

# CASSA DI ESPANSIONE DEL TORRENTE BAGANZA NEI COMUNI DI FELINO, SALA BAGANZA, COLLECCHIO E PARMA (PR-E-1047)

## PROGETTO ESECUTIVO

04	05/2021	Suddivisione in stralci	CARRA	FRESIA	BERTERO
03	04/2021	Revisione per osservazioni Nota DGD n.7956 del 15-04-2021 e validazione	CARRA	FRESIA	BERTERO
02	03/2021	Revisione per osservazioni Nota DGD n.21124 del 08-10-2020	CARRA	FRESIA	BERTERO
REV.	DATA	MODIFICHE	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZ.

## GESTIONE MATERIALI DI SCAVO PIANO DI UTILIZZO

### ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE

MANDATARIA:

MANDANTI:



IL R.U.P.:

 Dott. Ing. Mirella Vergnani  
 (documento firmato digitalmente)

 Progettista responsabile integrazioni  
 prestazioni specialistiche e Direttore Tecnico  
 della mandataria.  
 Hydrodata S.p.A.  
 Ord. Ing. Torino N°7570L  
**Dott. Ing. Roberto Bertero**  
 (documento firmato digitalmente)

 Progettista/Progettisti responsabili elaborato  
 Art S.r.l.  
 Dott. Geol. Giovanni Carra  
 Ord. Geol. Emilia Romagna N°643

**Dott. Geol. Giovanni Carra**  
 (documento firmato digitalmente)


CODICE ELABORATO:

B	A	G	3	0	5	T	R	S	R	R	E	0	3	4
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ID (1)

CAP. (2)

TIPO (3)

DOC. (4)

PROGR. (5-6) REV. (7)

SCALA

 MAGGIO  
2021

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. SITO DI PRODUZIONE .....</b>	<b>5</b>
2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	5
2.2 QUADRO GEOLOGICO LOCALE .....	6
2.3 QUADRO IDROGEOLOGICO LOCALE .....	7
2.4 USO PREGRESSO DEL SITO .....	7
2.4.1 <i>Rappresentazione dell'area da foto aeree e ortofoto</i> .....	7
<b>3. TERRENI INTERESSATI DAGLI SCAVI.....</b>	<b>14</b>
3.1 TERRENO VEGETALE DI SCOTICO .....	14
3.2 TERRENI LIMOSI SUPERFICIALI (AES8A_UNITÀ DI MODENA) .....	14
3.3 GHIAIE IN MATRICE LIMO-SABBIOSA (AES8A_UNITÀ DI MODENA) .....	14
3.4 LIMI, ARGILLE, SABBIE E GHIAIE IN MATRICE MOLTO ABBONDANTE (AES8_SUBSISTEMA DI RAVENNA) .....	15
3.5 TERRENI SUPERFICIALI CON MATERIALI ANTROPICI DI RIPORTO .....	15
3.6 TERRENI DI RIPORTO NELLA ZONA DEL DEPURATORE DI SALA BAGANZA .....	15
3.7 TERRENI DI TOMBAMENTO DELLA CAVA PREGRESSA UBICATA NEI PRESSI DEL TOPONIMO CASANOVA VARRONE .....	16
<b>4. CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI MATERIALI DI SCAVO.....</b>	<b>16</b>
4.1 PREMESSA .....	16
4.2 CAMPAGNA DI INDAGINE CONDOTTA NEL CORSO DEL PROGETTO DEFINITIVO .....	17
4.3 CAMPAGNA DI INDAGINE INTEGRATIVA 2018 .....	18
4.3.1 <i>Suolo e sottosuolo</i> .....	18
4.3.2 <i>Acque sotterranee</i> .....	22
4.4 STATO DELLA CONTAMINAZIONE .....	24
<b>5. ANALISI DI RISCHIO ASSOLUTA .....</b>	<b>26</b>
5.1 PREMESSA .....	26
5.2 SOFTWARE DI CALCOLO RISK-NET .....	27
5.3 DEFINIZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE DEL SITO (MCS) .....	28
5.3.1 <i>Sorgente di contaminazione</i> .....	28
5.3.2 <i>Identificazione delle Concentrazioni Rappresentative alla Sorgente (CRS)</i> .....	30
5.3.3 <i>Delimitazione e caratteristiche delle aree sorgente</i> .....	31
5.3.4 <i>Recettori</i> .....	35
5.3.5 <i>Percorsi di esposizione</i> .....	36
5.3.6 <i>Parametri geometrici per la caratterizzazione della sorgente in zona insatura</i> .....	37

5.4	CALCOLO DEL RISCHIO .....	42
5.4.1	Definizione di rischio e criteri di accettabilità.....	42
5.4.2	Calcolo dei rischi in modalità diretta .....	43
5.4.2.1.	Sc a .....	43
5.4.2.2.	SE 3.....	44
5.4.2.3.	SE 20.....	44
5.4.2.4.	SE 24.....	44
5.4.2.5.	SE 29.....	45
5.4.2.6.	TA01 .....	45
5.4.2.7.	T35 .....	45
5.4.3	Determinazione delle CSR (Concentrazione Soglia di Rischio).....	46
5.5	REIMPIEGO DEL MATERIALE CONFORME ALLA COLONNA B .....	46
<b>6.</b>	<b>BILANCIO DELLE TERRE.....</b>	<b>50</b>
6.1	SCAVI .....	50
6.2	REIMPIEGO .....	52
6.3	SINTESI.....	54
<b>7.</b>	<b>SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO .....</b>	<b>57</b>
<b>8.</b>	<b>SITI DI DESTINAZIONE .....</b>	<b>59</b>
<b>9.</b>	<b>PERCORSI PER IL TRASPORTO.....</b>	<b>59</b>
<b>10.</b>	<b>DURATA DEL PIANO DI UTILIZZO .....</b>	<b>59</b>

## 1. PREMESSA

Con Det. n°248 del 13.03.2019, L'AIPO - Agenzia interregionale per il fiume Po, ha reso efficace l'aggiudicazione della progettazione esecutiva relativa ai Lavori di realizzazione della Cassa di espansione del torrente Baganza nei comuni di Felino, Sala Baganza, Collecchio e Parma (PR-E-1047) allo scrivente R.T.P. Hydrodata S.p.A., ART Ambiente Risorse Territorio S.r.l., Binini Partners S.r.l., ETATEC Studio Paoletti S.r.l., Rocksoil S.p.A. e SAP Società Archeologica S.r.l. (di seguito RTP).

La modalità prescelta per l'esecuzione dei lavori in oggetto è l'Accordo Quadro, secondo le previsioni dell'art. 54, comma 3, D.Lgs. 50/2016 e s.m.i., con unico operatore economico. L'opera verrà eseguita in due distinti Stralci, mediante la formalizzazione di contratti applicativi, con le modalità e alle condizioni indicate nel Capitolato Speciale di Appalto e secondo la suddivisione riportata negli elaborati grafici di progetto.

Per garantire una efficace programmazione delle fasi di esecuzione e delle correlate attività di gestione dei rilevanti quantitativi di materiale da escavazione, che assicuri i corrispondenti livelli di protezione idraulica all'avanzare degli interventi, questi ultimi dovranno essere svolti secondo il cronoprogramma dei lavori allegato al presente Progetto Esecutivo, che definisce la durata dell'Accordo Quadro in 1706 giorni decorrenti dalla data di sottoscrizione del primo Contratto Applicativo, anche in funzione dei vari scenari idraulici delle opere provvisorie previsti in progetto, prevede la realizzazione degli interventi dei due stralci in modo consequenziale, con l'avvio del II stralcio al termine delle lavorazioni del I stralcio, con la esclusione delle opere di rimozione del cantiere e dei ripristini finali che potrà essere eseguita esclusivamente al termine di tutti i lavori.

Nello STRALCIO 1 viene prevista la realizzazione di tutte le opere arginali, dei manufatti B e C e dei due invasi, mentre nello STRALCIO 2 viene realizzato il manufatto A, comprensivo di scavi con relativi aggettamenti e rinterri.

Il presente documento costituisce lo schema di piano di utilizzo delle terre e rocce provenienti dagli scavi per la realizzazione della Cassa di Espansione del Torrente Baganza e come tale dovrà essere utilizzato dalle imprese concorrenti in fase di gara per la definizione del Piano di Utilizzo, introducendo gli ulteriori elementi necessari per la sua piena operatività ed in particolare le tipologie di reimpiego, le destinazioni finali, i percorsi necessari per raggiungerle, nonché la caratterizzazione degli eventuali siti di deposito intermedio.

Il Piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo dovrà essere redatto in conformità alle disposizioni dell'Allegato 5 del DPR 120/2017 - Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164 (G.U. n. 183 del 7 agosto 2017).

Con il DPR 120 è stato condotto il riordino e la semplificazione della disciplina inerente la gestione delle terre e rocce da scavo, con particolare riferimento:

a) alla gestione delle terre e rocce da scavo qualificate come sottoprodotti, ai sensi dell'articolo 184-bis, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, provenienti da cantieri di piccole dimensioni, di grandi dimensioni e di grandi

dimensioni non assoggettati a VIA o AIA, compresi quelli finalizzati alla costruzione o alla manutenzione di reti e infrastrutture;

b) alla disciplina del deposito temporaneo delle terre e rocce da scavo qualificate rifiuti;

c) all'utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti;

d) alla gestione delle terre e rocce da scavo nei siti oggetto di bonifica.

Di seguito, in conformità con quanto previsto dall'Art. 9 e dall'Allegato 5, vengono definiti i seguenti aspetti:

1. l'ubicazione dei siti di produzione delle terre e rocce da scavo con l'indicazione dei relativi volumi in banco suddivisi nelle diverse litologie;

2. l'ubicazione dei siti di destinazione e l'individuazione dei cicli produttivi di destinazione delle terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotti, con l'indicazione dei relativi volumi di utilizzo suddivisi nelle diverse tipologie e sulla base della provenienza dai vari siti di produzione. I siti e i cicli produttivi di destinazione possono essere alternativi tra loro;

3. le operazioni di normale pratica industriale finalizzate a migliorare le caratteristiche merceologiche, tecniche e prestazionali delle terre e rocce da scavo per il loro utilizzo, con riferimento a quanto indicato all'allegato 3;

4. le modalità di esecuzione e le risultanze della caratterizzazione ambientale delle terre e rocce da scavo eseguita in fase progettuale in conformità alle previsioni degli allegati 1, 2 e 4, precisando in particolare:

- i risultati dell'indagine conoscitiva dell'area di intervento (ad esempio, fonti bibliografiche, studi pregressi, fonti cartografiche) con particolare attenzione alle attività antropiche svolte nel sito o di caratteristiche geologiche-idrogeologiche naturali dei siti che possono comportare la presenza di materiali con sostanze specifiche;

- le modalità di campionamento, preparazione dei campioni e analisi con indicazione del set dei parametri analitici considerati che tenga conto della composizione naturale delle terre e rocce da scavo, delle attività antropiche pregresse svolte nel sito di produzione e delle tecniche di scavo che si prevede di adottare, esplicitando quanto indicato agli allegati 2 e 4;

- la necessità o meno di ulteriori approfondimenti in corso d'opera e i relativi criteri generali da seguire, secondo quanto indicato nell'allegato 9, parte A;

5. l'ubicazione degli eventuali siti di deposito intermedio in attesa di utilizzo, anche alternativi tra loro, con l'indicazione della classe di destinazione d'uso urbanistica e i tempi del deposito per ciascun sito;

6. i percorsi previsti per il trasporto delle terre e rocce da scavo tra le diverse aree impiegate nel processo di gestione (siti di produzione, aree di caratterizzazione, siti di deposito intermedio, siti di destinazione e processi industriali di impiego), nonché delle modalità di trasporto previste (ad esempio, a mezzo strada, ferrovia, slurrydotto, nastro trasportatore).



## 2. SITO DI PRODUZIONE

### 2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area interessata dall'opera in progetto è ubicata per la maggior parte in Comune di Parma, in corrispondenza del confine Sud-Ovest, con un minimo interessamento dei territori comunali di Sala Baganza e Collecchio.

L'area è compresa nelle Sezioni CTR scala 1:10000 n.199070 "Sala Baganza" e n. 199080 "Corcagnano" e nella Tavola 199 "Parma Sud" della Carta Geologica d'Italia scala 1:50000.

Si tratta di un settore a prevalente uso agricolo; gli abitati più prossimi all'area di studio sono Sala Baganza (a Sud-Ovest) e la frazione Casale di Felino (circa 300 m a Sud).

Nell'ambito del PTCP (2008) l'area risulta inquadrata in "Zona di tutela ambientale ed idraulica dei corsi d'acqua" e in "Zona di deflusso della piena" ai sensi degli art.12 e 13 delle NTA e in "Aree di valore naturale e ambientale" e "Ambiti di rilievo paesaggistico" ai sensi degli art. 39 e 40 delle NTA.



**Fig. 1 Ubicazione dell'area**



## 2.2 QUADRO GEOLOGICO LOCALE

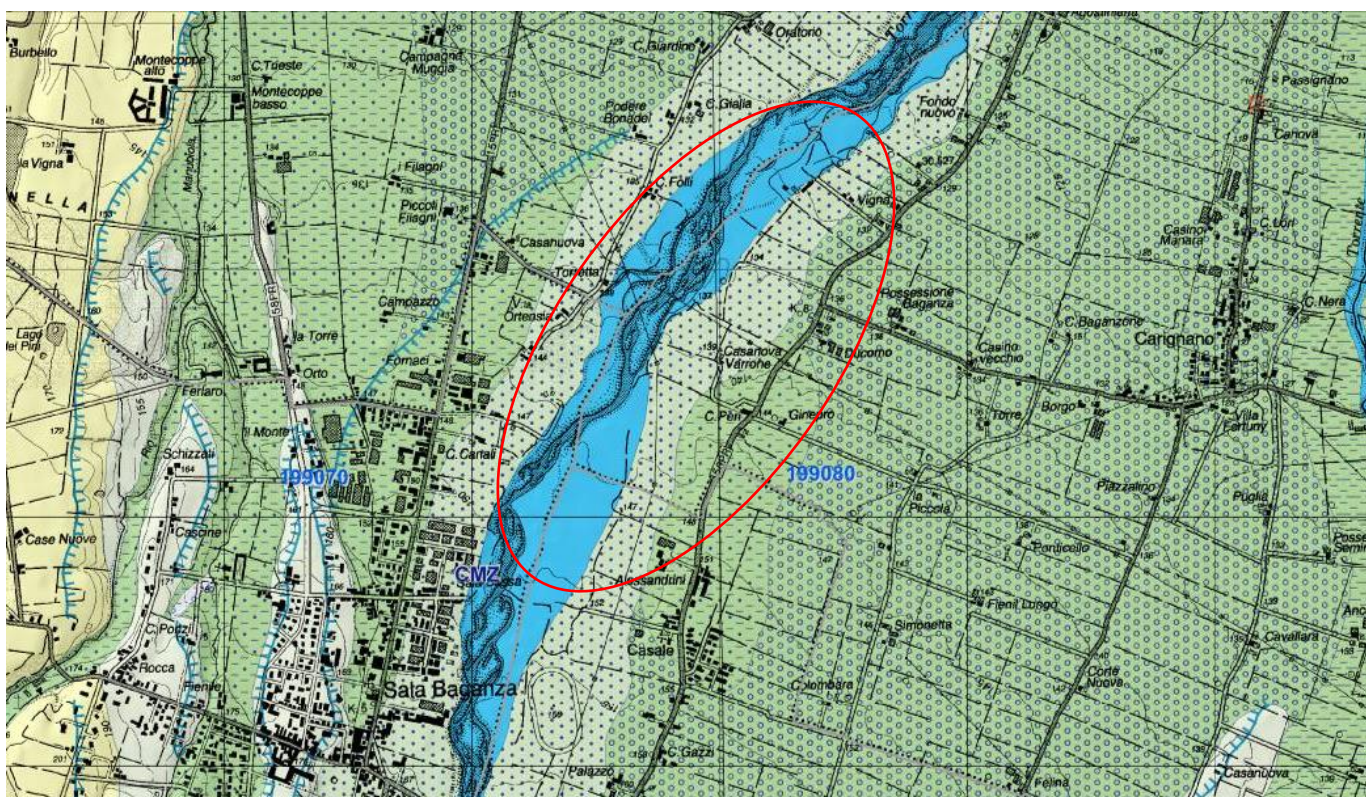
Dal punto di vista geologico, l'area di studio si inserisce nell'ambito dei depositi quaternari della conoide del Torrente Baganza, formatisi nel Pleistocene Superiore, dopo la chiusura del ciclo marino pleistocenico-calabriano e il sollevamento definitivo della catena appenninica.

I terreni affioranti in superficie e nel primo sottosuolo (ca 20/30 m da p.c.) appartengono all'Unità di Modena (AES8a) e al Subsistema di Ravenna (AES8a), il cui tetto è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico.

L'Unità di Modena AES8a (Olocene; post IV-VII sec. d.C.) è costituita da una successione prevalentemente ghiaiosa, con intercalazioni sabbiose, a giacitura suborizzontale e geometria lenticolare ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua.

Il Subsistema di Ravenna AES8 (Pleistocene superiore - Olocene; post circa 20.000 anni B.P.) è costituito da depositi prevalentemente ghiaiosi, strutturati in spessi corpi a geometria cuneiforme e organizzati in cicli elementari a base grossolana e tetto fine, mentre nelle zone d'interconoide è costituito principalmente da alluvioni sabbiose e limo-argillose solcate localmente da canali di ghiaie.

Per la descrizione dettagliata dell'assetto geologico e litostratigrafico dell'area si rimanda allo specifico elaborato BAG2\_03GEO\_R\_RE\_02\_A\_Relazione geologica e idrogeologica.



**Fig. 2 Stralcio della Carta geologica dell'Emilia Romagna**

## **2.3 QUADRO IDROGEOLOGICO LOCALE**

In corrispondenza dell'areale interessato dalla cassa di espansione si ha una direzione di falda da SSW verso NNE con quote piezometriche variabili tra circa 142 m s.l.m. presso l'argine Sud del Comparto 1 e 128 m s.l.m. presso l'argine Nord del comparto 2. Il conseguente gradiente idraulico della falda risulta all'incirca dell'ordine dell'1,2%.

Per quanto attiene la soggiacenza della falda, nelle porzioni laterali della conoide, vale a dire nelle aree di affioramento dei litotipi ghiaiosi in matrice argillosa riconducibili all'unità AES8, la profondità del livello freatico presenta valori medi di circa 6 m da p.c. sia in destra sia in sinistra idrografica del Baganza, senza che si osservi una particolare riduzione della soggiacenza procedendo verso Nord.

Nelle aree di affioramento dell'unità di Modena (AES8a), in conseguenza dell'abbassamento della quota media topografica che si osserva passando dal terrazzo più antico a quello recente, si ha una leggera riduzione della soggiacenza che passa a valori medi di circa 4 m, nel settore meridionale della cassa e di circa 3 m in quello settentrionale. In corrispondenza di questa unità geologica si rileva la presenza di alcuni fontanili oltre che di un laghetto artificiale di falda connesso all'escavazione dei materiali ghiaioso-sabbiosi specifici dell'unità in oggetto.

Un'ulteriore riduzione dei valori di soggiacenza, anch'essa connessa alla topografia del territorio, si verifica in corrispondenza dell'alveo attuale del Baganza, laddove i piezometri realizzati hanno evidenziato profondità del livello di falda di circa 1.5-2 m.

