100,0%

Direzione di Provenienza del vento (periodo 2010 - 2022)



	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 107 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

ALLEGATO 9

Dati di input - Suolo Superficiale

Contaminanti indicatori:			
Alifatici C13-C18	mg/kg	523,64	fingerprint calcolato da Cmax
Alifatici C19-C36	mg/kg	776,36	

Geometria sorgenti:			
estensione della sorgente nella direzione del vento	m	4,00	Sito specifico - da tavola
estensione della sorgente nella direzione ortogonale del vento	m	7,23	Sito specifico - da tavola
spessore della sorgente nel suolo profondo insaturo	m	1	SS
estensione della sorgente nella direzione di falda	m	5,11	Sito specifico - da tavola
estensione della sorgente nella direzione ortogonale di falda	m	6,62	Sito specifico - da tavola
soggiacenza	m	8,235	Valore minimo registrato nel periodo gennaio 2020 - aprile 2023

Zona insatura:			
tessitura		Loamy Sand	Da granulometria sul campione GR1 C1 (0,00-1,00)
pH		7,7	BH9
foc SS		0,015	BH9
piovosità	cm/y	112,94	Dati ARPA periodo 2010-2020 stazione di Bertanico

Zona satura:			
tessitura		Loamy Sand	in base alle stratigrafie, riportate in Allegato 7, è risultata la più coerente e congrua.
spessore acquifero	m	41,765	da letteratura a pag. 38 della relazione geologica allegata al PGT di Bertanico risulta essere compreso in uno spessore tra 40 e 60 m, sulla base delle sezioni in allegato 2 della stessa. Valore ricavato dalla media (50 m) meno la soggiacenza considerata.
distanza PoC	m	0,52	Sito specifico - da tavola, distanza dal PoC PZ5
gradiente		0,002	Sito specifico - da carta piezometrica di aprile 2021

Outdoor:			
velocità del vento a 10m	m/s	1,46	da stazione ARPA di Bertanico, periodo 2010-2020
velocità del vento a 2 m	m/s	1,15	da stazione ARPA di Bertanico, periodo 2010-2020
classe atmosferica		Rurale - classe D	sulla base della posizione sito-specifica del sito

Dati di input - Suolo Profondo

Contaminanti indicatori:			
Etilbenzene	mg/kg	1,8	Cmax
Xileni	mg/kg	3,8	Cmax
Alifatici C5-C8	mg/kg	146,81	fingerprint calcolato da Cmax
Alifatici C9-C12	mg/kg	1292,22	
Alifatici C13-C18	mg/kg	31179,87	
Alifatici C19-C36	mg/kg	23072,65	
Aromatici C9-C10	mg/kg	150,97	
Aromatici C13-C22	mg/kg	12747,49	

Geometria sorgenti:			
estensione della sorgente nella direzione del vento	m	19,17	da tavola
estensione della sorgente nella direzione ortogonale del vento	m	14,22	da tavola
spessore della sorgente nel suolo profondo insaturo	m	8,288	non essendo definita la base della contaminazione, è stata cautelativamente spinta fino al piano di falda che massimizza lo spessore di terreno insaturo
estensione della sorgente nella direzione di falda	m	19,37	da tavola
soggiacenza	m	9,288	Valore massimo registrato nel periodo gennaio 2020 - aprile 2023, che cautelativamente massimizza lo spessore di terreno insaturo

Zona insatura:			
tessitura		sand	campione più conservativo tra quelli analizzati BH6 - CR1 (2,00-3,00 m)
pH		7,5	BH8 (7,3-8,3)
foc SS		0,015	BH9
foc SP		0,002	BH6 (4-5 m) campione di ARPA, cautelativamente il valore minimo
piovosità	cm/y	112,94	Dati ARPA periodo 2010-2020 stazione di Bertónico

Zona satura:			
tessitura		Loamy Sand	in base alle stratigrafie, riportate in Allegato 7, è risultata la più coerente e congrua.
spessore acquifero	m	40,712	da letteratura a pag. 38 della relazione geologica allegata al PGT di Bertónico risulta essere compreso in uno spessore tra 40 e 60 m, sulla base delle sezioni in allegato 2 della stessa. Valore ricavato dalla media (50 m) meno la soggiacenza considerata.
gradiente		0,002	Da carta piezometrica di aprile 2021

Outdoor:			
velocità del vento a 10m	m/s	1,46	da stazione ARPA di Bertónico, periodo 2010-2020
velocità del vento a 2 m	m/s	1,15	da stazione ARPA di Bertónico, periodo 2010-2020
classe atmosferica		Rurale - classe D	sulla base della posizione sito-specifica del sito

Dati di input - Acque di Falda



Contaminanti indicatori:			
Alifatici C5-C8	mg/kg	143,31	fingerprint calcolato da Cmax
Alifatici C9-C12	mg/kg	3543,31	
Alifatici C13-C18	mg/kg	8397,32	
Alifatici C19-C36	mg/kg	4915,55	
Aromatici C13-C22	mg/kg	0,68	

Geometria sorgenti:			
estensione della sorgente nella direzione del vento	m	17,4	da tavola
estensione della sorgente nella direzione ortogonale del vento	m	13,7	da tavola
estensione della sorgente nella direzione di falda	m	18,1	da tavola
soggiacenza	m	8,235	valore massimo registrato nel periodo gennaio 2020 - aprile 2023, valore più cautelativo

Zona insatura:			
tessitura		sand	campione più conservativo tra quelli analizzati BH6 - CR1 (2,00-3,00 m)
pH		7,5	BH8 (7,3-8,3)

Zona satura:			
tessitura		Loamy Sand	in base alle stratigrafie, riportate in Allegato 7, è risultata la più coerente e congrua.
direzione di falda	-	O - E	piezometria gennaio 2022
conducibilità idraulica	m/s	0,0000405	default per Loamy Sand
porosità efficace	-	0,353	default per Loamy Sand

Outdoor:			
velocità del vento a 10m	m/s	1,46	da stazione ARPA di Bertanico, periodo 2010-2020
velocità del vento a 2 m	m/s	1,15	da stazione ARPA di Bertanico, periodo 2010-2020
classe atmosferica		Rurale - classe D	sulla base della posizione sito-specifica del sito

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 108 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

ALLEGATO 10

Rapporto di Prova n. 5499

NUMERO REGISTRO CAMPIONI: 5.499

Parabiago, 27/10/2016

N° PRENOTAZIONE CAMPIONE: 5.499/2016/Parabiago

CAMPIONE DI: TERRENI E FANGHI
- Terreni Bonifiche - Uso Residenziale (D.L. 152/06)

RICHIEDENTE: ARPA - UO BAE - Dip. Lodi e Pavia
Dir. Dipartimenti di Pavia e Lodi
Via Nino Bixio, 13 PAVIA

PRELEVATORE: ARPA - UO BAE - Dip. Lodi e Pavia

PRELEVAMENTO:

Data prelevamento: 07/09/16 Numero verbale di prelevamento: 004239
Ditta: Oleodotto Eni 26 " - Bertonico
Identificativo punto prelievo BH6 (4 - 5 m)
Comune di: BERTONICO - LO
Metodo di Campionamento: Modalità definita da UO/Ente prelevatore

Data accettazione: 19/10/2016

Data inizio prove: 24/10/2016

Data fine prove: 26/10/16

RISULTATI DELLE PROVE

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valore	Limite di legge
foc	D.M.13/9/99 met. VII.2	g C/g suolo	0,002	-

AVVERTENZE: Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

Gli Analisti

Cristina Magnani

Firmato digitalmente da

Il Responsabile della Unità Organizzativa Dr.ssa Laura Clerici

Firenze, 16/03/2017

RAPPORTO DI PROVA N°: 17LA03177/01 DEL 16/03/2017
CAMPIONE N°: 17LA03177/01

Spett.

ACR di Reggiani Albertino SPA

Via Statale Nord, 162
41037 Mirandola (MO)

DATI RELATIVI AL CAMPIONE

Descrizione: Terreno
Data e ora ricezione: 01/02/2017 11.00.00
Data accettazione: 01/02/2017
Data inizio analisi: 15/02/2017 - Data fine analisi: 22/02/2017

DATI DI CAMPIONAMENTO

Data inizio campionamento: 31/01/2017
Campionamento a cura di: cliente
Luogo di campionamento: Effrazione Bertónico
Punto di prelievo: BH8 (7,3-8,3m)

17LA03177/01

RISULTATI ANALITICI

Parametro	UM	Risultato	Incertezza
Metodo			
* FOC (Frazione di carbonio organico) <i>DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 SO n° 185 Met VII.3</i>	Kg/Kg	0.016	
Grado di reazione (pH) <i>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met III.1</i> <i>DM 25/03/2002 GU n° 84 10/04/2002</i>	unità pH	7.50	±0.11

(*): Prova non accreditata da ACCREDIA

L'incertezza è espressa nelle unità di misura del parametro a cui si riferiscono. Il fattore di copertura è pari a $k=2$ con un intervallo di probabilità del 95 %.

Note:

Valori espressi sulla sostanza secca e riferiti al campione comprensivo dello scheletro.

I risultati analitici si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova.

La riproduzione parziale del presente rapporto di prova non è consentita senza autorizzazione scritta del laboratorio.

Il sostituto responsabile del Laboratorio
Dr. Chim. Davide Passerini
Ordine dei Chimici della Toscana Sez.A n.1886



Documento con firma digitale avanzata secondo la normativa vigente
FINE DEL RAPPORTO DI PROVA N° 17LA03177/01

Firenze, 16/03/2017

RAPPORTO DI PROVA N°: 17LA03178/01 DEL 16/03/2017
CAMPIONE N°: 17LA03178/01

Spett.

ACR di Reggiani Albertino SPA

Via Statale Nord, 162
41037 Mirandola (MO)

DATI RELATIVI AL CAMPIONE

Descrizione: Terreno
Data e ora ricezione: 01/02/2017 11.00.00
Data accettazione: 01/02/2017
Data inizio analisi: 15/02/2017 - Data fine analisi: 22/02/2017

DATI DI CAMPIONAMENTO

Data inizio campionamento: 31/01/2017
Campionamento a cura di: cliente
Luogo di campionamento: Effrazione Bertónico
Punto di prelievo: BH9 (0,0-1,0m)

17LA03178/01

RISULTATI ANALITICI

Parametro	UM	Risultato	Incertezza
Metodo			
* FOC (Frazione di carbonio organico) <i>DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 SO n° 185 Met VII.3</i>	Kg/Kg	0.015	
Grado di reazione (pH) <i>DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met III.1</i> <i>DM 25/03/2002 GU n° 84 10/04/2002</i>	unità pH	7.70	±0.12

(*): Prova non accreditata da ACCREDIA

L'incertezza è espressa nelle unità di misura del parametro a cui si riferiscono. Il fattore di copertura è pari a k=2 con un intervallo di probabilità del 95 %.

Note:

Valori espressi sulla sostanza secca e riferiti al campione comprensivo dello scheletro.

I risultati analitici si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova.

La riproduzione parziale del presente rapporto di prova non è consentita senza autorizzazione scritta del laboratorio.

Il sostituto responsabile del Laboratorio
Dr. Chim. Davide Passerini
Ordine dei Chimici della Toscana Sez.A n.1886



Documento con firma digitale avanzata secondo la normativa vigente
FINE DEL RAPPORTO DI PROVA N° 17LA03178/01

Rapporto di Prova n. 2330

NUMERO REGISTRO CAMPIONI: 2.330

Monza, 04/11/2016

N° PRENOTAZIONE CAMPIONE: 2.330/2016/Monza

CAMPIONE DI: TERRENI E FANGHI
- Terreni Bonifiche - Uso Residenziale (D.L. 152/06)

RICHIEDENTE: ARPA - UO BAE - Dip. Lodi e Pavia PRELEVATORE: A cura della parte in contradd con ARPA
Dir. Dipartimenti di Pavia e Lodi
Via Nino Bixio, 13 PAVIA

PRELEVAMENTO:

Data prelevamento: 07/09/16 Numero verbale di prelevamento: 004239
Ditta: Oleodotto Eni 26 - Bertonico
Identificativo punto prelievo PZ4 da 4 a 5 m
Comune di: BERTONICO - LO
Metodo di Campionamento: Modalità definita da UO/Ente prelevatore

Data accettazione: 04/10/2016

Data inizio prove: 04/10/2016

Data fine prove: 02/11/16

RISULTATI DELLE PROVE

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valore	Limite di legge
C5-C8 Alifatici	MADEP VPH 2004 Rev 1.1	mg/Kg (ss)	146	-
C9-C12 Alifatici	MADEP VPH 2004 Rev 1.1	mg/Kg (ss)	1280	-
C9-C10 Aromatici	MADEP VPH 2004 Rev 1.1	mg/Kg (ss)	150	-
Idrocarburi C<12	MT.MZ.060 Rev.01	mg/Kg (ss)	1590 •	Max 10 ⁽⁴⁸⁾

(48) D.Lgs. 152/06, All.5. Tab.1 col.A (terr. uso residenziale siti contaminati) Parte quarta Tit. V.

• = dato riportato nella colonna "Valore" superiore al limite di legge indicato

AVVERTENZE: Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

Gli Analisti

ALESSIO BERI

ANTONELLA BORRIONE

Verificato da:

Dr. Chim. Maddalena Busetto

Firmato digitalmente da

Il Dirigente della Sede Laboratoristica di Monza

Dr.ssa Luisa Colzani

Settore Laboratori - Unità Organizzativa Laboratorio di Milano - Responsabile Dr.ssa Laura Clerici
Sede Laboratoristica di Monza
Via Solferino, 16 20900 Monza (MB)
Tel. : 039/3946311 - Fax : 039/3946319

Rapporto di Prova n. 2415

NUMERO REGISTRO CAMPIONI: 2.415

Monza, 09/11/2016

N° PRENOTAZIONE CAMPIONE: 2.415/2016/Monza

CAMPIONE DI: TERRENI E FANGHI
- Terreni Bonifiche - Uso Residenziale (D.L. 152/06)

RICHIEDENTE: ARPA - UO BAE - Dip. Lodi e Pavia
Dir. Dipartimenti di Pavia e Lodi
Via Nino Bixio, 13 PAVIA

PRELEVATORE: A cura della parte in contradd con ARPA

PRELEVAMENTO:

Data prelevamento: 07/09/16 Numero verbale di prelevamento: 004239
Ditta: Oleodotto Eni 26 - Bertonico
Identificativo punto prelievo PZ4 da 4 a 5 m
Comune di: BERTONICO - LO
Metodo di Campionamento: Modalità definita da UO/Ente prelevatore

Data accettazione: 11/10/2016

Data inizio prove: 11/10/2016

Data fine prove: 28/10/16

RISULTATI DELLE PROVE

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valore	Limite di legge
C12-C18 Alifatici	MADEP EPH 2004 Rev 1.1	mg/Kg (ss)	5650	-
C19-C36 Alifatici	MADEP EPH 2004 Rev 1.1	mg/Kg (ss)	4180	-
C11-C22 Aromatici	MADEP EPH 2004 Rev 1.1	mg/Kg (ss)	2310	-

AVVERTENZE: Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

Gli Analisti

ALESSIO BERI

Verificato da:

Dr. Chim. Maddalena Busetto

Firmato digitalmente da

Il Dirigente della Sede Laboratoristica di Monza
Dr.ssa Luisa Colzani

Firenze, 20/02/2017

RAPPORTO DI PROVA N°: 16LA36821/01 DEL 20/02/2017
CAMPIONE N°: 16LA36821/01

Azienda con Sistema di Gestione Qualità

UNI EN ISO 9001:2008

Certificato da Certiquality

Azienda con Sistema di Gestione Ambientale

UNI EN ISO 14001:2004

Certificato da DNV

Spett.

ACR di Reggiani Albertino SPA

Via Statale Nord, 162

41037 Mirandola (MO)

DATI RELATIVI AL CAMPIONE

Descrizione: Campione terreno

Data e ora ricezione: 07/09/2016 10.30.00

Data accettazione: 07/09/2016

Data inizio analisi: 14/02/2017 - Data fine analisi: 14/02/2017

DATI DI CAMPIONAMENTO

Data inizio campionamento: 05/09/2016

Campionamento a cura di: cliente

Luogo di campionamento: Effrazione Bertónico

Punto di prelievo: PZ3 (0,0-1,0m)

16LA36821/01

RISULTATI ANALITICI

Parametro	UM	Risultato
Metodo		
Frazione di idrocarburi alifatici: <i>Massachusetts Department of Environmental Protection, Policy #WSC-02-411, October 31, 2002 ; Manuale d'uso Giuditta 3.1, All. 2</i>		
Alifatici C5-C8	mg/kg	< 1
Alifatici C9-C12	mg/kg	< 1
Alifatici C13-C18	mg/kg	58
Alifatici C19-C36	mg/kg	86
Frazione di idrocarburi aromatici: <i>Massachusetts Department of Environmental Protection, Policy #WSC-02-411, October 31, 2002 ; Manuale d'uso Giuditta 3.1, All. 2</i>		
Aromatici C7-C8	mg/kg	< 0.1
Aromatici C9-C10	mg/kg	< 0.1

SEGUE RAPPORTO DI PROVA N° 16LA36821/01 DEL 20/02/2017

Note:

Valori espressi sulla sostanza secca e riferiti al campione comprensivo dello scheletro.

I risultati analitici si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova.

La riproduzione parziale del presente rapporto di prova non è consentita senza autorizzazione scritta del laboratorio.

Il responsabile del Laboratorio
Dr. Chim. Lorenzo Pontorno
Ordine dei Chimici della Toscana Sez.A n.1971



Documento con firma digitale avanzata secondo la normativa vigente
FINE DEL RAPPORTO DI PROVA N° 16LA36821/01

Firenze, 22/09/2017

RAPPORTO DI PROVA N°: 17LA33000 DEL 22/09/2017
CAMPIONE N°: 17LA33000

Spett.

ACR di Reggiani Albertino SPA

Via Statale Nord, 162

41037 Mirandola (MO)

DATI RELATIVI AL CAMPIONE

Descrizione: Acqua sotterranea

Data e ora ricezione: 18/08/2017 10.30.00

Data accettazione: 18/08/2017

Data inizio analisi: 18/08/2017 - Data fine analisi: 13/09/2017

DATI DI CAMPIONAMENTO

Data inizio campionamento: 17/08/2017

Campionamento a cura di: cliente

Luogo di campionamento: Effrazione Bertónico

Punto di prelievo: PZ 4 post spurgo

RISULTATI ANALITICI

Parametro Metodo	UM	Risultato	Incertezza	Limiti
* Frazione di idrocarburi alifatici: <i>Massachusetts Department of Environmental Protection, Policy #WSC-02-411, October 31, 2002 ; Manuale d'uso Giuditta 3.1, All. 2</i>				
* Alifatici C5-C8	µg/l	700		
* Alifatici C9-C12	µg/l	17300		
* Alifatici C13-C18	µg/l	41000		
* Alifatici C19-C36	µg/l	24000		
* Frazione di idrocarburi aromatici: <i>Massachusetts Department of Environmental Protection, Policy #WSC-02-411, October 31, 2002 ; Manuale d'uso Giuditta 3.1, All. 2</i>				
* Aromatici C9-C10	µg/l	< 0.1		
* Aromatici C11-C12	µg/l	< 0.1		
* Aromatici C13-C22	µg/l	3.3		

SEGUE RAPPORTO DI PROVA N° 17LA33000 DEL 22/09/2017

RISULTATI ANALITICI

Parametro Metodo	UM	Risultato	Incertezza	Limiti
Idrocarburi: GROs espressi come n-esano <i>EPA 5030C 2003 + EPA 8015D 2003</i>	µg/L come n-esano	18000	±6100	
Idrocarburi: DROs espressi come n-esano <i>EPA 3510C 1996 + EPA 8015D 2003</i>	µg/L come n-esano	65000	±20800	
Idrocarburi: GROs + DROs espressi come n-esano <i>EPA 5030C 2003 + EPA 3510C 1996 + EPA 8015D 2003</i>	µg/L come n-esano	83000		350
Benzene <i>EPA 5030C 2003 + EPA 8015D 2003</i>	µg/l	< 0.1		1
Toluene <i>EPA 5030C 2003 + EPA 8015D 2003</i>	µg/l	12.7	±4.2	15
Etilbenzene <i>EPA 5030C 2003 + EPA 8015D 2003</i>	µg/l	< 0.1		50
p-Xilene <i>EPA 5030C 2003 + EPA 8015D 2003</i>	µg/l	< 0.1		10
Stirene <i>EPA 5030C 2003 + EPA 8015D 2003</i>	µg/l	< 0.1		25
Metil ter-butyl etere (MTBE) <i>EPA 5030C 2003 + EPA 8015D 2003</i>	µg/l	6.7	±2.5	40

(*): Prova non accreditata da ACCREDIA

L'incertezza è espressa nelle unità di misura del parametro a cui si riferiscono. Il fattore di copertura è pari a k=2 con un intervallo di probabilità del 95 %.

