

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

## PROGETTO ESECUTIVO

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

## ELABORATI DI INQUADRAMENTO RELAZIONE GENERALE

### 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  
 Hydrodata S.p.A.  
 Ord. Ing. Torino N°7570L

 Dott. Ing. Roberto Bertero  
 (documento firmato digitalmente)


CODICE ELABORATO:

B	A	G	3	0	1	G	E	N	R	R	E	0	1	5
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ID (1)

CAP. (2)

TIPO (3)

DOC. (4)

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

SCALA

 MAGGIO  
2021

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
1.1 ITER PROCEDURALE ANTECEDENTE IL PROGETTO ESECUTIVO .....	5
1.2 DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE IN PROGETTO .....	7
1.3 PRINCIPALI MODIFICHE INTERVENUTE NEL PROGETTO ESECUTIVO.....	10
1.3.1 Aspetti ambientali .....	10
1.3.2 Aspetti geologici, idrogeologici e geotecnici .....	10
1.3.3 Aspetti sismotettonici, sismici e strutturali .....	12
1.3.4 Aspetti idrologici e idraulici .....	15
1.4 APPROVAZIONE TECNICA DELLA DIREZIONE GENERALE DELLE DIGHE .....	17
1.5 ARCHEOLOGIA .....	19
1.6 NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	19
<b>2. RILIEVI E INDAGINI .....</b>	<b>20</b>
2.1 RILIEVI TOPOGRAFICI .....	20
2.1.1 Rilievi del progetto definitivo.....	20
2.1.2 Rilievi con drone .....	22
2.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	27
2.2.1 Indagini del progetto definitivo .....	27
2.2.2 Indagini integrative .....	30
2.3 INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI MATERIALI DI SCAVO .....	30
2.3.1 Campagna di indagine condotta nel corso del progetto definitivo .....	30
2.3.2 Campagna di indagine integrativa 2018 .....	32
2.3.2.1 Suolo e sottosuolo.....	32
2.3.2.2 Acque sotterranee .....	36
2.3.3 Stato della contaminazione .....	38
2.4 PROCEDURA DI BONIFICA .....	40
2.5 REIMPIEGO DEL MATERIALE CONFORME ALLA COLONNA B .....	40
2.6 VERIFICA PREVENTIVA DEL RISCHIO DI RINVENIMENTO DI ORDIGNI BELLICI .....	43
<b>3. IDROLOGIA E IDRAULICA.....</b>	<b>44</b>
3.1 ANALISI IDROLOGICHE .....	44
3.2 ANALISI IDRAULICHE .....	47
<b>4. GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA .....</b>	<b>62</b>
4.1 SINTESI DELLE DIFFERENZE ANTE OPERAM-POST OPERAM ED ELEMENTI DI CRITICITÀ .....	65

<b>5. GEOTECNICA .....</b>	<b>67</b>
UNITÀ GEOTECNICA 1A.....	67
UNITÀ GEOTECNICA 2A.....	68
UNITÀ GEOTECNICA 2B.....	68
<b>6. SISMICA .....</b>	<b>69</b>
<b>7. GESTIONE DEI MATERIALI .....</b>	<b>70</b>
7.1.1 Siti di deposito intermedio.....	72
7.1.2 Siti di destinazione.....	74
7.1.3 Percorsi per il trasporto.....	74
<b>8. ARGINATURE E SISTEMAZIONE DELLE CASSE DI ESPANSIONE .....</b>	<b>74</b>
8.1 SEZIONE TIPO 1.....	76
8.2 SEZIONE TIPO 2.....	77
8.3 SEZIONE TIPO 3.....	78
8.4 SEZIONE TIPO 4.....	79
8.5 SEZIONE TIPO 5.....	80
8.6 SEZIONE TIPO 6.....	80
8.7 SEZIONE TIPO 7.....	82
8.8 SEZIONE TIPO 8.....	83
<b>9. INTERVENTI IN JET-GROUTING .....</b>	<b>84</b>
<b>10. MANUFATTI REGOLATORI A E B .....</b>	<b>87</b>
<b>11. MANUFATTO REGOLATORE A.....</b>	<b>88</b>
11.1 CONCI TRACIMABILI .....	90
11.2 CONCI NON TRACIMABILI .....	91
11.3 VASCA DI DISSIPAZIONE .....	92
11.4 CONCI DI COLLEGAMENTO CON RILEVATO ARGINALE OVEST.....	93
11.5 PONTE DI SERVIZIO .....	94
11.6 CONCI DI COLLEGAMENTO FRA MANUFATTO A E MANUFATTO B .....	95
11.7 LOCALE TECNICO .....	98
11.8 CUNICOLO DI SCARICO DEL COMPARTO 1.....	99
<b>12. MANUFATTO REGOLATORE B.....</b>	<b>100</b>
12.1 CONCI TRACIMABILI .....	101
12.2 VASCA DI DISSIPAZIONE .....	102

12.3	CONCI DI COLLEGAMENTO CON RILEVATO ARGINALE EST .....	103
<b>13.</b>	<b>MANUFATTO REGOLATORE C .....</b>	<b>105</b>
<b>14.</b>	<b>SISTEMAZIONI DELL'ALVEO .....</b>	<b>107</b>
<b>15.</b>	<b>IMPIANTI ELETTROMECCANICI .....</b>	<b>110</b>
15.1	PARATOIE DEL MANUFATTO A .....	110
15.2	PARATOIA DEL MANUFATTO B .....	112
15.3	PARATOIE DEL MANUFATTO C .....	114
15.4	ALTRE PARATOIE .....	115
15.5	IMPIANTI ELETTRICI .....	116
<b>16.</b>	<b>SISTEMAZIONI AMBIENTALI .....</b>	<b>116</b>
16.1	INTERVENTI DI SISTEMAZIONE A VERDE .....	117
16.1.1	<i>Zona a macchia e radura .....</i>	<i>117</i>
16.1.2	<i>Fascia schermante con struttura a "tetto" .....</i>	<i>118</i>
16.1.3	<i>Siepi arbustive fiorite .....</i>	<i>119</i>
16.1.4	<i>Fascia boscata a componente mesofila .....</i>	<i>119</i>
16.1.5	<i>Fascia ripariale a corredo del by-pass per l'ittiofauna .....</i>	<i>120</i>
16.1.6	<i>Filare alberato schermante .....</i>	<i>120</i>
16.2	SCALA DI RISALITA PER L'ITTIOFAUNA .....	120
16.3	INTERVENTI PILOTA DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE A VALLE DELLA CASSA .....	121
<b>17.</b>	<b>CANTIERIZZAZIONE .....</b>	<b>122</b>
17.1	FASE 1 – PISTE DI CANTIERE E PRESCAVO .....	123
17.2	FASE 2 - REALIZZAZIONE DEL CANALE DI BY-PASS E DELLE OPERE COMPENSATIVE – BONIFICA DELLA GHIAIE IN CORRISPONDENZA DELL'ARGINE OVEST .....	123
17.3	FASE 3 – REALIZZAZIONE DELLA BRIGLIA SELETTIVA E DELLE ARGINATURE AD EST ED OVEST DELLA BRIGLIA .....	124
17.4	FASE 4 – RISEZIONAMENTO DELL'ALVEO DEFINITIVO E DELLE DIFESE SPONDALI .....	125
17.5	FASE 5 – INIZIO DELLO SCAVO DEL SETTORE 2 .....	126
17.6	FASE 6 - PROSEGUO DEGLI SCAVI E FORMAZIONE DEGLI ARGINI EST. REALIZZAZIONE DEL MANUFATTO B .....	127
17.7	FASE 7 – SCAVO DEL COMPARTO 1 E COMPLETAMENTO DELL'ARGINE DI SEPARAZIONE DEI DUE SETTORI .....	128
17.8	FASE 8 - COMPLETAMENTO DEL SETTORE 1 .....	129
17.9	FASE 9 - REALIZZAZIONE DEL MANUFATTO C .....	130
17.10	FASE 10 – COMPLETAMENTO SETTORE 2 E DELLE ARGINATURE EST E NORD .....	131
17.11	FASE 11: SCENARIO IIIA E IIIB .....	132
17.12	FASE 12 - SMANTELLAMENTO DEL CANTIERE .....	133



17.13	SCAVI IN ALVEO E RELATIVI SCENARI IDRAULICI .....	134
17.13.1	Scenario idraulico provvisorio I .....	134
17.13.2	Scenario idraulico provvisorio II .....	135
17.13.3	Scenario idraulico provvisorio III .....	136
<b>18.</b>	<b>INTERFERENZE.....</b>	<b>136</b>
18.1	METANODOTTO SNAM DER. PER LANGHIRANO (INT01.A - ELAB. BAG3_13_CAN_D_PL_04) .....	138
18.2	METANODOTTO SNAM PARMA CORTEMAGGIORE (INT01.B - ELAB. BAG3_13_CAN_D_PL_04) .....	138
18.3	LINEA ELETTRICA DI ALTA TENSIONE TERNA (INT02).....	138
18.4	COLLETTORE RETE BIANCA FOGNATURA DI SALA BAGANZA (INT03 - ELAB. BAG3_13_CAN_D_PL_07) .....	139
18.5	LINEA ELETTRICA DI BASSA TENSIONE IRETI (INT04 - ELAB. BAG3_13_CAN_D_PL_06) .....	139
18.6	OLEODOTTO MILITARE IGO&M (INT05 - ELAB. BAG3_13_CAN_D_PL_05).....	139
<b>19.</b>	<b>ESPROPRI .....</b>	<b>139</b>
<b>20.</b>	<b>STIMA DEI LAVORI E QUADRO TECNICO ECONOMICO .....</b>	<b>140</b>
20.1	SUDDIVISIONE IN STRALCI .....	143

## 1. PREMESSA

Con Determina 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 presente relazione generale ha lo scopo di illustrare il progetto esecutivo dei lavori di realizzazione della Cassa di espansione del torrente Baganza. In linea con quanto previsto nel Progetto Definitivo, le opere del presente progetto hanno l'obiettivo di consentire un miglioramento del rischio residuale connesso alle molteplici criticità idrauliche del nodo di Parma, in caso di piena del torrente Baganza. Il presente progetto non contempla l'utilizzo multiplo delle casse di espansione, per scopi differenti da tale obiettivo.

### 1.1 ITER PROCEDURALE ANTECEDENTE IL PROGETTO ESECUTIVO

La necessità di opere di laminazione delle portate al colmo ai fini della messa in sicurezza della città di Parma fu stabilita sin dalla *"Commissione De Marchi"* all'inizio degli anni '70 del secolo scorso, dopo i disastrosi eventi alluvionali dell'autunno 1966. In quella sede si era già inquadrata l'opportunità di prevedere due distinti invasi, rispettivamente per il bacino del T. Parma e per quello del T. Baganza a monte della città di Parma.

Con l'intento di migliorare la sicurezza idraulica della città di Parma nell'attraversamento cittadino del torrente Baganza, il Servizio Tecnico bacini degli Affluenti del Po della Regione Emilia-Romagna aveva commissionato, nel 2004, il progetto preliminare per una *"Cassa di espansione sul T. Baganza nei comuni di Parma Collecchio e Sala Baganza"*.

A seguito di numerosi incontri tecnici ed istituzionali tra gli enti a vario titolo competenti, il 2 aprile 2011 è stato siglato un *"Protocollo d'intesa finalizzato all'attuazione di interventi per la sicurezza della città di Parma e del nodo idraulico di Colorno"*, tra le parti interessate: Regione Emilia Romagna, Autorità di Bacino del Fiume Po (AdBPo), Agenzia interregionale per il Fiume Po (AIPO), Provincia di Parma, ed i Comuni di Collecchio, Felino, Parma, Sala Baganza e Colorno.

Da tale protocollo in data 28 dicembre 2011 è scaturita, tra l'Agenzia Interregionale per il fiume Po e il Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Ambiente e Territorio e Architettura dell'Università degli Studi di Parma (DICATeA), una convenzione di ricerca per le *"Attività propedeutiche alla realizzazione della cassa di espansione del Torrente Baganza indispensabile per la messa in sicurezza del territorio della città di Parma e del nodo idraulico di Colorno (PR)"*.

In seguito all'evento del 13 ottobre 2014, che ha provocato l'esondazione del torrente Baganza in corrispondenza dell'attraversamento della città di Parma, il crollo del ponte ciclopodone della Navetta, ed ingenti danni a strutture importanti (Ospedale Piccole Figlie, centrale Telecom) e ad interi quartieri residenziali (in particolare il quartiere Montanara e Molinetto), la Regione Emilia Romagna ha richiesto ad AIPO l'aggiornamento del progetto preliminare della Cassa di espansione sul Torrente Baganza, che tenesse in debito conto gli studi e gli approfondimenti condotti dal DICATeA dell'Università degli Studi di Parma nel 2012-2013, nonché gli scenari di rischio palesatisi con l'evento

dell'ottobre 2014; l'aggiornamento del progetto preliminare si è concluso il 31 marzo 2015 ed è stato approvato con determina n.1492 del 26 novembre 2015.

Successivamente, con determina n.1556 in data 04 dicembre 2015, AIPO ha disposto di procedere all'affidamento dell'incarico di progettazione definitiva e con determina n.749 del 13 luglio 2016 è stata resa efficace l'aggiudicazione definitiva della progettazione definitiva alla R.T.P. Majone & Partners s.r.l. – Ambiter s.r.l. – Studio Prof. Ing. Alberto Bizzarri – Studio Colleselli & Partners – EG Engineering Geology di G.P. Beretta e Associati - – Ing. Claudio Marcello s.r.l., per la quale sono state realizzate indagini geognostiche propedeutiche e ripresa con sensore lidar. Il progetto definitivo è stato consegnato in data 16 dicembre 2016.

In data 19 dicembre 2016 AIPO ha fatto istanza di attivazione della procedura di VIA al Servizio di Valutazione Impatto e promozione Sostenibilità Ambientale della Regione Emilia-Romagna e richiesta di approvazione tecnica, ex art. 1, co.1, Decreto Legge 507/1907 convertito con L 584/1994 e art. 5 del DPR 1363/1959, al Ministero delle Infrastrutture e Trasporti - Direzione Generale per le Dighe.

In data 29 dicembre 2017 il Ministero delle Infrastrutture e Trasporti - Direzione Generale per le Dighe, ha rilasciato l'atto n. 29423 di approvazione tecnica, ex art. 1, co.1, Decreto Legge 507/1907 convertito con L 584/1994 e art. 5 del DPR 1363/1959, in esito al parere espresso dal Consiglio Superiore dei LLPP n. 52/17 del 15 dicembre 2017.

La procedura di VIA si è conclusa in data 16 aprile 2018 con delibera di Giunta Regionale n.544/2018.

Nel frattempo si è svolta la verifica ai sensi dell'art. 26 del D.Lgs 50/2016 e s.m.i, da parte della società CONTECO Check, terminata con rapporto conclusivo in data 15 marzo 2018, ed è stato espresso, da parte di ARPAE in data 1 giugno 2018, il parere n. 926 sulle analisi idrologiche/idrauliche, ai sensi dell'art. 5 del regolamento di cui al DPR 1363/1959.

Il successivo decreto, a firma del Presidente della Regione Emilia Romagna Stefano Bonaccini in qualità di Commissario di Governo contro il dissesto, n. 2018/2 del 20 settembre 2018:

1. approva la localizzazione dell'opera come individuata dal progetto definitivo in esito alla procedura di VIA;
2. dispone che, ai sensi dell'art. 10 comma 5 e 6, della D.L. 24 giugno 2014, n. 91, convertito con modificazioni dalla Legge 11 agosto 2014, n. 116 la suddetta approvazione costituisca variante agli strumenti di pianificazione urbanistica vigenti e comporti apposizione del vincolo espropriativo e dichiarazione di pubblica utilità;
3. stabilisce che l'efficacia del vincolo preordinato all'esproprio decorra dall'approvazione del progetto definitivo dell'opera a cura di AIPO, come stabilito dal decreto n. DCS 2018/1 del 27/03/2018

L'iter procedurale del Progetto Definitivo si è infine concluso con l'approvazione da parte di AIPO, avvenuta con Determina n.1011 del 26 Ottobre 2018.