Per la descrizione dettagliata dell'assetto idrogeologico dell'area si rimanda allo specifico elaborato BAG2\_03GEO\_R\_RE\_02\_A\_Relazione geologica e idrogeologica.

## **2.4 USO PREGRESSO DEL SITO**

### **2.4.1 Rappresentazione dell'area da foto aeree e ortofoto**

Nel presente paragrafo sono riportate le rappresentazioni fotografiche in corrispondenza dell'area di interesse, tratte dalle diverse fonti disponibili, a partire dalla prima metà degli anni '40, fino al presente (2019).

La fonte delle documentazioni fotografiche è riconducibile al Geoportale della Regione Emilia-Romagna, al Geoportale Nazionale del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; per gli anni più recenti sono state utilizzate le foto aeree tratte dal sistema GoogleEarth®.

In particolare sono state analizzate:

- Foto della Royal Air Force realizzati negli anni 1943 - 1944
- Volo IGMI GAI realizzati negli anni 1954 - 1955;
- Ortofoto tratte dal geoportale nazionale (Web Map Services), per gli anni 1988, 1994, 2000 e 2006;
- Foto aeree tratte da GoogleEarth® per gli anni 2003, 2004, 2011, 2014 e 2015.

La successione delle immagini fotografiche mostra chiaramente l'evoluzione nel tempo della zona in cui è collocata l'area di interesse, in cui si evidenzia il progressivo restringimento dell'alveo del Torrente Baganza, soprattutto in



sponda destra, e la progressiva meccanizzazione agricola dell'area mediante la sostituzione di piccoli vigneti e frutteti a favore di campi di maggiori dimensioni coltivati ad erba medica, mais e pomodoro.

Da rilevare che, a partire dal 2004, nell'area in esame è stata avviata l'attività estrattiva nell'Ambito estrattivo AC14 che ha portato alla formazione di un bacino lacustre ad acque basse e alla presenza di aree occupate da vegetazione arborea ed arbustiva.

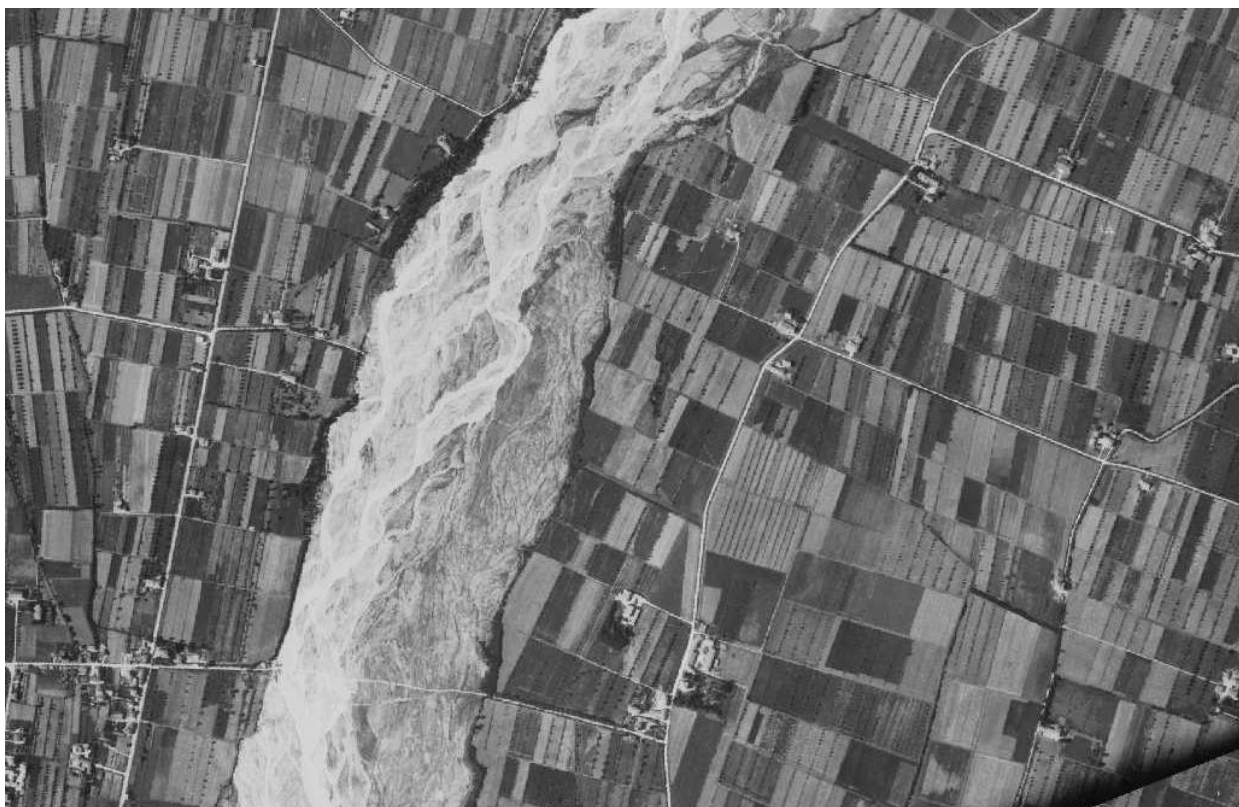


Foto 1943-1944



Foto 1954-1955



Foto 1988





Foto 1994



Foto 2000





Foto 2003



Foto 2004





Foto 2006



Foto 2011





Foto 2014



Foto 2015



### 3. TERRENI INTERESSATI DAGLI SCAVI

I materiali interessati dagli scavi ammontano complessivamente a circa 3.791.344 m<sup>3</sup> (al netto del volume già scavato in corrispondenza di UC1 e UC1bis), di cui circa 2.062.514 m<sup>3</sup> verranno riutilizzati in loco per la realizzazione dei rilevati arginali, per le operazioni di riprofilatura e rimodellamento morfologico dell'area e per le opere accessorie.

I materiali in esubero, costituiti da circa 1.728.830 m<sup>3</sup> di ghiaie in matrice limo-sabbiosa appartenenti all'Unità di Modena (AES8a), sono oggetto del presente Piano di Utilizzo.

Il materiale per il quale si prevede il riutilizzo in loco è il seguente:

- Terreno vegetale di scotico;
- Terreni limosi superficiali (AES8a\_Unità di Modena);
- Limi, argille, sabbie e ghiaie in matrice molto abbondante (AES8\_Subintema di Ravenna);
- Ghiaie in matrice limo-sabbiosa (AES8a\_Unità di Modena).
- Terreni superficiali con materiali antropici di riporto;
- Terreni di tombamento della cava pregressa ubicata nei pressi del toponimo Casanova Varrone;
- Terreni di riporto ubicati nella zona del depuratore di Sala Baganza.

#### 3.1 TERRENO VEGETALE DI SCOTICO

Il terreno vegetale che sarà prodotto dallo scotico superficiale di tutte le aree individuate verrà pienamente riutilizzato per il recupero ambientale dell'area e di rinverdimento delle scarpate, secondo le indicazioni in merito riportate nel progetto.

Lo scotico avverrà mediante utilizzo di mezzi meccanici tipo escavatore o pala; all'interno dell'area di cantiere il terreno sarà movimentato con mezzi di trasporto (camion).

Il terreno dello scotico vegetale verrà stoccato in modo separato e ben identificato rispetto agli altri terreni derivanti dalle attività di scavo.

#### 3.2 TERRENI LIMOSI SUPERFICIALI (AES8A\_UNITÀ DI MODENA) - L

Questo materiale, costituito dal terreno limoso-argilloso e limoso-sabbioso naturale posto al di sotto dello strato vegetale, verrà pienamente riutilizzato per la realizzazione dei rilevati arginali e per il recupero ambientale dell'area, secondo le specifiche indicazioni di progetto.

#### 3.3 GHIAIE IN MATRICE LIMO-SABBIOSA (AES8A\_UNITÀ DI MODENA) – G1

Tali materiali presentano caratteristiche idonee per la realizzazione di rilevati e piazzali e come tali potranno essere certificati secondo le norme CE. A conferma di tale utilizzo si evidenzia che nell'area di intervento sono state attuate storicamente attività estrattive in varie fasi (cave pregresse degli anni 70, Ambito comunale AC14 e Polo G9 – UC1,

UC1bis in fase di autorizzazione), i cui materiali sono stati destinati alla realizzazione dei rilevati della linea Alta Velocità e di piazzali ad uso industriale nel territorio del parmense.

La quota parte di tali materiali non impiegata in cantiere per la realizzazione delle opere sarà trasportata a cura e onere dell'appaltatore verso i siti di utilizzo esterni alla cassa di espansione in progetto, la cui individuazione è a carico dall'appaltatore stesso.

### **3.4 LIMI, ARGILLE, SABBIE E GHIAIE IN MATRICE MOLTO ABBONDANTE (AES8\_SUBSISTEMA DI RAVENNA) – G2**

Questo materiale, posto al di sotto dei terreni prevalentemente ghiaiosi dell'Unità di Modena nelle zone prossime all'alveo e sub-affiorante nelle restanti aree della cassa di espansione, è costituito da depositi prevalentemente ghiaiosi in matrice limo-argillosa molto abbondante, alternati a livelli stratificati di limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie.

Tali terreni saranno completamente riutilizzati per la realizzazione dei rilevati arginali e per il recupero ambientale dell'area, secondo le indicazioni in merito riportate nel progetto.

La quota parte di tali materiali non impiegata in cantiere per la realizzazione delle opere sarà trasportata a cura e onere dell'appaltatore verso i siti di utilizzo esterni alla cassa di espansione in progetto, la cui individuazione è a carico dall'appaltatore stesso.

### **3.5 TERRENI SUPERFICIALI CON MATERIALI ANTROPICI DI RIPORTO - R**

Durante l'esecuzione degli scavi esplorativi, effettuati per il prelievo dei campioni di terreno necessari alla caratterizzazione ambientale dell'area, è stata riscontrata in alcune aree (pozzetti T1, T4, T5, T9, T10, T11, T14, T15, T16, T21, T31, T34, T35, T36, T39, T41, T65 ), la presenza di elementi che potrebbero far ricondurre i terreni a materiali di riporto di origine antropica.

L'attività di caratterizzazione effettuata ha evidenziato la non contaminazione di tali terreni di riporto e di conseguenza il loro possibile reimpiego all'interno delle aree di cantiere (la presenza di alcuni campioni le cui concentrazioni relative al parametro Idrocarburi C>12 superano il limite di 50 mg/Kg della colonna A sarà ampiamente trattata all'interno del capitolo relativo alla caratterizzazione ambientale).

Tali terreni saranno completamente riutilizzati per la realizzazione dei rilevati arginali, secondo le indicazioni in merito riportate nel progetto.

### **3.6 TERRENI DI RIPORTO NELLA ZONA DEL DEPURATORE DI SALA BAGANZA - R**

Durante l'indagine di caratterizzazione ambientale dell'area è stata effettuata la verifica della sussistenza di eventuali passività ambientali del suolo e del sottosuolo nell'area ubicata al margine sud-occidentale della Cassa di espansione sul T. Baganza, in cui era segnalata la presenza di una "discarica incontrollata e/o abbandono di rifiuti".

Durante l'esecuzione degli scavi esplorativi effettuati per il prelievo dei campioni necessari alla caratterizzazione ambientale dei terreni, sono stati rinvenuti orizzonti di materiali di riporto, caratterizzati per lo più da terreni frammisti a isolati laterizi e materiali inerti.

Si evidenzia che l'area interessata da tali depositi risulta interessata solo da interventi secondari connessi alla cassa di espansione (realizzazione di difese spondali) che non dovrebbero prevedere attività di scavo, qualora si rendesse necessario lo scavo di tali materiali, tali materiali potranno essere reimpiegati in loco previa esecuzione dei test di cessione.

Tali terreni saranno completamente riutilizzati per la realizzazione dei rilevati arginali, secondo le indicazioni in merito riportate nel progetto.

### **3.7 TERRENI DI TOMBAMENTO DELLA CAVA PREGRESSA UBICATA NEI PRESSI DEL TOPONIMO CASANOVA VARRONE – R + B**

Al confine settentrionale della cava AC14 (ubicata all'interno del perimetro della cassa di espansione) si trova una zona interessata da attività estrattiva pregressa, ritombata con terre frammiste a materiale inerte proveniente da demolizioni (la presenza di alcuni campioni le cui concentrazioni relative al parametro Idrocarburi C>12 superano il limite di 50 mg/Kg della colonna A sarà ampiamente trattata all'interno del capitolo relativo alla caratterizzazione ambientale).

Tali terreni saranno completamente riutilizzati per la realizzazione dei rilevati arginali, secondo le indicazioni in merito riportate nel progetto.

## **4. CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI MATERIALI DI SCAVO**

### **4.1 PREMESSA**

Nel corso della progettazione definitiva degli interventi di realizzazione della Cassa di Espansione sul T.Baganza ed in particolare nella fase di caratterizzazione ambientale dei terreni oggetto di scavo era stato individuato un unico punto in cui la concentrazione degli idrocarburi superava la CSC prevista dalla colonna A di Tab. 1 allegato 5 al titolo V della parte quarta del D.lgs 152/06.

In conseguenza di tale ritrovamento, nel corso dello sviluppo della procedura di valutazione di impatto ambientale, è stato richiesto ai progettisti un approfondimento di indagine finalizzato alla delimitazione del volume oggetto di contaminazione.

La campagna di indagine integrativa, svolta nel corso del 2018, ha permesso di individuare altri punti all'interno del volume oggetto di scavo caratterizzati da concentrazioni di inquinanti comprese tra i limiti di colonna A e quelli di colonna B. E' stata quindi effettuata la prevista Comunicazione di potenziale contaminazione ed eventuale minaccia di danno ambientale (ai sensi degli artt. 242, o 245 e 304 del DLgs 152/06). Nei paragrafi che seguono sono descritte con maggiore dettaglio le caratteristiche della contaminazione, con riferimento ai diversi settori.

Arpae, con nota del 14/08/2019 n° Prot. 128173 ha avviato il procedimento amministrativo ai sensi dell'art. 245 del DLgs 152/06 smi. , attraverso l'elaborazione di un'analisi di rischio sito specifica finalizzata a verificare l'accettabilità del rischio connesso alla presenza dei terreni contaminati per i recettori individuati e di conseguenza determinare o meno lo stato di contaminazione dell'area. Con la Cds del 9/12/2019 la procedura di bonifica si è conclusa con la certificazione della non contaminazione del sito.



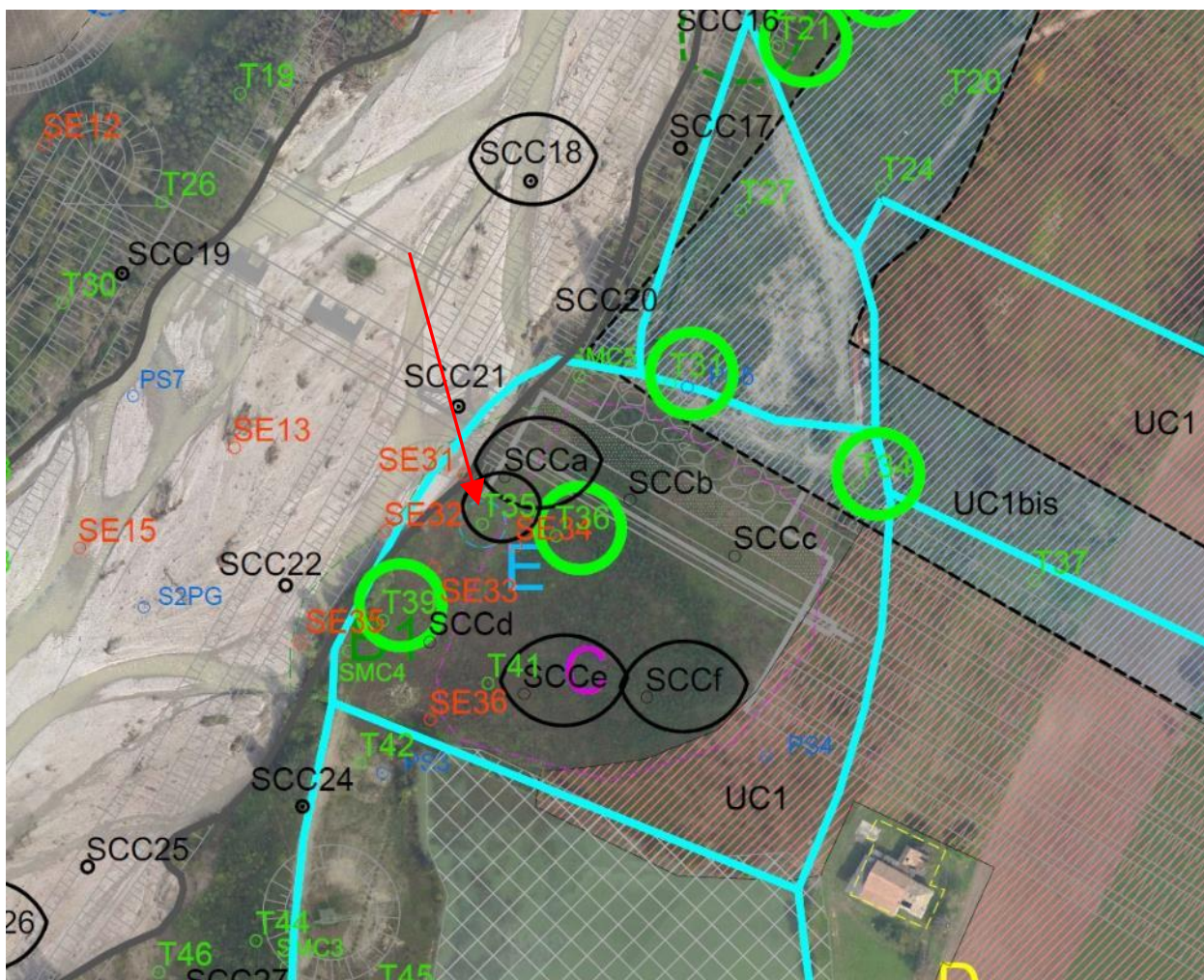
## 4.2 CAMPAGNA DI INDAGINE CONDOTTA NEL CORSO DEL PROGETTO DEFINITIVO

Nel corso della progettazione definitiva sono state realizzate 74 trincee esplorative con prelievo di campioni di terreno in corrispondenza sia della cassa di espansione che delle sponde del Baganza.

E' stato inoltre condotto un approfondimento di indagine in corrispondenza dell'area confinante con il depuratore di Sala Baganza considerata a rischio per la presenza di una non meglio identificata discarica di inerti.

I risultati dell'indagine hanno permesso di evidenziare la presenza di un solo punto caratterizzato dal superamento della CSC relativa agli idrocarburi C>12. Tale punto, identificato dalla sigla T35 nell'allegata planimetria di ubicazione delle indagini, è situato in corrispondenza di un cumulo di materiale di riporto limo argilloso realizzato nel corso dello sviluppo di attività estrattive pregresse, destinato allo stoccaggio del materiale fine di copertura presente al di sopra del giacimento ghiaioso.