Limiti: D. Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5 - Tab. 2

D. Lgs. 152/2006 - Parte Quarta, Titolo V, All.5 - Tab. 2; D.M. n. 31 del 12/02/2015: per i parametri MTBE e ETBE limiti del Parere ISS del 12/09/2006 n.45848; per il parametro Piombo tetraetile limite del Parere ISS del 17/12/2002 n. 49759 IA.12.


I risultati analitici si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova.

La riproduzione parziale del presente rapporto di prova non è consentita senza autorizzazione scritta del laboratorio.

Il sostituto responsabile del Laboratorio
Dr. Chim. Davide Passerini
Ordine dei Chimici della Toscana Sez.A n.1886



Documento con firma digitale avanzata secondo la normativa vigente
FINE DEL RAPPORTO DI PROVA N° 17LA33000

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 109 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		

ALLEGATO 11



Nome del sito:	Oleodotto 26" Bertónico (LO)
Nome sub-area:	sorgente SS
Data:	19/04/2023
Tipo di analisi:	Calcolo Rischi (Modalità Diretta)
Tipo di analisi:	Calcolo Obiettivi di Bonifica (Modalità Inversa)
Note:	-

Modello Concettuale del Sito

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

Recettori on-site: Lavoratori

Recettori off-site: ---

Caratterizzazione integrativa

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

Opzioni di Calcolo

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

CRS

Contaminante	Suolo Superficiale	Suolo Profondo	Falda	Eluato da suolo superficiale	Eluato da suolo profondo	Soil-gas Outdoor	Soil-gas Indoor	Flux Chamber (outdoor)	Flux Chamber (indoor)	Aria Outdoor	Aria Indoor
-	mg/kg	mg/kg	mg/L	mg/L	mg/L	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³
Alifatici C13-C18	5.24e+2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C19-C36	7.76e+2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di esposizione - On Site

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

Parametri del sito - Geometria Sorgenti

Descrizione		Valore			
Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM	check
Geometria Sorgenti					
Stessa dimensione per tutte le sorgenti					
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	W	45	5.11	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	Sw	45	6.62	m	✓
Altezza della zona di miscelazione in aria	∂air	2	2	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	W'	45	4	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento	Sw'	45	45	m	✓
Suolo Superficiale					
Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	Ls,SS	0	0	m	✓
Spessore della sorgente nel suolo superficiale insaturo	d	1	1	m	✓
Suolo Profondo					
Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	Ls,SP	1	1	m	✓
Spessore della sorgente nel suolo profondo insaturo	ds	2	2	m	✓
Soggiacenza della falda da p.c.	Lgw	3	8.235	m	✓

Parametri del sito - Zona Insatura

Descrizione		Valore			
Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM	check
Zona Insatura					
Tessitura rappresentativa del suolo insaturo			Loamy Sand		
Porosità efficace del terreno in zona insatura	θ_e	Letteratura	0.353	-	✓
Contenuto volumetrico di acqua nel suolo	θ_w	Letteratura	0.103	-	✓
Contenuto volumetrico di aria nel suolo	θ_a	Letteratura	0.25	-	✓
Contenuto volumetrico di acqua nella frangia capillare	$\theta_{w,cap}$	Letteratura	0.318	-	✓
Contenuto volumetrico di aria nella frangia capillare	$\theta_{a,cap}$	Letteratura	0.035	-	✓
Spessore della frangia capillare	hcap	Letteratura	0.188	m	✓
Carico idraulico critico (potenziale di matrice)	hcr	Letteratura	-0.0486	m	✓
Conducibilità idraulica del terreno nella zona insatura	Ksat	Letteratura	4.05e-5	m	✓
Battente idrico in superficie	Hw	0.25	0.25	m	✓
Densità del suolo	ρ_s	1.7	1.7	g/cm ³	✓
pH del suolo	pH	6.8	7.7	-	✓
Frazione di carbonio organico - suolo superficiale	foc,SS	0.01	0.015	g/g	✓
Frazione di carbonio organico - suolo profondo	foc,SP	0.01	0.01	g/g	✓
Frazione residua dei pori nel suolo (per calcolo Cres)	Sr	0.04	0.04	m	✓
Spessore della zona insatura	hv	Calcolato	8.047	m	✓
Infiltrazione efficace calcolata					
Piuvosità media annua	P	129	112.94	cm/y	✓
Frazione areale di fratture outdoor	η_{out}	1	1	cm/y	✓
Infiltrazione efficace nel suolo	ief	Calcolato	22.96	cm/y	✓
Spessore della zona di miscelazione in falda	δ_{gw}	Calcolato	1.00	m	no check
Fattore di diluizione in falda	LDF	Calcolato	3.17	-	no check

Parametri del sito - Zona Saturata

Descrizione		Valore			
Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM	check
Zona Saturata					
Tessitura rappresentativa del suolo saturo			Loamy Sand		
Conducibilità idraulica del terreno saturo	Ksat	Letteratura	4.05e-5	m/s	✓
Porosità efficace del terreno in zona saturo	$\theta_{e,sat}$	Letteratura	0.353	-	✓
Spessore acquifero	da	2	41.765	m	✓
Gradiente idraulico	i	0.01	0.002	m/m	✓
Velocità di Darcy	vgw	Calcolato	8.10e-8	m/s	✓
Velocità media effettiva nella falda	ve	Calcolato	2.29e-7	-	✓
Frazione di carbonio organico - suolo saturo	foc,sat	0.001	0.001	g/g	✓
Frazione residua dei pori nel suolo saturo (per calcolo Cres)	Sr	0.04	0.04	g/g	✓
Distanza punto di conformità in falda	POC	100	0.52	m	✓
Dispersività longitudinale in falda	ax	Calcolato	0.05	m	✓
Dispersività trasversale in falda	ay	Calcolato	0.02	m	✓
Dispersività verticale in falda	az	Calcolato	2.60e-3	m	✓

Parametri del sito - Outdoor

Descrizione		Valore			
Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM	check
Outdoor					
Velocità del vento	Uair	2.25	1.15	m/s	✓
Velocità del vento ad altezza suolo calcolata					
Dati stazione di misura vento					
Velocità del vento misurata nella centralina meteo	Uair,sm	2.25	1.46	m/s	✓
Altezza della centralina meteo	Hsm	10	10	m	✓
Caratteristiche Sito					
Classe di stabilità atmosferica			Classe D		
Tipologia di area			Suolo Rurale		
Altezza di riferimento per stima velocità del vento	BM	2	2	m	✓
Dati Calcolati					
Coefficiente P	p	-	0.15	-	✓
Portata di particolato per unità di superficie	Pe	6.9e-14	6.9e-14	g/cm/s ²	✓
Distanza recettore off site - ADF	POC ADF	100	100	m	✓
Classe di Stabilità Atmosferica			Rurale - Classe D		
Coefficiente di dispersione trasversale	σ_y	Calcolato	7.96	m	✓
Coefficiente di dispersione verticale	σ_z	Calcolato	5.6	m	✓
Profondità della zona aerobica da p.c.	La Outdoor	1	1	m	✓

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

Contaminante	Vol	Sol	H	Kd	Kd(pH)	Koc	Koc(pH)	Dair	Dw	ρ
-	-	mg/L	-	L/kg	L/kg	L/kg	L/kg	cm ² /s	cm ² /s	kg/L
Alifatici C13-C18	SVOC	0.01	69			680000				
Alifatici C19-C36	POM	0.0000015	110			398000000				

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

Contaminante	ADAFc	ADAFa	SFing	SFinal	IUR	RfDing	RfDinal	RfC	ABS
	-	-	(mg/kg/d)-1	(mg/kg/d)-1	(µg/m³)-1	(mg/kg/d)	(mg/kg/d)	(mg/m³)	-
Alifatici C13-C18						0.1		0.2	0.1
Alifatici C19-C36						2		0.2	0.1

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

Contaminante	CSC Suoli Residenziali	CSC Suoli Industriali	CSC Falda
	mg/kg	mg/kg	mg/L
Alifatici C13-C18	50	750	0.35
Alifatici C19-C36	50	750	0.35

Rischio da Suolo Superficiale

Contaminante	CRS	f	CRS/f	Csat	Cres	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW)
-	mg/kg	-	mg/kg	mg/kg	mg/kg	-	-	-
Alifatici C13-C18	5.24e+2		5.24e+2	1.02e+2	1.02e+2	-	5.94e-3	5.61e-3
Alifatici C19-C36	7.76e+2		7.76e+2	8.96e+0	8.96e+0	-	4.41e-4	1.42e-5
Cumulato Outdoor (On-site)						-	6.38e-3	
Cumulato Indoor (On-site)						-	-	
Cumulato ingestione di acqua (On-site)						-	-	
Cumulato Outdoor (Off-site)						-	-	
Cumulato ingestione di acqua (Off-site)						-	-	

CSR per il Suolo Superficiale

Contaminante	CRS	Csat	Cres	CSC	CSR (HH)	CSR (GW)	CSR
-	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Alifatici C13-C18	5.24e+2	1.02e+2	1.02e+2	7.50e+2	8.81e+4	9.33e+4	8.81e+4
Alifatici C19-C36	7.76e+2	8.96e+0	8.96e+0	7.50e+2	>1e+6	>1e+6	>1e+6

CSR cumulative per il Suolo Superficiale

Contaminante	CRS	CSRind	f	CSRcum	Csat	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW)
-	mg/kg	mg/kg	-	mg/kg	mg/kg	-	-	-
Alifatici C13-C18	5.24e+2	8.81e+4	168.2	5.24e+2	1.02e+2	-	5.95e-3	5.61e-3
Alifatici C19-C36	7.76e+2	>1e+6	2269.5	7.76e+2	8.96e+0	-	4.41e-4	1.42e-5
Cumulato Outdoor (On-site)						-	6.39e-3	
Cumulato Indoor (On-site)						-	-	
Cumulato ingestione di acqua (On-site)						-	-	
Cumulato Outdoor (Off-site)						-	-	
Cumulato ingestione di acqua (Off-site)						-	-	

CSR Idrocarburi (MADEP) per il Suolo Superficiale

Contaminante	CRS	Frazione			C _{sat}	CSR (HH)	CSR/fr (HH)			CSR (GW)	CSR/fr (GW)		
		C<12	C>12	TOT			C<12	C>12	TOT		C<12	C>12	TOT
-	mg/kg	-	-	-	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Alifatici C13-C18	5.24e+2	-	0.40	0.40	1.02e+2	5.24e+2	-	1.30e+3	1.30e+3	5.55e+2	-	1.38e+3	1.38e+3
Alifatici C19-C36	7.76e+2	-	0.60	0.60	8.96e+0	7.76e+2	-	1.30e+3	1.30e+3	2.40e+4	-	4.03e+4	4.03e+4
Frazione Critica						CSR (HH)	-	1.30e+3	1.30e+3	CSR (GW)	-	1.38e+3	1.38e+3

CSR Idrocarburi (MADEP) per il Suolo Profondo

Contaminante	CRS	Frazione			C _{sat}	CSR (HH)	CSR/fr (HH)			CSR (GW)	CSR/fr (GW)		
		C<12	C>12	TOT			C<12	C>12	TOT		C<12	C>12	TOT
-	mg/kg	-	-	-	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Alifatici C13-C18		-	-	-	6.81e+1	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C19-C36		-	-	-	5.97e+0	-	-	-	-	-	-	-	-
Frazione Critica						CSR (HH)	-	-	-	CSR (GW)	-	-	-

CSR Idrocarburi (MADEP) per la Falda

Contaminante	CRS	Frazione			Sol	CSR (HH)	CSR/fr (HH)			CSR (GW)	CSR/fr (GW)		
		C<12	C>12	TOT			C<12	C>12	TOT		C<12	C>12	TOT
-	mg/L	-	-	-	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Alifatici C13-C18	-	-	-	-	1.00e-2	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C19-C36	-	-	-	-	1.50e-6	-	-	-	-	-	-	-	-
Frazione Critica						CSR (HH)	-	-	-	CSR (GW)	-	-	-



Nome del sito:	Oleodotto 26" Bertónico (LO)
Nome sub-area:	sorgente SP
Data:	19/04/2023
Tipo di analisi:	Calcolo Rischi (Modalità Diretta)
Tipo di analisi:	Calcolo Obiettivi di Bonifica (Modalità Inversa)
Note:	Per quanto riguarda la speciazione MADEP, ai fini modellistici la più cautelativa è risultata quella di ARPA. Per quanto riguarda la frazione MADEP per la classe Aromatica C11-C22, la concentrazione è stata associata tutta alla classe C13-C22 in quanto le altre speciazioni disponibili hanno mostrato concentrazioni inferiori a m.d.l. per la classe aromatica C11-C12.

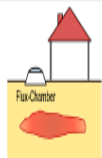


Modello Concettuale del Sito

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

Recettori on-site: Lavoratori

Recettori off-site: ---

Caratterizzazione integrativa

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

Opzioni di Calcolo

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

CRS

Contaminante	Suolo Superficiale	Suolo Profondo	Falda	Eluato da suolo superficiale	Eluato da suolo profondo	Soil-gas Outdoor	Soil-gas Indoor	Flux Chamber (outdoor)	Flux Chamber (indoor)	Aria Outdoor	Aria Indoor
-	mg/kg	mg/kg	mg/L	mg/L	mg/L	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³
Etilbenzene	-	1.80e+0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xileni	-	3.80e+0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C5-C8	-	1.47e+2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C9-C12	-	1.29e+3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C13-C18	-	3.12e+4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C19-C36	-	2.31e+4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aromatici C9-C10	-	1.51e+2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aromatici C13-C22	-	1.27e+4	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di esposizione - On Site

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

Parametri del sito - Geometria Sorgenti

Descrizione		Valore			
Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM	check
Geometria Sorgenti					
Suolo Superficiale					
Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	Ls,SS	0	0	m	✓
Spessore della sorgente nel suolo superficiale insaturo	d	1	1	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	W	45	45	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	Sw	45	45	m	✓
Altezza della zona di miscelazione in aria	∂air	2	2	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	W'	45	4	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento	Sw'	45	45	m	✓
Suolo Profondo					
Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	Ls,SP	1	1	m	✓
Spessore della sorgente nel suolo profondo insaturo	ds	2	8.288	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	W	45	19.37	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	Sw	45	45	m	✓
Altezza della zona di miscelazione in aria	∂air	2	2	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	W'	45	19.17	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento	Sw'	45	45	m	✓
Falda					
Soggiacenza della falda da p.c.	Lgw	3	9.288	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	W	45	45	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	Sw	45	45	m	✓
Altezza della zona di miscelazione in aria	∂air	2	2	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	W'	45	45	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento	Sw'	45	45	m	✓

Parametri del sito - Zona Insatura

Descrizione		Valore			
Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM	check
Zona Insatura					
Tessitura rappresentativa del suolo insaturo			Sand		
Porosità efficace del terreno in zona insatura	θ_e	Letteratura	0.385	-	✓
Contenuto volumetrico di acqua nel suolo	θ_w	Letteratura	0.068	-	✓
Contenuto volumetrico di aria nel suolo	θ_a	Letteratura	0.317	-	✓
Contenuto volumetrico di acqua nella frangia capillare	$\theta_{w,cap}$	Letteratura	0.33	-	✓
Contenuto volumetrico di aria nella frangia capillare	$\theta_{a,cap}$	Letteratura	0.055	-	✓
Spessore della frangia capillare	h _{cap}	Letteratura	0.1	m	✓
Carico idraulico critico (potenziale di matrice)	h _{cr}	Letteratura	-0.0402	m	✓
Conducibilità idraulica del terreno nella zona insatura	K _{sat}	Letteratura	8.25e-5	m	✓
Battente idrico in superficie	H _w	0.25	0.25	m	✓
Densità del suolo	ρ_s	1.7	1.7	g/cm ³	✓
pH del suolo	pH	6.8	7.5	-	✓
Frazione di carbonio organico - suolo superficiale	foc,SS	0.01	0.015	g/g	✓
Frazione di carbonio organico - suolo profondo	foc,SP	0.01	0.002	g/g	✓
Frazione residua dei pori nel suolo (per calcolo Cres)	S _r	0.04	0.04	m	✓
Spessore della zona insatura	h _v	Calcolato	9.188	m	✓
Infiltrazione efficace calcolata					
Piuvosità media annua	P	129	112.94	cm/y	✓
Frazione areale di fratture outdoor	η_{out}	1	1	cm/y	✓
Infiltrazione efficace nel suolo	ief	Calcolato	22.96	cm/y	✓

Parametri del sito - Zona Saturata

Descrizione		Valore			
Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM	check
Zona Saturata					
Tessitura rappresentativa del suolo saturo		Loamy Sand			
Conducibilità idraulica del terreno saturo	Ksat	Letteratura	4.05e-5	m/s	✓
Porosità efficace del terreno in zona saturo	$\theta_{e,sat}$	Letteratura	0.353	-	✓
Spessore acquifero	da	2	40.712	m	✓
Gradiente idraulico	i	0.01	0.002	m/m	✓
Velocità di Darcy	vgw	Calcolato	8.10e-8	m/s	✓
Velocità media effettiva nella falda	ve	Calcolato	2.29e-7	-	✓
Frazione di carbonio organico - suolo saturo	foc,sat	0.001	0.001	g/g	✓
Frazione residua dei pori nel suolo saturo (per calcolo Cres)	Sr	0.04	0.04	g/g	✓
Distanza punto di conformità in falda	POC	100	100	m	✓
Dispersività longitudinale in falda	ax	Calcolato	10.00	m	✓
Dispersività trasversale in falda	ay	Calcolato	3.33	m	✓
Dispersività verticale in falda	az	Calcolato	0.50	m	✓

Parametri del sito - Outdoor

Descrizione		Valore			
Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM	check
Outdoor					
Velocità del vento	Uair	2.25	1.15	m/s	✓
Velocità del vento ad altezza suolo calcolata					
Dati stazione di misura vento					
Velocità del vento misurata nella centralina meteo	Uair,sm	2.25	1.46	m/s	✓
Altezza della centralina meteo	Hsm	10	10	m	✓
Caratteristiche Sito					
Classe di stabilità atmosferica			Classe D		
Tipologia di area			Suolo Rurale		
Altezza di riferimento per stima velocità del vento	BM	2	2	m	✓
Dati Calcolati					
Coefficiente P	p	-	0.15	-	✓
Portata di particolato per unità di superficie	Pe	6.9e-14	6.9e-14	g/cm/s ²	✓
Distanza recettore off site - ADF	POC ADF	100	100	m	✓
Classe di Stabilità Atmosferica			Rurale - Classe D		
Coefficiente di dispersione trasversale	σ_y	Calcolato	7.96	m	✓
Coefficiente di dispersione verticale	σ_z	Calcolato	5.6	m	✓
Profondità della zona aerobica da p.c.	La Outdoor	1	1	m	✓

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

Contaminante	Vol	Sol	H	Kd	Kd(pH)	Koc	Koc(pH)	Dair	Dw	ρ
-	-	mg/L	-	L/kg	L/kg	L/kg	L/kg	cm ² /s	cm ² /s	kg/L
Etilbenzene	VOC*	169	0.322			446		0.0685	0.00000846	0.863
Xileni	VOC*	106	0.212			383		0.0847	0.0000099	
Alifatici C5-C8	VVOC*	11	54			2270		0.08	0.00001	
Alifatici C9-C12	VOC*	0.01	69			680000		0.07	0.000005	
Alifatici C13-C18	SVOC	0.01	69			680000				
Alifatici C19-C36	POM	0.0000015	110			398000000				
Aromatici C9-C10	VOC*	51	0.33			1780		0.07	0.00001	
Aromatici C13-C22	SVOC	5.8	0.03			5000				

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

Contaminante	ADAFc	ADAFa	SFing	SFinal	IUR	RfDing	RfDinal	RfC	ABS
	-	-	(mg/kg/d)-1	(mg/kg/d)-1	(µg/m³)-1	(mg/kg/d)	(mg/kg/d)	(mg/m³)	-
Etilbenzene			0.011		0.0000025	0.1		1	0.1
Xileni						0.2		0.1	0.01
Alifatici C5-C8						0.04		0.2	0.1
Alifatici C9-C12						0.1		0.2	0.1
Alifatici C13-C18						0.1		0.2	0.1
Alifatici C19-C36						2		0.2	0.1
Aromatici C9-C10						0.01		0.025	0.1
Aromatici C13-C22						0.03		0.05	0.1