## 1.2 DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE IN PROGETTO

Come già previsto nel Progetto Definitivo, lo schema progettuale della cassa di espansione sul torrente Baganza è costituito da un primo invaso (comparto 1) "in linea" ed un secondo invaso (comparto 2), posto in cascata rispetto al primo, collocato in destra all'alveo.

Il collegamento fra il comparto 1 e l'alveo del torrente a monte è ottenuto mediante la realizzazione di una briglia in calcestruzzo, di altezza 5 m.

Il comparto 1 è dotato di un manufatto di regolazione in alveo (manufatto A), provvisto di n°4 luci di fondo di dimensioni pari a 6.00 x 3.50 m (larghezza x altezza), ciascuna delle quali è presidiata da una paratoia piana ad azionamento oleomeccanico; tali paratoie consentono di mantenere costante la portata in uscita dal manufatto stesso, indipendentemente dal livello idrico nell'invaso. Il manufatto presenta la quota di sfioro a 144.90 m slm.

Gli elementi caratteristici del comparto 1 sono i seguenti:

- sistemazione dell'alveo del torrente Baganza a valle della briglia fino al piede dello sbarramento;
- fondo della cassa ad una quota variabile da 138.80 m s.l.m. (in corrispondenza del lato Sud) a 134.72 m s.l.m. (in corrispondenza del lato Nord);
- realizzazione degli argini perimetrali aventi coronamento a quota 147.50 m s.l.m.. Essi si elevano rispetto al piano campagna a valle per ridursi progressivamente verso monte, fino ad azzerarsi ove il piano campagna medesimo raggiunge la quota di 147.50 m s.l.m. Procedendo ulteriormente verso monte il comparto 1 della cassa non è più arginato ed il volume a disposizione si ottiene solo mediante scavo.

Il collegamento tra il comparto 1 e il comparto 2 avviene attraverso un manufatto in calcestruzzo (Manufatto B), adiacente al manufatto A e avente la medesima quota di coronamento; la quota di sfioro del manufatto si pone a 143.70 m slm.

A valle del manufatto B il comparto 2 presenta i seguenti elementi caratteristici:

- il fondo della cassa presenta una quota variabile da 132.50 m s.l.m. (in corrispondenza del lato Sud) a 129.30 m s.l.m. (in corrispondenza del lato Nord);
- gli argini perimetrali hanno il coronamento a quota 145.50 m s.l.m.. Essi si elevano rispetto al piano campagna a valle di circa 14.50 m per ridursi progressivamente verso monte a circa 5 m immediatamente a valle dell'argine di separazione tra comparto 1 e comparto 2.

Il manufatto C, infine, costituisce l'opera di svuotamento e lo scarico di emergenza del secondo comparto; ha una forma planimetrica a ferro di cavallo e presenta un profilo di sfioro a quota 142.00 m s.l.m., affiancato da due manufatti scatolari di dimensioni 3.0 x 3.0 m.

Completano le opere:

- le realizzazioni di un canale per l'ittiofauna, in sinistra all'alveo;
- la risistemazione dell'alveo nel tratto interessato dalle casse;
- la realizzazione di una briglia di valle in alveo, al limite inferiore dell'intervento;
- le sistemazioni ambientali delle aree;

- gli impianti elettrici, di illuminazione e di gestione delle opere elettromeccaniche.

Le principali caratteristiche delle opere sono riportate nel seguito:

	U.M.	Comparto 1	Comparto 2	Totale
Massimo volume di invaso	[m <sup>3</sup> ]	3'200'000 (145,70 m s.l.m.)	2'560'000 (143,70 m s.l.m.)	<b>5'760'000</b>
Volume di invaso alla massima ritenuta	[m <sup>3</sup> ]	2'900'000 (144,90 m s.l.m.)	2'160'000 (142,00 m s.l.m.)	<b>5'060'000</b>
Superficie dello specchio d'acqua in caso di massima piena	[ha]	38	23	<b>61</b>
Altezza minima argini (da fondo cassa / da p.c.)	[m]	8.7 / 0.0	13.0 / 6.4	-
Altezza massima argini (da fondo cassa / da p.c.)	[m]	12.78 / 9.0	16.22 / 14.2	-
Altezza media argini (da fondo cassa / da p.c.)	[m]	10.74 / 4.5	14.61 / 10.3	-
Lunghezza complessiva degli argini di contenimento	[m]	1'915	1'470	<b>3'385</b>

	U.M.	Manufatto A	Manufatto B	Manufatto C
Lunghezza del profilo sfiorante	[m]	72	114	147.5
Lunghezza del manufatto nella parte centrale (esclusi conci esterni di collegamento)	[m]	120	120	30
Altezza massima rispetto al piano di fondazione	[m]	17.90	15.20	22.40
Altezza rispetto alla soglia delle luci di fondo	[m]	11.90	-	-
Numero luci di fondo	[-]	4	-	-
Dimensioni delle luci di fondo (Bxh)	[m]	6,0 x 3,5	-	-
Apertura ottimale fissa luci di fondo (h) (Tr100/Tr200)	[m]	1.65/ 2.3		
Apertura minore luci regolate (h) (Tr100/Tr200)		1.45 / 2.0		
Portata evacuata (T200), luci fisse / regolate	[m <sup>3</sup> /s]	525 / 470	-	-
Portata evacuata (T100), luci fisse / regolate	[m <sup>3</sup> /s]	385 / 345	-	-

Si riporta nella figura seguente la planimetria generale delle opere.





### 1.3 PRINCIPALI MODIFICHE INTERVENUTE NEL PROGETTO ESECUTIVO

Il progetto esecutivo dell'intervento conferma l'impostazione generale del progetto definitivo, approfondendo gli studi e le analisi pregresse e apportando numerose modifiche, di cui alcune sostanziali, per ottemperare alle prescrizioni avute nell'iter approvativo e adeguare il progetto in esito ai risultati delle ulteriori indagini geognostiche svolte successivamente alla redazione del progetto definitivo e ai risultati del modello fisico realizzato dall'Università di Parma su incarico di AIPO.

Il recepimento delle prescrizioni e delle raccomandazioni è dettagliatamente descritto nella "Relazione di ottemperanza" (elaborato BAG3\_01\_GEN\_R\_RE\_02); si richiamano nel seguito gli aspetti progettuali oggetto delle principali modifiche e approfondimenti.

#### 1.3.1 Aspetti ambientali

Nel progetto esecutivo, per gli aspetti ambientali sono state apportate integrazioni e approfondimenti, rispetto al progetto definitivo, con particolare riferimento ai seguenti argomenti:

- Viabilità di cantiere
- Piano di monitoraggio ambientale
- Interferenze
- Terre e rocce da scavo
- Assistenza archeologica in fase di scavo
- Misure di mitigazione e compensazione
- Pista ciclabile

Le modifiche sono intervenute in ottemperanza alle prescrizioni contenute nella Delibera della Regione Emilia Romagna n.544 del 16 aprile 2018 nella quale la Valutazione di Impatto Ambientale risulta positiva ai sensi dell'art. 16 della LR n. 9 del 18 maggio 1999 e successive modifiche ed integrazioni, a condizione che siano rispettate le prescrizioni in essa riportate.

Per la descrizione dettagliata delle soluzioni adottate nel progetto esecutivo in tale ambito si rimanda ai successivi paragrafi della presente relazione.

#### 1.3.2 Aspetti geologici, idrogeologici e geotecnici

Gli studi geologici, idrogeologici e geotecnici con le relative modellazioni hanno consentito l'analisi delle problematiche relative al comportamento dei terreni, in particolare in relazione ai moti di filtrazione e alle valutazioni in termini di cedimenti e stabilità; per tali aspetti si rimanda alle relazioni e agli elaborati grafici specifici.

La principale modifica progettuale riguarda la scelta di realizzare i **rilevati arginali di tipo zonato**, nei quali i terreni possono essere suddivisi nelle seguenti principali categorie:

- terreno per nucleo centrale, costituito da limo /argilla limosa, che dovrà raggiungere dopo costipamento una permeabilità molto bassa, caratterizzata da un coefficiente  $k=10^{-7} \div 10^{-8}$  m/s;



- terreno per rilevato arginale (paramenti laterali adiacenti al nucleo) proveniente dagli scavi dell'unità geotecnica 2A, costituito ghiaia in matrice limosa che dovrà raggiungere dopo costipamento una permeabilità caratterizzata da un coefficiente  $k \leq 5 \times 10^{-5}$  m/s;
- terreno per rilevato arginale (parte esterna ai comparti, posta sotto le banche e le piste laterali) proveniente dagli scavi dell'unità geotecnica 2A, di tipo A1-A2 secondo la classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006); tale terreno è caratterizzato da una permeabilità dopo costipamento con coefficiente  $k = 10^{-3}$  m/s;

L'impostazione del progetto definitivo prevedeva che i rilevati arginali, di tipo omogeneo, fossero realizzati con i materiali provenienti dagli scavi, utilizzando i terreni dell'unità geotecnica UG2A (80%) e UG2B (20%) e affidando la tenuta alla bassa permeabilità delle terre; l'analisi dei risultati delle diverse campagne di indagine, nei terreni costituenti gli strati più superficiali oggetto degli scavi, e lo studio del piano di utilizzo delle terre ha evidenziato:

- una prevalente componente appartenente al gruppo 1 (ghiaie –  $k = 10^{-3}$ ) e 2A (sabbie e ghiaie –  $k = 10^{-5}$  – gruppo A2-6 e A2-7 classificazione CNR), non idonea a garantire la tenuta idraulica prevista in progetto,
- solo secondariamente la presenza di materiale fine appartenente al gruppo 2B ( $k = 10^{-7} - 10^{-8}$  m/sec - gruppi A6-A7 classificazione CNR), utilizzabile a tale scopo.

La carenza di materiale fine giustifica la scelta di realizzare la sezione zonata, che offre il vantaggio di concentrare nel nucleo centrale la necessità di utilizzare materiale a bassa permeabilità ( $k = 10^{-7} \div 10^{-8}$  m/s) e consente di minimizzare il volume di terreno con tali caratteristiche, oltre a migliorare le verifiche a sifonamento/filtrazione e di stabilità del rilevato arginale.

Viene confermata la geometria dei paramenti e del corpo arginale esterno prevista nel progetto definitivo, nonché l'inserimento del diaframma in jet grouting come elemento di ritenuta in fondazione, nei tratti di maggiore altezza del rilevato arginale. Al fine di garantire la continuità tra il nucleo centrale e il diaframma in fondazione, le colonne di jet grouting vengono immorsate nel nucleo stesso; per tale motivo è stato necessario prevedere un **allungamento delle colonne di jet grouting**. Per ulteriori dettagli sulla definizione delle diverse sezioni tipologiche si rimanda al successivo paragrafo descrittivo.

Particolarmente significativa risulta la modifica relativa al **consolidamento del terreno di fondazione** e alla **geometria fondazionale dei manufatti A e B** per i quali, al fine di soddisfare le verifiche pseudostatiche richieste dalla DGD, è stato necessario prevedere:

- la realizzazione di due taglioni in c.a. a monte e a valle della fondazione;
- un'importante intervento di consolidamento del terreno di fondazione, mediante colonne di jet-grouting poste al di sotto dell'opera stessa, tra i due taglioni in c.a., nonché a monte e a valle degli stessi.

Un'ulteriore significativa variante rispetto al progetto definitivo riguarda il **diaframma di jet grouting in corrispondenza del manufatto C** che viene realizzato mediante **due allineamenti affiancati di colonne consolidate compenstrate**, al fine di avere, ad opera finita, maggiori garanzie sulla sua tenuta idraulica, fermo restando che in corrispondenza dei rilevati arginali risulta sufficiente l'impostazione già prevista nel progetto definitivo (un singolo allineamento di colonne consolidate in jet grouting compenstrate).

La presenza di tale diaframma infatti consente di assumere, a fronte dell'incremento delle pressioni a monte delle opere di sbarramento conseguente all'evento idrometrico di riferimento, un campo di pressioni pressochè costante a valle del diaframma stesso.

Nel progetto esecutivo i diaframmi e i consolidamenti in jet grouting in corrispondenza dei manufatti sono immorsati nei livelli limoso-argillosi a bassa conducibilità idraulica ( $K=10^{-7}$  m/s), prevedendo il loro **allungamento** ove necessario, come raccomandato nel citato atto di approvazione tecnica n. 29423 del 29 dicembre 2017 rilasciato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti - Direzione Generale per le Dighe (*"Si raccomanda di assicurare nel successivo sviluppo progettuale il raggiungimento, ove possibile, dello strato limo-argilloso a minore permeabilità"*).

Vengono approfonditi inoltre i seguenti aspetti:

- al fine di ottemperare la prescrizione *"Si ritiene opportuno prevedere, nel progetto esecutivo, interventi di protezione delle scarpate di scavo nei confronti di fenomeni di ruscelamento / filtrazione"* è previsto l'inserimento di un'**opera di presidio lungo le scarpate in scavo del lato Sud**, al di sotto dello strato di terreno vegetale, costituita da teli di geotessile con funzione antierosiva, opportunamente ancorati in sommità e alla base, al fine di proteggere le scarpate di scavo nei confronti di fenomeni di ruscelamento / filtrazione. Tale sistemazione consente di trattenere la componente grossolana del terreno e di realizzare nel tempo una sorta di filtro inverso con funzione antierosiva ad alta permeabilità, caratterizzato da un'elevata durabilità;
- al fine di ottemperare la prescrizione *"Si ritiene necessario che nella progettazione esecutiva siano precisati gli interventi di "raccordo" tra i fronti di scavo afferenti al comparto 1 e l'argine in spalla destra della briglia di ingresso nella cassa, approfondendo l'esame dei relativi fenomeni di filtrazione che possono instaurarsi; si rileva infatti che l'andamento in condizioni ordinarie della superficie piezometrica "post operam", indicata nei profili geologici lungo l'asta del T. Baganza a monte della briglia, assegna ai fronti di scavo nei depositi alluvionali recenti funzioni drenanti"*, la configurazione dell'argine in oggetto è stata sostanzialmente modificata rispetto al progetto definitivo, con l'inserimento del nucleo impermeabile all'interno del rilevato arginale stesso; **l'intervento di raccordo tra i fronti di scavo del lato Sud e l'argine in spalla destra della briglia di ingresso nella cassa**, gestito prolungando il nucleo stesso, con variazione lineare della quota di approfondimento, per tutto il tratto in curva dell'argine fino ad annullarsi progressivamente in corrispondenza del tratto rettilineo del fronte di scavo.

### 1.3.3 Aspetti sismotettonici, sismici e strutturali

Come richiesto nel citato atto di approvazione tecnica, ai sensi del p.to C.7.7.1 ultimo capoverso della NTD2014, poiché l'accelerazione sismica del sito  $a_g = 0,155 \geq 0,15$ , è stato eseguito lo **studio sismotettonico** secondo le "Linee guida per la redazione e le istruttorie degli studi sismotettonici relativi alle grandi dighe" a cura di Roberto Basili, Vera D'Amico, Carlo Meletti e Gianluca Valensise dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Il progetto definitivo, a seguito di istruttoria, era stato integrato con uno studio sismotettonico preliminare basato su indagini e dati di letteratura sul sito, ma la Direzione Generale per le Dighe ha ritenuto *"opportuno che, con il prosieguo della progettazione esecutiva, lo Studio sismotettonico sia dettagliato per gli aspetti di pericolosità sismica da scuotimento e da fagliazione superficiale, esplicitando i riflessi sull'azione sismica di progetto derivata"*.