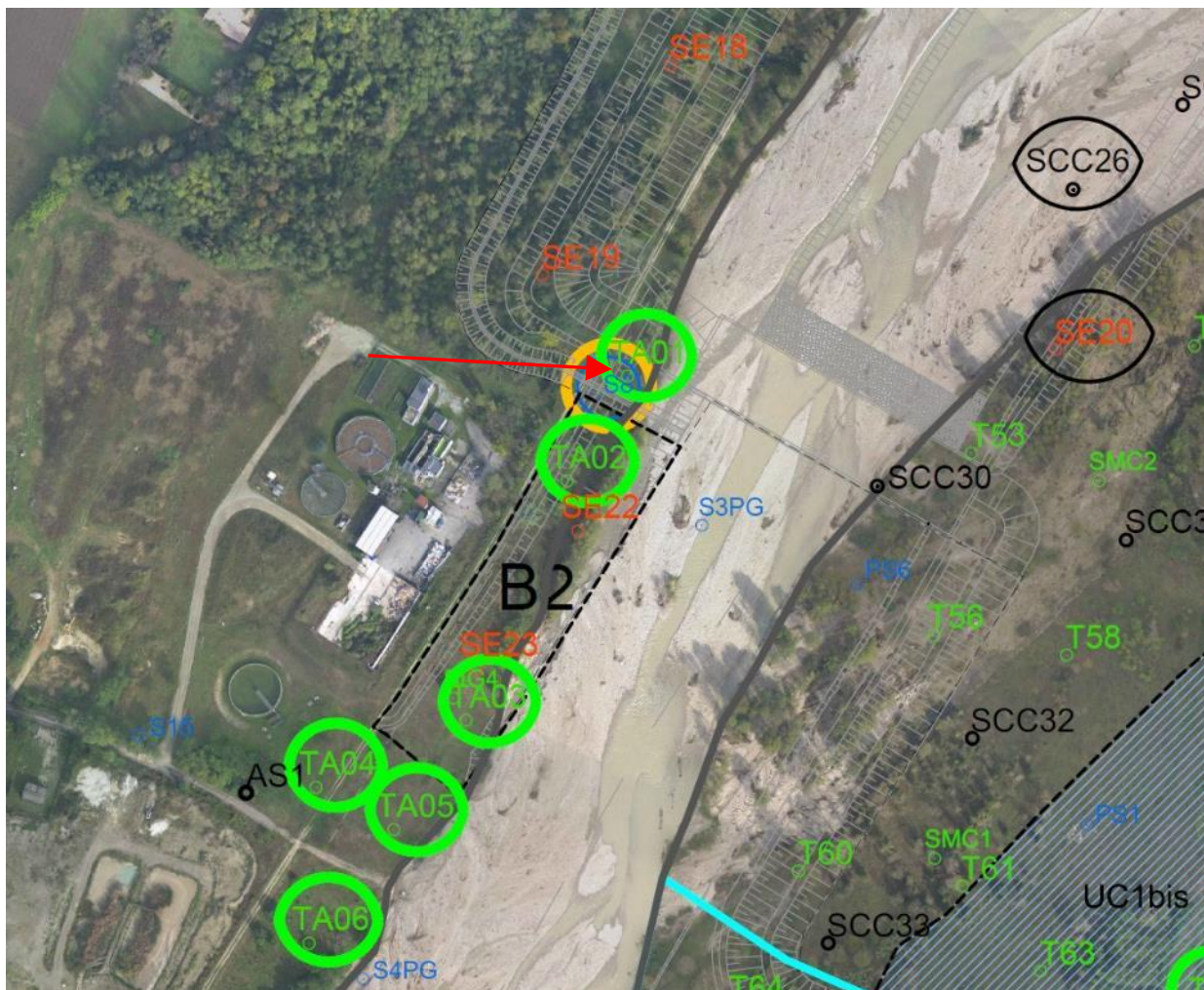
Il campione prelevato in corrispondenza della T35 ha evidenziato in particolare una concentrazione di idrocarburi C>12 pari a 73,4 mg/Kg superiore alla soglia di colonna A ma inferiore a quella della colonna B.





**Figura 1 Ubicazione del pozzetto T35**

Per quanto riguarda le analisi condotte in corrispondenza dell'area confinante con il depuratore di Sala Baganza, deve essere evidenziato che la stratigrafia dei terreni attraversati nel corso dei sondaggi evidenzia una composizione di materiali essenzialmente fini, eterogenei e con la presenza di materiale antropico (frammenti di laterizi e materiali plastici) con concentrazioni ampiamente inferiori al 20%. Solo uno dei sei campioni prelevati è risultato contaminato da idrocarburi, con una concentrazione di 122 mg/Kg. Si tratta in particolare del campione TA01 C2 la cui ubicazione è riportata nella Figura 2



**Figura 2 Ubicazione del pozzetto TA01**

### 4.3 CAMPAGNA DI INDAGINE INTEGRATIVA 2018

#### 4.3.1 Suolo e sottosuolo

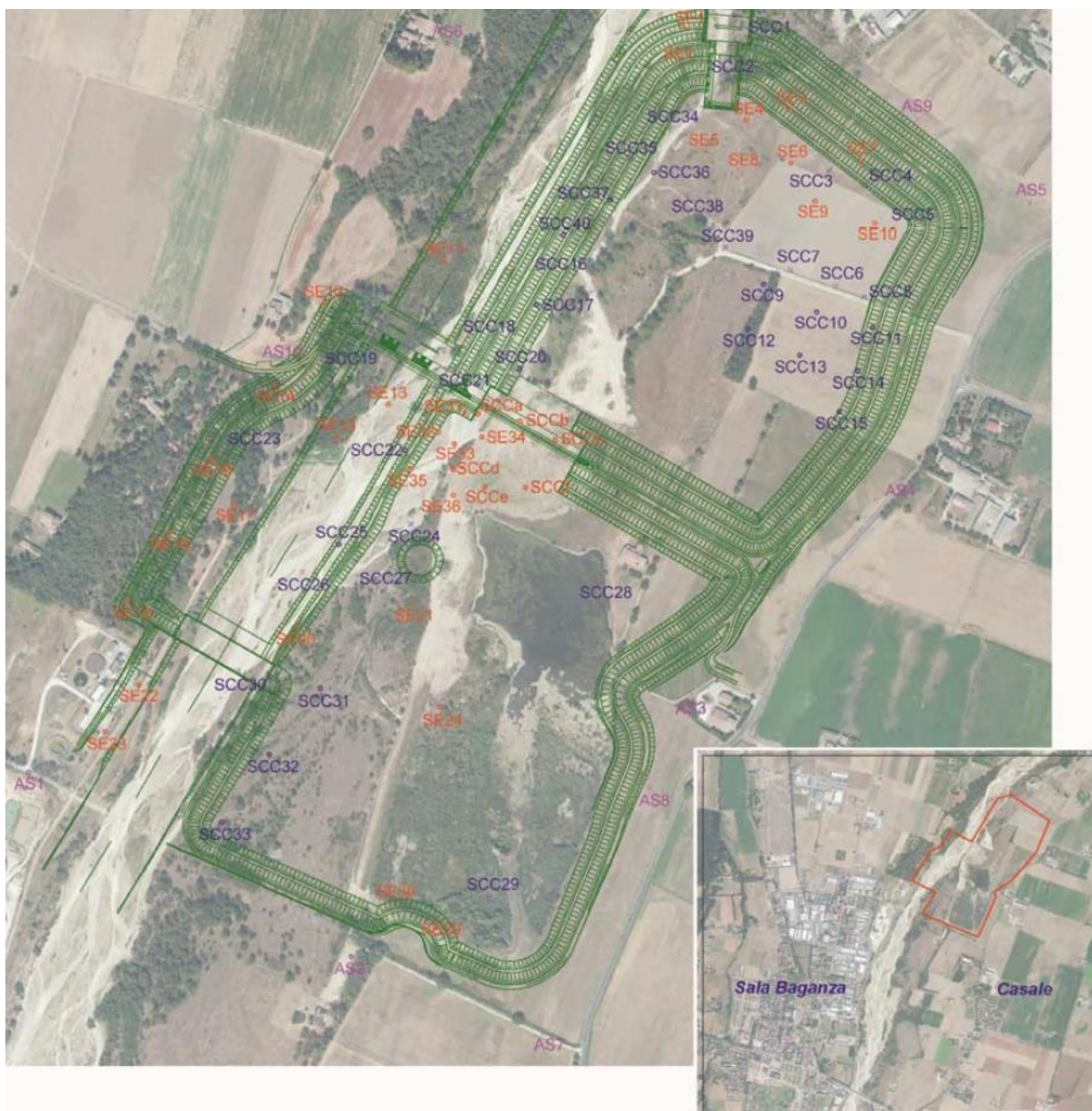
L'AIPo, in conseguenza dei risultati delle analisi di caratterizzazione e delle specifiche richieste pervenute in sede di valutazione di impatto ambientale ha programmato ed eseguito un approfondimento di indagine basato su campionamenti e rilievi eseguiti con sondaggi a carotaggio continuo e con escavatore.



Tra Dicembre 2017 e Febbraio 2018 sono state eseguite le seguenti indagini:

- n.° 46 Sondaggi Ambientali a carotaggio continuo;
- n.° 32 Pozzetti Esplorativi;
- n.° 213 Campioni Rimaneggiati per Analisi Chimiche;
- n.° 29 Campioni Rimaneggiati per Analisi Merceologiche;
- n.° 9 Sondaggi a carotaggio continuo con installazione di piezometri tipo Norton;
- n.° 1 Indagine Elettromagnetica

L'ubicazione delle indagini è riportata nella seguente Figura 3 e nella tavola allegata al presente documento.





**Figura 3 Ubicazione indagini integrative**

I risultati delle analisi che hanno evidenziato superamenti delle CSC indicate nella colonna A di Tab. 1 allegato 5 al titolo V della parte quarta del D.lgs 152/06 sono indicati nella seguente Tab. 1.

E' da evidenziare come in seguito all'applicazione in sottrazione dei valori di incertezza delle misure di concentrazione delle sostanze inquinanti il quadro dei punti in cui si evidenziano superamenti delle CSC si riduce in modo significativo.

Sondaggio	campione	Prof.	parametro	Concentrazione mg/Kg	Incetezza	Lim. Col. A	Giudizio
Scc a	1	0-1	idrocarburi C>12	128	39	50	Non conforme
Scc a	2	2-3	idrocarburi C>12	71	24.5	50	Conforme
Scc a	3	3-5	idrocarburi C>12	144	43	50	Non conforme
Scc e	5	9-10	nicel	185	48	120	Non conforme- Sotto falda
Scc f	1	0-1	idrocarburi C>12	50	15	50	Conforme
Scc 10	3	6	idrocarburi C>12	86	29.7	50	Non conforme- Sotto falda
Scc 18	3	5	idrocarburi C>12	57	19.7	50	Conforme
Scc 36	3	5	cobalto	63	9.8	20	Non conforme- Sotto falda
Scc 39	1	0-1	idrocarburi C>12	68	20	50	Conforme
Scc 39	3	5	cobalto	21	3.3	20	Conforme
SE 3	/	0-1	idrocarburi C>12	85,3	13.6	50	Non conforme
SE 20	/	0-1	idrocarburi C>12	119	19	50	Non conforme
SE 24	/	1-2	idrocarburi C>12	97,6	15.6	50	Non conforme
SE 24	/	2-3	idrocarburi C>12	92,4	14.8	50	Non conforme – Sotto falda
SE 29	/	0-1	idrocarburi C>12	144	23	50	Non conforme
SE 29	/	2-3	idrocarburi C>12	53,8	3.8	50	Conforme
TA01	2	1-2,2	idrocarburi C>12	122	20.7	50	Non conforme
T35	/	0-1	idrocarburi C>12	73	8.1	50	Non conforme

**Tabella 1 Campioni che hanno manifestato superamenti delle CSC con indicazione delle conformità a seguito della sottrazione del valore di incertezza della misura**

Deve inoltre essere evidenziato come alcuni campioni prelevati in profondità si trovino permanentemente sotto il livello di falda e non costituiscano quindi dal punto di vista concettuale una fonte di inquinamento dell'insaturo.

Sulla base dei valori di soggiacenza massima riportati nel paragrafo 5.3.3 e delle considerazioni espresse nel par. 5.3.6 è possibile quindi escludere dall'elenco dei campioni che manifestano superamenti delle CSC per la matrice ambientale terreno i campioni Scce/5 alla profondità di 9-10 m, il campione Scc10/3 alla profondità di 6 m dal p.c. , il campione Scc36/3 alla profondità di 5 metri e il campione SE24 alla profondità 2-3 m.

**La seguente tabella sintetizza le caratteristiche dei campioni che manifestano superamenti delle CSC per la componente suolo rispetto ai quali sarà eseguita l'analisi assoluta di rischio.**

Sondaggio	campione	Prof.	parametro	Concentrazione mg/Kg	Incetezza	Lim. Col. A	Giudizio
Scc a	1	0-1	idrocarburi C>12	128	39	50	Non conforme

Sondaggio	campione	Prof.	parametro	Concentrazione mg/Kg	Incertezza	Lim. Col. A	Giudizio
Sc a	3	3-5	idrocarburi C>12	144	43	50	Non conforme
SE 3	/	0-1	idrocarburi C>12	85,3	13.6	50	Non conforme
SE 20	/	0-1	idrocarburi C>12	119	19	50	Non conforme
SE 24	/	1-2	idrocarburi C>12	97,6	15.6	50	Non conforme
SE 29	/	0-1	idrocarburi C>12	144	23	50	Non conforme
TA01	2	1-2,2	idrocarburi C>12	122	20.7	50	Non conforme
T35	/	0-1	idrocarburi C>12	73	8.1	50	Non conforme

**Tabella 2** Caratteristiche dei campioni che manifestano superamenti delle CSC per la componente suolo

Tutti i test di cessione eseguiti sui materiali hanno evidenziato la conformità alle concentrazioni soglia nelle acque sotterranee (D.Lgs 152/2006 Tab.2 All.5 Parte Quarta).

La seguente tabella riporta l'elenco dei campioni sottoposti a test di cessione:

Sondaggio	Campione	Profondità		Sondaggio	Campione	Profondità
SSC39	CAMP.1	(0-1m)		SCC23	CAMP.2	(2-3 m)
SSC38	CAMP.1	(0-1m)		SCC23	CAMP.3	(5m)
SCCc	CAMP.3	(3-5m)		SCCd	CAMP.3	(3-5 m)
SSC37	CAMP.2	(2-3m)		SCC23	CAMP.1	(0-1m)
SCCf	CAMP.1	(0-1m)		SCCa	CAMP.1	(0-1 m)
SSC36	CAMP.1	(0-1m)		SCCd	CAMP.5	(9-10 m)
SSC35	CAMP.1	(0-1m)		SCCb	CAMP.5	(9-10 m)
SSC34	CAMP.2	(2-3m)		SCCa	CAMP.3	(3-5 m)
SCCb	CAMP.1	(0-1m)		SCCf	CAMP.3	(3-5 m)
SSC34	CAMP.1	(0-1m)		SCCf	CAMP.5	(9-10 m)
SCCc	CAMP.5	(9-10 m)		SCCe	CAMP.5	(9-10 m)
SCCc	CAMP.1	(0-1 m)		SCCa	CAMP.5	(9-10 m)
SCCe	CAMP.1	(0-1 m)		SSC40	CAMP.2	(2-3 m)
SCCe	CAMP.3	(3-5 m)		SCCd	CAMP.1	(0-1 m)
SCC22	CAMP.1	(0-1 m)		SSC37	CAMP.1	(0-1 m)
SCCb	CAMP.3	(3-5 m)		SSC40	CAMP.1	(0-1 m)

**Tabella 3** Campioni sottoposti a Test di cessione

#### 4.3.2 Acque sotterranee

Le analisi effettuate sui campioni di acque di falda prelevati nel sito in esame in fase di progettazione definitiva evidenziano il rispetto dei limiti di Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC) dei parametri analizzati, di cui alla Tabella 2, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (i rapporti di prova delle analisi condotte dal laboratorio R&C Lab S.r.l sono riportate nell'Allegato 4 dell'elaborato BAG2\_05TRS\_R\_RE\_02\_A\_Piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo).

L'ubicazione dei piezometri è individuabile nella planimetria allegata.

Nella seguente Tabella 4 vengono riassunti i risultati delle analisi chimiche effettuate:

Parametro		u.m.	Valore limite Tabella 2 - All.5 - Titolo V - Parte IV - D.Lgs 152/2006	Si Rapporto di prova 5799- 14027	Sh Rapporto di prova 5799- 14028	Sf Rapporto di prova 5799- 14029	S8 Rapporto di prova 5799- 14030
Metalli	Alluminio	µg/l	200	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
	Arsenico	µg/l	10	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
	Cromo	µg/l	50	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
	Ferro	µg/l	200	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	Manganese	µg/l	50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
	Mercurio	µg/l	1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
	Nichel	µg/l	20	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
	Piombo	µg/l	10	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
	Rame	µg/l	1.000	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
	Zinco	µg/l	3.000	<10,0	<10	<10	<10
Anioni	Cloruri	mg/l	-	15,9	21,3	26,9	20,2
	Nitrati	mg/l	-	2,93	7,35	9,54	3,39
	Solfati	mg/l	250	28,7	29,4	30,0	32,6
Azoto e forme azotate	Azoto ammoniacale	mg/l	1	<0,050	<0,010	0,012	0,012
Composti organici aromatici	Benzene	µg/l	1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
	Etilbenzene	µg/l	50	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
	(m+p)-Xilene	µg/l	10	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
	Stirene	µg/l	25	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
	Toluene	µg/l	15	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Idrocarburi Policiclici Aromatici	Naftalene	µg/l	-	0,026	0,047	0,025	0,029
	Acenaftene	µg/l	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
	Acenaftilene	µg/l	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
	Antracene	µg/l	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
	Benzo(a)antracene	µg/l	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
	Benzo(a)pirene	µg/l	0,01	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
	Benzo(b)fluorantene	µg/l	0,1	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
	Benzo(e)pirene	µg/l	-	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10

Parametro	u.m.	Valore limite Tabella 2 - All.5 - TitoloV - Parte IV - D.Lgs 152/2006	Si	Sh	Sf	S8
			Rapporto di prova 5799- 14027	Rapporto di prova 5799- 14028	Rapporto di prova 5799- 14029	Rapporto di prova 5799- 14030
Benzo(g,h,i)perilene	µg/l	0,01	<0,00100	<0,00100	<0,00100	<0,00100
Benzo(k)fluorantene	µg/l	0,05	<0,00500	<0,00500	<0,00500	<0,00500
Crisene	µg/l	5	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Dibenzo(a,e)pirene	µg/l	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Dibenzo(a,h)pirene	µg/l	-	<0,0090	<0,0090	<0,0090	<0,0090
Dibenzo(a,i)pirene	µg/l	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Dibenzo(a,l)pirene	µg/l	-	<0,0080	<0,0080	<0,0080	<0,0080
Dibenzo(a,h)antracene	µg/l	0,01	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Fenantrene	µg/l	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Fluorantene	µg/l	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Fluorene	µg/l	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Indeno(1,2,3-cd)pirene	µg/l	0,1	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Pirene	µg/l	50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Somma IPA (31,32,33,36)	µg/l	0,1	0	0	0	0
Solventi organici alogenati volatili	Clorometano	µg/l	1,5	<0,0400	<0,0400	<0,0400
	Cloroformio	µg/l	0,15	0,0202	0,0436	0,0308
	Cloruro di vinile	µg/l	0,5	<0,0500	<0,0500	<0,0500
	1,2-Dicloroetano	µg/l	3	<0,0300	<0,0300	<0,0300
	1,1-Dicloroetilene	µg/l	0,05	<0,00500	<0,00500	<0,00500
	Tricloroetilene	µg/l	1,5	<0,0300	<0,0300	<0,0300
	Tetracloroetilene	µg/l	1,1	<0,0500	<0,0500	<0,0500
	Esaclorobutadiene	µg/l	0,15	<0,0150	<0,0150	<0,0150
	Sommatoria composti organoalogenati	µg/l	10	0,0202*	0,0436*	0,0308*
	1,1-Dicloroetano	µg/l	810	<0,040	<0,040	<0,040
	Cis-1,2-dicloroetilene	µg/l	-	<0,0300	<0,0300	<0,0300
	Trans-1,2-dicloroetilene	µg/l	-	<0,0500	<0,0500	<0,0500
	1,2-Dicloroetilene (Somma)	µg/l	60	0	0	0
	1,2-Dicloropropano	µg/l	0,15	<0,050	<0,050	<0,050
	1,1,2-Tricloroetano	µg/l	0,2	<0,020	<0,020	<0,020
	1,2,3-Tricloropropano	µg/l	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010
	1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/l	0,05	<0,0050	<0,0050	<0,0050
	Bromoformio	µg/l	0,3	<0,030	<0,030	<0,030
	1,2-Dibromoetano	µg/l	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010
	Dibromoclorometano	µg/l	0,13	<0,013	<0,013	<0,013
	Bromodichlorometano	µg/l	0,17	<0,017	<0,017	<0,017
Idrocarburi	I.C. C6÷C10 come n-esano	µg/l	-	<10,0	<10,0	<10,0
	I.C. C10÷C40 come n-esano	µg/l	-	<25,0	<25,0	340
	Idrocarburi Totali come n-esano (da calcolo)	µg/l	350	0	0	340

Tabella 4 Riepilogo dei risultati delle analisi di laboratorio effettuate sui campioni di acqua prelevati



#### 4.4 STATO DELLA CONTAMINAZIONE

I risultati delle analisi effettuate sui campioni elencati nella Tabella 2 relativi a suolo e sottosuolo evidenziano superamenti delle concentrazioni soglia di contaminazione indicate nella colonna A per il parametro idrocarburi C>12.