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

Contaminante	CSC Suoli Residenziali	CSC Suoli Industriali	CSC Falda
	mg/kg	mg/kg	mg/L
Etilbenzene	0.5	50	0.05
Xileni	0.5	50	10
Alifatici C5-C8	10	250	0.35
Alifatici C9-C12	10	250	0.35
Alifatici C13-C18	50	750	0.35
Alifatici C19-C36	50	750	0.35
Aromatici C9-C10	10	250	0.35
Aromatici C13-C22	50	750	0.35

Rischio da Suolo Profondo

Contaminante	CRS	f	CRS/f	Csat	Cres	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW)
-	mg/kg	-	mg/kg	mg/kg	mg/kg	-	-	-
Etilbenzene	1.80e+0		1.80e+0	1.68e+2	7.98e+3	7.31e-9	8.19e-6	1.15e+1
Xileni	3.80e+0		3.80e+0	8.96e+1	8.94e+1	-	1.68e-4	1.42e-1
Alifatici C5-C8	1.47e+2		1.47e+2	1.61e+2	1.56e+2	-	1.83e-2	9.07e+0
Alifatici C9-C12	1.29e+3		1.29e+3	1.37e+1	1.37e+1	-	1.12e-2	8.52e-1
Alifatici C13-C18	3.12e+4		3.12e+4	1.37e+1	1.37e+1	-	-	2.06e+1
Alifatici C19-C36	2.31e+4		2.31e+4	1.19e+0	1.19e+0	-	-	2.62e-2
Aromatici C9-C10	1.51e+2		1.51e+2	1.87e+2	1.87e+2	-	1.41e-2	3.73e+1
Aromatici C13-C22	1.27e+4		1.27e+4	5.83e+1	5.83e+1	-	-	1.15e+3
Cumulato Outdoor (On-site)						7.31e-9	4.39e-2	
Cumulato Indoor (On-site)						-	-	
Cumulato ingestione di acqua (On-site)						-	-	
Cumulato Outdoor (Off-site)						-	-	
Cumulato ingestione di acqua (Off-site)						-	-	

CSR per il Suolo Profondo

Contaminante	CRS	Csat	Cres	CSC	CSR (HH)	CSR (GW)	CSR
-	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Etilbenzene	1.80e+0	1.68e+2	7.98e+3	5.00e+1	2.46e+2	1.57e-1	1.57e-1
Xileni	3.80e+0	8.96e+1	8.94e+1	5.00e+1	2.26e+4	2.67e+1	2.67e+1
Alifatici C5-C8	1.47e+2	1.61e+2	1.56e+2	2.50e+2	8.01e+3	1.62e+1	1.62e+1
Alifatici C9-C12	1.29e+3	1.37e+1	1.37e+1	2.50e+2	1.15e+5	1.52e+3	1.52e+3
Alifatici C13-C18	3.12e+4	1.37e+1	1.37e+1	7.50e+2	-	1.52e+3	1.52e+3
Alifatici C19-C36	2.31e+4	1.19e+0	1.19e+0	7.50e+2	-	8.79e+5	8.79e+5
Aromatici C9-C10	1.51e+2	1.87e+2	1.87e+2	2.50e+2	1.07e+4	4.04e+0	4.04e+0
Aromatici C13-C22	1.27e+4	5.83e+1	5.83e+1	7.50e+2	-	1.11e+1	1.11e+1

CSR Idrocarburi (MADEP) per il Suolo Superficiale

Contaminante	CRS	Frazione			C _{sat}	CSR (HH)	CSR/fr (HH)			CSR (GW)	CSR/fr (GW)		
		C<12	C>12	TOT			C<12	C>12	TOT		C<12	C>12	TOT
-	mg/kg	-	-	-	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Alifatici C5-C8		-	-	-	4.86e+2	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C9-C12		-	-	-	1.02e+2	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C13-C18		-	-	-	1.02e+2	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C19-C36		-	-	-	8.96e+0	-	-	-	-	-	-	-	-
Aromatici C9-C10		-	-	-	1.37e+3	-	-	-	-	-	-	-	-
Aromatici C13-C22		-	-	-	4.35e+2	-	-	-	-	-	-	-	-
Frazione Critica						CSR (HH)	-	1.00e+6	-	CSR (GW)	-	1.00e+6	-

CSR cumulative per il Suolo Profondo

Contaminante	CRS	CSRind	f	CSRcum	Csat	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW)
-	mg/kg	mg/kg	-	mg/kg	mg/kg	-	-	-
Etilbenzene	1.80e+0	1.57e-1		1.57e-1	1.68e+2	6.36e-10	7.12e-7	1.00e+0
Xileni	3.80e+0	2.67e+1		2.67e+1	8.96e+1	-	1.18e-3	1.00e+0
Alifatici C5-C8	1.47e+2	1.62e+1	5	3.24e+0	1.61e+2	-	4.04e-4	2.00e-1
Alifatici C9-C12	1.29e+3	1.52e+3	3.5	4.33e+2	1.37e+1	-	3.76e-3	2.86e-1
Alifatici C13-C18	3.12e+4	1.52e+3	6.5	2.33e+2	1.37e+1	-	-	1.54e-1
Alifatici C19-C36	2.31e+4	8.79e+5	42.4	2.07e+4	1.19e+0	-	-	2.36e-2
Aromatici C9-C10	1.51e+2	4.04e+0	4.4	9.19e-1	1.87e+2	-	8.62e-5	2.27e-1
Aromatici C13-C22	1.27e+4	1.11e+1	9	1.23e+0	5.83e+1	-	-	1.11e-1
Cumulato Outdoor (On-site)						6.36e-10	5.43e-3	
Cumulato Indoor (On-site)						-	-	
Cumulato ingestione di acqua (On-site)						-	-	
Cumulato Outdoor (Off-site)						-	-	
Cumulato ingestione di acqua (Off-site)						-	-	

CSR Idrocarburi (MADEP) per il Suolo Profondo

Contaminante	CRS	Frazione			Csat	CSR (HH)	CSR/fr (HH)			CSR (GW)	CSR/fr (GW)		
		C<12	C>12	TOT			C<12	C>12	TOT		C<12	C>12	TOT
-	mg/kg	-	-	-	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Alifatici C5-C8	1.47e+2	0.09	-	2.1e-3	1.61e+2	1.60e+3	1.74e+4	-	7.49e+5	3.24e+0	3.51e+1	-	1.51e+3
Alifatici C9-C12	1.29e+3	0.81	-	1.9e-2	1.37e+1	3.29e+4	4.05e+4	-	>1e+6	4.33e+2	5.33e+2	-	2.30e+4
Alifatici C13-C18	3.12e+4	-	0.47	0.45	1.37e+1	-	-	-	-	2.33e+2	-	5.01e+2	5.13e+2
Alifatici C19-C36	2.31e+4	-	0.34	0.34	1.19e+0	-	-	-	-	2.07e+4	-	6.02e+4	6.17e+4
Aromatici C9-C10	1.51e+2	0.09	-	2.2e-3	1.87e+2	2.42e+3	2.55e+4	-	>1e+6	9.19e-1	9.68e+0	-	4.18e+2
Aromatici C13-C22	1.27e+4	-	0.19	0.19	5.83e+1	-	-	-	-	1.23e+0	-	6.48e+0	6.63e+0
Frazione Critica						CSR (HH)	1.74e+4	-	7.49e+5	CSR (GW)	9.68e+0	6.48e+0	6.63e+0

CSR Idrocarburi (MADEP) per la Falda

Contaminante	CRS	Frazione			Sol	CSR (HH)	CSR/fr (HH)			CSR (GW)	CSR/fr (GW)		
		C<12	C>12	TOT			C<12	C>12	TOT		C<12	C>12	TOT
-	mg/L	-	-	-	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Alifatici C5-C8	-	-	-	-	1.10e+1	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C9-C12	-	-	-	-	1.00e-2	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C13-C18	-	-	-	-	1.00e-2	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C19-C36	-	-	-	-	1.50e-6	-	-	-	-	-	-	-	-
Aromatici C9-C10	-	-	-	-	5.10e+1	-	-	-	-	-	-	-	-
Aromatici C13-C22	-	-	-	-	5.80e+0	-	-	-	-	-	-	-	-
Frazione Critica						CSR (HH)	-	-	-	CSR (GW)	-	-	-



Nome del sito:	Oleodotto 26" Bertónico (LO)
Nome sub-area:	Sorgente GW
Data:	19/04/2023
Tipo di analisi:	Calcolo Rischi (Modalità Diretta)
Tipo di analisi:	Calcolo Obiettivi di Bonifica (Modalità Inversa)
Note:	Calcolo del rischio e delle CSR sanitario ambientali

Modello Concettuale del Sito

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

Recettori on-site: Lavoratori

Recettori off-site: ---

Caratterizzazione integrativa

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

Opzioni di Calcolo

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

CRS

Contaminante	Suolo Superficiale	Suolo Profondo	Falda	Eluato da suolo superficiale	Eluato da suolo profondo	Soil-gas Outdoor	Soil-gas Indoor	Flux Chamber (outdoor)	Flux Chamber (indoor)	Aria Outdoor	Aria Indoor
-	mg/kg	mg/kg	µg/L	µg/L	µg/L	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³
Alifatici C5-C8	-	-	1.43e+2	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C9-C12	-	-	3.54e+3	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C13-C18	-	-	8.40e+3	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C19-C36	-	-	4.92e+3	-	-	-	-	-	-	-	-
Aromatici C13-C22	-	-	6.80e-1	-	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di esposizione - On Site

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

Parametri del sito - Geometria Sorgenti

Descrizione		Valore			
Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM	check
Geometria Sorgenti					
Stessa dimensione per tutte le sorgenti					
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	W	45	45	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	Sw	45	45	m	✓
Altezza della zona di miscelazione in aria	∂air	2	2	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	W'	45	17.4	m	✓
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento	Sw'	45	45	m	✓
Suolo Superficiale					
Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	Ls,SS	0	0	m	✓
Spessore della sorgente nel suolo superficiale insaturo	d	1	1	m	✓
Suolo Profondo					
Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	Ls,SP	1	1	m	✓
Spessore della sorgente nel suolo profondo insaturo	ds	2	2	m	✓
Soggiacenza della falda da p.c.	Lgw	3	8.235	m	✓

Parametri del sito - Zona Insatura

Descrizione		Valore			
Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM	check
Zona Insatura					
Tessitura rappresentativa del suolo insaturo			Sand		
Porosità efficace del terreno in zona insatura	θ_e	Letteratura	0.385	-	✓
Contenuto volumetrico di acqua nel suolo	θ_w	Letteratura	0.068	-	✓
Contenuto volumetrico di aria nel suolo	θ_a	Letteratura	0.317	-	✓
Contenuto volumetrico di acqua nella frangia capillare	$\theta_{w,cap}$	Letteratura	0.33	-	✓
Contenuto volumetrico di aria nella frangia capillare	$\theta_{a,cap}$	Letteratura	0.055	-	✓
Spessore della frangia capillare	hcap	Letteratura	0.1	m	✓
Carico idraulico critico (potenziale di matrice)	hcr	Letteratura	-0.0402	m	✓
Conducibilità idraulica del terreno nella zona insatura	Ksat	Letteratura	8.25e-5	m	✓
Battente idrico in superficie	Hw	0.25	0.25	m	✓
Densità del suolo	ρ_s	1.7	1.7	g/cm ³	✓
pH del suolo	pH	6.8	7.5	-	✓
Frazione di carbonio organico - suolo superficiale	foc,SS	0.01	0.01	g/g	✓
Frazione di carbonio organico - suolo profondo	foc,SP	0.01	0.01	g/g	✓
Frazione residua dei pori nel suolo (per calcolo Cres)	Sr	0.04	0.04	m	✓
Spessore della zona insatura	hv	Calcolato	8.135	m	✓
Infiltrazione efficace calcolata					
Piuvosità media annua	P	129	129	cm/y	✓
Frazione areale di fratture outdoor	η_{out}	1	1	cm/y	✓
Infiltrazione efficace nel suolo	ief	Calcolato	29.95	cm/y	✓
Spessore della zona di miscelazione in falda	δ_{gw}	Calcolato	2.00	m	no check
Fattore di diluizione in falda	LDF	Calcolato	2.90	-	no check

Parametri del sito - Zona Saturata

Descrizione		Valore			
Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM	check
Zona Saturata					
Tessitura rappresentativa del suolo saturo		Loamy Sand			
Conducibilità idraulica del terreno saturo	Ksat	Letteratura	4.05e-5	m/s	✓
Porosità efficace del terreno in zona saturo	$\theta_{e,sat}$	Letteratura	0.353	-	✓
Spessore acquifero	da	2	2.00e+0	m	✓
Gradiente idraulico	i	0.01	1.00e-2	m/m	✓
Velocità di Darcy	vgw	Calcolato	4.05e-7	m/s	✓
Velocità media effettiva nella falda	ve	Calcolato	1.15e-6	-	✓
Frazione di carbonio organico - suolo saturo	foc,sat	0.001	0.001	g/g	✓
Frazione residua dei pori nel suolo saturo (per calcolo Cres)	Sr	0.04	0.04	g/g	✓
Distanza punto di conformità in falda	POC	100	100	m	✓
Dispersività longitudinale in falda	ax	Calcolato	10.00	m	✓
Dispersività trasversale in falda	ay	Calcolato	3.33	m	✓
Dispersività verticale in falda	az	Calcolato	0.50	m	✓

Parametri del sito - Outdoor

Descrizione		Valore			
Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM	check
Outdoor					
Velocità del vento	Uair	2.25	1.15	m/s	✓
Velocità del vento ad altezza suolo calcolata					
Dati stazione di misura vento					
Velocità del vento misurata nella centralina meteo	Uair,sm	2.25	1.46	m/s	✓
Altezza della centralina meteo	Hsm	10	10	m	✓
Caratteristiche Sito					
Classe di stabilità atmosferica			Classe D		
Tipologia di area			Suolo Rurale		
Altezza di riferimento per stima velocità del vento	BM	2	2	m	✓
Dati Calcolati					
Coefficiente P	p	-	0.15	-	✓
Portata di particolato per unità di superficie	Pe	6.9e-14	6.9e-14	g/cm/s ²	✓
Distanza recettore off site - ADF	POC ADF	100	100	m	✓
Classe di Stabilità Atmosferica			Rurale - Classe D		
Coefficiente di dispersione trasversale	σ_y	Calcolato	7.96	m	✓
Coefficiente di dispersione verticale	σ_z	Calcolato	5.6	m	✓
Profondità della zona aerobica da p.c.	La Outdoor	1	1	m	✓

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

Contaminante	Vol	Sol	H	Kd	Kd(pH)	Koc	Koc(pH)	Dair	Dw	ρ
-	-	mg/L	-	L/kg	L/kg	L/kg	L/kg	cm ² /s	cm ² /s	kg/L
Alifatici C5-C8	VVOC*	11	54			2270		0.08	0.00001	
Alifatici C9-C12	VOC*	0.01	69			680000		0.07	0.000005	
Alifatici C13-C18	SVOC	0.01	69			680000				
Alifatici C19-C36	POM	0.0000015	110			398000000				
Aromatici C13-C22	SVOC	5.8	0.03			5000				

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

Contaminante	ADAFc	ADAFa	SFing	SFinal	IUR	RfDing	RfDinal	RfC	ABS
	-	-	(mg/kg/d)-1	(mg/kg/d)-1	(µg/m³)-1	(mg/kg/d)	(mg/kg/d)	(mg/m³)	-
Alifatici C5-C8						0.04		0.2	0.1
Alifatici C9-C12						0.1		0.2	0.1
Alifatici C13-C18						0.1		0.2	0.1
Alifatici C19-C36						2		0.2	0.1
Aromatici C13-C22						0.03		0.05	0.1

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

Contaminante	CSC Suoli Residenziali	CSC Suoli Industriali	CSC Falda
	mg/kg	mg/kg	mg/L
Alifatici C5-C8	10	250	0.35
Alifatici C9-C12	10	250	0.35
Alifatici C13-C18	50	750	0.35
Alifatici C19-C36	50	750	0.35
Aromatici C13-C22	50	750	0.35

Rischio dalla Falda

Contaminante	CRS	f	CRS/f	Sol	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW)
-	µg/L	-	µg/L	µg/L	-	-	-
Alifatici C5-C8	1.43e+2		1.43e+2	1.10e+4	-	1.86e-3	4.09e-1
Alifatici C9-C12	3.54e+3		3.54e+3	1.00e+1	-	5.15e-2	1.01e+1
Alifatici C13-C18	8.40e+3		8.40e+3	1.00e+1	-	-	2.40e+1
Alifatici C19-C36	4.92e+3		4.92e+3	1.50e-3	-	-	1.40e+1
Aromatici C13-C22	6.80e-1		6.80e-1	5.80e+3	-	-	1.94e-3
Cumulato Outdoor (On-site)					-	5.33e-2	
Cumulato Indoor (On-site)					-	-	
Cumulato ingestione di acqua (On-site)					-	-	
Cumulato Outdoor (Off-site)					-	-	
Cumulato Indoor (Off-site)					-	-	
Cumulato ingestione di acqua (Off-site)					-	-	

CSR per la Falda

Contaminante	CRS	Sol	CSC	CSR (HH)	CSR (GW)	CSR
-	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Alifatici C5-C8	1.43e+2	1.10e+4	3.50e+2	7.70e+4	3.50e+2	3.50e+2
Alifatici C9-C12	3.54e+3	1.00e+1	3.50e+2	6.89e+4	3.50e+2	3.50e+2
Alifatici C13-C18	8.40e+3	1.00e+1	3.50e+2	-	3.50e+2	3.50e+2
Alifatici C19-C36	4.92e+3	1.50e-3	3.50e+2	-	3.50e+2	3.50e+2
Aromatici C13-C22	6.80e-1	5.80e+3	3.50e+2	-	3.50e+2	3.50e+2

CSR Idrocarburi (MADEP) per il Suolo Superficiale

Contaminante	CRS	Frazione			Csat	CSR (HH)	CSR/fr (HH)			CSR (GW)	CSR/fr (GW)		
		C<12	C>12	TOT			C<12	C>12	TOT		C<12	C>12	TOT
-	mg/kg	-	-	-	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Alifatici C5-C8		-	-	-	3.61e+2	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C9-C12		-	-	-	6.81e+1	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C13-C18		-	-	-	6.81e+1	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C19-C36		-	-	-	5.97e+0	-	-	-	-	-	-	-	-
Aromatici C13-C22		-	-	-	2.90e+2	-	-	-	-	-	-	-	-
Frazione Critica						CSR (HH)	-	1.00e+6	-	CSR (GW)	-	1.00e+6	-

CSR Idrocarburi (MADEP) per il Suolo Profondo

Contaminante	CRS	Frazione			C _{sat}	CSR (HH)	CSR/fr (HH)			CSR (GW)	CSR/fr (GW)		
		C<12	C>12	TOT			C<12	C>12	TOT		C<12	C>12	TOT
-	mg/kg	-	-	-	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Alifatici C5-C8		-	-	-	3.61e+2	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C9-C12		-	-	-	6.81e+1	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C13-C18		-	-	-	6.81e+1	-	-	-	-	-	-	-	-
Alifatici C19-C36		-	-	-	5.97e+0	-	-	-	-	-	-	-	-
Aromatici C13-C22		-	-	-	2.90e+2	-	-	-	-	-	-	-	-
Frazione Critica						CSR (HH)	-	-	-	CSR (GW)	-	-	-

CSR cumulative per la Falda

Contaminante	CRS	CSRind	f	CSRcum	Sol	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW)
-	µg/L	µg/L	-	µg/L	µg/L	-	-	-
Alifatici C5-C8	1.43e+2	3.50e+2	2.44	1.43e+2	1.10e+4	-	1.86e-3	4.10e-1
Alifatici C9-C12	3.54e+3	3.50e+2	7.85	4.46e+1	1.00e+1	-	6.48e-4	1.27e-1
Alifatici C13-C18	8.40e+3	3.50e+2	7.85	4.46e+1	1.00e+1	-	-	1.27e-1
Alifatici C19-C36	4.92e+3	3.50e+2	6.25	5.60e+1	1.50e-3	-	-	1.60e-1
Aromatici C13-C22	6.80e-1	3.50e+2	5.55	6.31e+1	5.80e+3	-	-	1.80e-1
Cumulato Outdoor (On-site)						-	2.51e-3	
Cumulato Indoor (On-site)						-	-	
Cumulato ingestione di acqua (On-site)						-	-	
Cumulato Outdoor (Off-site)						-	-	
Cumulato Indoor (Off-site)						-	-	
Cumulato ingestione di acqua (Off-site)						-	-	

CSR Idrocarburi (MADEP) per la Falda

Contaminante	CRS	Frazione			Sol	CSR (HH)	CSR/fr (HH)			CSR (GW)	CSR/fr (GW)		
		C<12	C>12	TOT			C<12	C>12	TOT		C<12	C>12	TOT
-	µg/L	-	-	-	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Alifatici C5-C8	1.43e+2	0.04	-	8.4e-3	1.10e+4	3.15e+4	8.11e+5	-	3.74e+6	1.43e+2	3.69e+3	-	1.70e+4
Alifatici C9-C12	3.54e+3	0.96	-	0.21	1.00e+1	8.77e+3	9.13e+3	-	4.21e+4	4.46e+1	4.64e+1	-	2.14e+2
Alifatici C13-C18	8.40e+3	-	0.63	0.49	1.00e+1	-	-	-	-	4.46e+1	-	7.07e+1	9.03e+1
Alifatici C19-C36	4.92e+3	-	0.37	0.29	1.50e-3	-	-	-	-	5.60e+1	-	1.52e+2	1.94e+2
Aromatici C13-C22	6.80e-1	-	5.1e-5	4.0e-5	5.80e+3	-	-	-	-	6.31e+1	-	1.23e+6	1.58e+6
Frazione Critica						CSR (HH)	9.13e+3	-	4.21e+4	CSR (GW)	4.64e+1	7.07e+1	9.03e+1

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 110 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

ALLEGATO 12



ENI S.p.A.