In ottemperanza a quanto richiesto, nell'ambito della relazione nel progetto esecutivo, è stata stimata la pericolosità sismica (PSHA) in termini di PGA ed accelerazione spettrale (AS), sia per la componente orizzontale sia per la componente verticale, nei diversi stati limite previsti dalla normativa, ottenendo i risultati riportati nelle seguenti tabelle.

#### Componente orizzontale

Categoria di Suolo	Tr (anni) - Pr (%)	PGA (g)
Classe A	475 - 10	0.136
Classe A	90 - 81 (SLO)	0.057
Classe A	151 - 63 (SLD)	0.076
Classe A	1424 - 10 (SLV)	0.235
Classe A	2475 - 5 (SLC)	0.268
Classe B	475 - 10	0.176
Classe B	90 - 81 (SLO)	0.080
Classe B	151 - 63 (SLD)	0.103
Classe B	1424 - 10 (SLV)	0.288
Classe B	2475 - 5 (SLC)	0.361

#### Componente verticale

	PGA <sub>v</sub> (g)			
	SLC	SLV	SLD	SLO
V = 2/3 H (Newmark (1973))	0.240	0.192	0.069	0.053

Per ogni dettaglio si rimanda "Relazione Studio Sismotettonico" (BAG3 04 SIS R RE 01).

Tale studio è stato trasmesso alla Direzione Generale per le Dighe con nota n.11672 del 17 maggio 2019, al fine di un esame in via preliminare da parte della Divisione specialistica di geologia applicata. L'esame e il parere specialistico redatto in data 24 giugno 2019 e la relativa nota n.16231 del 27 giugno 2019 dichiarano in sintesi che *"lo studio sismotettonico proposto può essere posto a base delle verifiche sismiche e della progettazione dello sbarramento e delle arginature connesse"*, pur giudicando *"i risultati ottenuti con le analisi denominate di II Fase estremamente cautelativi, per quanto derivati da un approccio metodologico concettualmente coerente con quanto indicato nelle Linee guida recentemente emanate da questa Direzione Generale"*; la suddetta nota evidenzia inoltre che:

- *In merito al rischio da fagliazione superficiale in corrispondenza della diga e delle opere accessorie, la predetta Div. specialistica ha concordato "con le conclusioni dello studio circa la non necessità di approfondimento di tale problematica vista la posizione delle opere in progetto rispetto alle faglie attive e capaci attualmente indicate nel catalogo ITHACA (Ispra, 2019)" e ha ritenuto che, "allo stato delle conoscenze, la probabilità di accadimento di fenomeni di fagliazione superficiale che possano interferire direttamente con le opere risulta, quindi, bassa e tale da non rivestire elemento ostativo alla futura gestione in sicurezza della cassa di espansione"*
- *la scelta di soglie spettrali comunque superiori a quelle di norma, attiene alle autonome scelte del progettista dalle quali non sono estranee analisi riguardanti l'affidabilità della stima circa le risposte strutturali delle opere e le intrinseche possibili variabilità spaziali delle caratteristiche di resistenza e deformabilità dei materiali utilizzati per la realizzazione delle stesse*

- *Committente e Progettista valutino con attenzione gli elevati fattori di cautela assunti per la stima dell'input sismico (es. incremento della magnitudo massima) in rapporto alle conseguenze in termini di dimensionamenti strutturali e geotecnici. Nel particolare caso specifico, detti fattori verrebbero di fatto a sommarsi con assunzioni pure cautelative insite nelle indicazioni del Consiglio Superiore dei LL.PP. circa la contemporaneità tra sisma e piena di progetto da assumersi nei correlati stati limite previsti dalle Norme tecniche sulle dighe*

Alla luce di ciò si è ritenuto che gli spettri di riferimento individuati a conclusione di questo studio siano quelli che assumono i richiesti margini di sicurezza per tenere conto delle incertezze in gioco riscontrate durante le elaborazioni: in particolare si assumono come spettri di riferimento quelli compatibili con la scelta della magnitudo massima incrementata di 0.3, come suggerito dalle linee guida INGV, intervalli di completezza specializzati, valori di  $b$  non corretti, che corrispondono alle tre macro-voci che influenzano maggiormente l'esito dello studio come meglio specificato nel seguito.

A valle di tale studio sono stati affrontati poi gli aspetti metodologici più rilevanti che riguardano il soddisfacimento delle “verifiche sismiche delle opere che fanno temporanea ritenuta idrica” richieste nel citato atto di approvazione tecnica. In base ad esso “considerato che “allo stato attuale le Norme Tecniche per le dighe non fanno alcuna deroga per le sollecitazioni di carico in dipendenza dalla frequenza del verificarsi”, “le sollecitazioni sismiche sono da applicare alle casse con riferimento al livello idrico di progetto”; ciò in quanto “in assenza di una esplicita disciplina di deroga” deve “applicarsi la citata norma tecnica di riferimento nella progettazione delle opere previste in progetto”. “A maggior ragione, le sollecitazioni derivanti dalla presenza del livello idrico di progetto sono da applicare alle opere in alveo”. “Resta la necessità, nello sviluppo della progettazione nelle fasi successive (e comunque prima della fase di affidamento dei lavori), di procedere alle verifiche previste dalla norma tecnica di riferimento vigente, tenendo conto del livello idrico di progetto” [n.d.r.: quota massima di regolazione, coincidente con quota del livello d'acqua al quale ha inizio, a cassa piena, lo sfioro degli appositi dispositivi]”.

Tali condizioni risultano integralmente soddisfatte nelle verifiche fondazionali e di stabilità dei rilevati arginali (elaborato BAG3\_03\_GEO\_R\_RE\_03), nelle verifiche strutturali dei manufatti A e B (elaborati BAG3\_08\_MRA\_R\_RE\_01 e BAG3\_08\_MRB\_R\_RE\_01), nelle verifiche del manufatto C (elaborato BAG3\_10\_MRC\_R\_RE\_01), nelle verifiche delle paratoie degli scarichi dei manufatti A, B e C (elaborati BAG3\_12\_IMP\_R\_RE\_01÷03).

Si precisa che le verifiche sismiche richieste sono molto conservative, come peraltro evidenziato nell'atto di approvazione tecnica n. 29423 del 29 dicembre 2017 rilasciato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti - Direzione Generale per le Dighe: si deve tenere conto in simultanea di eventi che hanno una probabilità di accadimento molto bassa e caratterizzati da tempi di ritorno molto alti; la verifica sismica è infatti richiesta allo stato limite del collasso ed in condizioni di invaso pieno. Tale combinazione, di carattere improbabile, di eventi di per sé già poco probabili, rende alcune verifiche particolarmente gravose, in particolare per i manufatti A e B, per i quali è stata prevista la modifica della soluzione fondazionale prevista nel Progetto Definitivo: le verifiche dei diversi conci svolte con analisi pseudostatica risultano soddisfatte con l'inserimento di due importanti taglioni a monte e a valle della fondazione e con il consolidamento del terreno mediante colonne di jet grouting. Per ogni dettaglio si rimanda alla relazione geotecnica generale (BAG3\_03\_GEO\_R\_RE\_03), alla relazione di calcolo dei manufatti A (elaborato BAG3\_08\_MRA\_R\_RE\_01) e B (elaborato BAG3\_09\_MRB\_R\_RE\_01).

Un'analisi più accurata e realistica, ovvero un'analisi dinamica con integrazione al passo di appropriati accelerogrammi svolta per il manufatto A, individua il valore dello spostamento residuo (elaborato BAG3 08 MRA R RE 03).

Per quanto riguarda gli **aspetti costruttivi delle strutture massive**, si rimanda al Capitolato Speciale d'Appalto – Norme tecniche (elaborato BAG3 15 DTE R RE 09), in cui sono state inserite specifiche indicazioni per tali getti, pur mantenendo, come impostazione progettuale, la prescrizione del calcestruzzo a prestazione garantita, in accordo con le norme UNI EN 206-1 e UNI11104, ritenendo più opportuno rimandare la definizione del mix-design e di altri aspetti di dettaglio alla successiva fase realizzativa.

### 1.3.4 Aspetti idrologici e idraulici

Al fine di ottimizzare il comportamento delle opere dal punto di vista idraulico sono state apportate le seguenti modifiche rispetto al progetto definitivo:

- Realizzazione di una **briglia selettiva** in corrispondenza della briglia di monte, munita di speroni in c.a. e putrelle in acciaio finalizzate a trattenere il materiale flottante trasportato dalla corrente del T. Baganza; tale opera è stata prescritta nell'atto di approvazione tecnica n. 29423 del 29 dicembre 2017 rilasciato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti - Direzione Generale per le Dighe dove *"si evidenzia che per evitare la parziale o totale ostruzione delle luci delle varie opere è opportuno predisporre a monte delle casse un'opera per la trattenuta del materiale galleggiante"*. La descrizione dell'opera è riportata nel successivo paragrafo relativo alle sistemazioni dell'alveo;
- L'inserimento di **paratoie piane**, in corrispondenza dei 4 scarichi di fondo del manufatto A, in luogo del sistema di paratoie a settore previsto nel progetto definitivo, trova le sue motivazioni nelle seguenti considerazioni:
  - La soluzione scelta presenta notevoli vantaggi dal punto di vista realizzativo, in quanto consente un montaggio in opera di elementi più semplici e leggeri; l'ingombro degli elementi risulta limitato e il montaggio può avvenire sfruttando la possibilità di doppio accesso alle opere, dal basso e dall'alto. Più in particolare gli elementi strutturali di tenuta (travi, scudo, e cc.) possono essere preassemblati fuori opera e calati dall'alto, mentre la loro regolazione e il loro sostegno provvisorio può avvenire dallo scarico di fondo; l'impianto oleodinamico, particolarmente delicato, può essere assemblato e collegato ai servomotori nella specifica camera accessibile dall'esterno (paramento di valle) e dal cunicolo di ispezione superiore. Tali operazioni andranno coordinate con il contestuale getto degli elementi in c.a. del manufatto di sbarramento, al fine di consentire l'ottimizzazione delle diverse fasi di movimentazione e montaggio.

La soluzione proposta nel progetto definitivo risulta viceversa fortemente vincolata dagli spazi a disposizione e dalle dimensioni dei singoli elementi di carpenteria metallica, in quanto la movimentazione e il montaggio degli elementi costituenti la paratoia a settore con i relativi bracci di rotazione e dei cilindri dell'impianto oleodinamico avviene in un ambiente chiuso, in particolare nelle fasi di regolazione e di collegamento alla struttura in c.a. (perni di rotazione dei bracci, fissaggio superiore dei cilindri oleodinamici), il cui accesso è sostanzialmente garantito solo dal basso;

- La soluzione scelta presenta vantaggi anche dal punto di vista manutentivo, in quanto garantisce l'ispezionabilità e la sostituzione degli elementi utilizzando la camera accessibile dal cunicolo di ispezione



superiore, che presenta un'importante apertura verso il paramento di valle. In tale camera sono posizionati anche i servomotori, le centraline oleodinamiche, i quadri elettrici locali.

Gli elementi costituenti la paratoia e l'impianto oleodinamico possono inoltre essere smontati e sostituiti mediante autogru posta sul coronamento dello sbarramento, attraverso i vani grigliati realizzati in corrispondenza della soletta superiore.

Nella soluzione proposta nel progetto definitivo viceversa il controllo, le operazioni di manutenzione e le eventuali sostituzioni dei diversi elementi risultano particolarmente complicate, anche in relazione alla difficoltà di accedere con adeguati mezzi alle diverse parti che costituiscono l'impianto elettromeccanico ed oleodinamico.

- L'inserimento delle paratoie piane consente l'ottimizzazione della geometria dei conci del manufatto A e la relativa suddivisione in conci di sfioro (tracimabili) e di conci di sbarramento (non tracimabili, realizzati in corrispondenza delle paratoie piane).
- Le paratoie piane garantiscono una migliore tenuta idraulica rispetto alle paratoie settore, semplificando a favore di sicurezza il sistema di tenuta certamente più idoneo al funzionamento sotto battente, e lavorano comprimendo la guarnizione di tenuta verso valle; inoltre la movimentazione della paratoia, in condizione di elevati livelli idrici a monte, trasferisce minori sollecitazioni alla struttura adiacente.
- Le paratoie piane garantiscono una funzionalità idraulica sostanzialmente equivalente a quelle a settore, in particolare in condizioni di invaso a monte con elevati livelli idrici (quota superiore all'estradosso degli scarichi); in merito a tale aspetto il modello fisico, nel quale le paratoie sono state riprodotte con la loro effettiva geometria di progetto, non ha evidenziato criticità. In relazione al possibile materiale flottante si osserva che nel progetto esecutivo è prevista la realizzazione di una briglia selettiva in corrispondenza della briglia di monte, munita di speroni in c.a. e putrelle in acciaio finalizzate a trattenere il materiale flottante trasportato dalla corrente del T. Baganza, in ottemperanza a quanto richiesto nella nota della Direzione Generale per le Dighe n. 29423 del 29/12/2017;
- Inserimento dello **scarico di fondo del comparto 1** in corrispondenza della spalla sinistra del Manufatto B, attraverso un canale scatolare, di sezione 2.5 x 2.5 m, regolato da una paratoia piana, il cui sbocco è collocato in corrispondenza della vasca di dissipazione del manufatto stesso, nel comparto 2;
- Modifica della **geometria in pianta dello sfioro del manufatto C**: nel progetto definitivo lo sfioro era previsto di geometria rettangolare, mentre nel progetto esecutivo il profilo ha una geometria a ferro di cavallo, al fine di evitare l'interferenza dei flussi disposti perpendicolarmente tra di loro;
- Ottimizzazione dei **profili di sfioro** (profilo Creager) dei manufatti A, B e C.

Il progetto tiene infine conto dei **risultati ottenuti mediante il modello fisico**, che è stato realizzato dall'Università di Parma su incarico di AIPO; si riepilogano nel seguito le principali modifiche apportate alle opere in progetto, in esito ai risultati del modello:

- Modifica dei dissipatori nella vasca a valle del manufatto A: i nuovi dissipatori sono posti in corrispondenza degli scarichi e hanno una geometria in pianta a doppio cucchiaino (elaborato BAG3\_08\_MRA\_D\_PL\_02);

- Innalzamento delle quinte della vasca di dissipazione del manufatto A: la nuova altezza del muro è pari a 8.6 m rispetto al fondo della vasca (elaborato BAG3\_08\_MRA\_D\_SZ\_03);
- Modifica dei dissipatori nella vasca a valle del manufatto C: i nuovi dissipatori sono costituiti da una serie di 10 blocchi tipo Rehbock, a sezione trapezia, di altezza pari a 3.60 m (elaborati BAG3\_10\_MRC\_D\_PL\_01 e BAG3\_10\_MRC\_D\_SZ\_04);
- Modifica della parte terminale della vasca di dissipazione del manufatto C: la soglia di valle viene posta alla stessa quota dell'alveo a valle del manufatto pari a 128.62 m slm (elaborato BAG3\_10\_MRC\_D\_SZ\_04);
- Innalzamento delle quinte della vasca di dissipazione del manufatto C: la nuova altezza del muro del manufatto C è pari a 6.0 m dal fondo alveo (elaborato BAG3\_10\_MRC\_D\_SZ\_03);
- Aggiornamento del dimensionamento delle scogliere, in termini di altezza rispetto al fondo dell'alveo, nel tratto a valle del manufatto A e del manufatto C: la riprofilatura della sponda in alveo prevede la realizzazione di una protezione con scogliera per un'altezza pari a 3.50 m dal fondo dell'alveo (elaborato BAG3\_11\_ALV\_D\_PL\_02);
- Rettifica del muro di contenimento dell'argine a valle del manufatto B, in sponda destra, e relativo allineamento con quello della vasca di dissipazione, per ridurre le velocità in uscita dalla vasca di dissipazione (elaborato BAG3\_09\_MRB\_D\_PL\_02);
- Protezione dell'argine a valle della vasca di dissipazione del manufatto B in sponda destra a tergo del muro e in sinistra;
- Innalzamento dell'area presente tra l'alveo e il canale a valle del manufatto C (elaborati BAG3\_11\_ALV\_D\_SZ\_10 e BAG3\_11\_ALV\_D\_SZ\_11).