Tutti i valori di concentrazione individuati risultano inferiori ai limiti di colonna B.

Per tutte le sorgenti di contaminazione (Suolo Profondo, Suolo Superficiale) la procedura che è stata adottata per la delimitazione delle sorgenti all'interno del sito contaminato, sulla base dei dati di caratterizzazione, è stata ricavata dall'interpretazione dell'Appendice D del documento Risk Assessment Guidance for Superfunds (US EPA, 2001).

Tale procedura può essere così riassunta:

- Suddivisione in poligoni di influenza dell'area oggetto d'indagine, secondo la strategia di campionamento ragionato (poligoni di Thiessen);
- Determinazione della continuità spaziale delle sorgenti;
- Analisi del vicinato dei poligoni con  $C < CSC$ .

La definizione dei poligoni di Thiessen è stata effettuata mediante l'impiego del software Q-GIS.

Per fare ciò, i dati relativi alla qualità ambientale del sito (implementati nei geodatabase all'interno di Postgres SQL) sono stati gestiti attraverso l'estensione spaziale "PostGIS" al fine di creare degli shapefile (file in formato vettoriale) e visualizzarli correttamente in ambiente QGIS (versione 2.20.0). L'area di indagine è stata suddivisa in poligoni di influenza (poligoni di Thiessen), uno per ogni punto di campionamento (con superamenti delle CSC e non). Di questi, sono stati selezionati solo quei poligoni caratterizzati da un campionamento che presentava almeno un superamento delle CSC.

I materiali che manifestano superamenti delle CSC presentano un volume complessivo pari a 49.368 m<sup>3</sup>.

La seguente tabella sintetizza le caratteristiche di ciascun punto di analisi.

Sondaggio	campione	Prof.	parametro	Concentrazione mg/Kg	Superficie poligono Thiessen	Spessore fuori falda	Volume
Scc a	1	0-1	idrocarburi C>12	128	1.299	3	3.897
Scc a	3	3-5	idrocarburi C>12	144			
SE 3	/	0-1	idrocarburi C>12	85,3	9312	1	9.312
SE 20	/	0-1	idrocarburi C>12	119	5.747	1	5.747
SE 24	/	1-2	idrocarburi C>12	97,6	14.748	1	14.748
SE 29	/	0-1	idrocarburi C>12	144	5.351	1	5.351
TA01	2	1-2,2	idrocarburi C>12	122	8.126	1.2	9.751
T35	/	0-1	idrocarburi C>12	73	562	1	562
							<b>49.368</b>

La planimetria allegata al presente documento evidenzia, con riferimento all'assetto di progetto della cassa di espansione la posizione dei singoli punti di verifica, nonché l'estensione dei poligoni di Thiessen. La seguente figura ne riporta uno stralcio fuori scala.



**Figura 4**      **Rappresentazione dei poligoni di Thiessen con indicazione delle dimensioni rispetto alla direzione di scorrimento della falda**

## 5. ANALISI DI RISCHIO ASSOLUTA

### 5.1 PREMESSA

L'analisi di rischio connessa ad un sito inquinato è al momento una delle procedure più avanzate per la valutazione del grado di contaminazione di un'area e per la definizione delle priorità e modalità di intervento nel sito stesso.

Il criterio della analisi assoluta conduce ad una valutazione del rischio connesso ad un sito, in termini di verifica delle possibili conseguenze legate alla sua situazione qualitativa e di definizione degli obiettivi di risanamento vincolati alle condizioni specifiche del singolo sito.

Tale valutazione di rischio si effettua, in genere, su siti che rappresentano un pericolo cronico per l'uomo e/o l'ambiente, stimando un livello di rischio e, conseguentemente, dei valori limite di concentrazione, determinati in funzione delle caratteristiche della sorgente dell'inquinamento, dei meccanismi di trasporto e dei bersagli della contaminazione.

Il Rischio (R), come definizione derivata originariamente dalle procedure di sicurezza industriale, è inteso come la concomitanza della probabilità di accadimento di un evento dannoso (P) e dell'entità del danno provocato dall'evento stesso (D):

$$R = P \times D$$

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

$$D = Fp \times Fe$$

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

$$R = E \times T$$

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

Il calcolo del rischio si differenzia a seconda che l'inquinante sia cancerogeno oppure non-cancerogeno.

Per le sostanze cancerogene:

$$R = E \times SF$$

Dove R (Rischio [adim]) rappresenta la probabilità di casi incrementali di tumore nel corso della vita, causati dall'esposizione alla sostanza, rispetto alle condizioni di vita usuali, SF (Slope Factor  $[mg/kg d]^{-1}$ ) indica la probabilità di casi incrementali di tumore nella vita per unità di dose.

Per le sostanze non cancerogene:



HQ = E / RfD

Dove HQ (Hazard Quotient [adim]) è un 'Indice di Pericolo' che esprime di quanto l'esposizione alla sostanza supera la dose tollerabile o di riferimento, RfD (Reference Dose [mg/kg d]) è la stima dell'esposizione media giornaliera che non produce effetti avversi apprezzabili sull'organismo umano durante il corso della vita.

La procedura di analisi di rischio può essere condotta in modalità diretta (forward mode) o inversa (backward mode). La modalità diretta permette di stimare il rischio sanitario per il recettore esposto, sia posto in prossimità del sito (on-site) che ad una certa distanza (off-site), conoscendo la concentrazione in corrispondenza della sorgente di contaminazione. Avendo invece fissato il livello di rischio per la salute ritenuto accettabile per il recettore esposto, la modalità inversa permette il calcolo della massima concentrazione in sorgente compatibile con la condizione di accettabilità del rischio.

## 5.2 SOFTWARE DI CALCOLO RISK-NET

Il software Risk-net v. 3.1 Pro permette di calcolare il rischio e gli obiettivi di bonifica legato alla presenza di contaminanti all'interno di un sito, applicando la procedura ISPRA di analisi di rischio sanitaria ("Criteri metodologici l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati"; ISPRA 2008) in accordo con quanto previsto dalla normativa italiana (D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 04/08).

Gli step seguiti per l'implementazione del calcolo sono i seguenti:

- ✓ Modello concettuale: definizione delle vie di migrazione e di esposizione attive nel sito, per ciascuna matrice ambientale (suolo superficiale, suolo profondo e falda).
- ✓ Contaminanti indicatori: selezione dei contaminanti per ciascuna matrice contaminata.
- ✓ Concentrazione rappresentativa alla sorgente (richiesta solo per la modalità "Forward"): definizione della concentrazione rappresentativa dei diversi contaminanti di interesse per le diverse matrici ambientali.
- ✓ Recettori: definizione dei recettori presenti all'interno (on-site) e in prossimità del sito (off-site).
- ✓ Fattori di esposizione: definizione dei fattori di esposizione che descrivono il modello di comportamento atteso per i recettori del sito in esame.
- ✓ Caratteristiche sito: inserimento delle proprietà specifiche e geometriche del sito e della sorgente che verranno utilizzate per il calcolo dei fattori di trasporto per le diverse vie di migrazione attivate.
- ✓ Rischio e CSR: Calcolo del rischio e degli obiettivi di bonifica (Concentrazioni Soglia di Rischio, CSR) noti esposizione e proprietà chimico-fisico e tossicologiche.

### 5.3 DEFINIZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE DEL SITO (MCS)

#### 5.3.1 Sorgente di contaminazione

Per applicare la procedura di AdR è necessario eseguire una schematizzazione concettuale e fisica degli elementi del mondo reale tra i quali, principalmente, la geometria del sito e della sorgente di contaminazione. Le sorgenti di contaminazione si differenziano in sorgenti primarie, rappresentate dell'elemento che è causa di inquinamento, e sorgenti secondarie identificate invece con il comparto ambientale contaminato (suolo, acqua, aria). Per l'area in esame la sorgente primaria non è identificabile e comunque è da ritenersi non più attiva, essendo terminate le attività estrattive e soprattutto quelle di riporto dei materiali.

In accordo agli standard di riferimento, la procedura di analisi di rischio è stata applicata riferendosi esclusivamente alla sorgente secondaria di contaminazione ovvero al comparto ambientale contaminato. Dalle caratterizzazioni effettuate nell'area in oggetto, i superamenti dei limiti normativi sono stati riscontrati nel suolo superficiale, compreso tra 0 ed 1 m di profondità dal piano campagna e nel suolo profondo, con profondità maggiore di 1 m dal piano campagna;

Nell' acqua sotterranea non sono stati riscontrati superamenti: l'attività di monitoraggio condotta nel corso della progettazione definitiva ha evidenziato che sono solo i piezometri di monte sia in sponda destra che sinistra Baganza a manifestare presenza di idrocarburi anche se con concentrazioni conformi alla CSC. I due piezometri di valle presentano concentrazione nulla.

In Tabella 5 vengono indicati per ciascuna subarea identificata attraverso la delimitazione dei poligoni di Thiessen i contaminanti indice per la sorgente di contaminazione suolo superficiale e suolo profondo, ovvero tutti quei contaminanti che sono stati rinvenuti nel suolo, durante le diverse indagini ambientali, con una concentrazione superiore alle rispettive CSC - Concentrazione Soglia di Contaminazione - così come riportate dal D.Lgs 152/2006 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (Tabella 1 -colonna A- dell'Allegato 5 al Titolo V).

Sub Area	Camp.	Prof.	Contaminanti indice Suolo Superficiale	Contaminanti indice Suolo Profondo
Scc a	1	0-1	Idrocarburi C>12	/
Scc a	3	3-5	/	Idrocarburi C>12
SE 3	/	0-1	Idrocarburi C>12	/
SE 20	/	0-1	Idrocarburi C>12	/
SE 24	/	1-2	/	Idrocarburi C>12
SE 29	/	0-1	Idrocarburi C>12	/
TA01	2	1-2,2	/	Idrocarburi C>12
T35	/	0-1	Idrocarburi C>12	/

**Tabella 5 Contaminanti indice nella Sorgente di contaminazione suolo**

Nel corso della CDS del 3/10/2019 è stato inoltre richiesto di considerare come contaminati, pur in assenza di indagini di caratterizzazione, anche i livelli di sottosuolo prossimi a quelli contaminati presenti all'interno dell'insaturo.



In conseguenza di queste indicazioni, verificando la presenza sulle verticali di indagine di eventuali ulteriori analisi di caratterizzazione con esito conforme, è stato ridefinito il modello concettuale della contaminazione nei termini descritti dalla seguente tabella Tabella 6.

Vengono di seguito descritte le considerazioni effettuate per ciascuna sub-area.

- Scc a: la presenza di un campione intermedio tra i due contaminati classificato conforme alle CSC non determina modifiche al modello locale.
- SE3: la presenza di due campioni conformi alle CSC al di sotto di quello contaminato non determina modifiche al modello locale.
- SE 20: la mancanza di campioni più profondi determina la necessità di estendere l'analisi anche al suolo profondo per l'intero spessore dell'insaturo.
- SE 24: il campione di suolo superficiale è conforme alle CSC e pertanto non sono necessarie modifiche al modello.
- SE 29: La presenza di un intervallo non analizzato rende necessaria l'estensione della contaminazione fino a 2 metri di profondità (suolo profondo intervallo 1-2 m).
- TA01: il campione superficiale è conforme e pertanto non sono necessarie modifiche al modello.
- T35: la presenza di un solo campione superficiale contaminato rende necessaria l'estensione dell'analisi al suolo profondo per tutto lo spessore dell'insaturo.

Sub Area	Camp.	Prof.	Contaminanti indice Suolo Superficiale	Contaminanti indice Suolo Profondo
Scc a	1	0-1	Idrocarburi C>12	/
Scc a	3	3-5	/	Idrocarburi C>12
SE 3	/	0-1	Idrocarburi C>12	/
SE 20	/	0-1	Idrocarburi C>12	/
SE 20	/	>1	/	Idrocarburi C>12
SE 24	/	1-2	/	Idrocarburi C>12
SE 29	/	0-1	Idrocarburi C>12	/
SE 29	/	1-2	/	Idrocarburi C>12
TA01	2	1-2,2	/	Idrocarburi C>12
T35	/	0-1	Idrocarburi C>12	/
T35	/	>1	/	Idrocarburi C>12

**Tabella 6 Contaminanti indice nella Sorgente di contaminazione suolo rivista in base alle indicazioni della CDS del 3/10/2019**

**Come già evidenziato non sono stati individuati contaminanti indice per la matrice ambientale acqua sotterranea**, poiché le analisi effettuate non hanno mostrato superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) riportate nella tabella 2 dell'Allegato 5 Parte IV - Titolo V del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i..

### 5.3.2 Identificazione delle Concentrazioni Rappresentative alla Sorgente (CRS)

L'applicazione di un livello 2 di analisi di rischio richiede, per ogni contaminante rilevato a concentrazione maggiore rispetto alla sua CSC, l'individuazione di un unico valore di concentrazione rappresentativa in corrispondenza ad ogni sorgente secondaria di contaminazione (suolo superficiale, suolo profondo). Tale valore rappresenta un input primario per l'analisi di rischio e corrisponde alla C MAX (Concentrazione massima) analiticamente determinata per ogni sorgente.

Le CRS sono quindi state ricavate sia per la sorgente Suolo Superficiale che per la sorgente Suolo Profondo selezionando, per ciascun contaminante, il massimo valore di concentrazione rilevato tra tutti i valori di concentrazione misurati superiori alla corrispettiva CSC.

Nella presente analisi di rischio, al fine di discriminare la zona insatura da quella satura, si è preso come valore di soggiacenza più conservativo misurato in fase di rilievo freaticometrico della falda durante le ultime campagne di monitoraggio del 2012 -2019. La sintesi degli elementi di natura idrogeologica considerati è riportata nel Par. 5.3.6.

Nelle successive Tabelle si riportano i valori di CRS che sono stati inseriti nella presente elaborazione dell'Analisi di Rischio relativa alla matrice Suolo Superficiale e Suolo Profondo.

Sub Area	Camp.	Prof.	Parametro	Conc. mg/Kg	Incertezza	CRS mg/Kg	CSC - D.Lgs. 152/2006 Tab. 1 Col. A Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale (mg/kg ss)
Scc a	1	0-1	idrocarburi C>12	128	39	89	50
SE 3	/	0-1	idrocarburi C>12	85,3	13.6	71.7	50
SE 20	/	0-1	idrocarburi C>12	119	19	100	50
SE 29	/	0-1	idrocarburi C>12	144	23	121	50
T35	/	0-1	idrocarburi C>12	73	8.1	64.9	50

**Tabella 7** Concentrazioni Rappresentative di Sorgente (CRS) per la sorgente di contaminazione Suolo Superficiale

Sub Area	Camp.	Prof.	Parametro	Conc. mg/Kg	Incertezza	CRS mg/Kg	CSC - D.Lgs. 152/2006 Tab. 1 Col. A Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale (mg/kg ss)
Scc a	3	3-5	idrocarburi C>12	144	43	101	50
SE 20		>1	idrocarburi C>12	119	19	100	50
SE 24	/	1-2	idrocarburi C>12	97,6	15.6	82	50
SE 29		1-2	idrocarburi C>12	144	23	121	50
TA01	2	1-2,2	idrocarburi C>12	122	20.7	101.3	50
T35		>1	idrocarburi C>12	73	8.1	64.9	50

**Tabella 8** Concentrazioni Rappresentative di Sorgente (CRS) per la sorgente di contaminazione Suolo Profondo



Per quanto attiene le classi di composti “idrocarburi C>12” per i terreni, le linee guida dell'APAT ed il Documento di Supporto alla banca dati ISS-INAIL (2015) riportano che, ai fini di una corretta caratterizzazione della contaminazione, per tali contaminanti deve essere effettuata la speciazione secondo il metodo MADEP (2002) o il metodo TPHCWG (1997) eseguibile sottoponendo i campioni di terreno contaminato ad una analisi di distillazione frazionata degli idrocarburi stessi (fingerprint).. Per la sorgente Suolo, i dati analitici si riferiscono però alla classe idrocarburica C>12, e non alle singole frazioni sicché, in accordo a quanto riportato nel Documento di Supporto alla banca dati ISS-INAIL (2018) si è provveduto, per ogni classe di composti, a selezionare la frazione idrocarburica rappresentativa più critica e conservativa, individuata in relazione alla specificità del caso. Relativamente agli idrocarburi C>12 sono quindi state considerate le classi aromatiche C11-C22 della classificazione MADEP, in quanto quelle che presentano una tossicità maggiore.

### 5.3.3 Delimitazione e caratteristiche delle aree sorgente

Le seguenti tabelle descrivono le caratteristiche delle sub aree individuate come sorgenti di contaminazione, utilizzate per l'analisi di rischio.