Refining Evolution and Transformation

Area di effrazione Oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona

Comune di Bertonico (LO)

SPECIFICA TECNICA

Test pilota e indagini ambientali integrative

Marzo 2023
 Progetto n. 2216132
 Doc. n.: 2022.02.2216132

Preparato per:
ENI Rewind S.p.A.

REV.	REDATTO	VERIFICATO	VALIDATO	DATA
0	R. Mariconte	D. Colombo	D. Donati	Marzo 2023

Indice

1. INTRODUZIONE.....	3
1.1 Scopo del Lavoro	3
2. INQUADRAMENTO DELL'AREA	5
2.1 Caratteristiche dell'area di intervento	5
2.2 Inquadramento geologico ed idrogeologico	5
3. TEST IDRAULICI	6
3.1 Descrizione e modalità di esecuzione delle prove idrauliche previste	6
3.1.1 <i>Slug Test</i>	6
3.1.2 <i>Prove a gradini di portata crescenti</i>	7
3.1.3 <i>Prove di emungimento a portata costante</i>	11
4. ATTIVITÀ DI INDAGINE INTEGRATIVE PROPOSTE	16
4.1 Modalità realizzative	18
4.2 Set analitico	19
4.3 Rilievo topografico	21
5. TEST PILOTA SOIL VAPOR EXTRACTION (SVE) E BIOVENTING (BV)	22
5.1 Test Pilota Soil Vapor Extraction (SVE)	22
5.1.1 <i>Caratteristiche dei punti per il Test Pilota SVE</i>	22
5.1.2 <i>Caratteristiche dell'impianto pilota SVE</i>	23
5.1.3 <i>Esecuzione del Test Pilota SVE</i>	23
5.2 Test Pilota Bioventing	26
5.2.1 <i>Caratteristiche dei punti per il Test Pilota BV</i>	27
5.2.2 <i>Caratteristiche dell'impianto Pilota BV</i>	27
5.2.3 <i>Esecuzione del Test Pilota BV</i>	28
6. TEST PILOTA DI INIEZIONE CARBONE COLLOIDALE.....	30
6.1 Test pilota iniezioni di carbone colloidale	30
6.2 Punti di iniezione e quantità di immissione del prodotto scelto.....	31
6.3 Descrizione dell'attrezzatura	31
6.4 Fasi di intervento.....	32
6.5 Monitoraggio dell'intervento	33



TAVOLE

Tavola 1	Planimetria generale del sito
Tavola 2	Ubicazione indagini integrative
Tavola 3	Ubicazione punti di test pilota SVE-BV
Tavola 4	Ubicazione dei punti di test pilota iniezione PetroFix

ALLEGATI

Allegato 1	Scheda di campo per Slug Test
Allegato 2	Scheda di campo per prova a gradini di portata crescenti
Allegato 3	Scheda tecnica prodotto PetroFix

1. INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la specifica tecnica per l'esecuzione di test pilota e indagini ambientali integrative da realizzarsi presso l'area interessata dalla fuoriuscita d'idrocarburi avvenuta per manomissione dolosa dell'oleodotto Eni S.p.A. da 26" Ferrera-Bertonico-Cremona, ubicata nel Comune di Bertonico (LO) e notificata ai sensi dell'artt. 249 e 245 del D.Lgs. 152/06 in data 28 agosto 2016 (rif. prot. n. 921/16) - (**Tavola 1**).

Le attività proposte nel presente documento sono volte all'individuazione delle migliori tecnologie per il trattamento delle passività residue a carico delle matrici ambientali ed all'acquisizione dei dati necessari per il dimensionamento *full scale* dell'intervento di bonifica.

Nel presente documento sono quindi dettagliate le seguenti attività:

- **Test idraulici:** utili per definire parametri caratteristici dell'acquifero;
- **Indagini integrative:** finalizzate ad aggiornare lo stato ambientale della matrice terreni insaturi mediante la realizzazione di n. 9 sondaggi a carotaggio continuo per il prelievo di campioni di terreno da sottoporre ad analisi chimiche e microbiologiche;
- **Test pilota Soil Vapor Extraction e Bioventing (SVE-BV):** utili per la verifica dell'applicabilità della tecnologia selezionata, la valutazione del raggio di influenza (ROI) e il dimensionamento *full scale* (numero e ubicazione dei punti di estrazione/ insufflaggio, caratteristiche costruttive)
- **Test pilota Bioremediation - PetroFix:** utile per la verifica dell'applicabilità della tecnologia selezionata, la valutazione dell'area di influenza e il dimensionamento *full scale* (numero e ubicazione dei punti di iniezione, quantitativi e tipologia di prodotti proposti).

1.1 Scopo del Lavoro

Le attività descritte nel presente documento hanno l'obiettivo di:

- ricavare attraverso test idraulici i parametri sito-specifici dell'acquifero (trasmissività, conducibilità idraulica, etc.);
- aggiornare il quadro ambientale relativo ai terreni insaturi, verificando le concentrazioni residue;
- condurre, con la ricerca di alcuni parametri specifici, valutazioni preliminari circa la presenza di processi di attenuazione naturale (MNA - Monitored Natural Attenuation) nei terreni, verificando la sussistenza di condizioni favorevoli o comunque non limitanti di tali processi;

Sito: Area di effrazione dell'oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Comune di Bertonico (LO)

Oggetto: Specifica Tecnica – Test pilota e indagini ambientali integrative

Data: Marzo 2023



- valutare attraverso i test pilota SVE-BV e di iniezione di PetroFix, l'applicabilità delle tecnologie selezionate e i parametri necessari al dimensionamento *full scale* degli interventi di bonifica.

Nei capitoli seguenti si riporta:

- l'inquadramento del sito;
- le caratteristiche dell'area di intervento;
- la descrizione dei test idraulici previsti;
- la descrizione delle indagini previste;
- la descrizione dei test SVE-BV previsti;
- la descrizione dei test di iniezione PetroFix previsti.

Per ulteriori approfondimenti sul quadro ambientale complessivo del sito in esame, si rimanda alla documentazione di dettaglio trasmessa alla PP.AA.

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA

L'evento di effrazione dolosa è avvenuto in un'area agricola non urbanizzata, ubicata nel Comune di Bertonico (LO), a una distanza di circa 150 m dalla SP 192, in destra idrografica rispetto al canale Muzza che scorre a circa 190 m in direzione Nord-Nord-est rispetto al punto di effrazione. A circa 80 m a Est dal punto di effrazione scorre anche il colatore Valguercia, che si immette nel canale Muzza poco più a Nord.

Il Sito ricade in un contesto agricolo e di seguito sono riportati gli estremi catastali dell'area:

- Estremi catastali: Foglio 24 Particella 35



Figura 2-1: Foto aerea dell'area con indicazioni del sito – estratto da Google Earth

2.1 Caratteristiche dell'area di intervento

Di seguito si riportano le caratteristiche sito-specifiche relative all'area oggetto di intervento. Per eventuali approfondimenti sul quadro ambientale generale del sito in esame, si rimanda alla documentazione trasmessa alla PP.AA.

2.2 Inquadramento geologico ed idrogeologico

Le indagini pregresse hanno permesso di definire le caratteristiche litologiche dell'area oggetto di intervento. In particolare, le stratigrafie disponibili mostrano la presenza, fino a circa 13 m di profondità da p.c., di strati prevalentemente a matrice sabbiosa e limosa, con presenza di lenti argillose.

La falda nel sito stagionalmente oscilla di circa 1-1,5 m con soggiacenza media intorno ai 9 m da b.p. (valore minimo di 8,2 m da b.p. e massimo di 9,28 m da b.p. riscontrato nei piezometri). La direzione principale di deflusso è indicativamente da Ovest verso Est.

3. TEST IDRAULICI

I test idraulici previsti e di seguito descritti sono volti a:

- ricavare i parametri sito-specifici dell'acquifero (trasmissività, conducibilità idraulica, etc.).

Nello specifico, si intende procedere con l'esecuzione di:

- n. 4 slug test in corrispondenza dei piezometri PZ1, PZ2, PZ3 e PZ4;
- prove di pompaggio a gradini di portata crescenti e a portata costante di lunga durata in corrispondenza di n. 1 piezometro (PZ5).

Le acque emunte nel corso dei test saranno stoccate in appositi volumi di stoccaggio (bulk/fusti) e successivamente smaltite a norma di legge.

Per questa attività si procederà in autonomia, cioè verranno eseguiti i test idraulici appena possibile, senza attendere valutazione degli enti.

3.1 Descrizione e modalità di esecuzione delle prove idrauliche previste

Le prove idrauliche sono l'unico approccio oggettivo per valutare le caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero e l'effetto di alcune condizioni al contorno (Di Molfetta, 1995). Pertanto, come precedentemente anticipato, al fine di ricavare i succitati parametri, si prevede di eseguire sia prove di pompaggio che slug test in alcuni piezometri della rete di monitoraggio, in modo tale da coprire, seppur con prove speditive e a minor affidabilità rispetto alle prove di pompaggio, tutti i settori dell'area oggetto di intervento. Nei seguenti paragrafi si riportano le modalità di esecuzione di tali prove.

3.1.1 Slug Test

Gli slug test consistono nell'inserire rapidamente un pistone all'interno del piezometro in modo da generare una variazione istantanea del livello di falda. Nel corso della prova si misurano le variazioni della tavola d'acqua nel tempo fino al recupero del livello piezometrico originario sia successivamente all'inserimento del pistone (Slug IN), sia in seguito alla rimozione del pistone (Slug OUT). La prova consente di ricavare un valore di conducibilità idraulica rappresentativo alla scala locale.

Di seguito si riporta un elenco dell'attrezzatura minima necessaria per l'esecuzione del test:

- Sonda interfaccia/Freatimetro;
- Pistone in plastica zavorrato;
- Diver e rocchetto di filo per l'installazione nel pozzo/piezometro prova;
- Barologger;

- Moduli di campo;
- Cronometro;
- DPI dedicati.

Gli slug test verranno condotti in corrispondenza dei piezometri definiti in precedenza (Pz1, Pz2, Pz3, Pz4). Le informazioni raccolte nel corso della prova saranno riportate in un apposito modulo di campo. In particolare, nel modulo saranno registrati: data, ora inizio della prova, sigla del punto indagato, tipo di acquisizione dati (manuale o computerizzata), livello piezometrico statico, condizioni meteorologiche, profondità di installazione dei divers riferita a b.p. Il modulo sarà dotato di colonne di registrazione, nelle quali compariranno: ora, minuti, abbassamento, temperatura, eventuali osservazioni (in **Allegato 1** si fornisce un esempio di modulo utilizzabile).

Di seguito si fornisce un elenco temporale delle attività al fine della corretta esecuzione delle prove:

- Installazione del diver all'interno del punto di indagine previsto (tempo di acquisizione pari a 2 secondi) e di un barologger a testa pozzo;
- Rilievo piezometrico statico;
- Introduzione del pistone in plastica all'interno della verticale piezometrica;
- Misura del riequilibrio della falda all'interno del piezometro ad intervalli definiti come da scheda di esempio in **Allegato 1** (15 secondi, 30 secondi, 45 secondi, 1 minuto, 1,5 minuti, 2 minuti, 2,5 minuti, 3 minuti, 3,5 minuti, 4 minuti, 4,5 minuti, 5 minuti, 6 minuti, etc.);
- Estrazione del pistone in plastica e misura del tempo di riequilibrio della falda a intervalli definiti come da scheda allegata (15 secondi, 30 secondi, 45 secondi, 1 minuto, 1,5 minuti, 2 minuti, 2,5 minuti, 3 minuti, 3,5 minuti, 4 minuti, 4,5 minuti, 5 minuti, 6 minuti, etc.);
- Al raggiungimento del livello statico iniziale, disinstallazione del diver;
- Decontaminazione attrezzature.

Al termine delle prove saranno forniti i dati tabulati in formato editabile sia dei dati acquisiti manualmente che quelli registrati con datalogger (sia compensati che non compensati), unitamente ad un allegato fotografico a corredo dell'esecuzione delle attività.

3.1.2 Prove a gradini di portata crescenti

La prova a gradini si basa sulla valutazione degli abbassamenti del livello di falda in corrispondenza del punto di prova e di quelli limitrofi di controllo a seguito dell'applicazione di diverse portate, al fine di ricavare i parametri caratteristici del punto in pompaggio (portata critica, efficienza) ed alcuni parametri sito specifici dell'acquifero.

La prova di pozzo è eseguita aumentando progressivamente la portata applicata per intervalli temporali definiti, allo scopo, quando possibile, di raggiungere la stabilizzazione dei livelli freaticometrici all'interno del pozzo/piezometro prova per ogni gradino di portata.

L'abbassamento del livello misurato nel pozzo/piezometro (livello dinamico) è dovuto ad una serie di fenomeni riconosciuti da vari autori (Jacob, Rorabaugh, Hantush, etc.), che si possono riassumere in due categorie:

- Perdite di carico lineari (formation losses);
- Perdite di carico non lineari (well losses).

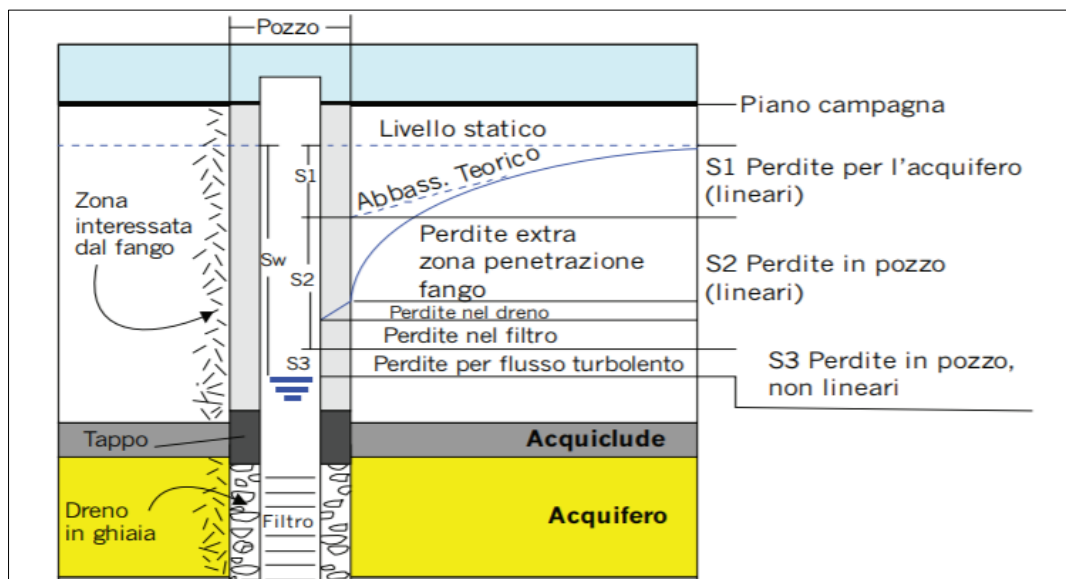


Figura 3-1: Schema descrittivo della ripartizione degli abbassamenti in un pozzo a seguito dell'attivazione del pompaggio

L'approccio analitico comunemente utilizzato per l'interpretazione di tali prove è l'analisi numerica risolutiva secondo Jacob (1947) e prevede in prima approssimazione l'applicazione della seguente equazione al fine di rappresentare le perdite di carico lineari e non lineari:

$$s_w = B(re,t) Q + CQ^2$$

s_w = abbassamento totale misurato in pozzo

$B(Re, t)$ = abbassamento lineare dovuto all'acquifero

CQ^2 = perdite non lineari (o perdite di pozzo)

Le prove a gradini dovranno essere effettuate in condizioni di falda indisturbata, pertanto, è necessario che prima dell'inizio dei test, non si verifichino emungimenti, spurghi o apporti di acqua in falda che modifichino

il livello statico nell'intorno del pozzo/piezometro prova.

Di seguito si riporta un elenco dell'attrezzatura minima necessaria per l'esecuzione del test:

- N°2 Sonda interfaccia/Freatimetro;
- Contaltri, se non presente, da installare sulla linea di mandata delle tubazioni;
- Pompa avente prestazioni idonee + generatore/batteria di alimentazione;
- Diver e rocchetto di filo per l'installazione;
- Barologger;
- Moduli di campo (forniti in allegato);
- Cronometro;
- Bulk/fusti per lo stoccaggio dell'acqua emunta;
- DPI dedicati.

Le prove verranno condotte in successione e, in ogni caso, si attenderà il riequilibrio delle condizioni statiche iniziali della falda prima di procedere alla prova successiva.

I piezometri oggetto di prova ed i gradini di portata previsti sono PZ4 e PZ5. Le portate previste, definite sulla base delle informazioni ad oggi disponibili, potranno in ogni caso essere variate e i gradini integrati sulla base di prove speditive di campo atte alla verifica della sostenibilità delle portate da parte dei punti oggetto di prova.

La portata verrà misurata con contaltri di sensibilità almeno pari a 0,1 l/s o mediante flussimetro calibrato di analoga sensibilità minima e verificata tramite misure sporadiche (ogni 15 minuti circa).

Le informazioni raccolte nel corso della prova saranno riportate in un apposito modulo di campo (in **Allegato 2** si fornisce un esempio di modulo utilizzabile). In particolare, nel modulo saranno registrati: data, ora inizio pompaggio, sigla pozzo/piezometro in esame, caratteristiche della pompa, tipo di acquisizione dati (manuale o automatica), livello piezometrico statico, condizioni meteorologiche. Il modulo sarà dotato di colonne di registrazione nelle quali compariranno: ora, minuti, portata, abbassamento, portata specifica, campionamenti, osservazioni eventuali. Nella **Tabella 3-1** si riportano i piezometri oggetto di prova e le portate dei gradini.

Tabella 3-1: Piezometri oggetto di prove idrauliche a gradini di portata e gradini da applicare.

ID	Portata per gradino (l/min)		
	I	II	III
PZ5	20	40	60

La procedura che sarà seguita per l'esecuzione della prova è la seguente:

1. Programmazione dei diver e del barologger con tempo di acquisizione pari a 15 secondi ed installazione degli stessi all'interno dei piezometri prova (barologger a testa pozzo) e dei piezometri della rete di monitoraggio secondo quanto indicato in **Tabella 3-2**. La profondità di installazione dei diver riferita a b.p sarà annotata su apposito modulo di campo insieme alla misura della soggiacenza e l'orario di installazione.

Tabella 3-2: Riepilogo dei piezometri di prova e dei punti di monitoraggio in continuo dei livelli freaticometrici nel corso della prova a gradini.