#### 1.4 APPROVAZIONE TECNICA DELLA DIREZIONE GENERALE DELLE DIGHE

In seguito ad un articolato iter di adeguamento del progetto alle prescrizioni formulate nella nota n. 29423 del 29 dicembre 2017 e alle osservazioni e prescrizioni formulate dalla Direzione Generale delle Dighe nel corso delle istruttorie tecniche sul progetto esecutivo, il progetto esecutivo, con nota n.7956 del 15/04/2021, è stato valutato meritevole di approvazione tecnica con alcune residuali prescrizioni e raccomandazioni, che sinteticamente riguardano:

1. la maggiorazione del diametro delle canne di drenaggio ascendenti dei manufatti a gravità di calcestruzzo;
2. la previsione di uno specifico campo prove per tarare, prima dell'inizio dei lavori, le modalità esecutive dei consolidamenti dei terreni di fondazione dei manufatti di sbarramento di calcestruzzo;
3. la definizione in dettaglio delle modalità esecutive dei setti di tenuta idraulica nel tratto di connessione con i nuclei dei rilevati arginali, da definire anche per il loro inserimento nel Foglio di condizioni per la costruzione delle opere od atto equivalente;
4. l'integrazione delle verifiche costruttive delle paratoie e la previsione delle certificazioni, da acquisirsi a consuntivo;
5. l'incremento (per un massimo di 10 cm) del franco netto dei rilevati di arginali di ritenuta e perimetrali;
6. l'adozione di accorgimenti costruttivi per compensare i cedimenti differenziali al contatto tra il rilevato arginale di separazione tra i comparti 1 e 2 con il manufatto B a gravità;



7. la valutazione dei riflessi dei cedimenti differiti nel tempo per il manufatto C sulla sua funzionalità e, in caso, la previsione di appositi interventi mitigatori/consolidamenti in fondazione.

La presente revisione del progetto è stata aggiornata per tenere conto delle suddette prescrizioni; in particolare:

1. le canne di drenaggio ascendenti dei manufatti a gravità di calcestruzzo sono state modificate, inserendo elementi con diametro pari a 250 mm;
2. sono stati inseriti due elaborati specifici (elab. BAG3 08 MRA D PL 03 ed elab. BAG3 08 MRB D PL 03) relativi ai campi prova da realizzare per tarare, prima dell'inizio dei lavori, le modalità esecutive dei consolidamenti dei terreni di fondazione dei manufatti di sbarramento di calcestruzzo; tali campi prova sono descritti anche nella relazione del jet grouting;
3. negli elaborati grafici relativi ai setti in jet grouting (elab. BAG3 07 ARG D PL 04 e BAG3 07 ARG D PL 06) sono state inserite specifiche indicazioni in merito alle fasi esecutive e alle relative lavorazioni nel tratto di connessione con i nuclei dei rilevati arginali;
4. nelle verifiche costruttive delle paratoie, che saranno svolte dal produttore delle paratoie stesse prima della fornitura per approvazione della DL, dovranno essere portate in conto, in sede di realizzazione da parte del costruttore, l'azione sismica verticale concomitante all'azione sismica orizzontale, le azioni idrodinamiche esercitate dal flusso dell'acqua in caso di parziale apertura delle paratoie stesse nonché la presenza di carichi accidentali dovuti all'eventuale presenza di materiali flottanti. L'intero dispositivo di regolazione e chiusura dell'organo – paratoia di scarico, inteso come insieme costituito dallo scudo in fase di apertura/chiusura (che svolge la funzione di contenimento idraulico) e dal sistema oleodinamico (che svolge la funzione di movimentazione), dovrà essere assoggettato alla "direttiva macchine 2006/42/CE", recepita con D. Lgs. 17/2010, oltre alle altre direttive comunitarie applicabili. L'intero complesso dovrà pertanto essere dotato di Dichiarazione di conformità, marcatura CE e corredato di tutte le Informazioni – Istruzioni necessarie (Manuale d'uso e manutenzione). La struttura metallica, dovendo risultare a fine lavori assoggettata anche a collaudo statico ai sensi della L. 1086/1971 e alle NTC 2018 (separatamente o nell'ambito del collaudo speciale di sicurezza della diga ex art.14 del D.P.R. 1363/1959), deve essere eseguita in conformità alla norma UNI EN 1090 - 2 "Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio – Parte 2 Requisiti tecnici per le strutture di acciaio", attestato mediante rilascio di apposita dichiarazione di prestazione. Tali indicazioni sono state inserite nel Capitolato Speciale d'Appalto – Norme Tecniche (elab. BAG3 15 DTE R RE 09);
5. Il calcolo del franco netto dei rilevati arginali è stato aggiornato nella reazione geotecnica (elab. BAG3 GEO R RE 03); per tenere conto dell'incremento, nei computi è stato inserito un maggiore spessore di massicciata stradale in corrispondenza del coronamento degli argini;
6. Per gli aspetti legati ai cedimenti differenziali al contatto tra il rilevato arginale di separazione tra i comparti 1 e 2 con il manufatto B a gravità, si afferma che i cedimenti di lungo termine stimati per i rilevati sono calcolati in condizioni piane e pertanto per gli stessi si può prevedere una riduzione pari ad almeno il 50% e quindi, in adiacenza ai manufatti di calcestruzzo, si possono manifestare cedimenti teorici differiti nel tempo di circa 8 cm; tali valori, che saranno ulteriormente ridotti a causa dell'attrito terreno-struttura, non influenzano la funzionalità dell'opera, ma si raccomanda in fase esecutiva il monitoraggio degli effettivi cedimenti della

struttura e del rilevato adiacente durante la costruzione e al termine della stessa, al fine di confermare in fase esecutiva le valutazioni progettuali e/o di valutare eventuali accorgimenti in corso d'opera;

7. In merito ai cedimenti del manufatto C, non si ritiene opportuno procedere al consolidamento per minimizzare ulteriormente i cedimenti, la cui entità risulta idraulicamente poco significativa, tenuto conto che un teorico cedimento di 15 cm della quota di sfioro riduce la capacità complessiva del sistema di una quantità poco significativa (0.66% del volume di invaso alla massima ritenuta).

## 1.5 ARCHEOLOGIA

Sulla base della relazione archeologica del Progetto Preliminare trasmessa alla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Parma e Piacenza in data 03/08/2016 con prot. 00019909/2016, la Soprintendenza ha ritenuto, a seguito dell'emersione di elementi archeologicamente rilevanti (art. 25, comma 1, del D.Lgs. 50/2016), di attivare la seconda fase della procedura di verifica preventiva dell'interesse archeologico mediante l'esecuzione di saggi archeologici.

Nell'ambito del Progetto Definitivo, in ottemperanza all'art. 25, comma 8, lettera c, del D.Lgs. 50/2016, si è proceduto alla realizzazione di n. 18 saggi archeologici, effettuati allo scopo di delimitare i depositi sepolti in senso verticale e di circoscrivere l'estensione di eventuali stratificazioni archeologiche.

La Relazione Archeologica allegata al Progetto Definitivo (elaborato BAG2\_18ARC\_R\_RE\_01\_A-R02) illustra l'esito dei saggi archeologici suddetti e definisce, sulla base dell'analisi comparata dei dati raccolti mediante le indagini archeologiche dirette, i diversi gradi di potenziale archeologico del contesto preso in esame, ovvero i livelli di probabilità che nelle aree di indagine sia conservata una stratificazione archeologica. Nelle aree dove si sono evidenziate tracce di frequentazione antica ed elementi archeologici certi la Relazione archeologica fornisce indicazioni in merito alla progettazione dell'estensione d'indagine, da effettuarsi previo parere di competenza della Soprintendenza e secondo le modalità prescritte dalla Soprintendenza stessa, e da redigere a cura di soggetto in possesso di idonea competenza (DGA, Circolare 1/2016, Allegato 2).

Le opere del Progetto Esecutivo mantengono le stesse caratteristiche geometriche di quelle del Progetto Definitivo, dunque restano valide le assunzioni e le prescrizioni adottate in tale ambito.

## 1.6 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si riportano nel seguito le principali normative di riferimento utilizzate nel progetto:

- D.M. 14 gennaio 2008 – “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni”.
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – “Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.
- Decreto Min. Infrastrutture e dei Trasporti 26 Giugno 2014 - Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse).
- UNI EN 1992-1-1 “Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”.
- UNI EN 1997-1 “Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”.

- UNI EN 1998-1 “Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”.
- D.M. 31.07.2012 “Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici”.
- UNI EN 206-1 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- UNI EN 11104 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1

Ai sensi dell'Art. 2 del DM 17.01.2018, l'applicazione del D.M. 14.01.2008 è consentita per l'intervento in esame in quanto il progetto definitivo è stato affidato prima della data di entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni DM 17.01.2018 e si prevede che la consegna dei lavori avvenga entro cinque anni dall'entrata in vigore delle Norme Tecniche stesse.

## 2. RILIEVI E INDAGINI

### 2.1 RILIEVI TOPOGRAFICI

#### 2.1.1 Rilievi del progetto definitivo

Il rilievo topografico di riferimento per il progetto esecutivo è quello prodotto nell'ambito del progetto definitivo

Si riporta nel seguito lo stralcio della relazione generale del progetto definitivo relativo alla descrizione di tale rilievo.

#### **Rilievi CGR 2016**

*AIPO ha commissionato alla società CGR, all'inizio dell'estate 2016, l'esecuzione di una ripresa con sensore Lidar, finalizzato ad un aggiornamento topografico a scala di asta Parma e Baganza a valle delle casse e fino alla confluenza con il fiume Po, ed una con sensore multi spettrale; quest'ultimo (grazie alle immagini registrate nelle bande dell'infrarosso e dell'infrarosso termico) consente di effettuare studi sulla presenza di paleoalvei, analizzare le differenze di temperatura del suolo, caratterizzare la risposta della vegetazione nell'infrarosso vicino, consentendone un'analisi qualitativa sul suo stato di salute.*

#### **Estensione**

*La ripresa Lidar ha interessato il bacino idrografico dei torrenti Parma e Baganza a valle delle rispettive casse di espansione (per il Baganza a valle di Sala Baganza), mentre la ripresa multispettrale ha riguardato le aree circostanti le arginature del Torrente Parma a valle della città, per un'estensione di circa 300 metri da entrambi i lati.*

#### **Caratteristiche tecniche degli strumenti utilizzati**

*Il sistema Lidar utilizzato per l'esecuzione delle riprese è l'ALTM 3100 costruito dalla Società canadese Optech, ed ha le seguenti caratteristiche:*

- Numero di impulsi laser al secondo      Fino a 100.000
- Angolo di scansione      Variabile da 0° fino a +/-25°

- Accuratezza orizzontale ( $1\sigma$ ) < 1/5000 della quota relativa di volo
- Accuratezza verticale ( $1\sigma$ ) compresa tra +/- 15 cm e +/- 35 cm in base alla quota relativa
- Capacità di registrare contemporaneamente fino a 4 ritorni per ogni impulso laser emesso che consentono di ottenere fino a 4 misure per ogni punto.
- Capacità di registrare il valore di intensità del segnale LIDAR.

Lo strumento integra al suo interno un ricevitore GPS ed un sensore inerziale Applanix Pos/Av 510 per la rilevazione della posizione assoluta e dei relativi parametri angolari dell'aeromobile istante per istante durante il volo.

Il sensore multispettrale è un sensore Daedalus 16 canali, basato su un sistema di scansione a specchio rotante ed è in grado di registrare i dati in 16 differenti bande corrispondenti alle seguenti lunghezze d'onda:

- visibile (9 bande comprese tra 0.43-0.68  $\mu\text{m}$ ),
- vicino infrarosso (4 bande comprese tra 0,68 – 0.92  $\mu\text{m}$ )
- infrarosso medio (2 bande comprese tra 1.55 -2.35  $\mu\text{m}$ )
- infrarosso termico (1 bande comprese tra 8.5-12.5  $\mu\text{m}$ )

#### Caratteristiche tecniche degli strumenti utilizzati

I parametri del Lidar saranno impostati con i seguenti valori, per ottenere una distanza media tra i singoli punti misurati a terra pari a circa 1,2 metri (densità di 0,7 punti/m<sup>2</sup>):

- |   |                     |
|---|---------------------|
| - Numero di misure effettuate nell'unità di: tempo: | 70.000 (70 khz)     |
| - Angolo di scansione:                              | +/- 25°             |
| - Quota di volo:                                    | 1600 Metri relativi |
| - Interasse tra le strisciate:                      | 970 metri           |

Per quanto attiene la ripresa multispettrale, alla quota di volo indicata le caratteristiche della ripresa fotogrammetrica sono le seguenti:

- |                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| - Risoluzione e terra del pixel: | 1,8 m               |
| - Quota di volo:                 | 1200 Metri relativi |

#### Integrazione tra i rilievi

La base topografica di dettaglio per la progettazione, nel tratto interessato dalle opere, è stata predisposta dalla società Geo 3 s.r.l., che aveva già operato nell'ambito del primo progetto preliminare 2004 per Regione Emilia Romagna – STB, ed è stata successivamente impegnata nel 2006 nel monitoraggio completo del T. Baganza da Berceto sino alla confluenza con il Torrente Parma; a seguito dell'alluvione del 2014 è stata infine disposta una verifica delle quote di piena e dei tratti esondati che ha aggiornato le sezioni storiche d'alveo.

La base topografica è stata vincolata al sistema WGS84 UTM32, con altimetria vincolata alla rete regionale di raffittimento IGM95. Poiché la rete IGM95, rispetto alla rete storica di monitoraggio, presentava un differenza altimetrica media di -0.18 m, la celerimensura realizzata per il primo progetto, acquisita da AIPO, è stata adeguata altimetricamente per compensare tale differenza.

*Al fine di costituire una base topografica e cartografica comune, sono stati acquisiti e valutati i seguenti rilievi di base disponibili:*

- *piano Quotato già prodotto nel 2003 (utilizzato per la parte esterna all'alveo e alla cava esistente);*
- *modello LIDAR eseguito a cura di CGR per conto di AIPO nel 2016 (vd. paragrafo precedente),*

*con le seguenti integrazioni a terra: area depuratore e fondo alveo a monte, altimetria della zona boschiva in sponda sinistra, rilievo della catenaria della linea Terna. Il piano quotato è stato infine integrato con ulteriori misure del fondo scavo in corrispondenza delle aree di cava esistenti (rilievi forniti dai tecnici della proprietà).*

*Il rilievo effettuato con scansione LIDAR (in coordinate WGS84) è stato fornito con maglia quadrata di 1 m x 1 e le verifiche con l'area celerimetrica eseguita a terra hanno suggerito, ai fini dell'integrazione tra i due rilievi, di isolare l'area interessata dal progetto con una maglia a passo superiore (5 m x 5 m) al fine di renderne gestibili le elaborazioni con i software in uso corrente. Come detto, tale verifica ha portato ad una compensazione dell'ordine dei 20 cm.*

*I rilievi a terra sono stati eseguiti con stazioni totali in conformità con le procedure interne aziendali regolamentate dal manuale della qualità interno certificato ISO 9001:2008. La strumentazione utilizzata è ad alta precisione Trimble robotizzati S3 e S6.*

*Infine, a supporto dei tracciamenti<sup>1</sup> sono stati monografati n°7 capisaldi derivati dalle precedenti fasi di rilievo. Il posizionamento planimetrico è stato verificato mediante rilievo GPS (Trimble R6) vincolato alla rete regionale WGS84 (IGM95 con relativi raffittimenti). Il posizionamento altimetrico adattato al modello LIDAR è risultato coincidente con la prima linea altimetrica di monitoraggio fluviale del 1972.*

### 2.1.2 Rilievi con drone

Ad integrazione dei rilievi effettuati nell'ambito del progetto definitivo, nel corso dello sviluppo del presente progetto esecutivo sono stati effettuati rilievi mediante l'impiego di drone, finalizzati all'aggiornamento della definizione dello stato attuale delle aree golenali oggetto di attività di escavazione, poste internamente alla cassa di espansione in progetto e per aggiornare l'attuale conformazione di alcune sponde fluviali poste a valle della cassa, oggetto di interventi di rinaturazione.