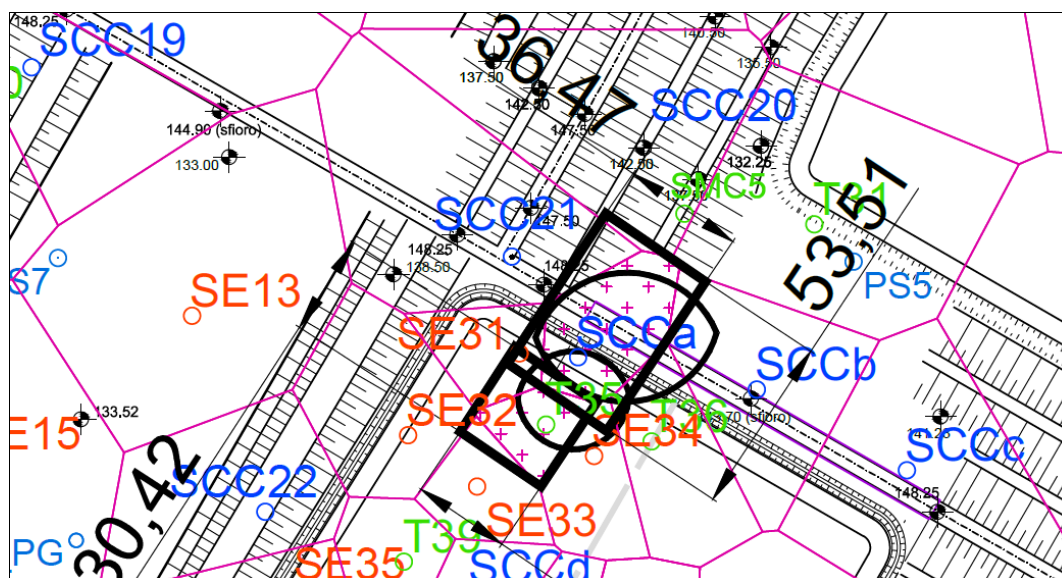
Sub Area	Camp.	Prof.	Superficie	Largh	Lungh	Quota p.c.	Quota max falda	Soggiacenza	Distanza POC
Scc a	1	0-1	1.299	36.47	53.51	138.8	135.5	3.3	600
SE 3	/	0-1	9312	105.24	130.47	132.2	129.5	2.7	0
SE 20	/	0-1	5.747	147.78	74.46	141.1	138.2	2.9	958
SE 29	/	0-1	5.351	107.57	112.27	143.0	141.7	1.3	1.123
T35	/	0-1	562	29.51	30.42	139.2	135.5	3.7	649

**Tabella 9 Caratteristiche delle sorgenti Suolo Superficiale**

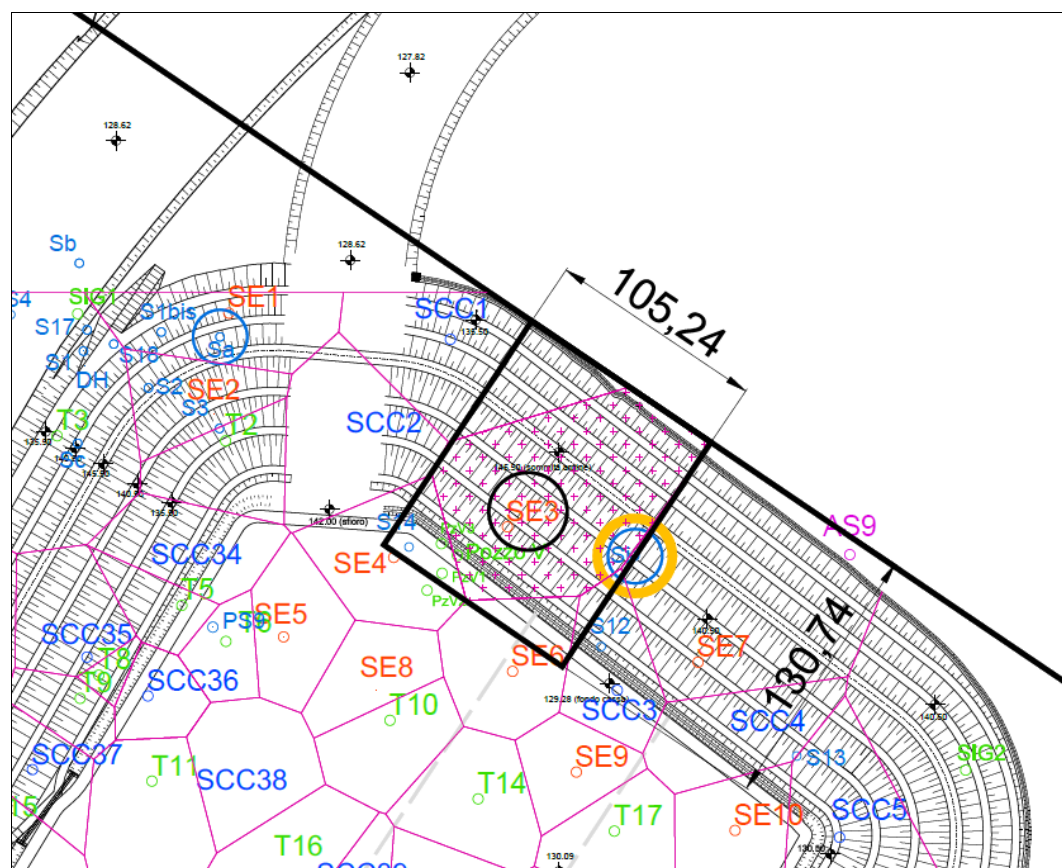
Sub Area	Camp.	Prof.	Superficie	Largh	Lungh	Quota p.c.	Quota max falda	Soggiacenza	Distanza POC
Scc a	3	3-5	1.299	36.47	53.51	138.8	135.5	3.3	600
SE 20		>1	5.747	147.78	74.46	141.1	138.2	2.9	958
SE 24	/	1-2	14.748	166.81	172.03	139.6	138.2	1.4	921
SE 29		1-2	5.351	107.57	112.27	143.0	141.7	1.3	1.123
TA01	2	1-2,2	8.126	101.56	125.39	145.0	141.7	3.3	1.014
T35		>1	562	29.51	30.42	139.2	135.5	3.7	649

**Tabella 10 Caratteristiche delle sorgenti Suolo Profondo**

Le seguenti figure descrivono in dettaglio le singole sorgenti.

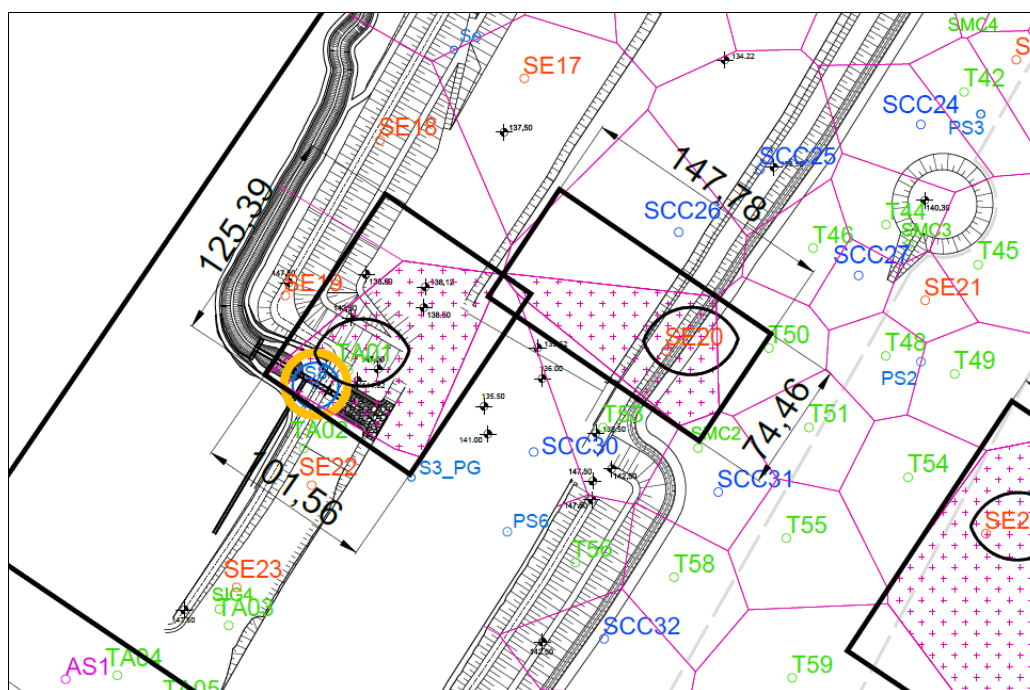


**Figura 5**                      **Sorgente Scc a**

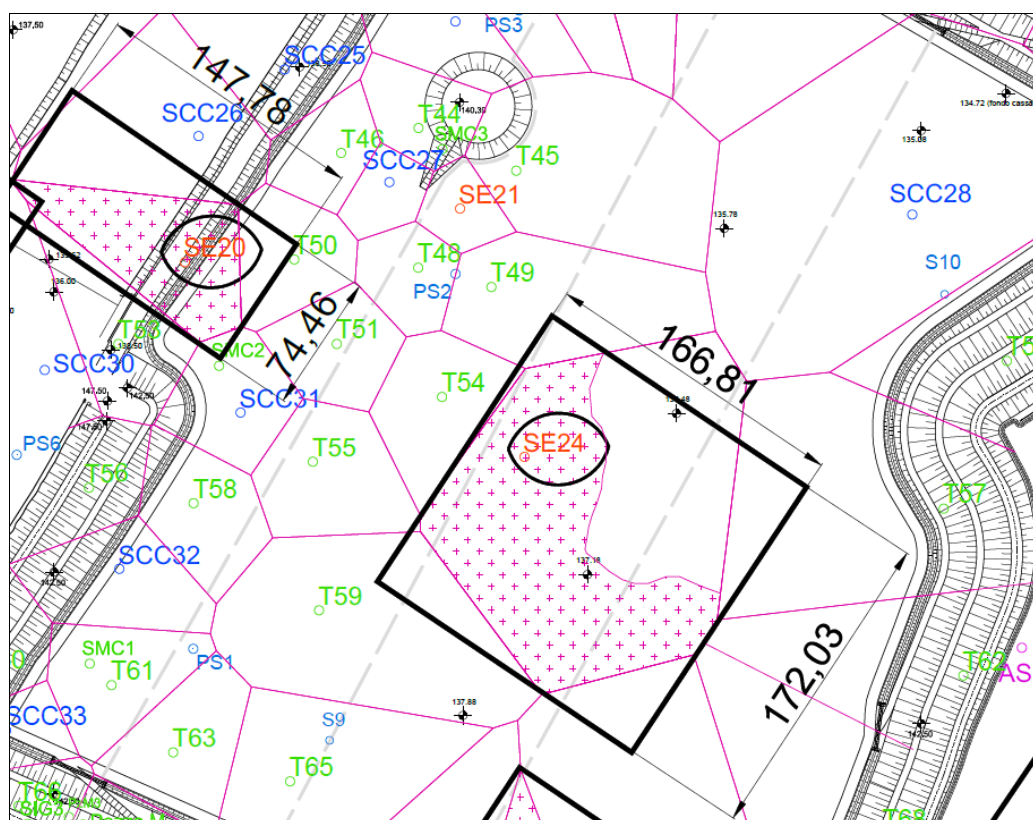


**Figura 6**                      **Sorgente SE 3**





## Sorgente SE 20



## Sorgente SE 24

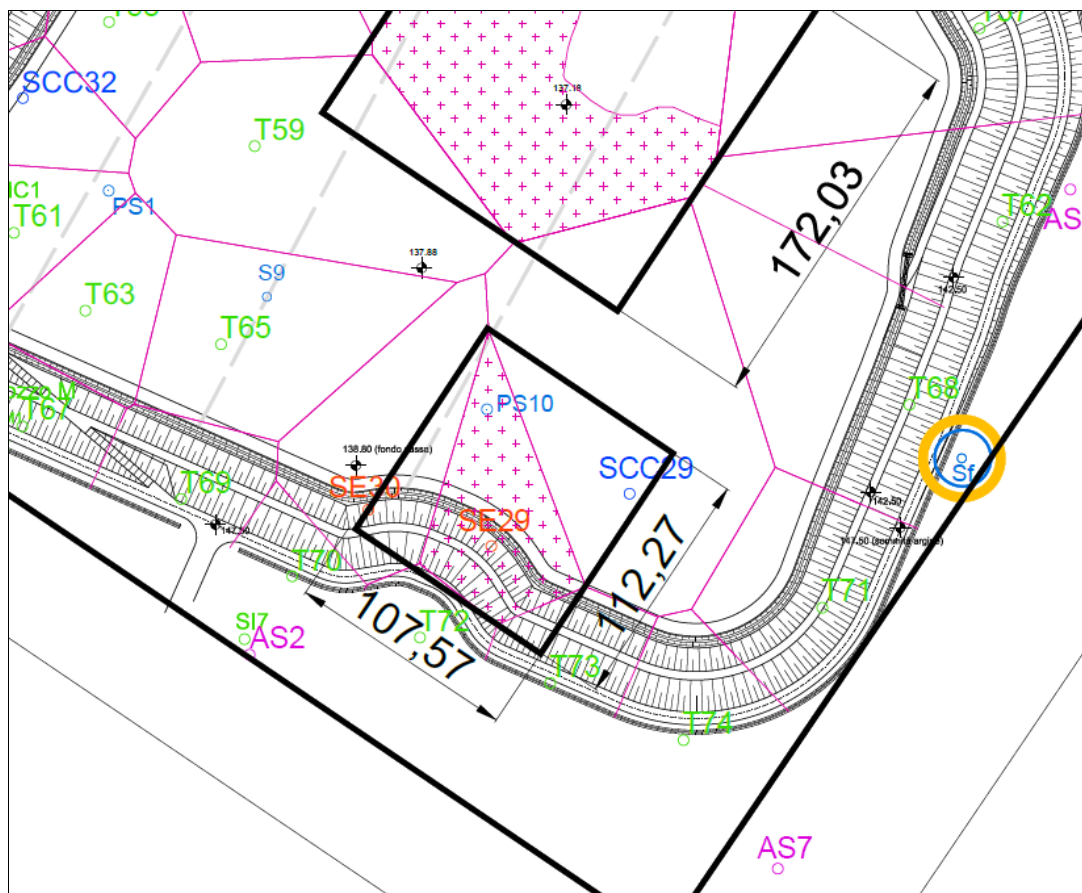


Figura 9 Sorgente SE 29

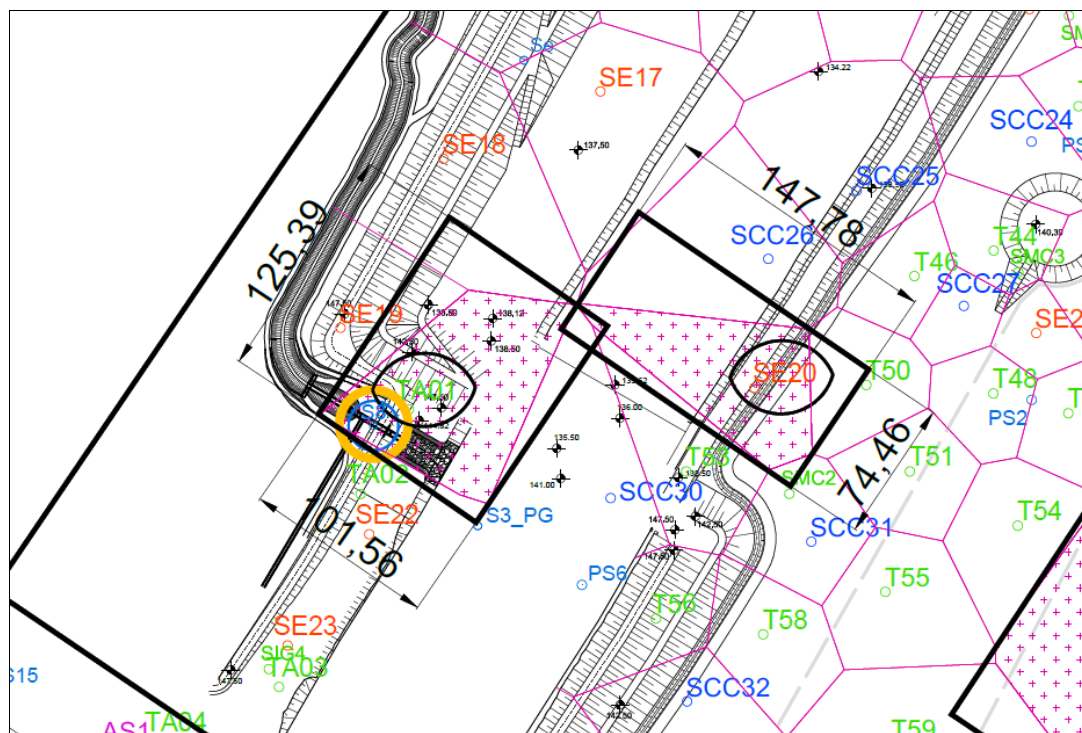
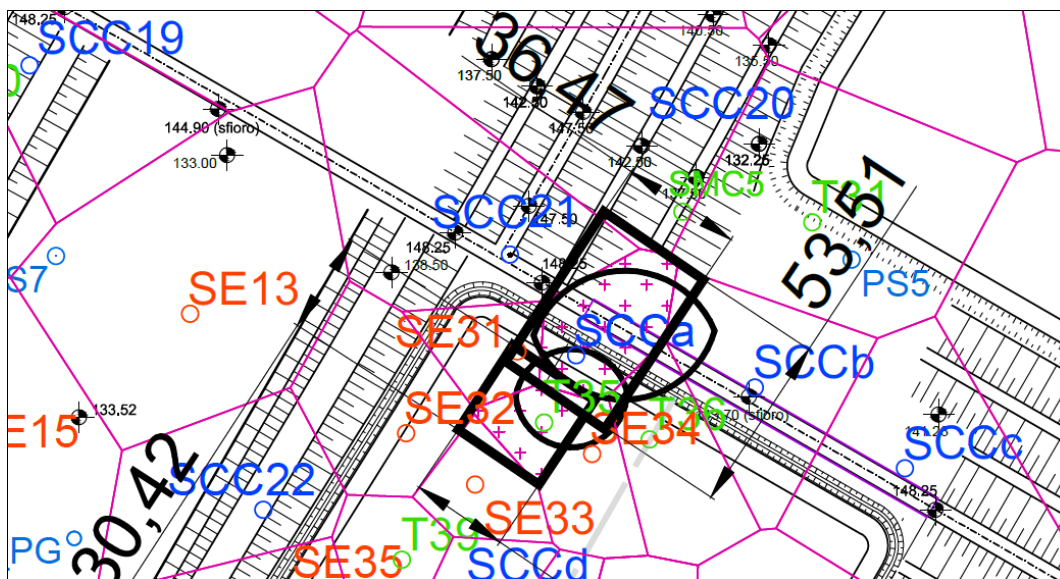


Figura 10 Sorgente TA01




**Figura 11**
**Sorgente T35**


#### 5.3.4 Recettori


Data la destinazione d'uso prevista per il sito, nella presente valutazione del rischio sono stati considerati quali potenziali recettori della contaminazione sia On-site che Off-site i residenti adulti, bambini, adolescenti e anziani, per tutti i percorsi di esposizione valutati attivi.


on-site
off-site

**Recettori on-site**


Residenziale / Ricreativo




☐ Adulti e Bambini (Adjusted) 


☒ Adulti, Bambini, Adolescenti e Anziani 


☒ Per sostanze tossiche considera recettore più critico

☐ Adulti 


☐ Bambini 

Industriale / Commerciale



☐ Lavoratori 

Protezione Risorsa Idrica



☒ Rispetto dei limiti tabellari (CSC) al POC

☐ Calcolo Rischio Ingestione di acqua

**Tabella 11**
**Recettori**

In relazione al recettore risorsa idrica sotterranea, è stato definito il punto di conformità (POC) per le acque sotterranee come “il punto a valle idrogeologico della sorgente al quale deve essere garantito il ripristino dello stato originale (...) del corpo idrico sotterraneo, onde consentire tutti i suoi usi potenziali (...). Pertanto in attuazione del principio generale di precauzione, il punto di conformità deve essere di norma fissato non oltre i confini del sito contaminato oggetto di bonifica” (comma 43, art.2, del D.Lgs. 04/08).