Punto di prova	Piezometri di Monitoraggio
PZ5	PZ1, PZ2, PZ3 e PZ4

2. Prima di attivare il pompaggio alla portata corrispondente al primo gradino del programma di prova, si rileverà il livello piezometrico (statico) nel piezometro da sottoporre a pompaggio (rilievo a tempo zero) e nei piezometri di monitoraggio. La rete di monitoraggio verrà misurata in manuale anche a stabilizzazione del livello dinamico e prima del cambio gradino, quindi alla fine del terzo gradino, prima di concludere la prova con lo spegnimento;
3. Si attiverà la pompa in modo da ottenere nel più breve tempo possibile la portata desiderata, attraverso l'utilizzo di saracinesche o modulatore di frequenza della pompa in base all'attrezzatura utilizzata. L'ottenimento della portata di prova sarà verificato tramite lettura del relativo contalitri con frequenza pari ad almeno ogni minuto per i primi cinque minuti di pompaggio. Dopo l'assestamento della portata, tale verifica sarà eseguita ad intervalli regolari di dieci minuti.
4. Si misurerà il livello piezometrico (dinamico) tramite sonda interface nel piezometro come da intervalli definiti come da scheda di esempio in **Allegato 2** (15 secondi, 30 secondi, 45 secondi, 1 minuto, 1,5 minuti, 2 minuti, 2,5 minuti, 3 minuti, 3,5 minuti, 4 minuti, 4,5 minuti, 5 minuti, 6 minuti, etc.), a stabilizzazione del livello dinamico e prima del cambio di gradino o conclusione della prova. Intervalli diversi potranno essere definiti in funzione delle risultanze della prova. La durata massima indicativa per ciascun gradino di portata sarà di circa un'ora.
5. Dopo un'ora dall'applicazione del gradino di portata, se i livelli freaticometrici risultano stabilizzati (indicativamente n. 3 letture uguali consecutive con frequenza di 15 minuti), il passaggio al secondo gradino di portata avverrà aumentando repentinamente la portata sino al valore definito per il successivo gradino di prova (**Tabella 3-1**) e ripetendo la procedura di cui ai punti 4 e 5 sopra riportati.
6. Al termine della prova, a seguito dell'interruzione del pompaggio, si registrerà il tempo di recupero del livello di falda alle condizioni statiche di equilibrio.

7. Decontaminazione attrezzature

Come anticipato, lo strumento di misura del livello idrico sarà costituito da sensori di livello piezometrici compensati barometricamente (datalogger) e una sonda elettrica centimetrata (sonda a interfaccia/freatimetro), che emette un segnale acustico e luminoso al contatto con la superficie piezometrica. La sonda sarà manuale o automatica. È opportuno rilevare il livello idrico con precisione pari a $\pm 0,5$ centimetri e segnalare eventuali presenze di fase separata surnatante.

Al termine delle prove dovranno essere forniti i dati tabulati in formato editabile (dati misurati manualmente e dati acquisiti automaticamente sia grezzi che compensati), unitamente ad un allegato fotografico e un dettagliato diario delle attività eseguite.

3.1.3 Prove di emungimento a portata costante

Le prove di falda in genere coinvolgono, oltre al pozzo in pompaggio, uno o più punti di osservazione. Tali prove sono condotte a portata costante, e sono finalizzate alla determinazione dei parametri idrodinamici della formazione satura investigata.

Se si considera un pozzo che pompa per un lungo periodo, la superficie piezometrica assume la forma di un cono rovesciato al cui centro si trova il pozzo stesso (**Figura 3-2**). Lo scopo della prova è quello di produrre un aumento del gradiente idraulico, tale da spostare l'acqua verso i filtri. Nel pozzo l'acqua deve entrare attraverso una superficie cilindrica (quella dei filtri) relativamente piccola ed occorre un gradiente notevole (secondo Darcy) affinché il flusso sia uguale alla portata pompata. Attraverso ogni cilindro concentrico al pozzo e di raggio crescente, deve passare una portata costante, ma poiché la superficie aumenta proporzionalmente al raggio, il gradiente necessario a mantenere il flusso, diminuisce all'aumentare della distanza dal pozzo e questo produce una forma ad imbuto della superficie dinamica di depressione.

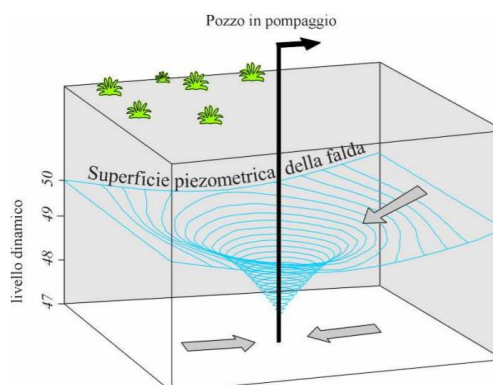


Figura 3-2: Modificazione dell'assetto idrodinamico a seguito dell'impostazione di un pompaggio in pozzo

Quando inizia il pompaggio, nei primi istanti l'acqua estratta proviene dall'interno del pozzo e dalla zona

immediatamente circostante (più permeabile). A poco a poco il cono di influenza si estende così da compensare il volume estratto. Il periodo durante il quale il valore di Δs aumenta è definito regime non permanente (o transitorio). In un acquifero limitato o senza apporti esterni, tutta la portata estratta proviene dall'immagazzinamento e quindi il regime è sempre non permanente. Se l'acquifero è di grande estensione la velocità di abbassamento diminuisce gradualmente, finché diventa così lenta da essere trascurabile e si può ammettere che Δs si sia stabilizzato raggiungendo pertanto un regime quasi permanente.

Le prove consistono nel sottoporre un pozzo ad emungimento, tramite una pompa sommersa od aspirante, e nel misurare gli abbassamenti di falda provocati nello stesso pozzo e/o in piezometri vicini (**Figura 3-3**). A seconda del metodo di interpretazione scelto e della tipologia di acquifero, si costruiscono i grafici: tempo-abbassamento, abbassamento-distanza, abbassamento specifico-portata, portata-abbassamento ecc. che permettono di ricavare i parametri idrogeologici caratteristici dell'acquifero, nonché alcune valutazioni sulla correttezza esecutiva dell'opera. In genere è stata quindi sviluppata un'equazione che correla il tasso di abbassamento in un pozzo di osservazione con le proprietà complessive dell'acquifero. In altri termini, partendo dai dati di portata estratta, abbassamento, distanza pozzo-piezometri, si ricava la trasmissività, e l'immagazzinamento dell'acquifero mediante una procedura grafica.

È importante inoltre ricordare che la geometria della prova ed il metodo di interpretazione scelto, variano a seconda delle caratteristiche del pozzo e dell'acquifero (freatico, confinato, semiconfinato, vicino ad un limite alimentante o impermeabile, ecc.). Risulta comunque fondamentale che l'acquifero sia sollecitato in modo tale da produrre abbassamenti misurabili.

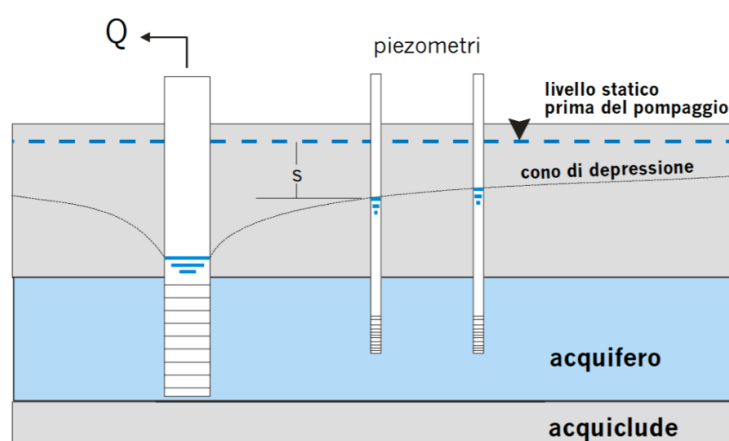


Figura 3-3: Risposte teoriche di piezometri di monitoraggio a seguito dell'impostazione di pompaggio in pozzo

I metodi risolutivi più noti, prendono in considerazione i grafici tempo-abbassamenti, e risultano essere:

- Soluzione di Theis;
- Soluzione semplificata di Cooper-Jacob;

- Soluzione di Neuman.

La prova dovrà essere eseguita in condizioni di falda indisturbata, di seguito si riporta un elenco dell'attrezzatura minima necessaria per l'esecuzione del test:

- Sonda interfase/Freatimetro;
- Contaltri, se non presente, da installare sulla linea di mandata delle tubazioni;
- Diver e rocchetto di filo per l'installazione;
- Barologger
- Moduli di campo (forniti in allegato);
- Secchio graduato per la verifica della portata effettiva;
- cronometro;
- DPI dedicati.

Le portate di prova saranno definite in funzione dei risultati delle prove a gradini.

Per quanto attiene alla durata della prova, si prevede un tempo minimo di 6 ore, in funzione dei riscontri in campo e della stabilizzazione dei parametri monitorati.

La portata sarà misurata con contaltri di sensibilità almeno pari a 0,1 l/s oppure mediante un flussimetro di analoga sensibilità minima.

Le informazioni raccolte nel corso della prova saranno riportate in un apposito modulo di campo. In particolare, nel modulo saranno registrati: data, ora inizio pompaggio, sigla pozzo in pompaggio, sigla dei piezometri di monitoraggio, caratteristiche della pompa, tipo di acquisizione dati (manuale e computerizzata), livello piezometrico statico, condizioni meteorologiche, profondità di installazione dei divers riferita a b.p. Il modulo sarà dotato di colonne di registrazione, nelle quali compariranno: ora, minuti, portata, abbassamento, portata specifica, temperatura, campionamenti, osservazioni eventuali.

La procedura da seguire per l'esecuzione della prova sarà la seguente:

- Programmazione dei diver e del barologger con tempo di acquisizione pari a 15 secondi ed installazione degli stessi all'interno del piezometro prova (barologger a testa pozzo) e dei piezometri della rete di monitoraggio secondo quanto indicato in **Tabella 3-2**. La profondità di installazione dei diver riferita a b.p. dovrà essere annotata su apposito modulo di campo insieme alla misura della soggiacenza e l'orario di installazione.
- Se la prova a portata costante è eseguita successivamente una prova a gradini di portata, attendere il ripristino del livello statico all'interno del pozzo prova e della rete di monitoraggio;

- Prima di attivare il pompaggio alla portata prevista, eseguire il rilievo del livello piezometrico (statico) nel pozzo da sottoporre a pompaggio e nei pozzi di controllo (rilievo a tempo zero);
- Attivazione della pompa in modo da ottenere nel più breve tempo possibile la portata desiderata. L'ottenimento della portata di prova sarà verificato tramite lettura del relativo contalitri con frequenza pari ad almeno ogni minuto per i primi cinque minuti di pompaggio. Dopo l'assestamento della portata, tale verifica sarà eseguita ad intervalli regolari di 30 minuti per tutta la durata della prova. Misurazione del livello piezometrico (dinamico) nel pozzo e in ogni piezometro di controllo a intervalli definiti (Tabella 4) come da scheda allegata (15 secondi, 30 secondi, 45 secondi, 1 minuto, 1,5 minuti, 2 minuti, 2,5 minuti, 3 minuti, 3,5 minuti, 4 minuti, 4,5 minuti, 5 minuti, 6 minuti, etc. dall'inizio dell'abbassamento), fino alla stabilizzazione dei livelli freaticometrici in tutti i punti di monitoraggio. Intervalli di tempo diversi potranno essere definiti in funzione delle prime risultanze della prova;
- Mantenere il pompaggio attivo per almeno 6 ore, e comunque fino a stabilizzazione dei livelli freaticometrici all'interno del pozzo prova e della rete di monitoraggio; dovrà essere misurata la soggiacenza della falda prima dell'interruzione del pompaggio;
- Spegnimento della pompa e misurazione manuale della risalita della falda nel pozzo di prova e nella rete di monitoraggio a intervalli regolari come indicato al punto 4, fino al recupero almeno del 95% del livello freaticometrico iniziale.

Lo strumento di misura del livello idrico sarà costituito da sensori di livello piezometrici compensati barometricamente (datalogger, frequenza di campionamento 15 secondi) e una sonda elettrica centimetrata (sonda a interfaccia/freatimetro), che emette un segnale acustico e luminoso al contatto con la superficie piezometrica. La sonda sarà manuale o automatica. È opportuno rilevare il livello idrico con precisione pari a $\pm 0,5$ centimetri e segnalare eventuale presenza di fase libera surnatante e relativo spessore.

In **Tabella 3-3** si riportano le frequenze di misura dei livelli durante le prove.

Tabella 3-3: Riepilogo Frequenze di misura dei livelli freaticometrici.

Durata dall'inizio dell'abbassamento	Misura dei livelli	Misura delle portate
0-5 min	ogni 30 s	ogni min
5-10 min	ogni min	ogni 2 min
10-20 min	ogni 2 min	ogni 5 min
20-40 min	ogni 5 min	ogni 5 min
40-90 min	ogni 10 min	ogni 10 min
90 min –3 h	ogni 15 min	ogni 15 min
3-5 h	ogni 30 min	ogni 30 min



Durata dall'inizio dell'abbassamento	Misura dei livelli	Misura delle portate
5-10 h	ogni h	ogni h

Terminate le attività, sarà possibile ripristinare il pompaggio in corrispondenza dei piezometri barriera con le medesime portate impostate precedentemente all'esecuzione delle prove.

Al termine delle prove dovranno essere forniti i dati tabulati in formato editabile (dati misurati manualmente e dati acquisiti automaticamente sia grezzi che compensati) unitamente ad un allegato fotografico e un diario dettagliato delle attività eseguite.

4. ATTIVITÀ DI INDAGINE INTEGRATIVE PROPOSTE

Nel presente capitolo vengono descritte le modalità realizzative delle indagini finalizzate ad aggiornare il quadro analitico relativo alla qualità dei terreni insaturi, per verifica delle concentrazioni riscontrate nel corso delle attività di indagine e caratterizzazione condotte da settembre 2016 a febbraio 2017 per la valutazione delle concentrazioni residue a 6 anni dall'evento di effrazione.

Inoltre, con la ricerca di alcuni parametri specifici, verranno condotte valutazioni preliminari circa la presenza di processi di attenuazione naturale (MNA - Monitored Natural Attenuation) nei terreni profondi, verificando la sussistenza di condizioni favorevoli o comunque non limitanti di tali processi.

Nello specifico si propone di realizzare:

- n. 9 sondaggi (indicativamente associati ai seguenti precedenti punti di prelievo BH1, PNE 1A, PSE 1A, PSO 1A, PNO 1A, PNO 2A, PZ2, PZ3 e PZ4 - **Tavola 2**), per prelievo di campioni di terreno da sottoporre ad analisi chimiche e microbiologiche per MNA (con possibilità di monitorare riduzione concentrazioni), da ubicare nell'intorno delle pareti dello scavo MISE e nei punti che hanno mostrato, durante la caratterizzazione di settembre 2016, concentrazioni elevate per la verifica delle concentrazioni residue ed estensione verticale della contaminazione. Alcuni sondaggi verranno attrezzati per allestire il campo prove SVE/BV.
- n. 1 piezometro integrativo, denominato PZ6, da ubicare a valle del PZ5 e a circa 10/15 m di distanza. Tale piezometro verrà inoltre utilizzato per il monitoraggio dell'efficacia della barriera realizzata a monte con PetroFix. In caso di evidenze di potenziale contaminazione rilevate in campo nell'ambito della perforazione di PZ6, verrà valutato di realizzare un ulteriore punto (PZ7) da ubicare più a valle rispetto al PZ6 previsto - **Tavola 2**.

Nella **Tabella 4-1** si riporta lo schema riassuntivo delle indagini previste. Si specifica che le profondità realizzative e gli intervalli di campionamento potranno subire eventuali variazioni in campo in funzione di evidenze e della effettiva profondità della falda.

Tabella 4-1 - Caratteristiche punti di indagine integrativi ed intervalli di campionamento previsti

ID	P.to oggetto di verifica	Finalità	Diametro	Profondità in m da p.c.	Tratto cieco	Tratto fenestrato	Profondità di prelievo campioni in m da p.c.	Set analitico	Campioni MNA (prof. di prelievo in m da p.c.)
SVE-BV1_sup.	-	Test	4"	6	0-1 m	1-6 m	-	-	no
SVE-BV1_prof.	PNE1A	Verifica terreni / test	4"	9	0-6 m	6-9 m	1-2 2-3 3-4 4-5 5-6 6-7 7-8 8-9	BTEXS SOA HC<12 HC>12	3-4 4-5 5-6 6-7 7-8 8-9
MON1	PZ4 old	Verifica terreni / test	4"	9	0-1 m	1-9 m	5,5-6,5 7-8 8-9	BTEXS SOA HC<12 HC>12	5,5-6,5 7-8 8-9
MON2	PZ2	Verifica terreni / test	4"	9	0-1 m	1-9 m	7-8 8-9	BTEXS SOA HC<12 HC>12	no
MON3	PNO2A	Verifica terreni / test	4"	9	0-1 m	1-9 m	1-2 2-3 3-4 4-5 5-6 6-7 7-8 8-9	BTEXS SOA HC<12 HC>12	no
S1	BH1	Verifica terreni	-	9	-	-	5-6 6-7 7-8	BTEXS SOA HC<12 HC>12	no
S2	PSE1A	Verifica terreni	-	9	-	-	0-1 1-2 2-3 3-4 4-5 5-6 6-7 7-8 8-9	BTEXS SOA HC<12 HC>12	no
S3	PSO1A	Verifica terreni	-	9	-	-	1-2 2-3 3-4 4-5 5-6 6-7 7-8 8-9	BTEXS SOA HC<12 HC>12	3-4 4-5 5-6 6-7 7-8 8-9
S4	PNO1A	Verifica terreni	-	9	-	-	1-2 2-3 3-4 4-5 5-6 6-7 7-8 8-9	BTEXS SOA HC<12 HC>12	no
S5	PZ3	Verifica terreni	-	1,0	-	-	0-1	BTEXS SOA HC<12 HC>12	no
PZ6	-	PZ di monitoraggio	4"	13	0-5 m	5-13 m	-	-	no
PZ7 (eventuale)	-	PZ di monitoraggio	4"	13	0-5 m	5-13 m	-	-	no

Sito: Area di effrazione dell'oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona - Comune di Bertonico (LO)

Oggetto: Specifica Tecnica – Test pilota e indagini ambientali integrative

Data: Marzo 2023

4.1 Modalità realizzative

I sondaggi integrativi verranno realizzati mediante perforazione a carotaggio continuo a secco, al fine di acquisire campioni di terreno da sottoporre ad analisi chimiche e microbiologiche ed ulteriori informazioni circa la successione litostratigrafica.

I sondaggi verranno realizzati nelle immediate vicinanze dei punti già caratterizzati, compatibilmente con le distanze minime dal tracciato della linea dell'oleodotto.

Sulla base di indagini preliminari, in relazione alla distanza di sicurezza da rispettare nei confronti della linea dell'oleodotto, in particolare i punti S1, MON1, MON3 e SVE-BV1 potrebbero subire eventuali variazioni nell'ubicazione in campo.

Si specifica che le profondità realizzative e gli intervalli di campionamento potranno subire eventuali variazioni in campo in funzione di evidenze e della effettiva profondità della falda.

Di seguito si riportano le modalità operative per la realizzazione delle indagini.

A seguito del posizionamento della macchina perforatrice presso ciascun punto di indagine, dovranno essere eseguiti opportuni controlli al fine di verificare:

- la verticalità della sonda tramite livella a bolla;
- lo stato complessivo dell'attrezzatura e in particolare, la lunghezza delle aste, la tenuta delle tubazioni idrauliche, la decontaminazione di aste, carotieri e rivestimenti;
- la conformità ambientale del lubrificante utilizzato nella giunzione delle aste e del carotiere, nonché dei rivestimenti; data la natura dell'indagine non saranno utilizzati lubrificanti a base sintetica o idrocarburica;
- la preparazione e l'integrità delle cassette catalogatrici (cassette a n. 5 scomparti da 1 metro) su cui saranno riportate le seguenti informazioni: sito d'interesse, cliente, data, codice del sondaggio, intervallo di profondità in esse contenuto.

Ciascun sondaggio sarà eseguito secondo le specifiche sotto riportate:

- perforazione a rotazione a carotaggio continuo a secco, con diametro del carotiere pari a 101 mm e diametro del rivestimento provvisorio di 178/219 mm, qualora si rendesse necessario. La lunghezza massima di ogni manovra di avanzamento del carotiere sarà pari a 1,5 m;

Sito: Area di effrazione dell'oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona - Comune di Bertonico (LO)

Oggetto: Specifica Tecnica – Test pilota e indagini ambientali integrative

Data: Marzo 2023

- la velocità di perforazione dovrà essere tale da evitare il riscaldamento del materiale prelevato;
- la perforazione dovrà essere condotta in modo da garantire un recupero minimo pari all'80% della manovra eseguita;
- al termine della posa di ogni tratto di rivestimento dovrà essere eseguita una manovra di pulizia del perforo al fine di eliminare il materiale derivante dall'alesaggio;
- il materiale presente all'interno della carota dovrà essere estruso a secco, ovvero senza l'ausilio di acqua o altri fluidi e depositato su una canaletta opportunamente decontaminata e successivamente posto nell'apposita cassetta catalogatrice che dovrà essere fotografata al fine di redigere un apposito report fotografico. Il materiale presente nella parte iniziale della carota, qualora derivante dalle operazioni di pulizia o da franamenti del perforo, dovrà essere eliminato. Le frazioni coesive della carota saranno decorticate asportando le pareti esterne per permettere di osservare al meglio la frazione granulometrica più fine.
- dovranno essere redatti i log stratigrafici in corrispondenza di ciascun sondaggio, con annotazione delle caratteristiche e degli spessori degli intervalli significativi individuati facendo uso della classificazione AGI, nonché tutte le informazioni pertinenti ai fini dell'indagine (presenza di acqua, ubicazione dell'intervallo di campionamento, profondità dei rivestimenti, ecc.);
- tutte le operazioni di perforazione dovranno essere supervisionate da un geologo esperto e mirate ad evitare la diffusione della contaminazione in profondità ed i fenomeni di cross contamination;
- dovrà essere eseguita l'analisi dei composti organici volatili (VOC) per ogni metro di avanzamento, tramite analisi dello spazio di testa, utilizzando un fotoionizzatore portatile;

Gli eventuali residui di terreno derivanti dalle attività di perforazione saranno stoccati entro appositi big-bag per essere caratterizzati e smaltiti secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

4.2 Set analitico

I campioni di terreno prelevati saranno sottoposti ad analisi chimiche presso laboratorio accreditato per la determinazione dei parametri riepilogati in **Tabella 4-2**.