Per l'esecuzione di tali rilievi è stato utilizzato un drone "DJI Phantom 3 Advanced".

Nella Figura 1 sono riportate le aree oggetto di rilievo con drone (ortofoto), sovrapposte alle aree oggetto di intervento.

Per ciascuna zona posta all'interno dell'area della cassa di espansione sono state prodotte:

- Modello digitale del terreno a maglia 1x1 m;
- Ortofoto.

<sup>1</sup> Per i tracciamenti occorre valutare che il sistema WGS84 UTM32 risulta compresso di ca. 35 cm./Km. Pertanto se si traccia in coordinate rettilinee occorre ridefinire la rete

Per la definizione delle quote altimetriche sono stati rilevati con strumentazione GPS alcuni caposaldi del rilievo del progetto definitivo e diversi punti interni alle aree oggetto di rilievo con drone (target). In particolare, nella

Per le zone a valle dell'area della cassa di espansione sono state prodotte solamente le ortofoto.





Figura 1 – planimetria con indicate le aree oggetto di intervento (colore blu) e le aree oggetto di rilievo con drone (ortofoto)



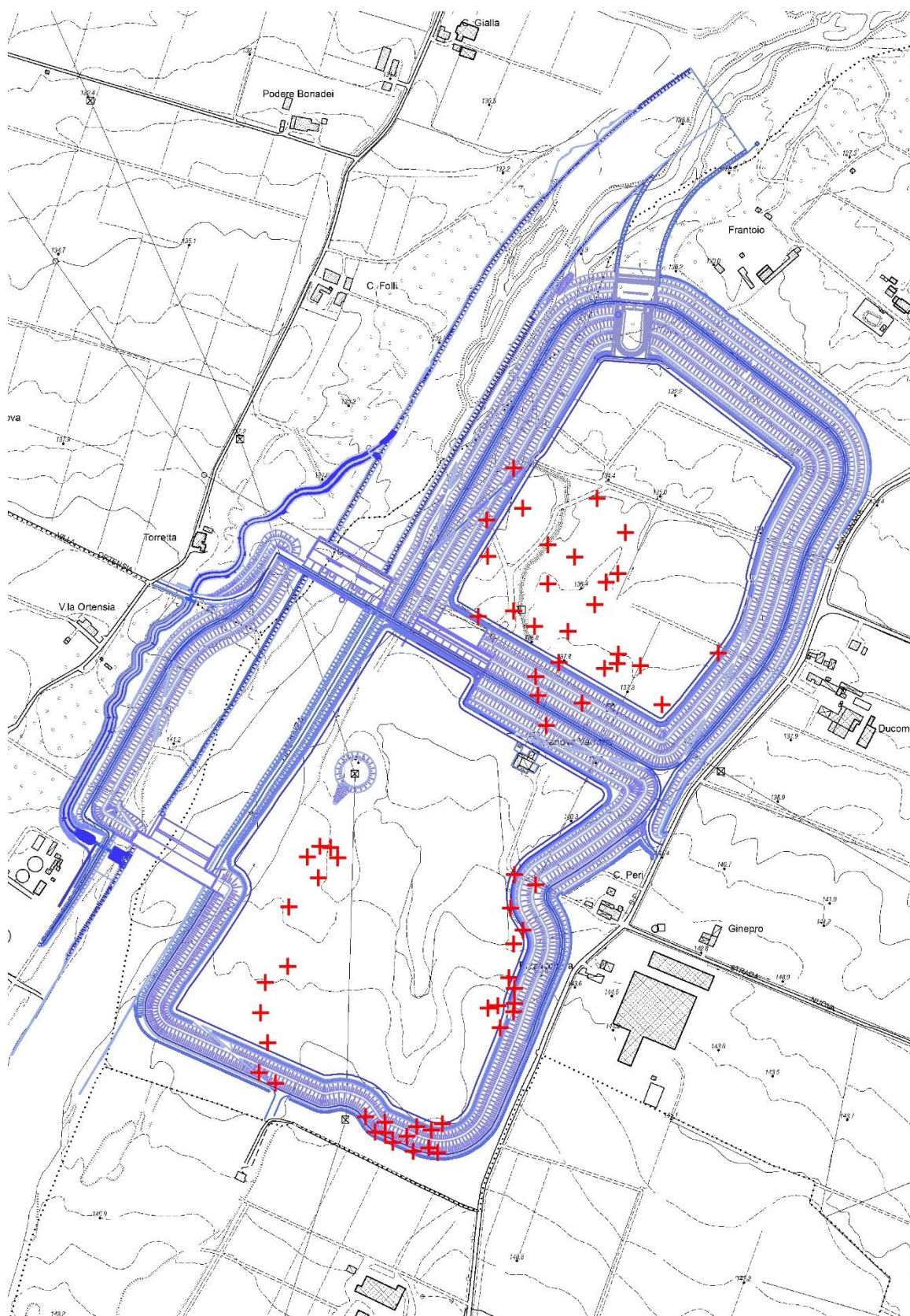


Figura 2 – planimetria con indicati i punti rilevati con GPS



Con i rilievi effettuati sono stati prodotti i relativi DSM (modelli digitali del suolo), che sono stati utilizzati nell'ambito del progetto per aggiornare i volumi di scavo e riporto necessari per la realizzazione della cassa di espansione in progetto, con particolare riferimento alle aree oggetto di escavazione. I DSM sono riportati nella successiva Figura 3.

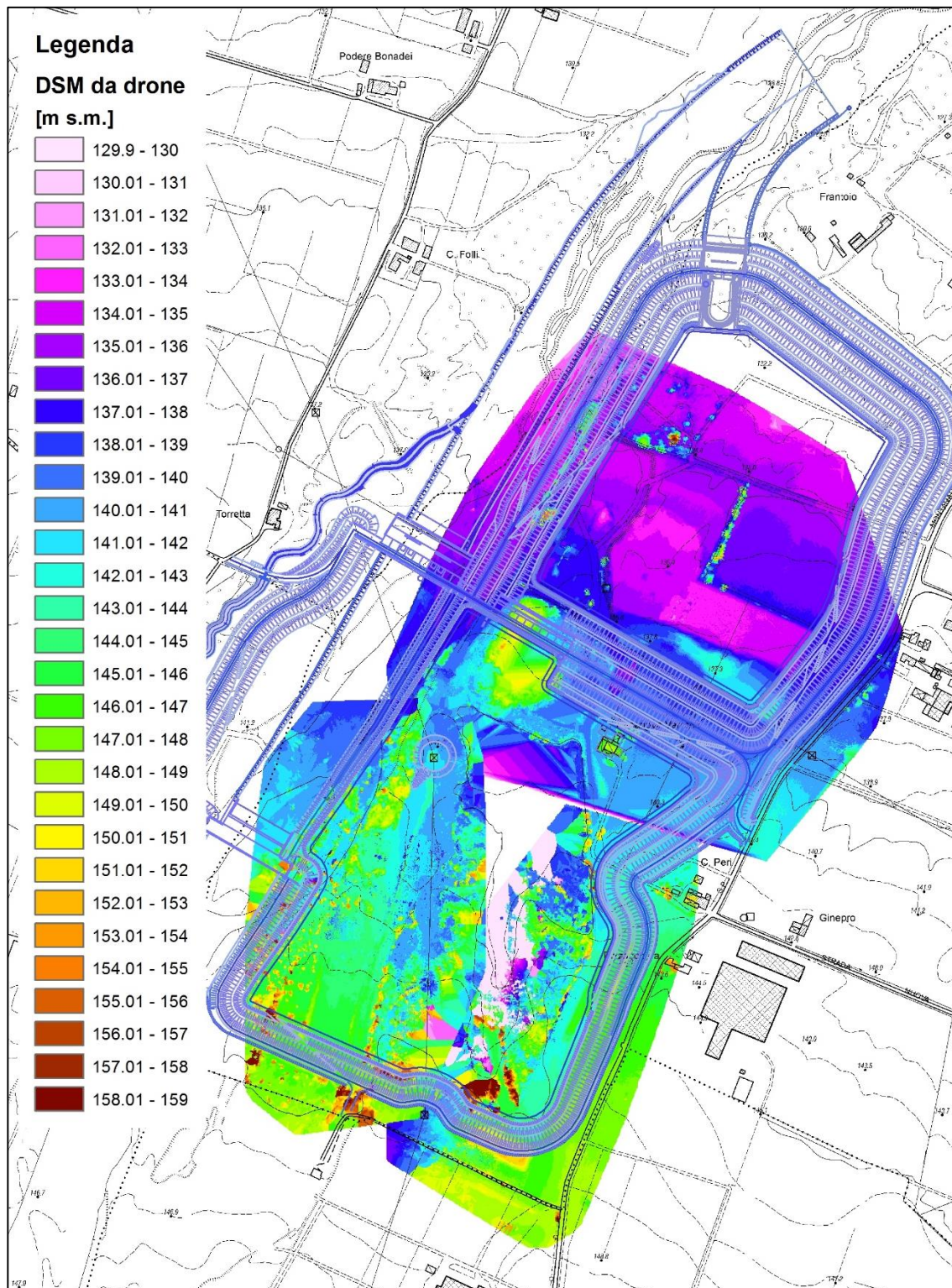


Figura 3 – DSM prodotti in seguito al rilievo con drone

## 2.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

### 2.2.1 Indagini del progetto definitivo

Le attività di progettazione definitiva della cassa di espansione sul Torrente Baganza, sono state supportate, tra il 2011 e il 2016, dalle attività di indagine nel seguito riportate:

- Luglio - Agosto 2011 - Campagna di indagini preliminari (Progetto Preliminare)
  - n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1÷S3) (PARMAGEO s.r.l.);
  - n. 1 prova di permeabilità Lefranc (in S2) (PARMAGEO s.r.l.);
  - indagini geofisiche (GeoExploration s.r.l.): n. 5 allineamenti geoelettrici, n. 1 stendimento sismico a rifrazione, n.1 stendimento sismico a riflessione, n.1 rilievo down-hole (S1);
  - prove di classificazione in laboratorio su n.6 campioni di sondaggio (Università degli Studi di Parma - DICATeA).
- Giugno - Settembre 2012 - Prima campagna di indagini integrative (Progetto Preliminare)
  - n. 16 sondaggi a carotaggio continuo (S1÷S16) a profondità variabile tra 30 e 60 m e relative prove SPT e Lefranc a carico variabile (SOGEO s.r.l.);
  - n. 1 sondaggio a carotaggio continuo (S4) (PARMAGEO s.r.l.);
  - n. 9 perforazioni a distruzione di nucleo (Sa÷Si) a profondità variabile tra 20 e 28 m e relative prove Lefranc a carico variabile (SOGEO s.r.l.);
  - installazione di n.14 tubi piezometrici NORTON a tubo aperto (SOGEO s.r.l.);
  - n. 25 campionamenti di terreno indisturbato con campionatore Osterberg (SOGEO s.r.l.);
  - n. 84 prove SPT (SOGEO s.r.l.);
  - n. 10 prove penetrometriche dinamiche DPSH tra 2 e 12 m di profondità (SOGEO s.r.l.);
  - n. 10 pozzetti esplorativi (PS1÷PS10) di profondità pari a 4 m e relativo prelievo di campioni rimaneggiati (SOGEO s.r.l.);
  - n. 1 indagine geofisica down-hole (S2) (GeoExploration s.r.l.);
  - prove di classificazione e caratterizzazione geotecnica e meccanica in laboratorio sui campioni prelevati in sito (Università degli Studi di Parma - DICATeA).
- Luglio 2013 - Seconda campagna di indagini integrative (Progetto Preliminare)
  - n. 2 sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati, successivamente attrezzati a piezometro (SOGEO s.r.l.).
- Giugno - Luglio 2016 - Terza campagna di indagini integrative (Progetto Definitivo)

- n. 9 sondaggi a carotaggio continuo di profondità pari a 20 m (SI1÷SI9), esterni all'area di studio, successivamente attrezzati a piezometro per la misura dei livelli di falda;
- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo di profondità pari a 45 m (SIG1÷SIG4), interni all'area di studio, successivamente attrezzati a piezometro, in corrispondenza dei quali sono state eseguite prove SPT (22 per ciascun sondaggio) e campionamenti (almeno 5 per ciascun sondaggio);
- n. 6 sondaggi a carotaggio continuo di profondità pari a 10-25 m (SMC), per la verifica della continuità dello strato argilloso e per la raccolta di campioni (3 per ciascun sondaggio);
- realizzazione di n.2 campi prova per l'esecuzione di prove di pompaggio a portata costante, ciascuno composto da n.1 pozzo e n.3 piezometri di controllo;
- 80 pozzetti esplorativi (74 per analisi terre e rocce da scavo - 6 per analisi ambientali);
- 5 campionamenti in alveo;
- n. 4 stendimenti di tomografia elettrica, rispettivamente due nella zona di monte e due nella zona di valle;
- n. 3 profili geofisici con tecnologia MASW 2D nella zona di valle;
- prove di classificazione e caratterizzazione in laboratorio;
- analisi chimiche;
- rilievo topografico dei punti di indagine.

L'ubicazione di tutte le indagini eseguite è riportata nella seguente Figura 4, e con maggiore dettaglio nell'elaborato BAG3\_03GEO\_D\_PL\_02 "Planimetria delle indagini geologiche e geotecniche".