Il POC è stato pertanto ubicato lungo la direzione di flusso della falda, a valle idrogeologica rispetto alla sorgente, in corrispondenza del confine di proprietà del sito, come previsto anche dal manuale APAT “Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati – rev. 2 (marzo 2008).

### 5.3.5 Percorsi di esposizione

Nel modello concettuale individuato, la sorgente secondaria di contaminazione è rappresentata dal suolo insaturo (superficiale e profondo). Sono quindi stati considerati potenzialmente attivi i seguenti percorsi di esposizione, caratteristici delle diverse sorgenti di contaminazione:

#### Suolo Superficiale

1. ingestione di suolo e contatto dermico;
2. inalazione di vapori Outdoor;
3. inalazione di polveri Outdoor;
4. lisciviazione in falda

#### Suolo Profondo

1. inalazione di Vapori Outdoor;
2. lisciviazione in falda

La seguente tabella sintetizza le scelte effettuate.

Suolo Superficiale	Contatto diretto	<input checked="" type="checkbox"/> Ingestione di suolo e contatto dermico	<input checked="" type="checkbox"/> On-Site	<input type="checkbox"/> No Off-site
		<input checked="" type="checkbox"/> Inalazione Vapori Outdoor	<input checked="" type="checkbox"/> On-Site	<input checked="" type="checkbox"/> Off-Site
	Volatilizzazione Erosione Vento	<input type="checkbox"/> Inalazione Vapori Indoor	<input type="checkbox"/> On-Site	<input type="checkbox"/> No Off-site
		<input checked="" type="checkbox"/> Inalazione Polveri Outdoor	<input checked="" type="checkbox"/> On-Site	<input checked="" type="checkbox"/> Off-Site
	Dilavamento	<input type="checkbox"/> Inalazione Polveri Indoor	<input type="checkbox"/> On-Site	<input type="checkbox"/> No Off-site
		<input checked="" type="checkbox"/> Lisciviazione in Falda	<input checked="" type="checkbox"/> POC = 0	<input checked="" type="checkbox"/> POC > 0
Suolo Profondo	Volatilizzazione	<input checked="" type="checkbox"/> Inalazione Vapori Outdoor	<input checked="" type="checkbox"/> On-Site	<input type="checkbox"/> Off-Site
		<input type="checkbox"/> Inalazione Vapori Indoor	<input type="checkbox"/> On-Site	<input type="checkbox"/> No Off-site
	Dilavamento	<input checked="" type="checkbox"/> Lisciviazione in Falda	<input checked="" type="checkbox"/> POC = 0	<input type="checkbox"/> POC > 0
Falda	Volatilizzazione	<input type="checkbox"/> Inalazione Vapori Outdoor	<input type="checkbox"/> On-Site	<input type="checkbox"/> Off-Site
		<input type="checkbox"/> Inalazione Vapori Indoor	<input type="checkbox"/> On-Site	<input type="checkbox"/> Off-Site
	Diretto	<input type="checkbox"/> Contaminazione in Falda	<input type="checkbox"/> POC = 0	<input type="checkbox"/> POC > 0

**Tabella 12 Percorsi di esposizione**

### 5.3.6 Parametri geometrici per la caratterizzazione della sorgente in zona insatura

Per sorgente secondaria di contaminazione in zona insatura si intende il volume di suolo o sottosuolo interessato dalla presenza di contaminanti in concentrazione superiore ai valori di riferimento indicati dalla normativa vigente, in funzione della destinazione d'uso del sito (in questo caso: Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale). Una volta delimitata la sorgente (o le sorgenti) come descritto nel paragrafo precedente, con estrema semplicità è possibile estrapolare i valori dei parametri geometrici utili per la stima dei fattori di trasporto (volatilizzazione, dispersione in atmosfera, percolazione e trasporto in falda). In particolare, si fa riferimento all'estensione della sorgente rispetto alla direzione del flusso di falda e alla direzione principale del vento.

#### Direzione del Vento

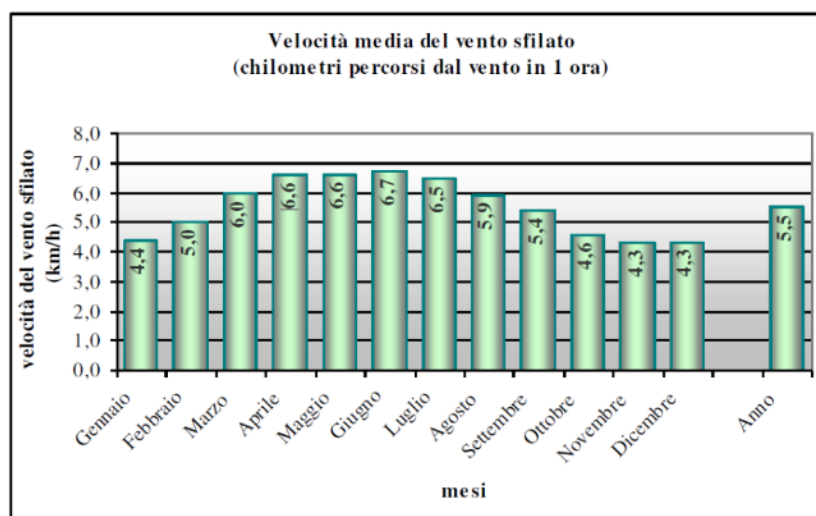
Le caratteristiche anemometriche dell'area di intervento sono state analizzate nello Studio di Impatto Ambientale del Progetto Definitivo della Cassa.

L'esame delle caratteristiche anemometriche è stato eseguito considerando alcune elaborazioni eseguite sui dati registrati nella stazione dell'Osservatorio Meteorologico dell'Università di Parma (G. Rossetti, 1973). L'analisi anemometrica prende in considerazione i dati stagionali ed annuali della velocità media e della frequenza media dei venti al suolo, riferiti all'intervallo temporale 1966 al 1973.

L'analisi dei valori medi annui delle frequenze dei venti al suolo a Parma mostra che le frequenze maggiori sono da assegnare ai venti provenienti da SW e da NE. I valori massimi spettano rispettivamente alla primavera e all'estate, mentre per l'anno medio la direzione prevalente è SW. I dati medi mensili relativi alla velocità del vento, espressa in km/h, la quale è intesa come velocità del vento sfilato (ossia i chilometri percorsi dal vento in 1 ora ma non la velocità istantanea di raffica), ed i dati di direzione prevalente e direzione sub-prevalente dei venti nei 12 mesi dell'anno.

Dall'analisi dei dati a disposizione e dalle rappresentazioni grafiche ottenute si può constatare che il territorio di Parma è caratterizzato nei periodi tardo-primaverile ed estivo (nei mesi da aprile a luglio) da venti di debole intensità che raggiungono velocità medie di 6,5-6,6 km/h, provenienti prevalentemente da E o da SW, mentre nei periodi autunnale ed invernale (da ottobre a gennaio) sono presenti venti di scarsa intensità, provenienti in prevalenza da E, SW ed W e giungenti a velocità medie di 4,3-4,4 km/h.



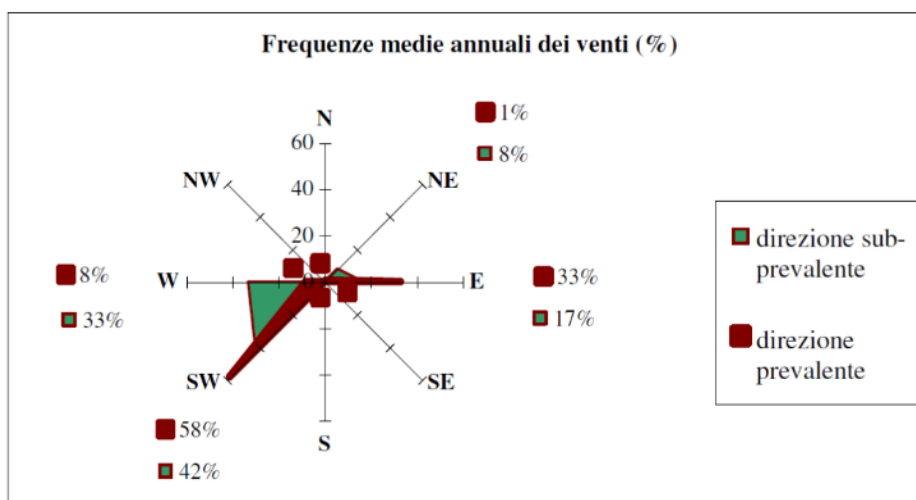


**Figura 12** Grafico a colonne con indicazione dei singoli valori delle velocità medie mensili dei venti al suolo  
 (serie storica 1971 – 2000)

	<b>direzione prevalente</b>	<b>direzione sub-prevalente</b>
gennaio	W	SW
febbraio	SW	W
marzo	E	SW
aprile	E	SW
maggio	SW	E
giugno	SW	W
luglio	SW	E
agosto	E	SW
settembre	SW	NE
ottobre	E	SW
novembre	SW	W
dicembre	SW	W

**Figura 13** Direzioni prevalenti e sub-prevalenti dei venti (situazioni medie mensili stimate sulla serie storica  
 1971 – 2000)

Dai dati medi mensili delle direzioni prevalenti e sub-prevalenti è stato disegnato il grafico delle frequenze medie annuali dei venti locali, indicate in percentuale, riportato in Figura 14, emerge che la quasi totalità dei venti al suolo provengono da SW (58%) o da E (33%) come direzione prevalente, mentre da W-SW (33% e 42%) come direzione sub-prevalente.



**Figura 14** Grafico delle frequenze medie annuali dei venti, a seconda di direzioni prevalente e direzione sub-prevalente (serie storica 1971 – 2000)

### Direzione di deflusso della falda e soggiacenza

Le misure disponibili dei dati piezometrici sono estese, seppure per differenti punti di misura e frequenze, nel periodo complessivo di indagine 2012-2019 (attuale).

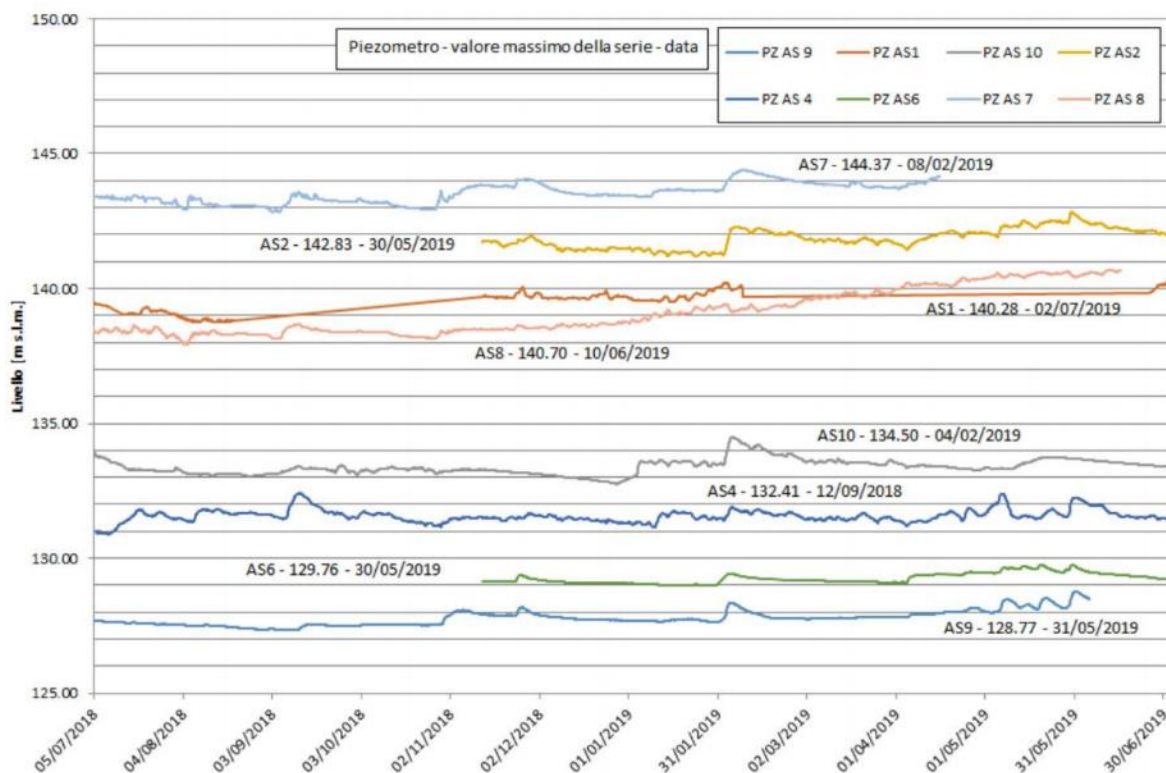
I risultati delle misure piezometriche integrative, 2018-2019, sono riportati nel grafico in Figura 15. Nel medesimo grafico, oltre all'andamento dei livelli sulla base delle registrazioni giornaliere, sono riportati i valori massimi assoluti della quota di falda nel medesimo periodo di monitoraggio.

La superficie piezometrica media massima del monitoraggio 2018-2019 si riscontra nel febbraio 2019. Peraltro valori localmente anche superiori (come da massimi assoluti riportati sul grafico) si riscontrano nel periodo tardo primaverile.

Dal confronto dei suddetti livelli piezometrici, seppure riferiti a punti variati nel tempo, la superficie piezometrica a quota massima / minima soggiacenza per l'intero periodo di monitoraggio 2012-2019 è risultata corrispondere alle misure di aprile 2013.

Tali quote piezometriche riportate nei profili, costituiscono il riferimento attuale per la fase realizzativa.

I livelli misurati non rappresentano in ogni caso valori massimi assoluti ante operam, risultando l'area inondabile per eventi di piena, fino all'evento estremo di progetto con  $Tr = 1000$  a, da cui una soggiacenza nulla e carichi piezometrici corrispondenti alle quote idrometriche di piena.

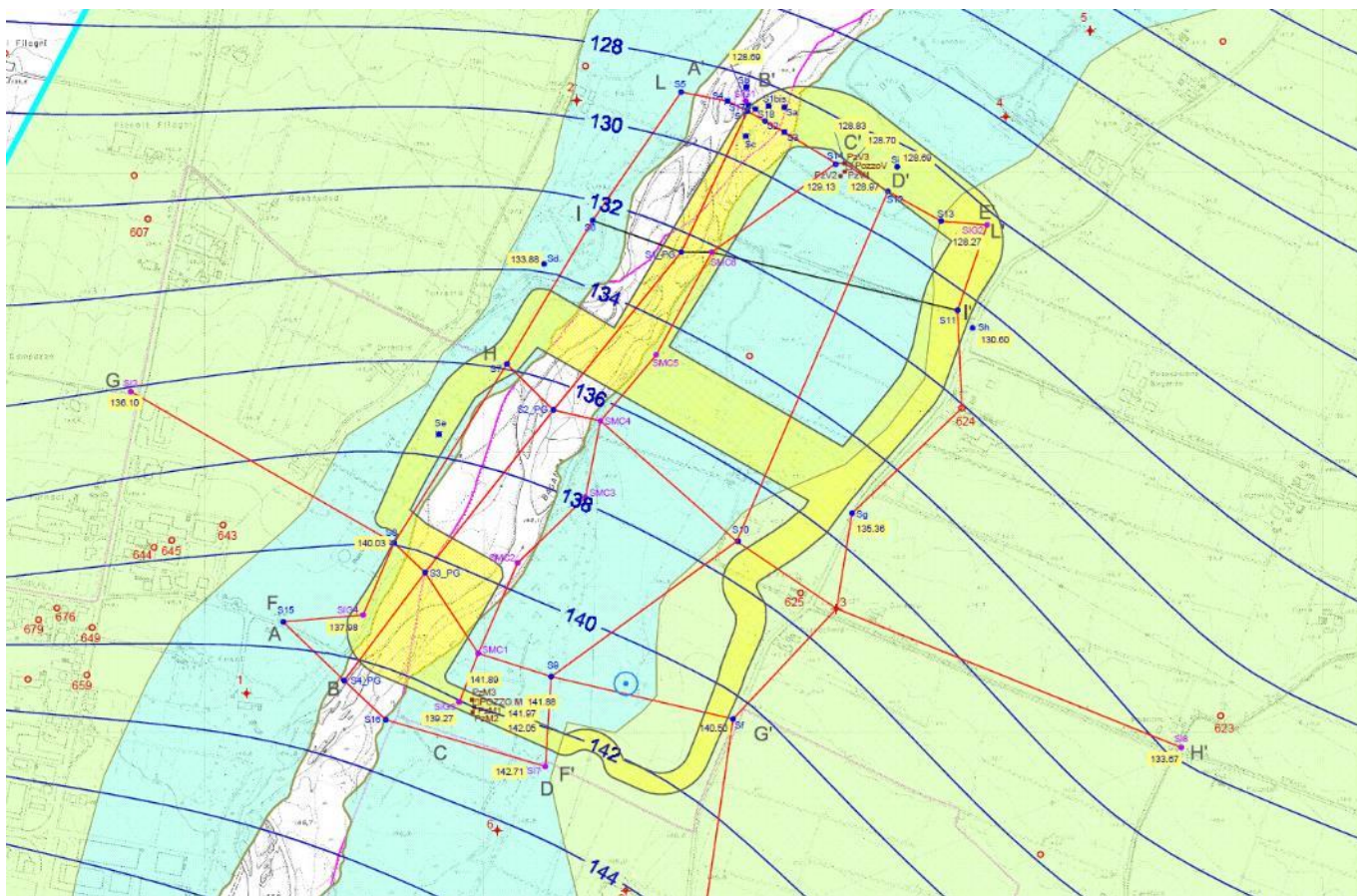


**Figura 15** Risultati monitoraggio piezometrico integrativo 2018-2019 (piezometri AS-n); nel grafico, oltre alla serie completa di registrazioni con cadenza giornaliera, sono riportati i valori di quota piezometrica massimi assoluti e la data di riferimento.

La spazializzazione delle informazioni rispetto alla superficie oggetto degli interventi permette di individuare un assetto sostanzialmente disperdente del T.Baganza con linee isopieze ortogonali all'asse del corso d'acqua in corrispondenza delle alluvioni recenti. La direzione di flusso della falda risulta pertanto orientata verso nord-est (Figura 16).

I valori di soggiacenza risultano particolarmente differenziati in ragione della complessità morfologica della superficie in cui, soprattutto a causa dell'attività estrattiva condotta, sono presenti rilievi e depressioni che arrivano in alcuni casi a consentire l'affioramento della falda.