Per le analisi chimiche, l'indagine sarà condotta secondo le modalità previste nell'Allegato 2 al Titolo V, Parte IV, al D.Lgs. 152/06 s.m.i. "Criteri generali per la caratterizzazione dei siti contaminati": i campioni di terreno saranno privati della frazione oltre i 2 cm (scartata in campo mediante apposito setaccio) e le determinazioni analitiche saranno eseguite sulla frazione granulometrica passante il vaglio 2 mm. I risultati delle analisi chimiche sui terreni verranno poi riferiti alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro

(frazione 2 mm - 2 cm). I campioni per l'analisi per i composti volatili saranno puntuali e prelevati senza eseguire setacciatura e omogeneizzazione.

Tabella 4-2 - Set analitico base campioni di terreno

Parametro	Metodo Analitico
Residuo a 105°C	CNR IRSA 2.4.1 Q 64 Vol 2 1984
Frazione setacciata a 2 mm	D.M. 13/09/99 SO 185 GU 248 21/10/99 Met II.1
Idrocarburi pesanti C>12 (C12-C40)	EPA 8015D 2003
Idrocarburi leggeri C<12	EPA 8015D 2003 (FP&T)
Sommatoria organici aromatici (D.Lgs. 152/06 - All. 5 Tab. 1)	EPA 8260C 2006
BTEXS	EPA 8260C 2006

Su alcuni campioni di terreno il set analitico base di **Tabella 4-2** sarà integrato con i parametri di cui alla **Tabella 4-3**, individuati ai fini della caratterizzazione del sottosuolo in ottica di valutazione dei processi di attenuazione naturale.

Tabella 4-3 - Integrazione set analitico campioni di terreno per MNA

Parametro	Metodo Analitico
scheletro	D.M. 13/09/99 SO 185 GU 248 21/10/99 Met II.1
pH	D.M. 13/09/99 III.1 SO GU n° 248
azoto totale	D.M. 13/09/99 VII.1
TOC	D.M. 13/09/99 VII.2 SO GU n°248 del 21/10/99
azoto ammoniacale come NH ₄	CNR IRSA 7 Q 64 Vol 3 1986
azoto nitrico come N	EPA 9056A 2007
solforati	EPA 9056A 2007
fosforo assimilabile	D.M. 13/09/99 XV.3
ferro	EPA 6010D 2014
manganese	EPA 6010D 2014
potassio	EPA 6010D 2014
analisi granulometria	D.M. 13/09/99 II.5
analisi microbiologiche (sequenziamento gene 16S rRNA, qPCR, ILLUMINA)	-

A titolo indicativo i sondaggi integrativi per cui si prevede di integrare il set analitico di base con i parametri elencati in **Tabella 4-3**, saranno i seguenti:

- SVE-BV1_prof.;
- MON1;
- S3.

Il numero e i punti di campionamento potranno subire eventuali variazioni in funzione delle evidenze di campo.

Verrà inoltre valutato il prelievo di campioni aggiuntivi per la caratterizzazione granulometrica in corrispondenza di uno o due dei punti elencati sopra.

Per il prelievo dei campioni di cui sopra saranno impiegati i seguenti contenitori:

Sito: Area di effrazione dell'oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona - Comune di Bertonico (LO)

Oggetto: Specifica Tecnica – Test pilota e indagini ambientali integrative

Data: Marzo 2023



- n. 2 contenitori in vetro (da 500 ml);
- n. 2 contenitori in polipropilene sterili (da 100/120 ml per analisi microbiologiche);
- n. 2 vials (da 20 ml per la determinazione dei composti volatili).

4.3 Rilievo topografico

Al termine delle attività di perforazione, i punti realizzati saranno materializzati in sito e georeferenziati in modo da poter essere correttamente rappresentati su idonea cartografia.

5. TEST PILOTA SOIL VAPOR EXTRACTION (SVE) E BIOVENTING (BV)

5.1 Test Pilota Soil Vapor Extraction (SVE)

Nel presente paragrafo si riportano le attività che saranno condotte in occasione del test pilota di SVE. L'obiettivo principale di tale prova è quello di verificare l'applicabilità della tecnologia presso il sito oggetto di studio.

In particolare, gli elementi oggetto di valutazione sono i seguenti:

- determinazione del raggio d'influenza per il dimensionamento dell'intervento;
- verifica dell'assenza di vie preferenziali di propagazione dei gas interstiziali alla presenza di anisotropie locali o dalla presenza di strutture antropiche;
- valutazione delle depressioni indotte nel terreno;
- valutazione dell'efficacia del processo mediante la determinazione delle concentrazioni dei contaminati estratti.

5.1.1 Caratteristiche dei punti per il Test Pilota SVE

In ragione delle caratteristiche del sito i punti previsti per l'esecuzione del test pilota punti di nuova realizzazione, come già riportato nella precedente **Tabella 4-1**, le cui caratteristiche sono di seguito riportate in **Tabella 5-1**.

Tabella 5-1 - Caratteristiche realizzative dei punti per la prova pilota SVE

Test pilota	ID	Utilizzo	Distanza	Diametro	Profondità	Tratto fenestrato	
			indicativa da			m da p.c.	(m da p.c.)
			SVE-BV1	m	inch		da
SVE	<i>SVE-BV1_sup.</i>	Estrazione sup.	-	4	6	1	6
	<i>SVE-BV1_prof.</i>	Estrazione prof.	-	4	9	6	9,0
	MON1	Monitoraggio	4	4	9	1	9
	MON2	Monitoraggio	6	4	9	1	9
	MON3	Monitoraggio	5	4	9	1	9
	PZ5	Monitoraggio	3	4	13	6	12

Le teste pozzo dei punti realizzati dovranno, nel corso della prova, essere attrezzate con dispositivi a tenuta allestiti con punti di misura. Tali elementi permetteranno la misura dei parametri operativi del sistema e l'utilizzo di strumenti di misura dei parametri chimici di interesse.

In **Tavola 3** si riporta la planimetria del Sito con l'ubicazione del campo prova per il test pilota SVE.

5.1.2 Caratteristiche dell'impianto pilota SVE

L'impianto pilota sarà composto dalle seguenti componenti:

- un sistema d'estrazione in grado di produrre una depressione nominale massima pari ad almeno a 500 mbar e portate comprese tra 80-450 Nm³/h, dotata di sistema di bloccaggio e manometro;
- un separatore di condensa dotato di scarico di fondo, valvola di diluizione e manometro;
- per il trattamento dell'aria estratta potranno essere utilizzati i filtri a carboni attivi;
- testa pozzo a tenuta ermetica completa punti di misura;
- linea per il collegamento della testa pozzo SVE con l'impianto di estrazione;
- generatore di corrente elettrica o quadro elettrico di controllo qualora già presente allaccio alla rete elettrica.

Per la conduzione della prova dovrà essere utilizzata la seguente strumentazione.

Strumentazione di misura:

- fotoionizzatore portatile ("PID");
- Sonda multiparametrica per analisi gas dai punti di monitoraggio (O₂, CO₂, CH₄);
- anemometro;
- misuratore temperatura;
- manometro alta/bassa pressione;
- pompa per campionamento gas e fiale a carboni attivi.

Parametri da misurare:

- velocità flusso (m/s);
- depressione (mbar);
- temperatura (°C);
- concentrazione VOC (ppm);
- concentrazione O₂, CO₂ (%).

5.1.3 Esecuzione del Test Pilota SVE

Nel punto di estrazione SVE la prova pilota sarà eseguita in due fasi: la prima fase prevede una prova a gradini di portata, seguita da una prova di lunga durata a portata costante, mettendo in depressione il punto di estrazione e monitorando i punti di osservazione/monitoraggio. I test saranno effettuati sia nel punto di ventilazione superficiale che in quello profondo.

Pertanto, saranno realizzate le seguenti prove:

- Prova a gradini nel punto superficiale SVE-BV1_sup.;

- Prova di lunga durata nel punto superficiale SVE-BV1_sup.;
- Prova a gradini nel punto profondo SVE-BV1_prof.;
- Prova di lunga durata nel punto profondo SVE-BV1_prof.

Attività di start up

Preliminarmente alla prova sarà effettuato un monitoraggio delle condizioni di fondo presenti nell'area di interesse. Nel punto di estrazione e nei punti di monitoraggio verranno effettuate le misure al tempo zero di COV, O₂, CO₂, CH₄ (*baseline*). Verrà inoltre eseguito un rilievo della soggiacenza di falda nei piezometri presenti in Sito.

Successivamente si procederà alla valutazione della portata massima (Q_{max}) estraibile dal sistema di estrazione utilizzato per la prova pilota. Tale valore costituirà la base per il calcolo delle portate che costituiscono i diversi step del test a gradini.

Per la determinazione della portata Q_{max} si procederà al graduale aumento delle depressioni applicate alla testa pozzo di estrazione eseguendo contestualmente misure di portata. Il valore ricercato coinciderà con quello rilevato nel momento in cui pur aumentando la depressione alla testa pozzo, non si rilevano aumenti della portata estratta.

Test a gradini di portata

Il test a gradini ha lo scopo di determinare il raggio di influenza del sistema e la curva di resa del sistema in modo da individuare la portata ottimale da utilizzare nel test in continuo. Il test a gradini prevede l'esecuzione di misure dei parametri chimico-fisici per diversi valori di portata estratta.

In particolare, i gradini verranno definiti a partire dalla portata massima estratta (Q_{max}), misurata durante la fase di start up, impostandoli a circa il 30%, 60% e 100% di Q_{max}.

Per ciascun gradino di portata saranno monitorati i seguenti parametri:

- depressioni sulla testa-pozzo del punto di estrazione testato e a bordo macchina;
- depressioni indotte sui punti di monitoraggio;
- flusso d'aria/portata estratta;
- concentrazioni dei COV estratti in ingresso al sistema di trattamento vapori mediante PID;
- concentrazioni di COV, CO₂, O₂, CH₄ nel punto di estrazione e in corrispondenza dei punti di monitoraggio mediante PID;
- pressione atmosferica;
- temperatura aria.

Per ogni gradino di portata, tali misure verranno eseguite ad intervalli regolari fino alla completa stabilizzazione dei valori di depressione alle teste pozzo delle verticali di monitoraggio. Ciò, in funzione delle caratteristiche del terreno, può verificarsi in circa 1 - 2 ore.

Per ciascuno step di portata, i valori misurati, una volta stabilizzate le depressioni alle teste pozzo dei punti di monitoraggio, saranno riportati in un grafico in ordinata i valori di depressione misurati nei vari punti di controllo ed in ascissa la distanza di ciascun punto dal pozzo di aspirazione.

Per ciascun set di misura, corrispondente a ciascun gradino di portata, sarà tracciata una retta di interpolazione.

La stima del raggio di influenza relativo alle varie portate sarà effettuata tramite interpolazione lineare dei dati di pressione differenziale raccolti: l'intersezione della retta ottenuta per ciascuna portata con il valore di *cut off* di 0,25 mbar individuerà il raggio di influenza relativo a quelle condizioni di pressione e portata.

Il valore di *cut off* di 0,25 mbar rappresenta il valore soglia di riferimento al di sotto della quale si ritiene che non siano apprezzabili gli effetti di depressione indotta dal sistema di SVE.

Test a portata costante

Il test a portata costante è finalizzato a valutare, per una data portata, il tempo necessario a raggiungere le condizioni stazionarie nel sottosuolo per effetto dell'azione prolungata del pozzo di aspirazione.

Tale test consente inoltre di valutare la concentrazione degli inquinanti all'interno dei soil gas estratti in condizioni di ventilazione prolungata, consentendo di stimare l'efficienza di rimozione ed i tempi necessari a completare il trattamento.

Il test a lunga durata può essere replicato per uno o più valori di portata utilizzati nel test a gradini, anche se solitamente si sceglie quello che sarà verosimilmente utilizzato per l'impianto full scale.

Il test a portata costante sarà mantenuto per periodo che va da un minimo di 8 fino a 24 ore (il limite superiore delle 24 ore solo qualora non si rilevino sensibili variazioni di pressione/depressione nei punti di monitoraggio) e comunque per un tempo necessario ad ottenere le condizioni di stabilizzazione dei parametri monitorati. Durante tale periodo saranno monitorati i seguenti parametri:

- depressioni sulla testa-pozzo del punto di estrazione testato e a bordo macchina;
- depressioni indotte sui punti di monitoraggio;
- flusso d'aria/portata estratta;
- concentrazioni dei COV estratti in ingresso al sistema di trattamento vapori mediante PID;
- concentrazioni di COV, CO₂, O₂, CH₄ nel punto di estrazione e in corrispondenza dei punti di monitoraggio mediante PID;

- pressione atmosferica;
- temperatura aria.

Il rilievo dei parametri sopraindicati sarà eseguito con frequenza oraria o ogni 2 ore circa, durante tutta la fase della prova. Il prelievo dei campioni di gas, tramite apposite fiale a carboni attivi, nel punto d'estrazione, sarà eseguito prima del test, a circa metà durata ed alla fine del test, per la successiva esecuzione di analisi di laboratorio per i seguenti parametri.

Tabella 5-2 - Metodologie analitiche per i campioni di gas interstiziali

Parametro	Metodo analitico
SOT	UNI EN 13649:2002
benzene	UNI EN 13649:2002
etilbenzene	UNI EN 13649:2002
stirene	UNI EN 13649:2002
toluene	UNI EN 13649:2002
xileni (o,m,p)	UNI EN 13649:2002
metiliterbutiletere	UNI EN 13649:2002
idrocarburi alifatici C5-C8	T.A. SXGC 05/12
idrocarburi alifatici C9-C12	T.A. SXGC 05/12
idrocarburi alifatici C13-C18	T.A. SXGC 05/12
idrocarburi aromatici C11-C12	T.A. SXGC 05/12
idrocarburi aromatici C9-C10	T.A. SXGC 05/12

I grafici relativi all'andamento nel tempo delle concentrazioni dei contaminanti permetteranno di verificare, per confronto con la quantità totale dei contaminanti presenti nel sottosuolo, la stima dei tempi necessari a conseguire la rimozione.

5.2 Test Pilota Bioventing

Al completamento del test pilota SVE, al fine di ottenere informazioni utili al dimensionamento di un sistema in grado di favorire la degradazione dei composti più difficilmente degradabili, si intende realizzare un test atto a verificare l'applicabilità della tecnologia Bioventing e definire i parametri specifici per il dimensionamento finale dei sistemi (raggio di influenza ROI).

La prova pilota che si eseguirà in campo avrà i seguenti obiettivi:

- verifica della zona di influenza attraverso la misura di parametri nei punti di monitoraggio;
- analisi della variabilità dei parametri/proprietà del sottosuolo che possono influenzarne l'efficacia;
- stima dei parametri di processo per il dimensionamento dell'impianto *full scale*;

5.2.1 Caratteristiche dei punti per il Test Pilota BV

La realizzazione del campo prove prevede l'utilizzo degli stessi punti utilizzati per il test pilota SVE. In particolare, il campo prove BV sarà costituito da:

- n. 2 punto di insufflaggio → SVE-BV1_sup. e SVE-BV1_prof.;
- n. 4 punti di monitoraggio → MON1, MON2, MON3, PZ5.

Di seguito si elencano le caratteristiche costruttive dei punti da utilizzare, mentre in **Tavola 3** si riporta la loro ubicazione:

Tabella 5-3 - Caratteristiche realizzative dei punti per la prova pilota BV

Test pilota	ID	Utilizzo	Distanza indicativa da SVE-BV1	Diametro	Profondità	Tratto fenestrato	
			m	inch	m da p.c.	(m da p.c.)	
						da	a
BV	SVE-BV1_sup.	Insufflazione sup.	-	4	6	1	6
	SVE-BV1_prof.	Insufflazione prof.	-	4	9	6	9
	MON1	Monitoraggio	4	4	9	1	9
	MON2	Monitoraggio	6	4	9	1	9
	MON3	Monitoraggio	5	4	9	1	9
	PZ5	Monitoraggio	3	4	13	6	12

5.2.2 Caratteristiche dell'impianto Pilota BV

L'impianto pilota sarà composto da unità mobile costituita dal sistema di insufflaggio e strumentazione di misura. Il compressore o soffiante sarà in grado di produrre una pressione nominale massima di 500 mbar ed una portata fino a 115 m³/h, dotata di sistema di bloccaggio e manometro.

- **Compressore (KS)**

Compressore ad uncini o a palette a secco avente le seguenti caratteristiche prestazionali:

Tabella 5-4 - Caratteristiche pompa KS

Punto di lavoro	70-80 m ³ /h @ 250 mbar ΔP
Portata massima	> 115 m ³ /h
Delta di pressione massimo	> 400 mbar
Motore con potenza	≥ 1.0 kW
Accessori	Filtro in ingresso aria

Per la conduzione della prova sarà utilizzata la seguente strumentazione:

Strumentazione di misura:

- fotoionizzatore portatile ("PID");

- Sonda multiparametrica per analisi gas dai punti di monitoraggio (O₂, CO₂, CH₄);
- anemometro;
- misuratore temperatura;
- manometro alta/bassa pressione.

Parametri da misurare:

- pressione alla testa pozzo;
- pressione alla pompa;
- portata e velocità del flusso di aria/gas;
- caratteristiche qualitative dei gas movimentati (CO₂, O₂, CH₄ e Temperatura) dal punto di insufflaggio;
- caratteristiche qualitative dei gas movimentati (pressione, VOC, CO₂, O₂, CH₄ e Temperatura) nei punti di monitoraggio;

5.2.3 Esecuzione del Test Pilota BV

La prova pilota di Bioventing sarà eseguita come di seguito dettagliato. L'intervento sarà realizzato sia nel punto di ventilazione superficiale che profondo.

Pertanto, saranno realizzate le seguenti prove:

- Prova pilota nel punto superficiale SVE-BV1_sup.;
- Prova pilota nel punto profondo SVE-BV1_prof.

Attività di start up

Prima di eseguire le prove si procederà all'esecuzione delle misure dei parametri chimico-fisici relativi alle condizioni iniziali del sito (*misure di zero*):

- misure di zero delle concentrazioni di VOC, O₂, CO₂ e CH₄, pressioni in corrispondenza del punto di insufflaggio BV (spento), dei punti di monitoraggio (MON1, MON2, MON3 e PZ5).

Attività propedeutica all'avvio del test

L'attività propedeutica all'avvio del test consiste nella ventilazione della matrice satura per un periodo predefinito (variabile fino a 8 ore) con una portata ritenuta ottimale in relazione ai dati osservati durante la prova a gradini del test pilota SVE, ovvero in base al miglior rapporto tra raggio di influenza, portata aria, pressioni/depressioni indotte e variazioni dei parametri misurati.

Nel corso di questa attività verranno monitorati i seguenti parametri:

- 1- misure di zero delle concentrazioni di VOC, O₂, CO₂ e CH₄ pressioni e depressioni in corrispondenza del punto di estrazione BV (spento) e dei punti di monitoraggio (MON1, MON2, MON3 e PZ5);
- 2- variazione della pressione indotta dalla pompa posizionata in corrispondenza del punto di insufflaggio BV (SVE-BV1_sup. e SVE-BV1_prof.);
- 3- si adotterà un intervallo di misura variabile da 10 a 15 minuti in cui saranno verificati i seguenti parametri: VOC, O₂, CO₂ e CH₄, pressioni e portata in corrispondenza del punto SVE-BV (acceso) e dei punti di monitoraggio (MON1, MON2, MON3 e PZ5);

➤ **Test di BV (Respirometrico)**

Il test respirometrico, ha l'obiettivo di determinare i consumi di ossigeno da parte dei microorganismi presenti e la definizione del tasso di degradazione sito specifico, nonché la registrazione della variazione dei parametri monitorati. La durata indicativa del test è di 2-4 giorni, durante i quali saranno monitorati in corrispondenza dei punti SVE-BV1_sup. e SVE-BV1_prof. e dei punti MON1, MON2, MON3 e PZ5 i parametri osservati durante le attività propedeutiche (VOC, O₂, CO₂ e CH₄).