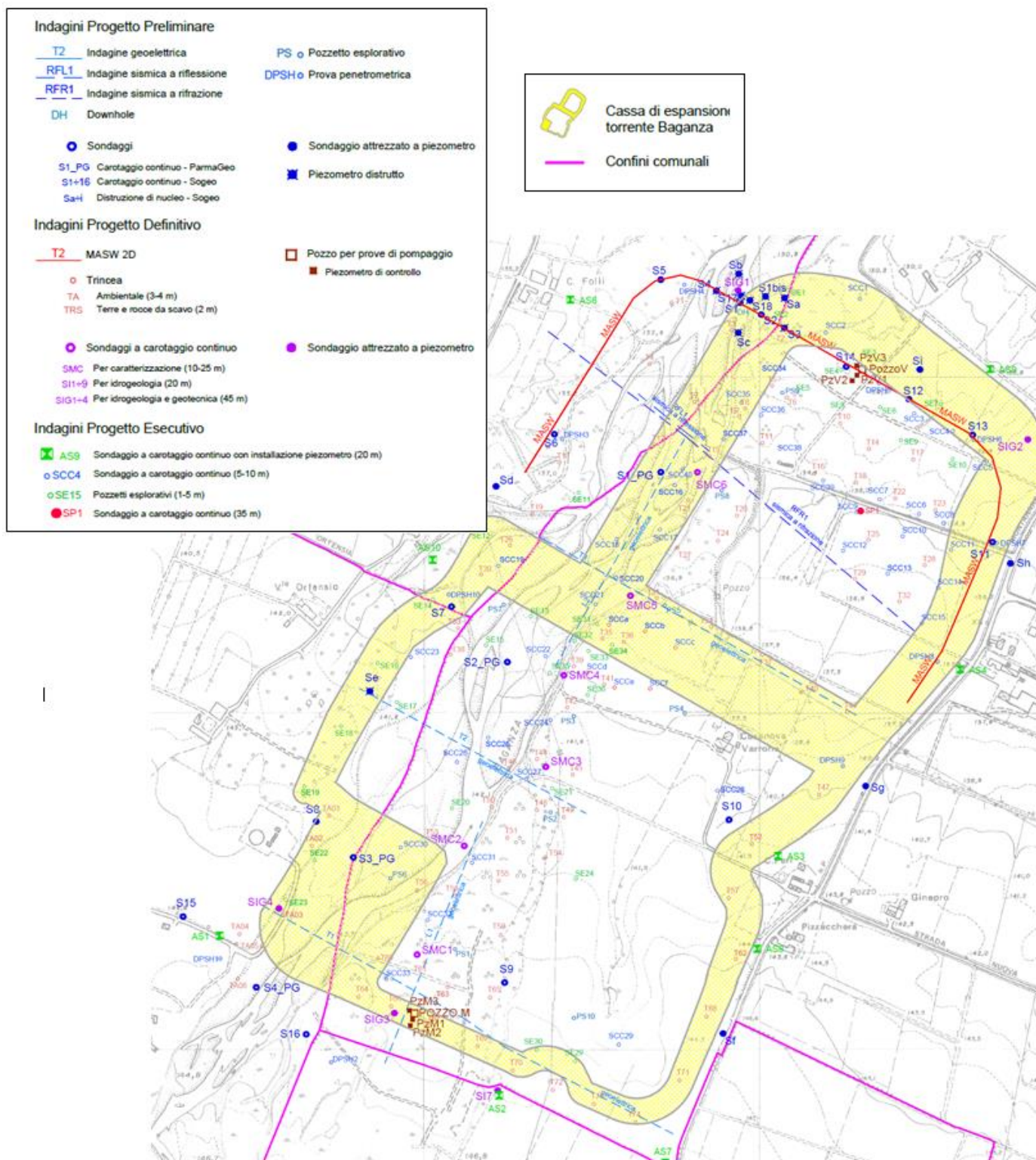


Figura 4 – Localizzazione delle indagini relative alle fasi di progettazione preliminare, definitiva, ed esecutiva (rif. per il dettaglio Elaborato BAG3\_03GEO\_D\_PL\_02\_0 "Planimetria delle indagini geologiche e geotecniche")

### 2.2.2 Indagini integrative

Per la definizione del modello geologico in corrispondenza dell'invaso 2 è stato eseguito, nell'aprile del 2019, un ulteriore sondaggio, i cui esiti sono riportati nell'allegato 2d della relazione geologica (elaborato BAG3 03 GEO R RA 02), a cui si rimanda per ogni dettaglio.

## 2.3 INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI MATERIALI DI SCAVO

### 2.3.1 Campagna di indagine condotta nel corso del progetto definitivo

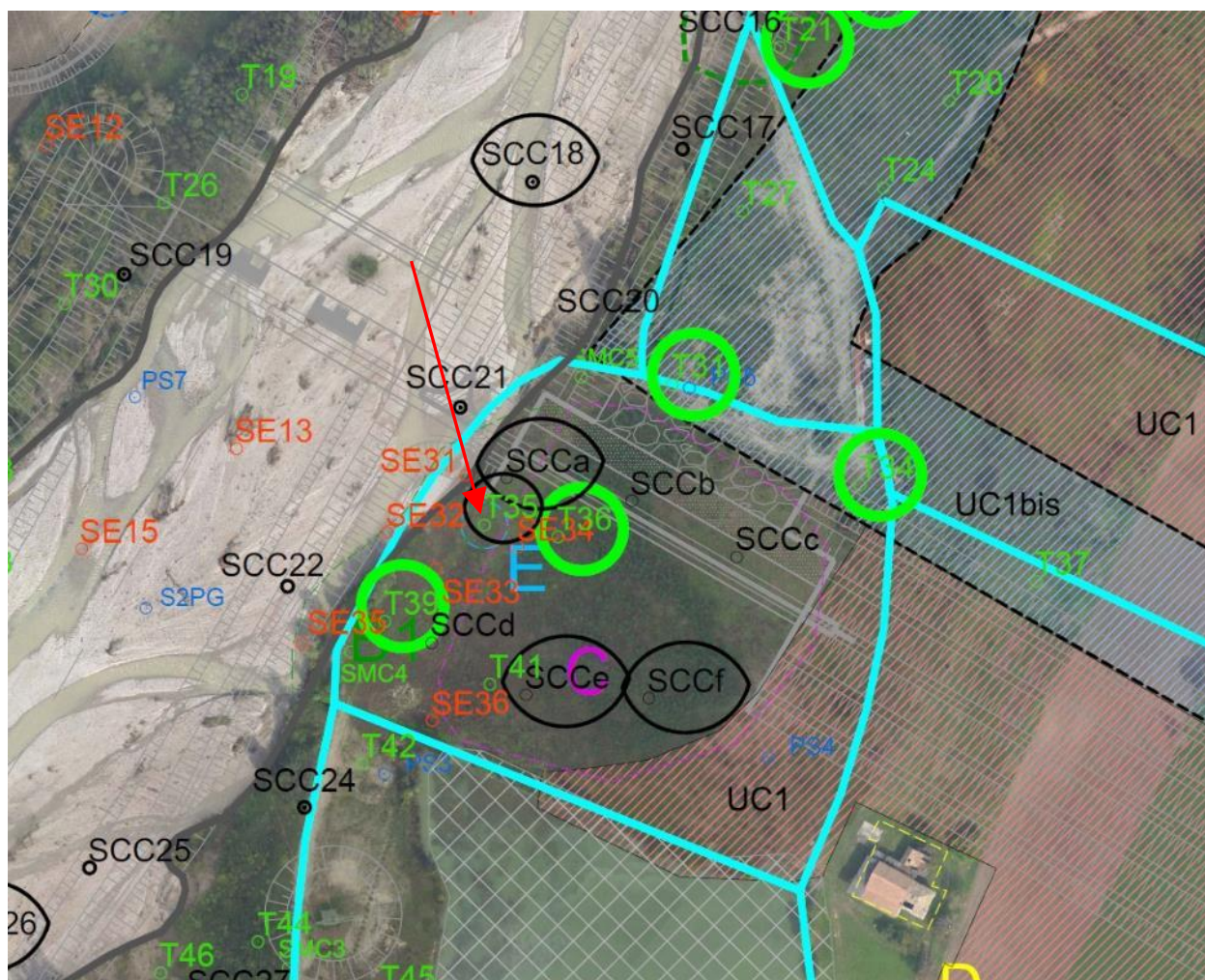
Nel corso della progettazione definitiva sono state realizzate 74 trincee esplorative con prelievo di campioni di terreno in corrispondenza sia della cassa di espansione che delle sponde del Baganza.

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.

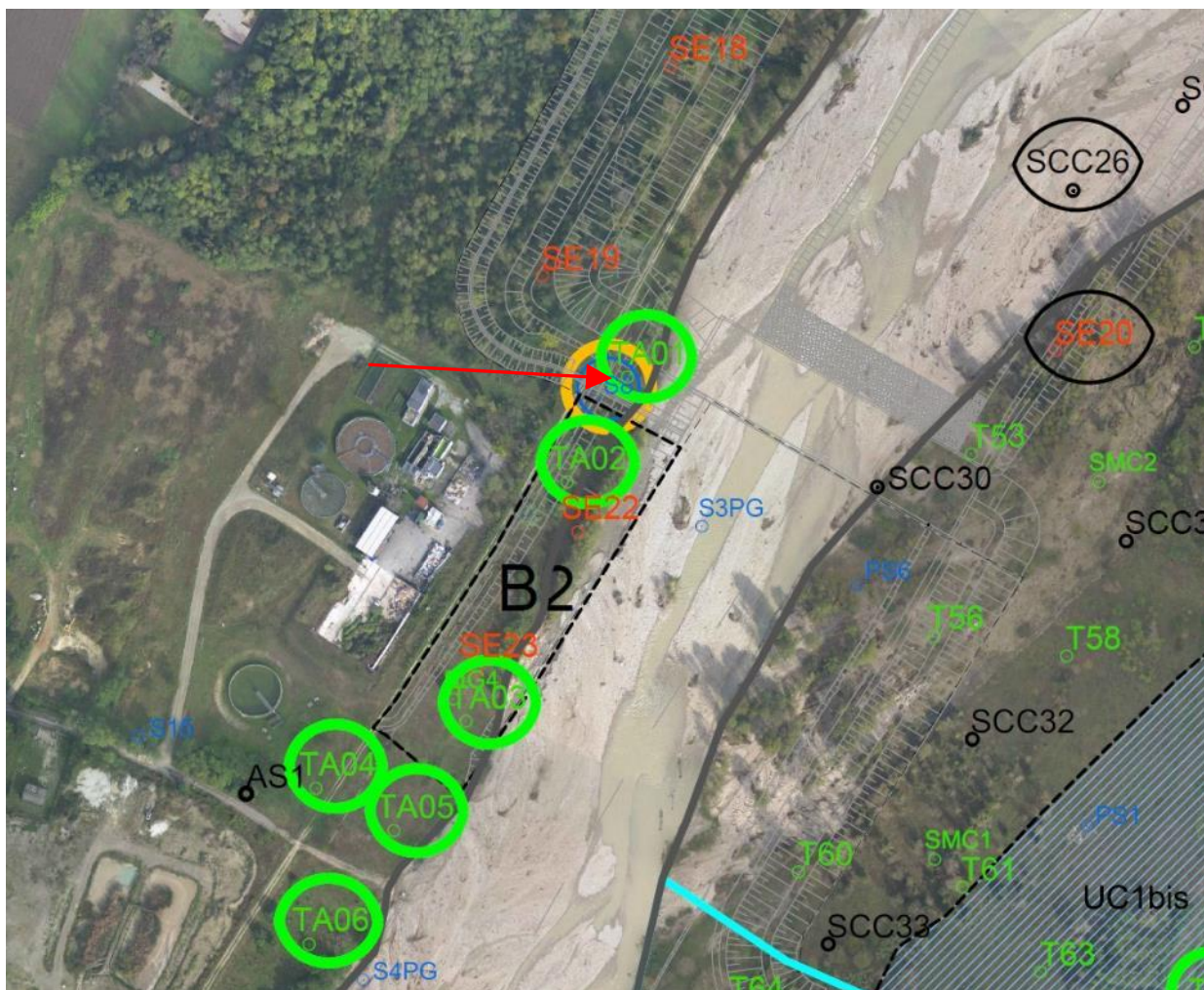




**Figura 5 Ubicazione del pozzetto T35**

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 6





**Figura 6 Ubicazione del pozzetto TA01**

## 2.3.2 Campagna di indagine integrativa 2018

### 2.3.2.1. 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:

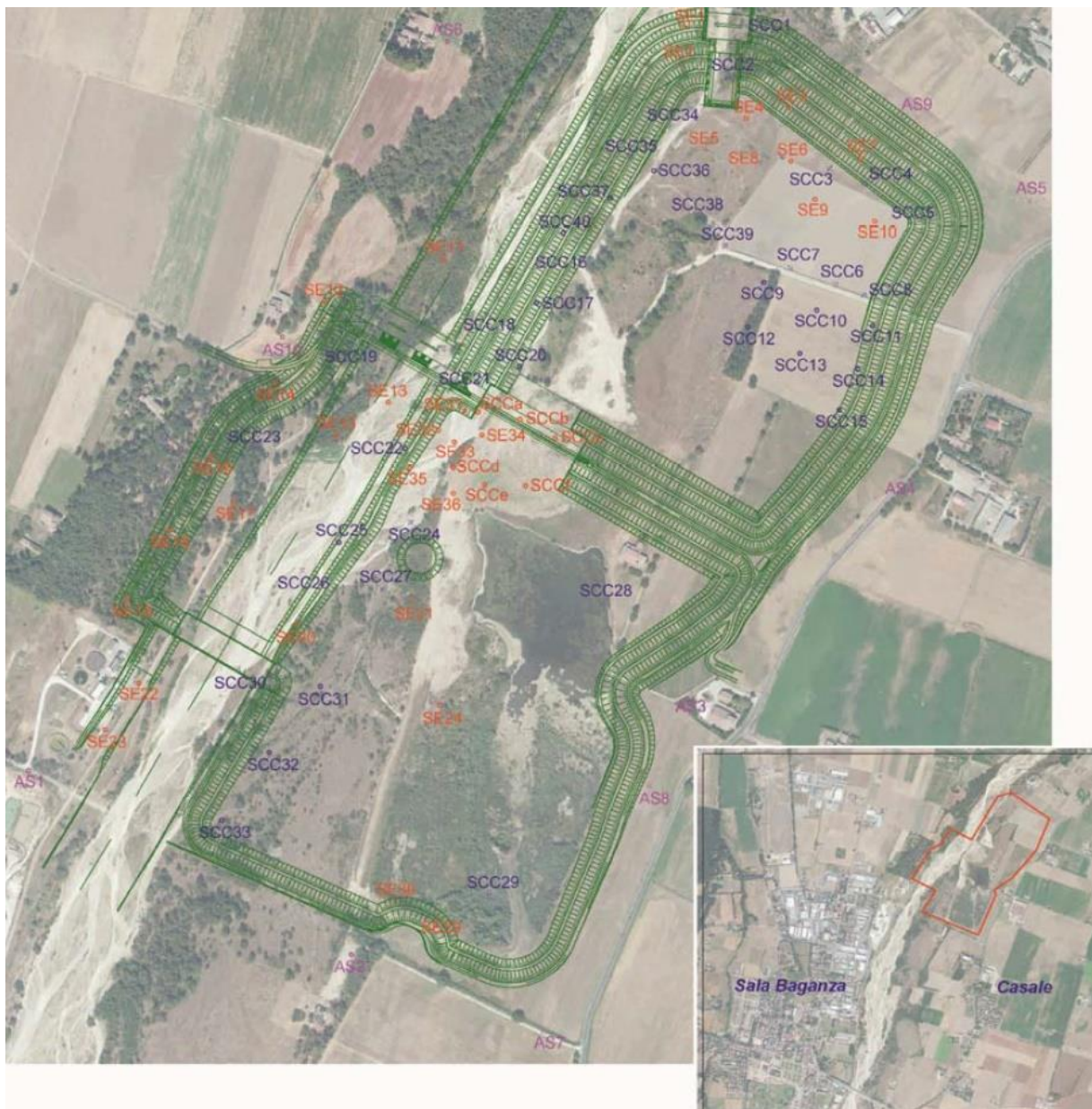
- n.° 46 Sondaggi Ambientali a carotaggio continuo;
- n.° 32 Pozzetti Esplorativi;
- n.° 213 Campioni Rimaneggiati per Analisi Chimiche;
- n.° 29 Campioni Rimaneggiati per Analisi Merceologiche;



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 7 e nella tavola allegata al presente documento.



**Figura 7 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	Incertezza	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 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	Incertezza	Lim. Col. A	Giudizio
Scc a	1	0-1	idrocarburi C>12	128	39	50	Non conforme
Scc 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

Sondaggio	campione	Prof.	parametro	Concentrazione mg/Kg	Incertezza	Lim. Col. A	Giudizio
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

### 2.3.2.2. 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	Sh	Sf	S8
				Rapporto di prova 5799- 14027	Rapporto di prova 5799- 14028	Rapporto di prova 5799- 14029	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
	Acenafilene	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**

### 2.3.3 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	Concentrazioni 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 8**      **Rappresentazione dei poligoni di Thiessen con indicazione delle dimensioni rispetto alla direzione di scorrimento della falda**

## 2.4 PROCEDURA DI BONIFICA

Come già ricordato, nel corso della fase di progettazione definitiva ed in particolare durante le indagini di caratterizzazione ambientale dei terreni oggetto di scavo, erano stati individuati terreni classificabili come contaminati ai sensi dell'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 relativa al progetto stesso, era stato disposto un approfondimento di indagine finalizzato alla delimitazione del volume oggetto di contaminazione.