**Figura 16 Stralcio Carta idrogeologica del progetto definitivo.**

Per la definizione dei valori di oscillazione dei livelli tra i minimi ed i massimi registrati nel periodo è stato fatto riferimento alla tabella di sintesi contenuta nella relazione geologica del PD, riportata nella seguente figura:

**Tabella 11 – Livelli massimi/minimi registrati tra il 2012 e il 2016 nella rete di controllo dell'area di studio**

Settore	Quota piezometrica (m s.l.m.)	Soggiacenza (m da t.t.)	Piezometro	Quota t.t. (m s.l.m.)	Data
Monte	Max = 143.20	Min = 2.93	PzM2	146.13	13 Giugno 2013
	Min = 140.03	Max = 4.86	S8	144.89	26 Luglio 2016
Valle	Max = 130.72	Min = 0.65	Sc	131.37	8 Febbraio 2013
	Min = 128.69	Max = 2.04 Max = 3.21	SIG1 Si	130.73 131.90	26 Luglio 2016

I valori di soggiacenza possono pertanto essere schematizzati come segue:

Posizione	Sezione	Quota falda (max nel periodo 2012 – 2019)	Quota p.c. originario	Soggiacenza minima da p.c.	Variazione	Soggiacenza massima da p.c.
Monte	Sez. 3	141.70	145.00	3.30	3.00	6.30
Manufatti A e B	Sez. 9	135.50	139.50	4	2.50	6.50
Valle - Manufatto C	Sez. 14	129.60	132.50	2.9	2.00	4.9

**Tabella 13 Valori di soggiacenza di riferimento**

Per la definizione dei valori di soggiacenza locali sono state inoltre considerate le caratteristiche altimetriche dei punti di sondaggio che in alcuni casi sono risultate notevolmente differenti rispetto a quelle medie dell'area.

Le tabelle presenti nei report allegati contengono tutti i parametri che sono stati utilizzati per la caratterizzazione della geometria della sorgente in zona insatura (suolo superficiale e profondo) e le corrispondenti unità di misura così come i parametri relativi alle caratteristiche sito-specifiche del suolo.

## 5.4 CALCOLO DEL RISCHIO

Come precedentemente accennato, l'analisi di rischio è stata condotta utilizzando il software RISK-NET (versione 3.1), sia in modalità diretta che inversa per la sorgente di contaminazione Suolo – Suolo Superficiale (SS) e Suolo Profondo (SP). L'obiettivo è stato quello di stimare il rischio per la salute umana connesso alle vie di esposizione considerate attive ed individuare, per la matrice ambientale Suolo (Superficiale e Profondo), le Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR), che rappresentano, secondo la normativa nazionale vigente, gli obiettivi di bonifica al di sopra dei quali un sito è considerato contaminato.

### 5.4.1 Definizione di rischio e criteri di accettabilità

Il rischio R derivante da un sito contaminato è dato dalla seguente espressione:  $R = E \times T$ , dove:

E ([mg/kg d]) rappresenta l'assunzione cronica giornaliera del contaminante,

T ([mg/kg d]<sup>-1</sup>) la tossicità di tale sostanza.

Il risultato R viene confrontato con i criteri di accettabilità individuali e cumulativi del rischio sanitario, per decidere se esistono o meno condizioni in grado di causare effetti sanitari nocivi.

Il calcolo del rischio si differenzia a seconda che l'inquinante sia cancerogeno oppure non cancerogeno.

Per le sostanze cancerogene:  $R = E \times SF$ , dove:

R ([adim]) rappresenta la probabilità di casi incrementali di tumore nel corso della vita, causati dall'esposizione alla sostanza, rispetto alle condizioni di vita usuali;

E ([mg/kg d]) rappresenta l'assunzione cronica giornaliera del contaminante;

SF (Slope Factor [mg/kg d]<sup>-1</sup>) indica la probabilità di casi incrementali di tumore nella vita per unità di dose.

Nell'ambito della procedura di analisi del rischio è necessario definire un criterio di accettabilità del rischio, ossia un valore soglia di rischio al di sotto del quale si ritiene accettabile la probabilità incrementale di effetti cancerogeni sull'uomo. **Il limite di accettabilità del rischio individuale per le sostanze cancerogene è pari a 1,0E-06**, mentre quello cumulativo è pari a 1,0E-05 (D.Lgs. 152/06 e s.m.i.).

Per le sostanze non cancerogene:  $HQ = E / RfD$ , dove:

HQ (Hazard Quotient [adim]) è un 'Indice di Pericolo' che esprime di quanto l'esposizione alla sostanza supera la dose tollerabile o di riferimento;

E ([mg/kg d]) rappresenta l'assunzione cronica giornaliera del contaminante, cioè la quantità giornaliera di contaminante effettivamente assunta (per via orale, inalatoria o dermica) dal recettore;

RfD (Reference Dose [mg/kg d]) è la stima dell'esposizione media giornaliera che non produce effetti nocivi apprezzabili sull'organismo umano durante il corso della vita.

**L'indice di Pericolo deve avere un valore inferiore ad 1**, secondo il criterio universalmente accettato del non superamento della dose tollerabile o accettabile definita per la sostanza (D.Lgs. 152/06 e s.m.i.).

#### 5.4.2 Calcolo dei rischi in modalità diretta

Le tabelle riportate nei seguenti paragrafi sintetizzano i risultati dell'analisi di rischio condotta in modalità diretta.

##### 5.4.2.1. Sc a

Suolo superficiale

Contaminante	CRS	f	CRS/f	Csat	Cres	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW)
	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	-	-	-
Aromatici C >12-16	8.90e+1		8.90e+1	5.88e+2	5.88e+2	-	3.64e-2	9.07e-4
Cumulato Outdoor (On-site)						-	3.64e-2	
Cumulato Indoor (On-site)						-	-	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH								-
Cumulato Outdoor (Off-site)						-	8.16e-10	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH (Off-site)								9.07e-4

Suolo profondo

Contaminante	CRS	f	CRS/f	Csat	Cres	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW)
	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	-	-	-
Aromatici C >12-16	1.01e+2		1.01e+2	5.88e+2	5.88e+2	-	-	3.39e-3
Cumulato Outdoor (On-site)						-	-	
Cumulato Indoor (On-site)						-	-	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH								-
Cumulato Outdoor (Off-site)						-	-	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH (Off-site)								3.39e-3



**5.4.2.2. SE 3**
**Suolo superficiale**

Contaminante	CRS	f	CRS/f	Csat	Cres	R (Ht)	HI (Ht)	Rgw (GW)
	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	-	-	-
Aromatici C >12-16	7.20e+1		7.20e+1	5.88e+2	5.88e+2	-	2.95e-2	1.12e-1
Cumulato Outdoor (On-site)						-	2.95e-2	
Cumulato Indoor (On-site)						-	-	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH								-
Cumulato Outdoor (Off-site)						-	4.51e-9	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH (Off-site)								1.12e-1

**5.4.2.3. SE 20**
**Suolo superficiale**

Contaminante	CRS	f	CRS/f	Csat	Cres	R (Ht)	HI (Ht)	Rgw (GW)
	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	-	-	-
Aromatici C >12-16	1.00e+2		1.00e+2	5.88e+2	5.88e+2	-	4.09e-2	2.46e-3
Cumulato Outdoor (On-site)						-	4.09e-2	
Cumulato Indoor (On-site)						-	-	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH								-
Cumulato Outdoor (Off-site)						-	5.03e-9	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH (Off-site)								2.46e-3

**Suolo profondo**

Contaminante	CRS	f	CRS/f	Csat	Cres	R (Ht)	HI (Ht)	Rgw (GW)
	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	-	-	-
Aromatici C >12-16	1.00e+2		1.00e+2	5.88e+2	5.88e+2	-	-	7.14e-3
Cumulato Outdoor (On-site)						-	-	
Cumulato Indoor (On-site)						-	-	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH								-
Cumulato Outdoor (Off-site)						-	-	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH (Off-site)								7.14e-3

**5.4.2.4. SE 24**
**Suolo profondo**

Contaminante	CRS	f	CRS/f	Csat	Cres	R (Ht)	HI (Ht)	Rgw (GW)
	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	-	-	-
Aromatici C >12-16	8.20e+1		8.20e+1	5.88e+2	5.88e+2	-	-	9.49e-2
Cumulato Outdoor (On-site)						-	-	
Cumulato Indoor (On-site)						-	-	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH								-
Cumulato Outdoor (Off-site)						-	-	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH (Off-site)								9.49e-2

#### 5.4.2.5. SE 29

##### Suolo superficiale

Contaminante	CRS	f	CRS/f	Csat	Cres	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW)
	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	-	-	-
Aromatici C >12-16	1.21e+2		1.21e+2	5.88e+2	5.88e+2	-	4.95e-2	5.39e-3
Cumulato Outdoor (On-site)						-	4.95e-2	
Cumulato Indoor (On-site)						-	-	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH								-
Cumulato Outdoor (Off-site)						-	6.72e-8	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH (Off-site)								5.39e-3

##### Suolo profondo

Contaminante	CRS	f	CRS/f	Csat	Cres	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW)
	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	-	-	-
Aromatici C >12-16	1.21e+2		1.21e+2	5.88e+2	5.88e+2	-	-	7.00e-3
Cumulato Outdoor (On-site)						-	-	
Cumulato Indoor (On-site)						-	-	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH								-
Cumulato Outdoor (Off-site)						-	-	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH (Off-site)								7.00e-3

#### 5.4.2.6. TA01

##### Suolo profondo

Contaminante	CRS	f	CRS/f	Csat	Cres	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW)
	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	-	-	-
Aromatici C >12-16	1.01e+2		1.01e+2	5.88e+2	5.88e+2	-	-	3.93e-3
Cumulato Outdoor (On-site)						-	-	
Cumulato Indoor (On-site)						-	-	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH								-
Cumulato Outdoor (Off-site)						-	-	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH (Off-site)								3.93e-3

#### 5.4.2.7. T35

##### Suolo superficiale

Contaminante	CRS	f	CRS/f	Csat	Cres	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW)
	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	-	-	-
Aromatici C >12-16	6.50e+1		6.50e+1	5.88e+2	5.88e+2	-	2.66e-2	2.28e-4
Cumulato Outdoor (On-site)						-	2.66e-2	
Cumulato Indoor (On-site)						-	-	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH								-
Cumulato Outdoor (Off-site)						-	2.69e-10	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH (Off-site)								2.28e-4

## Suolo profondo

Contaminante	CRS	f	CRS/f	Csat	Cres	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW)
	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	-	-	-
Aromatici C >12-16	6.50e+1		6.50e+1	5.88e+2	5.88e+2	-	-	8.43e-4
Cumulato Outdoor (On-site)						-	-	
Cumulato Indoor (On-site)						-	-	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH								-
Cumulato Outdoor (Off-site)						-	-	
Rischio per la risorsa idrica per gli idrocarburi - TPH (Off-site)								8.43e-4

### 5.4.3 Determinazione delle CSR (Concentrazione Soglia di Rischio)

Verificato il superamento delle concentrazioni soglia di contaminazione sulla base delle risultanze delle indagini di campo, la normativa vigente (D.Lgs. 152/06) dispone che al sito venga applicata la procedura di analisi del rischio sito specifica per la determinazione delle concentrazioni soglia di rischio (CSR), ossia del valore di concentrazione massimo ammissibile compatibile con il livello di rischio accettabile per il recettore esposto. Il calcolo delle CSR viene svolto mediante l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio in modalità inversa (backward mode). Il Software Risk-Net calcola le seguenti Concentrazioni Soglia di Rischio individuale, sia per Suolo Superficiale che per Suolo Profondo, che rispettano la condizione di rischio tollerabile per esposizione a singola sostanza. Poiché i valori di CSR di un dato contaminante sono definiti dalla seguente relazione:  $CSR = \text{concentrazione alla sorgente} \times \text{rischio accettabile} / \text{rischio calcolato}$ , nel caso in oggetto la concentrazione soglia di rischio può essere calcolata per ogni parametro sulla base del rischio calcolato relativo al percorso maggiormente impattante (dove per "rischio accettabile" si intende il massimo rischio tollerabile per singola sostanza, pari a 1 per sostanze tossiche e a  $1.0E-6$  per sostanze cancerogene). Per le sostanze che presentano sia un comportamento cancerogeno che tossico, la CSR individuale risulta essere la minore tra quella calcolata sulla base del rischio tossico e quella calcolata sulla base del rischio cancerogeno. In rosso le CSR superate dalle concentrazioni in sorgente.

Si precisa che, per quanto riguarda il percorso di lisciviazione in falda, il software Risk-Net 3.1. calcola per ciascun contaminante una concentrazione di esposizione media in falda (Exposure Medium groundwater POE conc), la quale viene confrontata con i valori limite per le acque sotterranee previsti dalla normativa nazionale vigente (Tab. 2 dell'Allegato 5 alla parte IV-Titolo V del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.). Se da tale confronto la concentrazione calcolata dal software risulta essere minore o uguale al limite tabellare, il rischio per il bersaglio falda può considerarsi accettabile.

Si fa presente che le CSR individuate sono state determinate sulla base del modello concettuale considerato, pertanto qualsiasi modifica apportata al modello concettuale precedentemente descritto implicherà la rielaborazione della procedura di Analisi di Rischio.

Le tabelle contenute nei report allegati contengono i risultati dell'analisi di rischio condotta in modalità indiretta.

### 5.5 REIMPIEGO DEL MATERIALE CONFORME ALLA COLONNA B

L'analisi di rischio elaborata secondo quanto riportato nell'Allegato 1 al Titolo V della Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006 ed in ottemperanza al comma 43 dell'Art. 2 del D.Lgs. 04/08 e alle informazioni contenute nel manuale "Criteri



metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" (Rev.2, Marzo 2008), è stata applicata sia in modalità diretta (forward mode) sia in modalità inversa (backward mode) alle sorgenti di contaminazione individuate.

Le CRS (Concentrazioni Rappresentative alla Sorgente) sono state identificate per i terreni prendendo in considerazione i valori massimi rilevati in sito per l'unico parametro che ha presentato almeno un'eccedenza alle CSC ovvero gli idrocarburi  $C>12$ . Per quanto riguarda la falda, i piezometri ubicati a valle idrogeologica del sito, sono risultati esenti da contaminazioni. Il percorso legato al trasporto in falda verso l'esterno del sito può essere ritenuto non-attivo.

Per il calcolo dei rischi sono stati utilizzati parametri il più possibile sito-specifici, derivanti dalle indagini svolte in sito, oppure desunti dalla bibliografia riconosciuta a livello Nazionale in materia di Analisi di Rischio.

L'applicazione dell'Analisi di Rischio in modalità diretta non ha evidenziato rischi eccedenti i livelli di accettabilità rispetto a tutti i percorsi di esposizione ed i recettori considerati.

L'applicazione dell'Analisi di Rischio in modalità inversa ha permesso di calcolare le CSR (Concentrazioni Soglia di Rischio) che rappresentano gli obiettivi di bonifica del sito. I risultati ottenuti mostrano che le CSR sito-specifiche per il suolo, calcolate considerando i percorsi potenzialmente attivi in sito, risultano tutte superiori alle concentrazioni rappresentative alla sorgente (CRS).

L'applicazione dell'analisi di rischio ha quindi evidenziato che nelle condizioni attuali in tutte le sub aree i livelli di rischio sono compresi entro i limiti considerati come accettabili e che le concentrazioni sono inferiori alle CSR.

Tutte le aree analizzate sono classificabili come **"non contaminate"**.

Ai fini del riutilizzo dei terreni contenuti all'interno dei poligoni di Thiessen classificati come contaminati, occorre fare riferimento ai contenuti dell' Art. 26. del DPR 120/2017 relativo all' utilizzo in posto di terre e rocce da scavo nei siti oggetto di bonifica. Tale articolo prevede infatti:

1. L'utilizzo delle terre e rocce prodotte dalle attività di scavo di cui all'articolo 25 all'interno di un sito oggetto di bonifica è sempre consentito a condizione che sia garantita la conformità alle concentrazioni soglia di contaminazione per la specifica destinazione d'uso o ai valori di fondo naturale. Nel caso in cui l'utilizzo delle terre e rocce da scavo sia inserito all'interno di un progetto di bonifica approvato, si applica quanto previsto dall'articolo 242, comma 7, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

2. Le terre e rocce da scavo non conformi alle concentrazioni soglia di contaminazione o ai valori di fondo, ma inferiori alle concentrazioni soglia di rischio, possono essere utilizzate nello stesso sito alle seguenti condizioni:

a) le concentrazioni soglia di rischio, all'esito dell'analisi di rischio, sono preventivamente approvate dall'autorità ordinariamente competente, nell'ambito del procedimento di cui agli articoli 242 o 252 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, mediante convocazione di apposita conferenza di servizi. Le terre e rocce da scavo conformi alle concentrazioni soglia di rischio sono riutilizzate nella medesima area assoggettata all'analisi di rischio e nel rispetto del modello concettuale preso come riferimento per l'elaborazione dell'analisi di rischio. Non è consentito l'impiego di

terre e rocce da scavo conformi alle concentrazioni soglia di rischio in sub-aree nelle quali è stato accertato il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione;

b) qualora ai fini del calcolo delle concentrazioni soglia di rischio non sia stato preso in considerazione il percorso di lisciviazione in falda, l'utilizzo delle terre e rocce da scavo è consentito solo nel rispetto delle condizioni e delle limitazioni d'uso indicate all'atto dell'approvazione dell'analisi di rischio da parte dell'autorità competente.

La seguente Figura 17 riporta uno stralcio fuori scala della tavola allegata all'analisi di Rischio Sito Specifica relativa all'area della Cassa di Espansione del T. Baganza. In essa sono evidenziate le superfici interessate dalla contaminazione (perimetrazioni derivanti dall'interpolazione dei dati puntuali – poligoni di Thiessen) e la loro posizione rispetto alle opere in progetto.

Il riutilizzo per la realizzazione delle opere stesse ed in particolare dei rilevati arginali (in qualità di sottoprodotti), dei materiali derivanti dagli scavi eseguiti in corrispondenza dei poligoni di Thiessen risultati contaminati potrà pertanto avvenire solo ed unicamente in corrispondenza di altri poligoni di Thiessen coincidenti con le opere in progetto.

In base pertanto a quanto riportato nella cartografia allegata all'Analisi di Rischio e delle informazioni stratigrafiche e di caratterizzazione dei materiali in essa contenuti, il quadro della disponibilità di materiale conforme alla colonna B è riportato nella seguente tabella:

**Tabella 14 Volume di materiale in colonna B**

Sondaggio	campione	Prof.	parametro	Concentrazione mg/Kg	Superficie poligono Thiessen	Spessore fuori falda	Volume
Scc a	1	0-1	idrocarburi C>12	128	1.299	3	3.897
SE 3	/	0-1	idrocarburi C>12	85,3	9312	1	9.312
SE 20	/	0-1	idrocarburi C>12	119	5.747	1	5.747
SE 24	/	1-2	idrocarburi C>12	97,6	14.748	1	14.748
SE 29	/	0-1	idrocarburi C>12	144	5.351	1	5.351
TA01	2	1-2,2	idrocarburi C>12	122	8.126	1.2	9.751
T35	/	0-1	idrocarburi C>12	73	562	1	562
							<b>49.368</b>

Rispetto ai sette poligoni indicati nella Tabella 14 solo due risultano esterni ad aree in cui sono previsti rilevati (SE24 e SE 29) situate nell'estremo sud est dell'invaso di monte. I materiali di scavo provenienti da questi due poligoni, così come eventuali altre eccedenze potranno essere impiegate in corrispondenza degli altri poligoni ed in particolare di quello corrispondente all'argine di valle dell'invaso (SE3).

Qualora si renda necessario il deposito temporaneo di tali materiali dovranno essere realizzati a cura ed onere dell'appaltatore opportune opere di impermeabilizzazione in grado di impedire la contaminazione del terreno sottostante.