Il test si riterrà concluso al raggiungimento di valori di ossigeno ed anidride carbonica prossimi a quelli di baseline.

Qualora necessario si provvederà a proseguire i monitoraggi anche nelle settimane successive.

Nella **Tabella 5-5** si riporta la successione temporale dei test pilota SVE e BV.

Tabella 5-5 - Successione temporale test pilota SVE e BV

Test pilota	Tipologia prova		Giorni																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
SVE	SVE-BV1_sup.	test a gradini																				
		lunga durata																				
	SVE-BV1_prof.	test a gradini																				
		lunga durata																				
BV	SVE-BV1_sup.	ventilazione																				
		respirometrico																				
	SVE-BV1_prof.	ventilazione																				
		respirometrico																				

6. TEST PILOTA DI INIEZIONE CARBONE COLLOIDALE

L'elaborazione dell'AdR e le condizioni attuali del Sito richiedono l'esecuzione di un intervento di bonifica per la matrice acque sotterranee, essendo le concentrazioni rilevate al POC (PZ5) e nel piezometro Pz4, ubicato nell'area scavo MISE del 2016, non conformi alla CSR calcolata per il parametro idrocarburi totali espressi come n-esano.

La tecnologia valutata come potenzialmente applicabile per il raggiungimento dell'obiettivo di bonifica è una Bioremediation con iniezione di carbone colloidale (PetroFix™ - Regenesis) con la realizzazione di una zona reattiva per il trattamento delle acque. L'iniezione del prodotto PetroFix direttamente nella sorgente secondaria di contaminazione ha una duplice funzione: rimuove gli idrocarburi dalla fase disciolta, li adsorbe su particelle di carbone attivo e quindi stimola la biodegradazione degli idrocarburi aggiungendo accettori di elettroni.

Per il corretto dimensionamento della bonifica si ritiene necessario eseguire un test di iniettabilità, per valutare la capacità di assorbimento dell'acquifero del prodotto iniettato. Nel seguito verrà descritta l'esecuzione del test pilota, funzionale alla verifica dell'applicabilità della tecnologia preliminarmente identificata e al corretto dimensionamento full scale degli interventi. In base ai risultati ottenuti, la configurazione dei punti di iniezione, le quantità e la distribuzione del prodotto utilizzato potranno subire variazioni rispetto a quanto stimato in via preliminare.

6.1 Test pilota iniezioni di carbone colloidale

Nel presente paragrafo si riporta una descrizione del test pilota che sarà realizzato per la verifica dell'efficacia e per il dimensionamento full scale dell'intervento di bonifica con realizzazione di una barriera di punti di iniezione di carboni di tipo colloidale, a monte dei POC (PZ2 e PZ5) e nell'intorno del piezometro PZ4 maggiormente impattato. La prova sarà realizzata a monte del POC PZ5 a circa 2 metri di distanza da esso. Il test pilota avrà funzionalità di valutare il grado di iniettabilità del prodotto previsto per gli interventi di bonifica e sarà parte della bonifica stessa in corrispondenza dell'area a monte del PZ5. Verrà realizzata una prova anche nell'intorno del piezometro PZ4 e questa sarà parte della bonifica stessa in corrispondenza di tale area. I risultati del test pilota permetteranno di effettuare valutazioni sulla necessità di sviluppare ulteriori interventi.

6.2 Punti di iniezione e quantità di immissione del prodotto scelto

Il prodotto prescelto per il test è costituito da una miscela di carbone di tipo colloidale (con diametro compreso tra 1 e 2 μm), fornito unitamente ad una combinazione di elettro-accettori a base di nitrati e solfati, che favoriscono le successive attività di biodegradazione dei contaminanti adsorbiti sul carbone stesso.

La miscela prodotto/acqua sarà distribuita nei punti di iniezione su uno spessore di circa 4 m, posto tra frangia capillare ed il terreno saturo, a profondità comprese tra circa 8 m e 12 m da p.c. per la realizzazione della barriera a monte del PZ5. La barriera sarà realizzata a monte e circa 2 m dal POC PZ5 e l'interasse dei punti di iniezione sarà di 1,5 m.

Nell'intorno del PZ4, la miscela sarà distribuita sullo stesso spessore indicato per la barriera (tra circa 8 m e 12 m da p.c.) e la distanza tra il PZ4 e i punti di iniezione sarà di 1,5 m, mentre l'interasse tra un punto e il successivo sarà di circa 2 m.

Di seguito, in **Tabella 6-1**, sono riportate le quantità di reagenti da impiegare nel test pilota di iniezione e i relativi rapporti di diluizione.

Tabella 6-1 - Quantitativi relativi alle prove di iniezione

Indicazione Area intervento	Area PZ4	Barriera a monte del PZ5
Numero punti di iniezione	4	4
Spessore trattamento	4 m (8-12 m da p.c.)	4 m (8-12 m da p.c.)
Carboni di tipo colloidale concentrati per punto	181 Kg	136 Kg
Ammendante a base di nitrati e solfati per punto	9 Kg	7 kg
Volume di iniezione per punto	Circa 2200 litri	Circa 1400 litri

Nella **Tavola 4** è riportata l'ubicazione indicativa dei punti di iniezione. In **Allegato 3** si riporta la scheda tecnica del prodotto PetroFix.

6.3 Descrizione dell'attrezzatura

Per l'attuazione del test pilota di iniezione dei reagenti suddetti sarà necessaria la seguente attrezzatura:

- numero di cisterne adeguate alla preparazione della soluzione di carboni di tipo colloidale ed elettroaccettori;
- agitatori elettrici ad elica per la miscelazione;
- pompa elettrica per lo svuotamento dei fusti di prodotto;
- pompa centrifuga, azionata da un motore a benzina, utilizzata per l'iniezione delle miscele a

- pressione tra 1,3 e 3 bar;
- generatore elettrico.

6.4 Fasi di intervento

La prova pilota verrà effettuata mediante Geoprobe, per l'iniezione diretta nel sottosuolo del prodotto con tecnica "direct-push", attraverso aste cave infisse nel terreno.

La miscela sarà preparata diluendo in acqua di rete la soluzione concentrata di carboni di tipo colloidale e aggiungendo successivamente gli elettroaccettori che saranno forniti separatamente. La miscelazione verrà effettuata mediante agitatori elettrici fino a completa omogeneizzazione. La miscela così ottenuta sarà iniettata in modalità bottom-up.

L'iniezione della miscela sarà effettuata entro 30 minuti dalla sua costituzione per evitare la parziale solidificazione.

Nello specifico, le fasi di intervento saranno le seguenti:

- spinta delle aste fino alla profondità massima di iniezione prevista (12 m dal p.c.);
- preparazione della miscela di prodotto nei quantitativi necessari (**Tabella 6-1**) per singolo step di iniezione;
- connessione della pompa alle aste mediante delle tubazioni di iniezione;
- iniezione del quantitativo di miscela previsto per lo specifico step;
- spostamento delle aste allo step successivo (1 m);
- ripetizione delle fasi indicate per tutto lo spessore di interesse (4 m);
- sigillatura del foro in seguito all'estrazione delle aste, ad esempio con bentonite.

I volumi di progetto delle miscele ottenute saranno iniettati in 4 step per ogni punto.

I livelli di pressione della pompa saranno mantenuti sotto controllo come indicatori della dispersione della miscela all'interno dell'acquifero (pressioni in aumento indicano una riduzione dell'accettazione del materiale da parte dell'acquifero). Le aste saranno rimosse man mano che si risale, ponendo attenzione preliminarmente all'abbassamento delle pressioni, in modo da evitare fuoriuscita di prodotto dalle aste all'apertura degli attacchi rapidi.

Verranno utilizzate punte specifiche per iniezioni che presentano fori radiali muniti di valvole di non ritorno (per impedire l'ingresso di suolo durante la perforazione) e consentono quindi l'applicazione del prodotto al livello desiderato ed una migliore distribuzione nell'intorno del punto di iniezione.

Al termine dell'iniezione in ogni postazione il foro verrà sigillato mediante apposite miscele al fine di limitare la possibilità di fuoriuscita del prodotto in superficie da postazioni in prossimità già sottoposte ad iniezione.

6.5 Monitoraggio dell'intervento

Al fine di valutare l'efficacia dell'iniezione di carboni colloidali, sarà realizzato un piano di monitoraggio con periodicità mensile per 6 mesi successivi alle iniezioni stesse. Dovrà essere eseguito un monitoraggio pre-iniezione come baseline di riferimento. Successivamente il monitoraggio proseguirà a cadenza trimestrale fino all'intervento full scale.

Nello specifico, in corrispondenza dei piezometri PZ4 e PZ5 e PZ6 (di nuova realizzazione a valle di PZ5) oltre ai parametri previsti per le routinarie attività di monitoraggio (quali: idrocarburi totali-BTEXS- MtBE), saranno rilevati anche i parametri chimico-fisici (pH, ORP, Conducibilità Elettrica, DO, T, Salinità), utili per il controllo dei processi di biodegradazione in atto, e saranno ricercati i seguenti parametri aggiuntivi:

- COD;
- BOD;
- Solfati;
- Nitrati;
- Solfuri;
- Metalli (Fe II, Fe III, Mn II, Mn IV);
- Metano;
- CO₂;
- Analisi microbiologiche per valutazione dell'attività di biodegradazione attraverso misurazione dei geni funzionali.

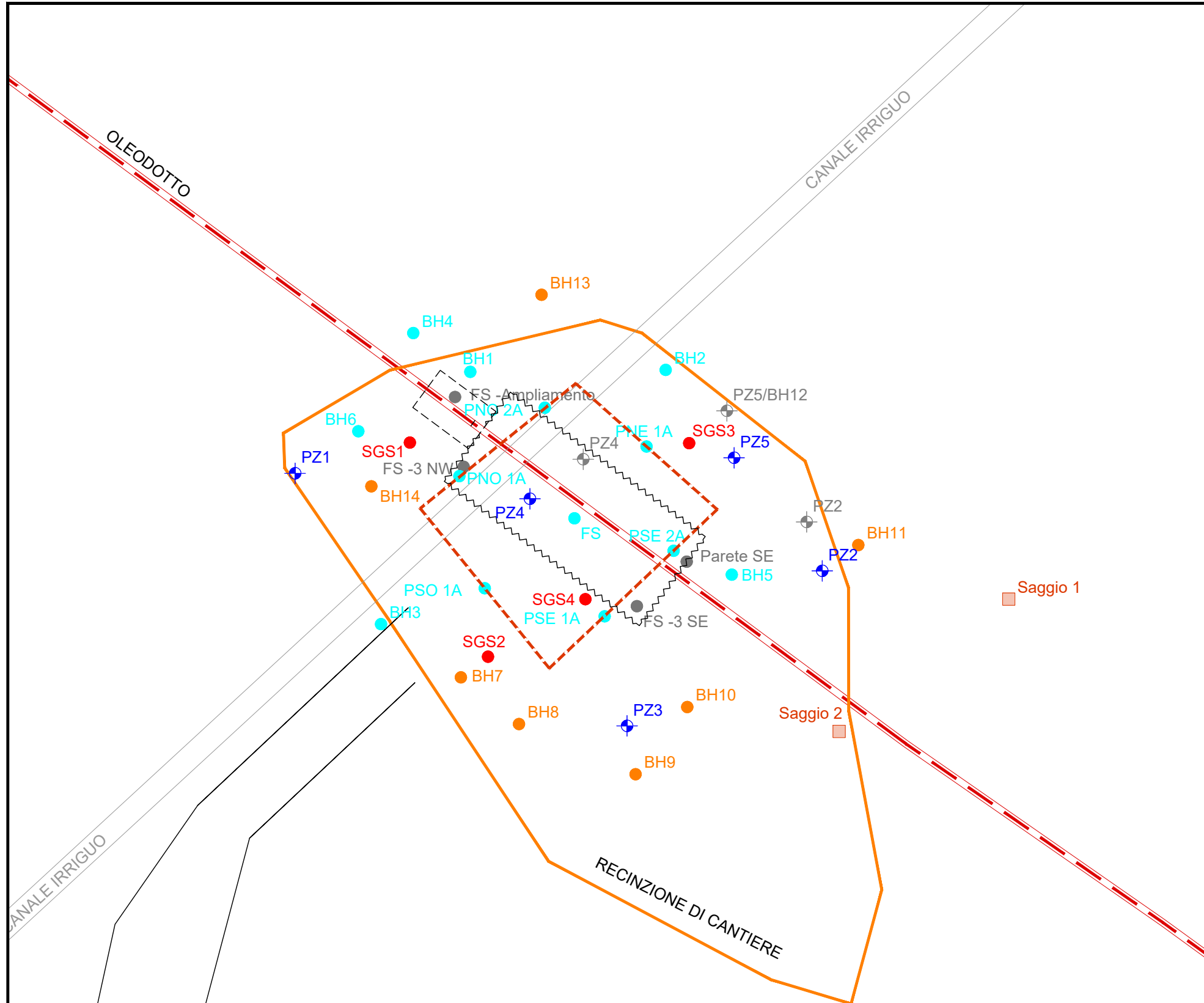
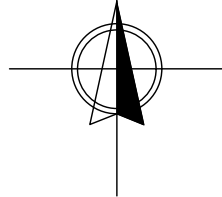
Si precisa che tali parametri saranno analizzati in quanto indici dell'andamento della biodegradazione e non rientrano nei parametri per i quali sono stati definiti gli obiettivi di bonifica.

Dovrà essere eseguito un monitoraggio pre-iniezione come baseline di riferimento.



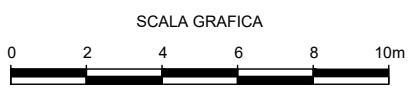
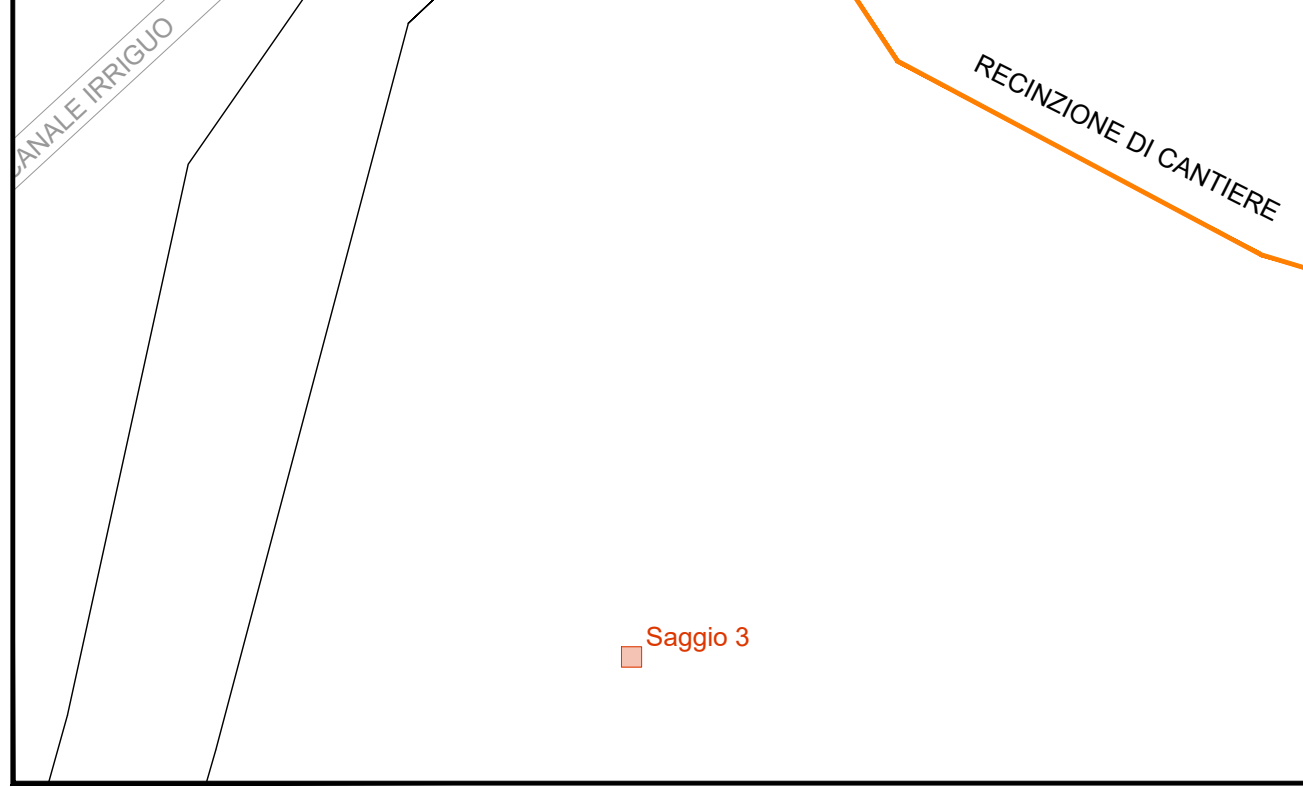
TAVOLE

Nord



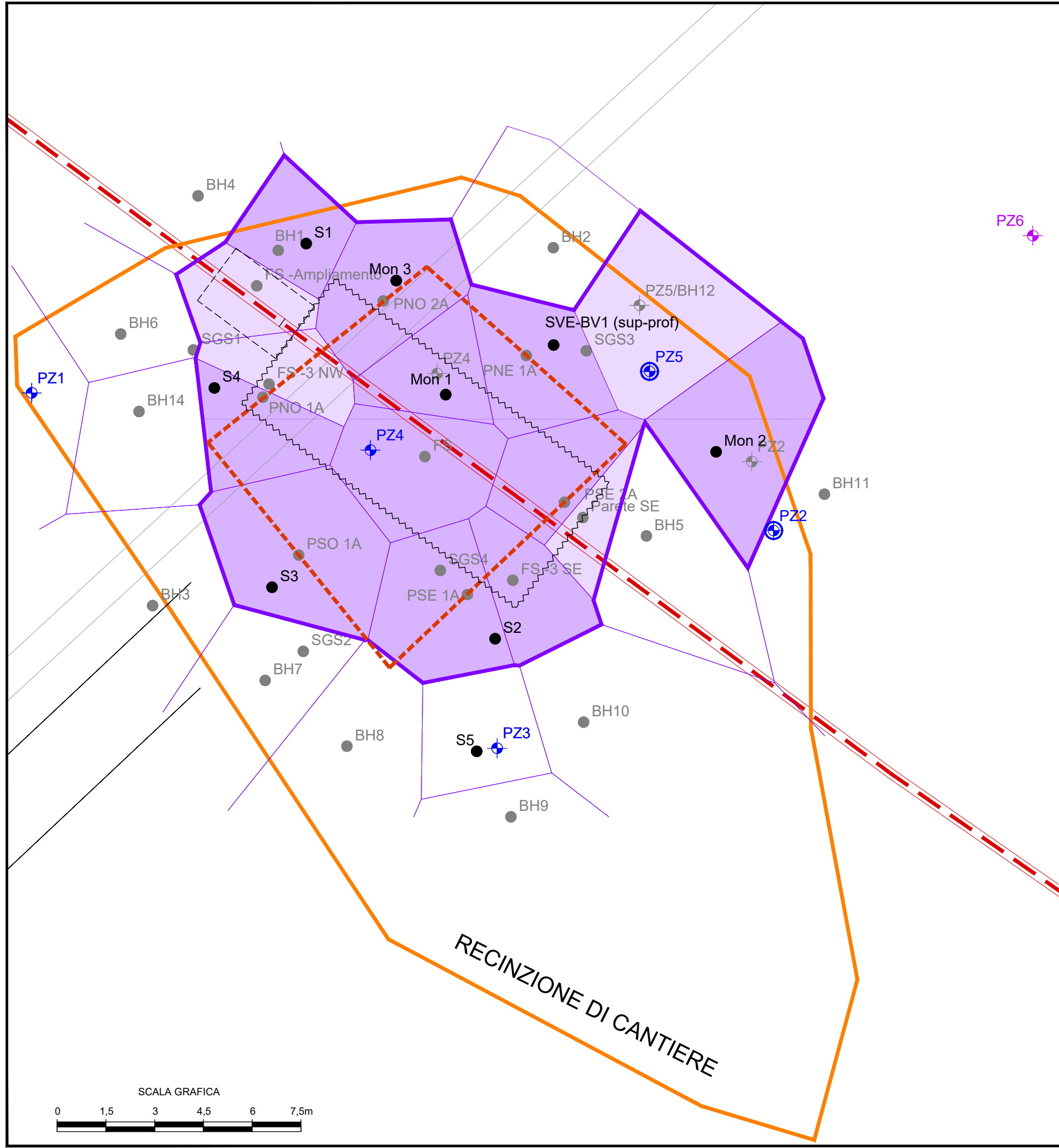
LEGENDA

- Oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona
- Scavo manutenzione oleodotto - 2019
- Ampliamento scavo manutenzione oleodotto
- Recinzione di cantiere
- Area scavo MISE
- Piezometri
- Piezometri distrutti a luglio 2019
- Indagini realizzate nel 2016
- Indagini realizzate nel 2017
- Indagini realizzate nel 2019
- Saggio realizzato nel 2016
- Sonda Nesty Probe