La campagna di indagine integrativa, eseguita da AIPO nel corso del 2018, ha permesso di individuare altri punti all'interno del volume di terreno oggetto di scavo caratterizzati da concentrazioni di inquinanti tali da essere classificabili come contaminati.

Da parte di AIPO, pertanto, in data 02/07/2019, è stata 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)" indirizzata ad Arpae, Ausl, Prefettura e Comune con nota n° Prot. 1460 (acquisita agli atti ARPAE in data 03/07/2019, n° Prot. 104220).

Arpae, dopo l'incontro tecnico tenutosi in data 23/07/2019 alla presenza di AIPO e dei progettisti, nel corso del quale sono stati presentati i risultati dell'attività di caratterizzazione ambientale eseguita, con nota del 14/08/2019 n° Prot. 128173 ha avviato il procedimento amministrativo ai sensi dell'art. 245 del DLgs 152/06 smi. , richiedendo ad AIPO 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.

Nel corso della prima Conferenza dei Servizi convocata da ARPAE in data 3/10/2019 con nota 150754/2019, sono stati presentati e discussi i risultati dell'analisi di rischio sito specifica elaborata da AIPO. Al termine della stessa, con nota ARPAE n. 164479 in data 24/10/2019 sono state richieste modifiche e integrazioni, successivamente trasmesse da AIPO in data 21/11/2019.

Con la Cds del 9/12/2019 la procedura di bonifica si è conclusa con la certificazione della "non contaminazione" del sito.

## 2.5 REIMPIEGO DEL MATERIALE CONFORME ALLA COLONNA B

L'analisi di rischio (si veda anche quanto descritto nell'elab. **BAG3-05\_TRS-D-PL-01**) elaborata secondo le modalità definite 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 9 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 5 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 5 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).



**Figura 9** Rappresentazione dei poligoni di Thiessen con indicazione dei poligoni risultati contaminati

## 2.6 VERIFICA PREVENTIVA DEL RISCHIO DI RINVENIMENTO DI ORDIGNI BELlici

Nell'ambito della redazione del PSC è stata svolta, dal CSE, una valutazione preventiva del rischio di rinvenimento di ordigni bellici che ha suggerito la esecuzione di una indagine superficiale preventiva magnetometrica, eseguita nel luglio del 2020. A seguito delle risultanze della indagine, è stato valutato di eseguire la attività di bonifica bellica

preventiva, ad un'area complessiva stimata pari a circa 77.500 m<sup>2</sup>, ed il cui costo è stato pertanto previsto all'interno del QTE.

### 3. IDROLOGIA E IDRAULICA

#### 3.1 ANALISI IDROLOGICHE

Nell'ambito del presente progetto sono state aggiornate le onde di piena di riferimento del T. Baganza, a partire dagli idrogrammi già definiti in precedenza nell'ambito del progetto preliminare e del progetto definitivo e dalle valutazioni effettuate da ARPAE relativamente alla definizione delle portate di piena al colmo, che considerano anche gli effetti dei cambiamenti climatici. I nuovi idrogrammi di piena di riferimento determinati nel presente progetto sono caratterizzati da:

- valore di portata di piena al colmo, per i diversi valori del tempo di ritorno considerati, pari ai valori definiti da ARPAE (cfr. Tabella 6), come detto già comprensivi degli effetti dei cambiamenti climatici, e riportati nel parere di competenza ai sensi dell'art. 5 del regolamento di cui al DPR 1363/1959;
- volume dell'idrogramma di piena complessivo (nelle 72 ore) pari al volume degli idrogrammi definiti dal DICATEA dell'Università degli Studi di Parma e utilizzati nei precedenti livelli di progettazione della cassa di espansione del T. Baganza (cfr. Tabella 7).

**Tabella 6 - Portate al colmo del T. Baganza a Ponte Nuovo in condizioni di cambiamento climatico - da ARPAE 2015**

<b>T (anni)</b>	<b>Portata (m<sup>3</sup>/s)</b>
5	350
10	461
20	585
50	752
100	872
200	992
500	1156
1000	1264
3000	1435

**Tabella 7 – Volumi degli idrogrammi di piena del T. Baganza e Ponte Nuovo - da DICATEA 2003**

<b>T (anni)</b>	<b>Volume (Mm<sup>3</sup>)</b>
5	14.34
10	19.32



20	25.07
50	34.26
100	42.72
200	52.78
500	69.07
1000	84.18
3000	114.26

I nuovi idrogrammi di piena così definiti sono stati utilizzati, in aggiunta a quelli già definiti nei precedenti livelli di progettazione, per il dimensionamento e le verifiche di funzionamento idraulico della cassa di espansione del T. Baganza. Nelle figure seguenti si riportano gli idrogrammi di piena di maggiore interesse per il presente progetto.

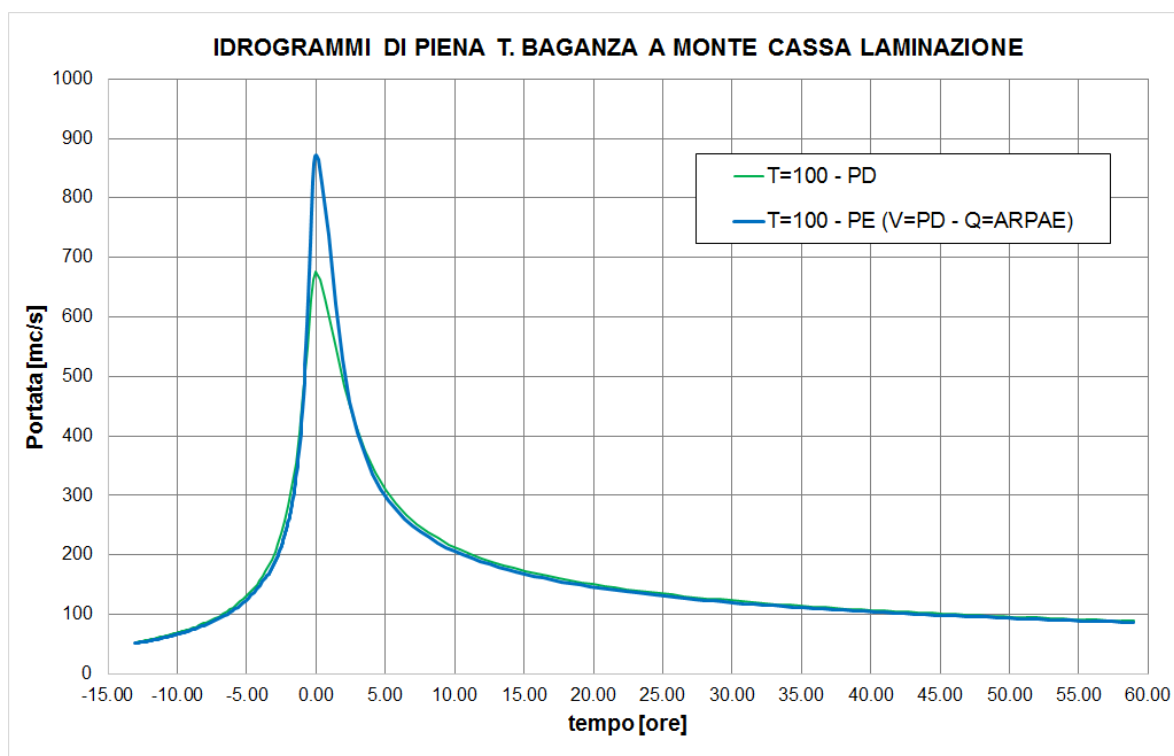


Figura 10 – Nuovo idrogramma di piena del T. Baganza a Ponte Nuovo (denominato in legenda PE) per T=100 anni e corrispondente idrogramma calcolato dal DICATEA nel 2003 (denominato in legenda PD)

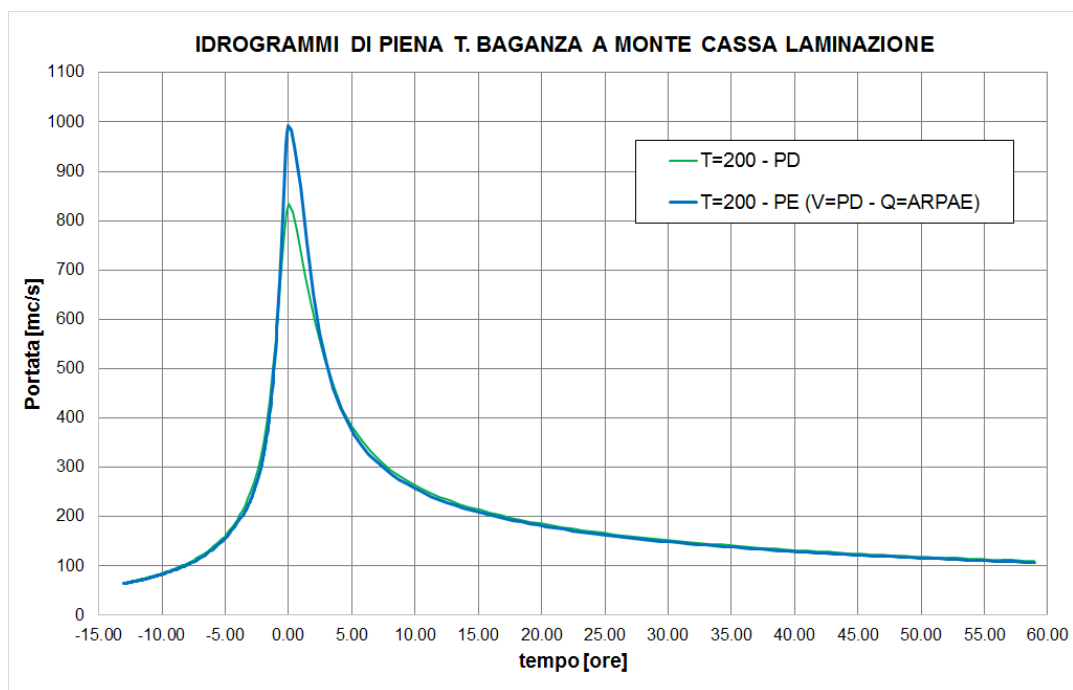


Figura 11 – Nuovo idrogramma di piena del T. Baganza a Ponte Nuovo (denominato in legenda PE) per T=200 anni e corrispondente idrogramma calcolato dal DICATEA nel 2003 (denominato in legenda PD)

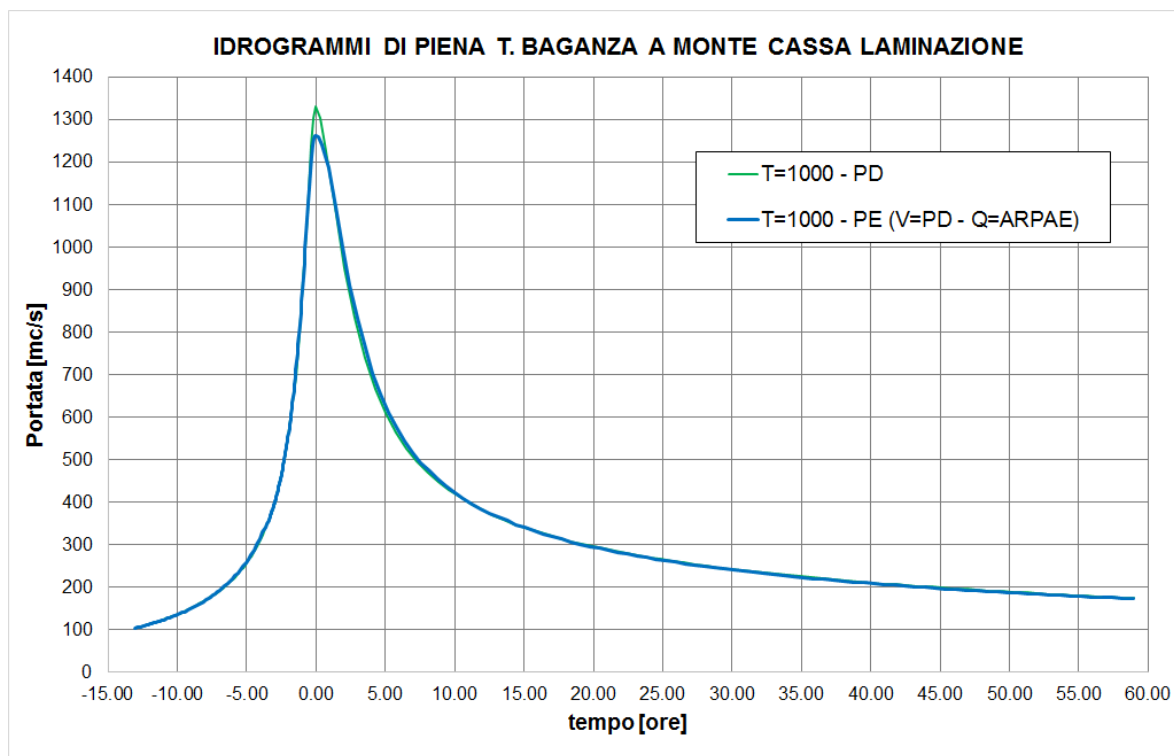


Figura 12 – Nuovo idrogramma di piena del T. Baganza a Ponte Nuovo (denominato in legenda PE) per T=1000 anni e corrispondente idrogramma calcolato dal DICATEA nel 2003 (denominato in legenda PD)

### 3.2 ANALISI IDRAULICHE

Nell'ambito del progetto esecutivo sono stati condotti i necessari approfondimenti idraulici finalizzati a definire il funzionamento idraulico della cassa di espansione del T. Baganza, in corrispondenza di tre distinti valori del tempo di ritorno di riferimento, pari a 100, 200 e 1'000 anni. In particolare, a tale scopo è stato implementato un modello idraulico bidimensionale a fondo fisso della cassa di espansione, compreso tra la briglia di monte e la briglia di valle, entrambe previste nel presente progetto. Il modello è stato implementato mediante il programma di calcolo INFOWORKS ICM di Innovyze, che permette di analizzare il campo di moto a partire da un D.T.M. (Digital Terrain Model), rappresentativo della geometria del dominio di calcolo, basandosi sulla risoluzione di tre equazioni non lineari alle differenze finite per la determinazione del campo di moto della corrente su di un piano bidimensionale.

L'estensione longitudinale del modello lungo l'asse fluviale è pari a circa 1'600 m. La superficie del dominio di calcolo del modello idraulico è pari a 120 ha, e siccome il numero delle celle di calcolo è pari a circa 39'000, si ha che la superficie media degli elementi di calcolo è pari a circa 30 mq. In corrispondenza delle opere idrauliche (briglia di monte, manufatto di regolazione A, manufatto B, manufatto C) sono stati inseriti opportuni dispositivi di calcolo (soglie di sfioro, condotti muniti di paratoie regolabili, ecc.). Nella Figura 13 è riportato l'intero dominio di calcolo del modello bidimensionale della cassa di espansione, mentre nella Figura 14 è riportata la vista 3D del modello idraulico.