Figura 17

Rappresentazione dei poligoni di Thiessen con indicazione dei poligoni risultati contaminati



## 6. BILANCIO DELLE TERRE

### 6.1 SCAVI

Le operazioni di scavo necessarie per la realizzazione dell'invaso e delle opere necessarie per il suo funzionamento determinano la disponibilità di un quantitativo di materiale inerte di 3.791.343,91 metri cubi. La seguente Tab. 1 sintetizza i volumi di scavo in riferimento alle principali opere costituenti il progetto. Nella stessa i volumi sono stati suddivisi in base alla tipologia di materiale, secondo le categorie di seguito sintetizzate:

- G1 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa e in subordine limosa (corrispondenti alle ghiaie dell'alveo attivo e zone limitrofe);
- G2 Ghiaie in abbondante matrice limo argillosa;
- L Limi e limi argillosi presenti discontinuamente in superficie;
- R Terreni di riporto a granulometria prevalentemente fine (con ogni probabilità scarti di precedenti attività estrattive e corrispondenti in buona parte alla matrice dei materiali ghiaiosi);
- B Terreni di riporto a granulometria prevalentemente fine contaminati (conformi alla colonna B).

La ripartizione dei volumi di scavo nelle differenti tipologie di materiale precedentemente descritte è stata eseguita sulla base delle informazioni derivanti dai sondaggi e dalle analisi eseguite sui campioni, confluite nel modello geologico interpretativo allegato al progetto esecutivo.

Con riferimento, inoltre al computo metrico di progetto le voci che descrivono le operazioni di scavo ed alle quali sono riferibili i volumi indicati sono le seguenti:

- NP-SCA\_01 Scavo di sbancamento anche in presenza di acqua;
- NP-SCA\_02 Scavo a sezione obbligata da eseguire con mezzi meccanici in terreni di qualsiasi natura e consistenza;
- NP-SCA\_03 Asportazione del cotico erboso da eseguire con mezzi meccanici.

Tab. 1 Sintesi volumi di scavo

SCAVI	Volumi in banco (m³)					TOT
TIPOLOGIE DI MATERIALE	G1	G2	L	R	B	
Casse e alveo	1.025.712,27	760.680,52	144.745,90	552.462,40	49.368,00	2.532.969,09
A dedurre attività di cava a ottobre 2019 (Dati forniti da AIPO)	-60.000,00	-60.000,00	0,00	0,00	0,00	-120.000,00
Fondazione rilevato arginale	212.310,90	425.878,24	37.482,30	5.355,46	0,00	681.026,90
Formazione prato stabile	0,00	114.120,00	0,00	0,00	0,00	114.120,00
Manufatto C	21.378,42	53.188,37	11.229,21	0,00	0,00	85.796,00
Manufatto A	78.687,50	78.687,50	0,00	0,00	0,00	157.375,00
Manufatto B	98.867,50	98.867,50	0,00	0,00	0,00	197.735,00
Vasca dissipazione	26.927,50	26.927,50	0,00	0,00	0,00	53.855,00
Briglia scogliera alveo	61.323,39	0,00	0,00	0,00	0,00	61.323,39
Altri scavi esterni ai rilevati (canale ittiofauna)	20.777,18	0,00	0,00	0,00	0,00	20.777,18
Altri scavi esterni ai rilevati (opere accessorie manufatto C)	4.550,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.550,00
Altri scavi esterni ai rilevati (by pass)	977,60	0,00	0,00	0,00	0,00	977,60
Altri scavi esterni ai rilevati (pista ciclabile)	0,00	318,75	0,00	0,00	0,00	318,75
Altri scavi esterni ai rilevati (impianti)	0,00	520,00	0,00	0,00	0,00	520,00
TOTALE	1.491.512,26	1.499.188,38	193.457,41	557.817,86	49.368,00	3.791.343,91

## 6.2 REIMPIEGO

Il quadro dei reimpieghi del materiale derivanti dalle operazioni di scavo è sintetizzato nella seguente Tab. 2.

Con riferimento, inoltre, al computo metrico di progetto le voci che descrivono le operazioni di scavo ed alle quali sono riferibili i volumi indicati sono le seguenti:

- NP-RIL\_01 Formazione di rilevato per costruzione di corpi arginali;
- NP-RIL\_02 Collocazione in deposito intermedio del materiale di scavo;
- NP-RIL\_03 Formazione di massicciata stradale mediante la messa in opera di materiale di idonea pezzatura;
- NP-RIL\_07 Formazione di difesa in cassero sommersa od in rilevato;
- NP-RIL\_08 Riempimento di erosioni e depressioni/bassure d'alveo, da eseguire con materiale di tipo G1/2;
- NP-RIL\_09 Rimbottimento di sponda, da eseguire con materiale tipo G1 e/o massi/trovanti di idonea pezzatura derivanti dalle operazioni di selezione e/o vagliatura del materiale di scavo;



**Tab. 2 Sintesi volumi di riporto**

<b>RIPORTI</b>	<b>Volumi a opera finita (m³)</b>					<b>TOT</b>
<b>TIPOLOGIE DI MATERIALE</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>L</b>	<b>R</b>	<b>B</b>	
<i>Volume Nucleo</i>				293.713,37	49.368,00	343.081,37
<i>Volume Rilevato arginale - Ghiaia in matrice limosa</i>		809.696,80		217.051,85		1.026.748,65
<i>Volume Rilevato arginale - Terreni tpo A1</i>	96.732,52					96.732,52
<i>Volume Rilevato arginale - Terreno vegetale</i>			85.757,41	47.052,64		132.810,05
<i>Volume terreno per prato stabile sul fondo degli invasi</i>		1.905,99	105.794,01			107.700,00
<i>Volume Rilevato arginale - Misto stabilizzato per viabilità</i>		36.811,90				36.811,90
<i>Stabilizzazione a freddo pavimentazione stradale</i>		26.529,30				26.529,30
<i>Rinterri manufatto A</i>		60.723,00				60.723,00
<i>Rinterri manufatto B</i>		96.120,00				96.120,00
<i>Rinterri manufatto C</i>		39.978,61				39.978,61
<i>Interventi riqualificazione a valle Settore 1 e Settore 2</i>	12.272,03	12.272,03				24.544,06
<i>Riempimenti monte cassa, tergo scogliere, canale ittiofauna e accessorie</i>		68.828,70	1.905,99			70.734,69
<b>TOTALE</b>	<b>109.004,55</b>	<b>1.152.866,33</b>	<b>193.457,41</b>	<b>557.817,86</b>	<b>49.368,00</b>	<b>2.062.514,15</b>

### 6.3 SINTESI

Il bilancio delle terre è caratterizzato da un elevato quantitativo di materiali in esubero da destinare all'esterno del cantiere per il reimpiego in regime di sottoprodotti.

La gestione dei materiali in esubero è regolata dal Piano di Utilizzo ai sensi del DPR 120/2017 di cui il presente documento rappresenta uno schema oggetto di integrazione da parte delle imprese concorrenti in fase di gara.

Nella seguente Tab. 3 è riportato il risultato del bilancio complessivo dei materiali di scavo ripartiti in funzione del reimpiego all'interno del cantiere fino all'occorrenza dell'intero fabbisogno per la realizzazione delle opere previste dal progetto.

L'eccedenza delle differenti tipologie di materiale è indicata nella voce "Disponibilità per alienazione" e deriva dalla differenza tra volumi di scavo e reimpieghi. Si precisa che i volumi indicati sono espressi in metri cubi e derivano dalle misurazioni effettuate sulla documentazione progettuale e sono da intendersi "in banco" per quanto riguarda gli scavi e "ad opera finita" per quanto riguarda i reimpieghi ovvero dopo compattazione.

Per quanto riguarda i riporti, in particolare, sono state evidenziate le lavorazioni a cui sottoporre alcune tipologie di materiale per alcuni utilizzi specifici e riguardano essenzialmente operazioni di vagliatura e/o miscelazione, secondo le indicazioni di progetto.

**Nel complesso, rispetto ad una disponibilità complessiva di 3.791.343,91 m<sup>3</sup> di materiale inerte, si prevede il riutilizzo di 2.062.514,15 m<sup>3</sup>, con una disponibilità per l'alienazione di 1.728.829,75 m<sup>3</sup>.**

La seguente tabella descrive la ripartizione sui due Stralci attuativi del volume di materiale inerte in esubero portato a compensazione:

Materiale in esubero Stralcio 1	1.632.177,76	m <sup>3</sup>
Materiale in esubero Stralcio 2	96.652,00	m <sup>3</sup>

Tab. 3 Sintesi del bilancio delle terre

	Volumi (m³)					
MATERIALI	G1	G2	L	R	B	TOT
<b>SCAVI</b>						
<b>TOTALE SCAVI</b>	<b>1.491.512,26</b>	<b>1.499.188,38</b>	<b>193.457,41</b>	<b>557.817,86</b>	<b>49.368,00</b>	<b>3.791.343,91</b>

<b>RIPORTI</b>						
Volume Nucleo				293.713,37	49.368,00	<b>343.081,37</b>
Volume Rilevato arginale - Ghiaia in matrice limosa (*)		809.696,80		217.051,85		<b>1.026.748,65</b>
Volume Rilevato arginale - Terreni tipo G1	96.732,52					<b>96.732,52</b>
Volume Rilevato arginale - Terreno vegetale			85.757,41	47.052,64		<b>132.810,05</b>
Volume terreno per prato stabile sul fondo degli invasi		1.905,99	105.794,01			<b>107.700,00</b>
Volume Rilevato arginale - Misto stabilizzato per viabilità		36.811,90				<b>36.811,90</b>
Stabilizzazione a freddo pavimentazione stradale		26.529,30				<b>26.529,30</b>
Rinterri manufatto A		60.723,00				<b>60.723,00</b>
Rinterri manufatto B		96.120,00				<b>96.120,00</b>
Rinterri manufatto C		39.978,61				<b>39.978,61</b>
Interventi riqualificazione a valle Settore 1 e Settore 2	12.272,03	12.272,03				<b>24.544,06</b>
Riempimenti monte cassa, tergo scogliere, canale ittiofauna e accessorie		68.828,70	1.905,99			<b>70.734,69</b>
<b>TOTALE RIPORTI</b>	<b>109.004,55</b>	<b>1.152.866,33</b>	<b>193.457,41</b>	<b>557.817,86</b>	<b>49.368,00</b>	<b>2.062.514,15</b>

<b>DISPONIBILITA' x ALIENAZIONE</b>	<b>1.382.507,71</b>	<b>346.322,05</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>1.728.829,76</b>
-------------------------------------	---------------------	-------------------	-------------	-------------	-------------	---------------------

Lavorazioni sui materiali

	Vagliatura per eliminazione ghiaia ciottoli e blocchi (>2cm)		Eliminazione eventuale materiale antropico
	Miscelazione con G2		Selezione granulometrica
	Vagliatura per eliminazione ciottoli e blocchi (>10cm)		

Progetto  
Esecutivo

Mandataria



Mandanti:



bininipartners





(\*) Si ipotizza che le operazioni di Vagliatura per eliminazione ciottoli e blocchi (> 20cm) debbano essere effettuate solo sull' 80% del volume complessivo di materiale G2.

## 7. SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO

Ai fini della gestione del presente Piano di Utilizzo viene inteso come Sito di deposito intermedio l'intera estensione del cantiere ed in particolare l'intera superficie degli invasi non interessata dalla realizzazione delle opere d'arte e dei rilevati arginali. I siti di deposito intermedio indicati, eventualmente integrati nell'ambito della revisione del Piano di Utilizzo formulata dall'Impresa in fase di gara, sono da riferire all'intera durata del piano di utilizzo e ai due stralci esecutivi in cui viene suddiviso l'appalto. La planimetria contenuta nella seguente Figura 18 evidenzia l'estensione delle superfici potenzialmente utilizzabili come siti di deposito intermedio.

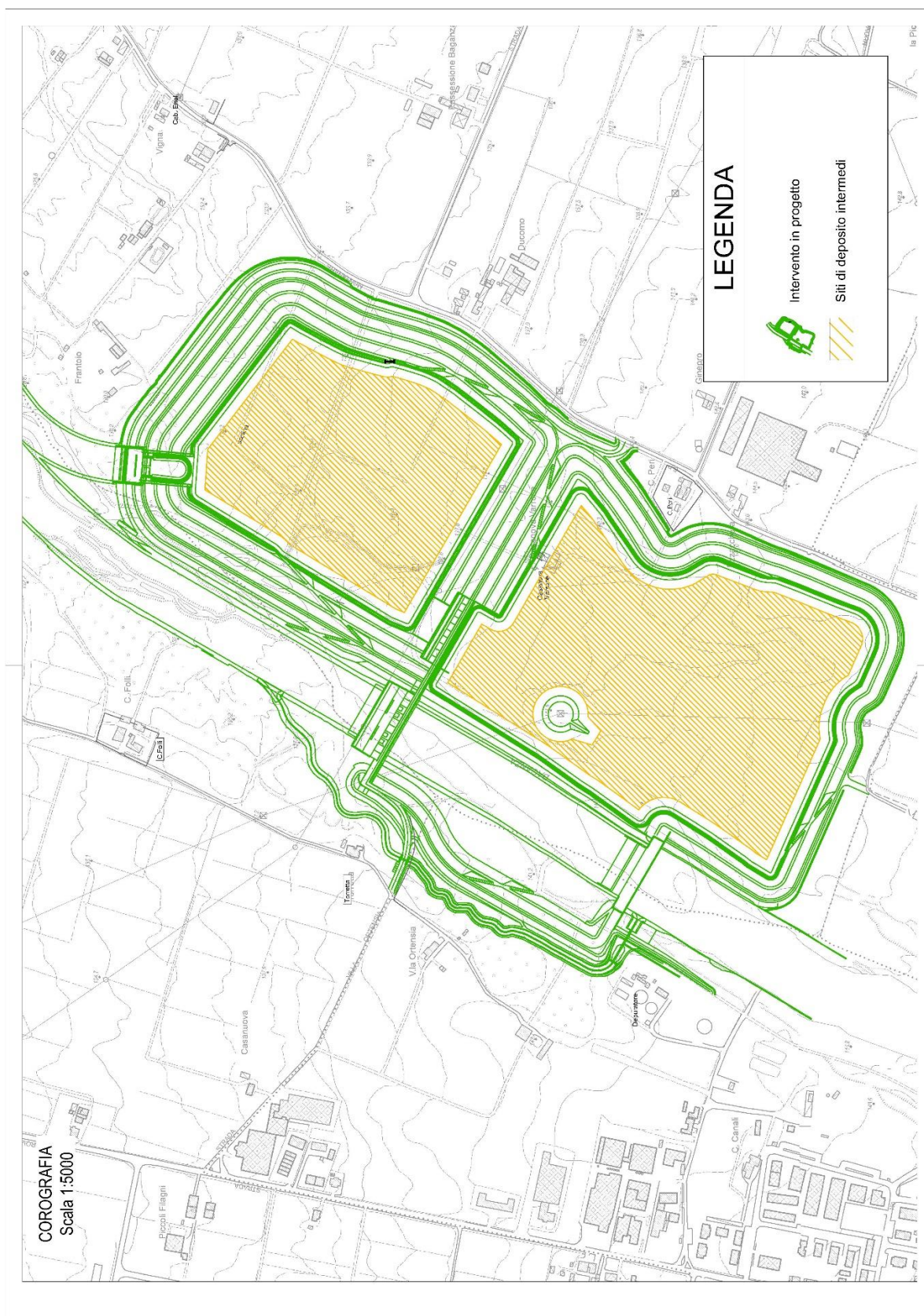
Nel corso delle fasi di attuazione dell'intervento, si verranno infatti a creare esigenze operative che renderanno necessario lo spostamento dei depositi temporanei nei pressi delle singole aree di scavo, allo scopo di limitare al massimo la movimentazione in attesa del trasporto all'esterno del cantiere.

I depositi saranno pertanto utilizzati solo nel caso in cui non sia possibile trasportare all'esterno del cantiere il materiale caricato al momento dello scavo, ed il volume complessivo stoccato in essi sarà variabile in funzione della produttività in fase di scavo, della logistica di trasporto all'esterno e non da ultima dell'eventuale esigenza di lavorazione del materiale stesso per i differenti usi.

Le lavorazioni eseguibili all'interno dei siti di deposito dovranno configurarsi come "normale pratica industriale" ai sensi dell' Allegato 3 al DPR 120/17 e potranno riguardare:

- la selezione granulometrica delle terre e rocce da scavo, con l'eventuale eliminazione degli elementi/materiali antropici;
- la riduzione volumetrica mediante macinazione;
- la stesa al suolo per consentire l'asciugatura e la maturazione delle terre e rocce da scavo al fine di conferire alle stesse migliori caratteristiche di movimentazione, l'umidità ottimale e favorire l'eventuale biodegradazione naturale degli additivi utilizzati per consentire le operazioni di scavo.

L'Allegato 3 al DPR 120/17 stabilisce inoltre che le terre e rocce da scavo mantengono la caratteristica di sottoprodotto anche qualora contengano elementi eterogenei di natura antropica non inquinante, purché il materiale nel suo complesso sia rispondente ai requisiti tecnici/prestazionali per l'utilizzo delle terre nelle costruzioni.



**Figura 18** Indicazione planimetrica dei siti di deposito intermedi



## 8. SITI DI DESTINAZIONE

Il bilancio dei materiali di scavo descritto nei precedenti paragrafi evidenzia un esubero di ghiaie pregiate e semi pregiate di 1.728.829,76 m<sup>3</sup>.

La destinazione finale dei materiali dovrà essere definita dall'Appaltatore secondo le modalità indicate nel Capitolato Speciale di Appalto, provvedendo alla elaborazione di uno specifico Piano di Utilizzo secondo quanto previsto dal DPR 120/17.

Le modalità di reimpiego previste nella realizzazione dell'opera ed in particolare per la realizzazione delle arginature sono state definite in modo da utilizzare integralmente le tipologie di materiale fine limo – argilloso sia di riporto che alluvionale in posto (Tipologie L, R e B), nonché la quasi totalità delle ghiaie in abbondante matrice fine. Queste ultime, oltre a presentare caratteristiche meccaniche e soprattutto di permeabilità idonee per la costruzione dei rilevati risultano meno pregiate per la commercializzazione in quanto non possono essere utilizzate per la produzione di aggregati e non sono idonee per la realizzazione di rilevati.

Di conseguenza solo le litologie più pregiate (G1 e G2) sono state lasciate nella disponibilità dell'appaltatore per essere utilizzate all'esterno del cantiere come sottoprodotti.

## 9. PERCORSI PER IL TRASPORTO

Le modalità di utilizzo della viabilità in fase di cantiere sono state concordate con gli Enti competenti, e sono riportate negli elaborati relativi alla cantierizzazione, ed in particolare BAG3-13\_CAN-D-SZ-01-0 e BAG3-13\_CAN-D-SZ-01-0.

## 10. DURATA DEL PIANO DI UTILIZZO

Il cronoprogramma dei lavori di realizzazione della cassa di espansione prevede una durata complessiva delle fasi di 1706 giorni corrispondenti a circa 4,7 anni di lavoro.

La durata del piano di utilizzo, a causa delle caratteristiche del progetto ed in particolare per la distribuzione delle fasi di scavo nel corso dell'intero sviluppo dell'opera, coincide con l'intero cronoprogramma dei lavori.

Il Piano di utilizzo si esaurirà pertanto con la chiusura del cantiere comprendendo le eventuali proroghe al termine di ultimazione.