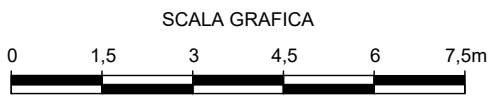


12/12/2022				
Data	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato
Ubicazione dei sondaggi e dei punti di monitoraggio			TAVOLA 1	
TITOLO Progetto Unico di Bonifica con Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 E D.Lgs. 04/08 Area di effrazione Oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona Comune di Bertonico (LO)			SCALA	1:200
PROGETTO			PROG. n°	2216132
HPC AG Via F. Ferrucci, 17/A - 20145 Milano Tel. +39 02 4548 8990 Fax. +39 02 4548 9396 www.hpc.ag			NOME FILE	2216132-Bertonico-PUB
				ENI R&M

FORMATO A3 - SCALA DI STAMPA 1:1

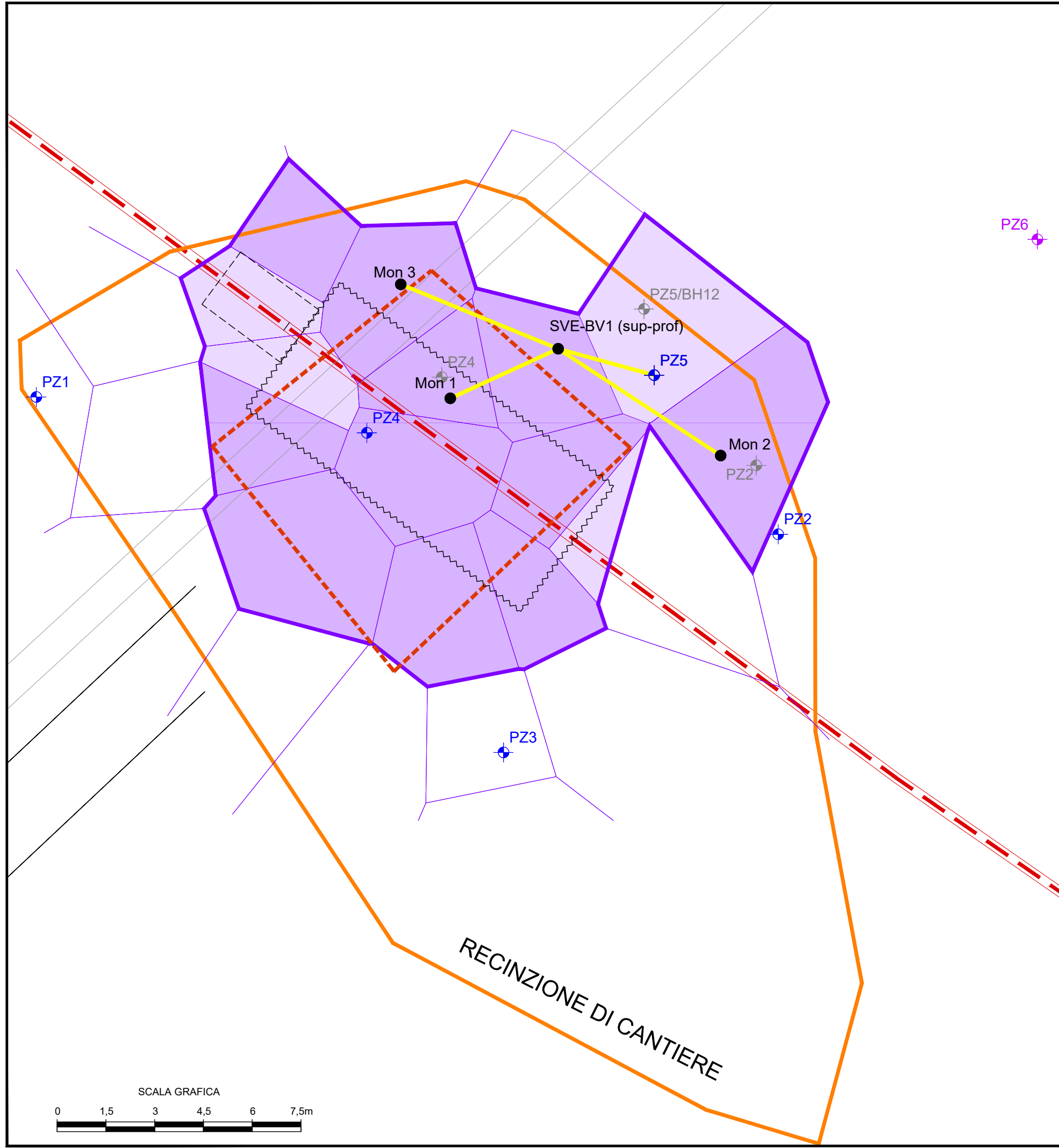
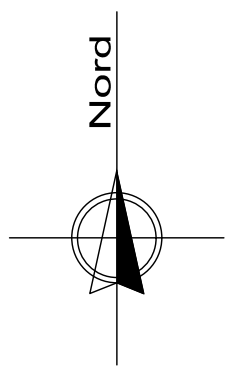


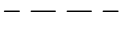

- LEGENDA**
- Area scavo MISE
 - Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona
 - Scavo manutenzione oleodotto - 2019
 - Ampliamento scavo manutenzione oleodotto
 - Indagini pregresse
 - Piezometri esistenti
 - Piezometri di nuova realizzazione
 - Punto di indagine
 - Punto di conformità (POC)
 - Poligoni di Thiessen
 - Area sorgente per i suoli profondi
 - Poligoni inclusi per l'analisi del vicinato

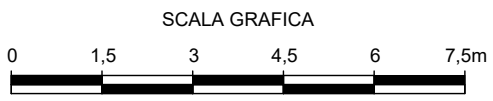


12/12/2022				
Data	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato
Ubicazione indagini integrative			TAVOLA 2	
TITOLO Progetto Unico di Bonifica con Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 E D.Lgs. 04/08 Area di effrazione Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona Comune di Bertonico (LO)			SCALA	grafca
PROGETTO			PROG. n°	2216132
			NOME FILE	2216132-Bertonico-PUB
HPC AG Via F. Ferrucci, 17/A - 20145 Milano Tel. +39 02 4548 8990 Fax. +39 02 4548 9396 www.hpc.ag		CLIENTE ENI R&M		

FORMATO A3 - SCALA DI STAMPA 1:1

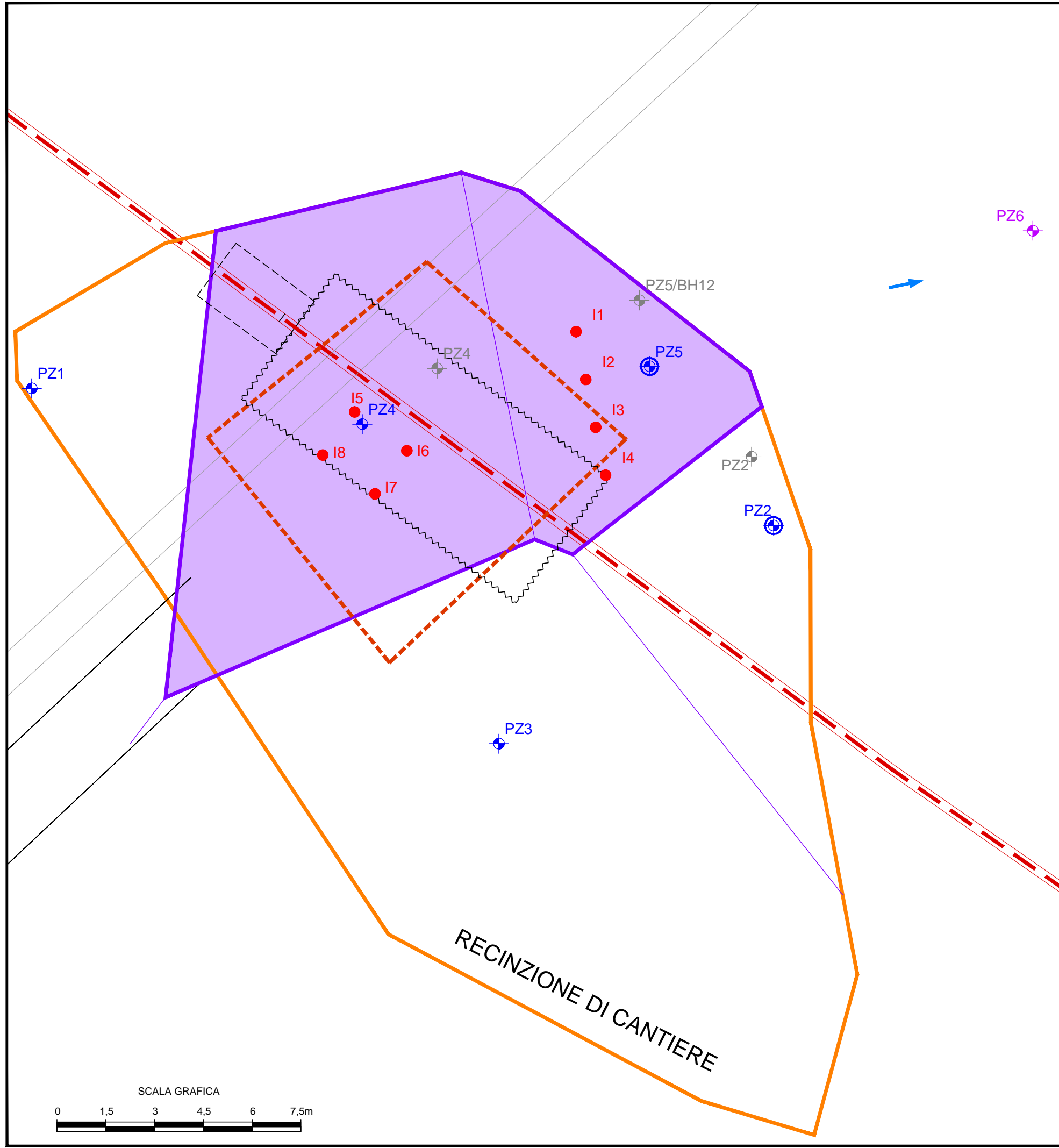
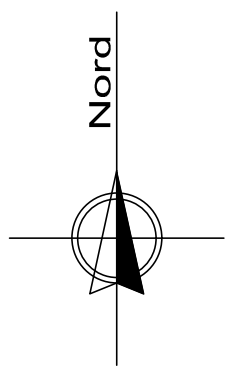


- LEGENDA**
-  Area scavo MISE
 -  Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona
 -  Scavo manutenzione oleodotto - 2019
 -  Ampliamento scavo manutenzione oleodotto
 -  Indagini pregresse
 -  Piezometri esistenti
 -  Piezometri di nuova realizzazione
 -  Campo prove SVE-BV
 -  Punto di test pilota SVE e BV
 -  Punto di monitoraggio test pilota
 -  Poligoni di Thiessen
 -  Area sorgente per i suoli profondi
 -  Poligoni inclusi per l'analisi del vicinato



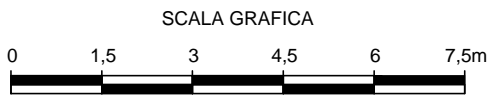
12/12/2022				
Data	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato
Ubicazione campo prova per test pilota SVE/BV			TAVOLA 3	
TITOLO			SCALA	grafica
Progetto Unico di Bonifica con Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 E D.Lgs. 04/08			PROG. n°	2216132
Area di effrazione Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona Comune di Bertonico (LO)			NOME FILE	2216132-Bertonico-PUB
PROGETTO				
		HPC AG Via F. Ferrucci, 17/A - 20145 Milano Tel. +39 02 4548 8990 Fax. +39 02 4548 9396 www.hpc.ag		
CLIENTE				

FORMATO A3 - SCALA DI STAMPA 1:1



- LEGENDA**
- Area scavo MISE
 - Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona
 - Scavo manutenzione oleodotto - 2019
 - Ampliamento scavo manutenzione oleodotto
 - Indagini pregresse
 - Piezometri esistenti
 - Piezometri di nuova realizzazione
 - Punto di conformità (POC)
 - Punti di iniezione test pilota
 - Poligoni di Thiessen
 - Area sorgente per le acque di falda
 - Direzione della falda

RECINZIONE DI CANTIERE



07/03/2023				
Data	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato
Ubicazione punti di test iniezioni PetroFix			TAVOLA	
			4	
TITOLO			SCALA	grafica
Progetto Unico di Bonifica con Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 E D.Lgs. 04/08			PROG. n°	2216132
Area di effrazione Oleodotto 26" Ferrara-Bertonico-Cremona Comune di Bertonico (LO)			NOME FILE	2216132-Bertonico-PUB
PROGETTO				
		HPC AG Via F. Ferrucci, 17/A - 20145 Milano Tel. +39 02 4548 8990 Fax. +39 02 4548 9396 www.hpc.ag		
CLIENTE				



ALLEGATI



Allegato1

Scheda di campo per Slug Test



Allegato 2

Scheda di campo per prova a gradini di portata cresce

Sito	
Commessa	
Ubicazione prova	
Tipo di prova	
Data inizio prova	
Data fine prova	
Ora accensione	
Ora spegnimento	
Ora fine prova	
Durata prova	
Operatori	
Note	
Portata	Gradino

Note	Tempo			Sogg [m]	Sogg [m]	Sogg [m]	Sogg [m]	Sogg [m]	Sogg [m]	Sogg [m]
	s	min	h							
	0	0.00	0.00							
	15	0.25	0.00							
	30	0.50	0.01							
	45	0.75	0.01							
	60	1.00	0.02							
	90	1.50	0.03							
	120	2.00	0.03							
	150	2.50	0.04							
	180	3.00	0.05							
	210	3.50	0.06							
	240	4.00	0.07							
	270	4.50	0.08							
	300	5.00	0.08							
	360	6.00	0.10							
	420	7.00	0.12							
	480	8.00	0.13							
	540	9.00	0.15							
	600	10.00	0.17							
	660	11.00	0.18							
	720	12.00	0.20							
	780	13.00	0.22							
	840	14.00	0.23							
	900	15.00	0.25							
	960	16.00	0.27							
	1020	17.00	0.28							
	1080	18.00	0.30							
	1140	19.00	0.32							
	1200	20.00	0.33							
	1350	22.50	0.38							
	1500	25.00	0.42							
	1650	27.50	0.46							
	1800	30.00	0.50							
	1950	32.50	0.54							
	2100	35.00	0.58							
	2250	37.50	0.63							
	2400	40.00	0.67							
	2550	42.50	0.71							
	2700	45.00	0.75							
	3000	50.00	0.83							
	3300	55.00	0.92							
	3600	60.00	1.00							



Allegato 3

Scheda prodotto PetroFix

Scheda Tecnica del PetroFix[™]

PetroFix – Descrizione tecnica

PetroFix è una tecnologia di bonifica progettata per trattare contaminazioni da composti idrocarburici nel suolo e nelle acque di falda. Un fluido semplice da utilizzare che può essere applicato a bassa pressione nel sottosuolo o semplicemente versato all'interno di scavi aperti, il PetroFix offre una soluzione economicamente vantaggiosa per i professionisti ambientali e i soggetti responsabili per trattare gli idrocarburi petroliferi in modo rapido ed efficace.

Il PetroFix ha una duplice funzione: rimuove rapidamente gli idrocarburi dalla fase disciolta, adsorbendoli sulle particelle di carbone attivo, mentre gli accettori di elettroni presenti stimolano la biodegradazione in situ degli idrocarburi. L'applicazione del PetroFix non necessita di "fratturazione" ad alta pressione e può essere applicato con facilità utilizzando attrezzatura di iniezione direct push ampiamente disponibile.

La miscela è una sospensione acquosa altamente concentrata composta da carbone attivo a scala micrometrica e accettori di elettroni biostimolanti. PetroFix ha una viscosità superiore a quella dell'acqua ed è di colore nero. La sua formulazione di carbone attivo alla scala del micron (1-2 micron) è combinata con accettori di elettroni inorganici a rilascio sia lento che rapido. Con il fluido PetroFix è inclusa una miscela di ulteriori accettori di elettroni. Gli utilizzatori possono scegliere, per gli elettro-accettori aggiuntivi, tra una combinazione di miscele a base di solfati e nitrati (raccomandata) o solo a base di solfati.



Composizione chimica - PetroFix Fluid

Carbone attivo - CAS 7440-44-0 >30%
Calcio solfato diidrato - CAS 10101-41-4 < 10%

Proprietà

Aspetto: Fluido Nero
Viscosità: 1500-3500 cP (simile ad uno sciroppo)
pH: 8-10

Composizione chimica – PetroFix Electron Acceptor Powder

OPZIONE 1 – EA Blend (preferibile)
Nitrato di sodio – CAS 7631-99-4, 50%
Solfato di ammonio – CAS 7783-20-2, 50%

OPZIONE 2 – EA Blend senza nitrati
Solfato di potassio – CAS 7778-80-5, 50%
Solfato di ammonio – CAS 7783-20-2, 50%

Proprietà

Aspetto: Polvere bianca

Linee guida per la conservazione e la manipolazione

Conservazione:



- Conservare lontano da materiali incompatibili
- Conservare nel contenitore chiuso originale
- Conservare a temperature comprese tra 4 °C e 35 °C
- Non far congelare il materiale, né conservare alla luce diretta del sole
- La nota tecnica su come operare in condizioni di temperature basse o elevate è riportata a questo [link](#)
- Smaltire rifiuti e residui in conformità con la legislazione vigente

Manipolazione:

- Non aggiungere mai additivi alla soluzione prima di averla miscelata con acqua
- Indossare dispositivi di protezione individuale adeguati
- Non assaggiare né ingerire
- Osservare buone pratiche di igiene industriale
- Lavarsi le mani dopo l'uso

Applicazione

PetroFix viene miscelato con acqua in sito e facilmente applicato nel sottosuolo mediante iniezioni a bassa pressione o applicato in scavi. PetroFix è compatibile con l'ORC Advanced[®], che può essere co-applicato per accelerare i tassi di biodegradazione. Per ulteriori informazioni sulla co-applicazione con ORC Advanced, si prega di contattare REGENESIS.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I	
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08			Pag. 111 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00		



ALLEGATO 13

Cronoprogramma attività

Attività		Mese																																																				
ID	Fase / Mese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45								
1	Fase 1	Indagini integrative, campo prove e PZ integrativo	█																																																			
2		Test pilota SVE/BV		█	█																																																	
3		Test PetroFix e monitoraggio				█	█	█	█	█	█																																											
4	Fase 2	Realizzazione pozzi SVE/BV													█	█																																						
5		Opere civili															█	█																																				
6		Installazione sistemi SVE/BV e start-up																	█	█																																		
7		Intervento PetroFix e monitoraggio														█	█	█	█	█	█																																	
8		Esercizio impianto SVE/BV e monitoraggio																					█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█		
9		Rebound test*																																																				
10		Campagna di indagine di verifica terreni*																																																				
11		Collaudo matrici ambientali																																																				
12	Monitoraggio acque sotterranee	█			█				█				█				█				█				█				█				█																					

Note:

* Attività da eseguirsi in funzione dell'avanzamento della bonifica e sulla base dei dati acquisiti dal monitoraggio in corso d'opera.

	SITO/LOCALITA' Effrazione oleodotto 26" Ferrera-Bertonico-Cremona - Bertonico (LO)	N° DOC.: ENG-U-U6-3890	PVI: 200013	N° COMMESSA: GC-1331-FSEZ-3-I
	TITOLO: PROGETTO UNICO DI BONIFICA CON ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06 E D.LGS. 04/08		Pag. 112 a 112	
	N°DOC Appaltatore: 796/RA/mb/22	FUNZIONE EMITTENTE: TEBO	INDICE DI REV. 00	

APPENDICE 1