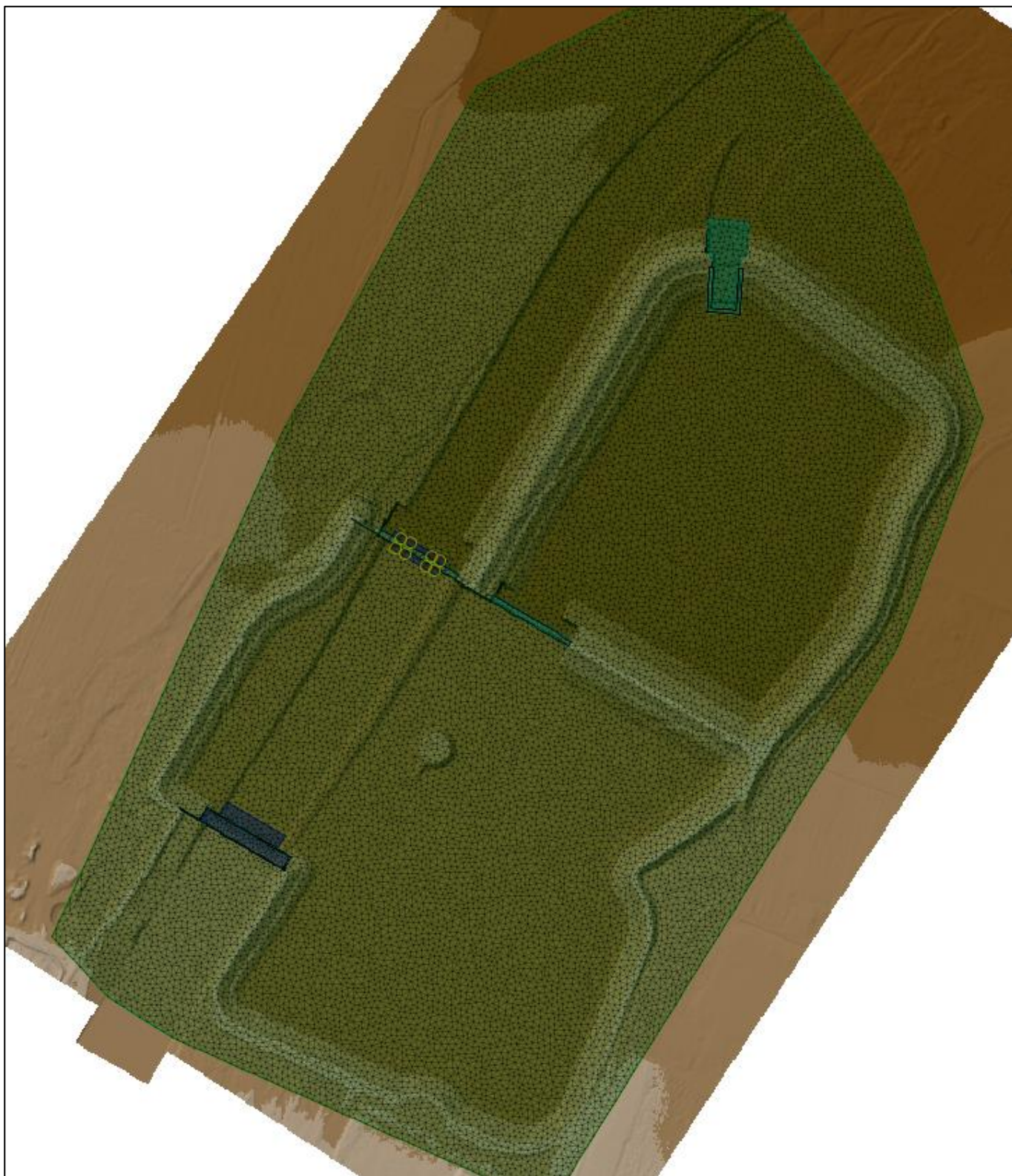
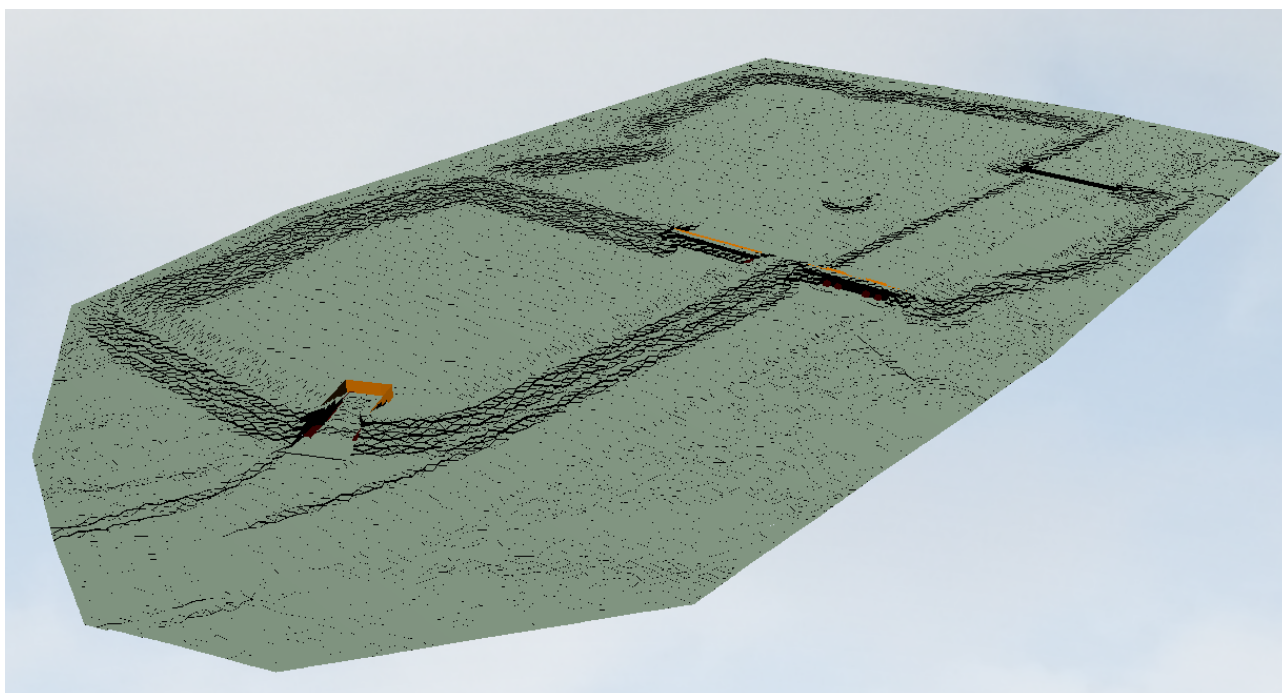


Figura 13 – Planimetria del modello bidimensionale della cassa di espansione del T. Baganza





**Figura 14 – Vista 3D del modello bidimensionale della cassa di espansione del T. Baganza, visto da valle**

Come condizione al contorno di monte del modello bidimensionale sono stati considerati gli idrogrammi di piena riportati nel precedente paragrafo.

Come condizione al contorno di valle è stato inserito il livello idrico in corrispondenza della briglia di valle, desunto dalla modellazione idraulica bidimensionale effettuata nell'ambito dello studio per la *“Mappatura delle aree a rischio di inondazione a seguito di eventi di piena di assegnato tempo di ritorno in assenza ed in presenza della cassa di espansione sul torrente Baganza”*, effettuato dal Dipartimento di Ingegneria e Architettura – DIA dell'Università di Parma (responsabile Prof. Ing. Paolo Mignosa).

**Tabella 8 – Livello idrico del T. Baganza in corrispondenza della soglia di valle della cassa di espansione**

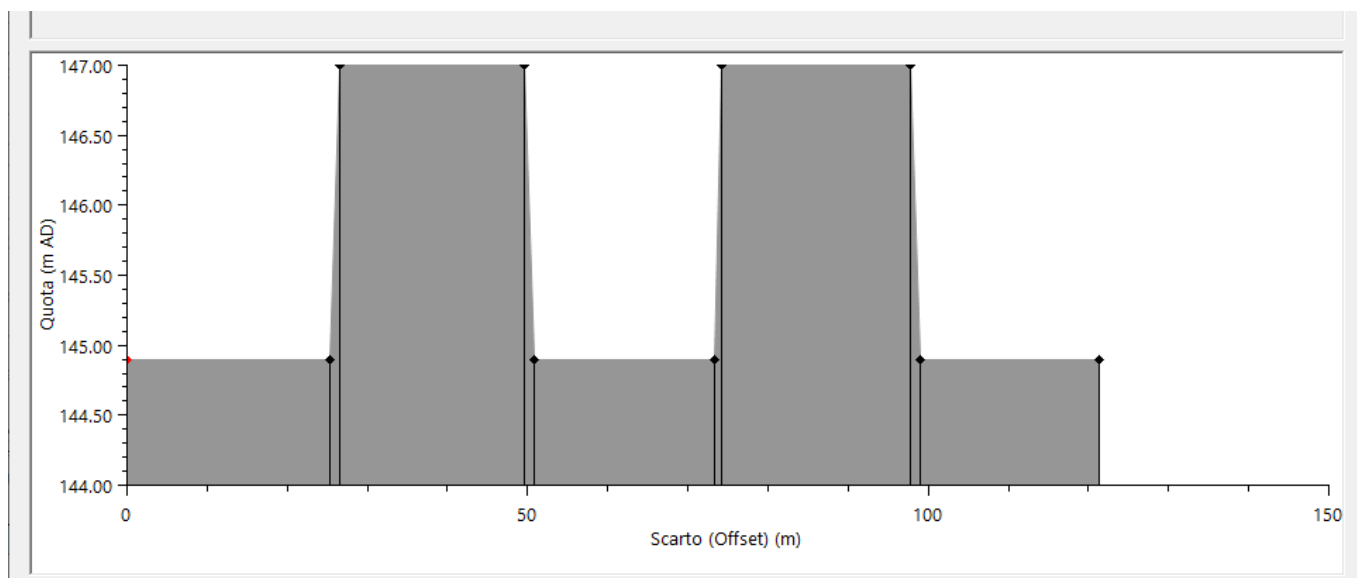
<b>T (anni)</b>	<b>H (m s.m.)</b>
100	127.8
200	128.1
1000	129.3

Come valore di scabrezza è stato considerato un valore uniforme pari a  $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ , lo stesso utilizzato nel predetto studio per la *“Mappatura delle aree a rischio di inondazione a seguito di eventi di piena di assegnato tempo di ritorno in assenza ed in presenza della cassa di espansione sul torrente Baganza”*.

Nel modello sono stati inseriti i seguenti manufatti:

- Sfiatore di emergenza del manufatto "A";
- Canali di scarico con paratoie del manufatto "A";
- Sfiatore di collegamento tra primo e secondo comparto presente nel manufatto "B";
- Manufatto di scarico del primo comparto, presente nel manufatto "B";
- Sfiatore di emergenza del manufatto "C";
- Manufatto di scarico del secondo comparto, presente nel manufatto "C".

Gli sfioratori sono stati schematizzati mediante l'inserimento di una struttura lineare 2D di tipo "weir – thin plate", con coefficiente di deflusso pari a 0.8 e geometria della soglia come da profilo dell'opera progettata (nella Figura 15 è riportato il profilo della soglia di sfioro del manufatto "A"). Il coefficiente di deflusso è stato calibrato in modo tale da riprodurre i risultati del profilo tipo Creager–Scimemi, per il quale il legame tra la portata sfiorata e il tirante a monte della soglia è , con  $\mu = 0.49$ .



**Figura 15 – profilo sfioratore emergenza manufatto "A"**

I n. 4 canali di scarico del manufatto "A", muniti di paratoia, sono stati schematizzati nel modello inserendo n. 4 paratoie piane di larghezza pari a 6 m e altezza dell'apertura variabile tra 1 e 3.5 m, in funzione della portata limite allo scarico verso valle. Il coefficiente di deflusso del codice di calcolo è stato posto pari all'unità per riprodurre i risultati della legge di efflusso sotto battente. Anche gli organi di scarico presenti nei manufatti "B" e "C" sono stati schematizzati inserendo delle paratoie di dimensioni pari a quelle riportate nel presente progetto.

A partire dal modello idraulico bidimensionale ed in relazione agli idrogrammi di piena riportati nel paragrafo precedente, sono state condotte le seguenti simulazioni in moto vario:

1. idrogramma di piena utilizzato nel progetto definitivo per T=100 anni, con portata di regolazione in corrispondenza dei condotti di scarico del manufatto A, muniti di paratoie regolabili, pari a complessivi 300

- m<sup>3</sup>/s (valore limite della portata di piena da inviare a valle della cassa di espansione, per T=100 anni, assunto come riferimento nel progetto definitivo);
2. idrogramma di piena utilizzato nel progetto definitivo per T=200 anni, con portata di regolazione in corrispondenza dei condotti di scarico del manufatto A, muniti di paratoie regolabili, pari a complessivi 430 m<sup>3</sup>/s (valore limite della portata di piena da inviare a valle della cassa di espansione, per T=200 anni, assunto come riferimento nel progetto definitivo);
  3. idrogramma di piena utilizzato nel progetto definitivo per T=1000 anni, con portata di regolazione in corrispondenza dei condotti di scarico del manufatto A, muniti di paratoie regolabili, pari a complessivi 430 m<sup>3</sup>/s (valore limite della portata di piena da inviare a valle della cassa di espansione, per T=200 anni, assunto come riferimento nel progetto definitivo);
  4. idrogramma di piena definito nel presente progetto esecutivo per T=100 anni, con portata di regolazione in corrispondenza dei condotti di scarico del manufatto A, muniti di paratoie regolabili, pari a complessivi 300 m<sup>3</sup>/s (valore limite della portata di piena da inviare a valle della cassa di espansione, per T=100 anni, assunto come riferimento nel progetto definitivo);
  5. idrogramma di piena utilizzato nel presente progetto esecutivo per T=200 anni, con portata di regolazione in corrispondenza dei condotti di scarico del manufatto A, muniti di paratoie regolabili, pari a complessivi 430 m<sup>3</sup>/s (valore limite della portata di piena da inviare a valle della cassa di espansione, per T=200 anni, assunto come riferimento nel progetto definitivo);
  6. idrogramma di piena utilizzato nel presente progetto esecutivo per T=1000 anni, con portata di regolazione in corrispondenza dei condotti di scarico del manufatto A, muniti di paratoie regolabili, pari a complessivi 430 m<sup>3</sup>/s (valore limite della portata di piena da inviare a valle della cassa di espansione, per T=200 anni, assunto come riferimento nel progetto definitivo).

Siccome, come messo in evidenza più avanti, le simulazioni di cui ai precedenti punti 4. e 5. dimostrano che il volume di laminazione disponibile nella cassa di espansione in progetto non è sufficiente a laminare le nuove onde di piena che tengono conto dei cambiamenti climatici, nel rispetto del valore della portata limite da poter rilasciare verso valle (300 m<sup>3</sup>/s per T=100 anni e 430 m<sup>3</sup>/s per T=200 anni), si è proceduto ad individuare un'altra coppia di valori della portata limite per la laminazione ottimale, che consente di sfruttare il volume di laminazione disponibile senza che si attivino gli sfioratori di troppo pieno in corrispondenza dei manufatti A e C. Tali valori sono pari a 345 m<sup>3</sup>/s per T=100 anni (+15% rispetto alla portata limite considerata nel progetto definitivo) e 470 m<sup>3</sup>/s per T=200 anni (+9% rispetto alla portata limite considerata nel progetto definitivo). Con tali valori di riferimento sono state effettuate le seguenti simulazioni:

7. idrogramma di piena definito nel presente progetto esecutivo per T=100 anni, con portata di regolazione in corrispondenza dei condotti di scarico del manufatto A, muniti di paratoie regolabili, pari a complessivi 345 m<sup>3</sup>/s (nuovo valore limite della portata di piena da inviare a valle della cassa di espansione, per T=100 anni);
8. idrogramma di piena utilizzato nel presente progetto esecutivo per T=200 anni, con portata di regolazione in corrispondenza dei condotti di scarico del manufatto A, muniti di paratoie regolabili, pari a complessivi 470 m<sup>3</sup>/s (nuovo valore limite della portata di piena da inviare a valle della cassa di espansione, per T=200 anni);

9. idrogramma di piena utilizzato nel presente progetto esecutivo per  $T=1000$  anni, con portata di regolazione in corrispondenza dei condotti di scarico del manufatto A, muniti di paratoie regolabili, pari a complessivi  $430 \text{ m}^3/\text{s}$  (nuovo valore limite della portata di piena da inviare a valle della cassa di espansione, per  $T=200$  anni).

Di seguito sono riportati alcuni dei risultati delle simulazioni elencate in precedenza, per maggiori dettagli si rimanda alla relazione idraulica del progetto esecutivo.



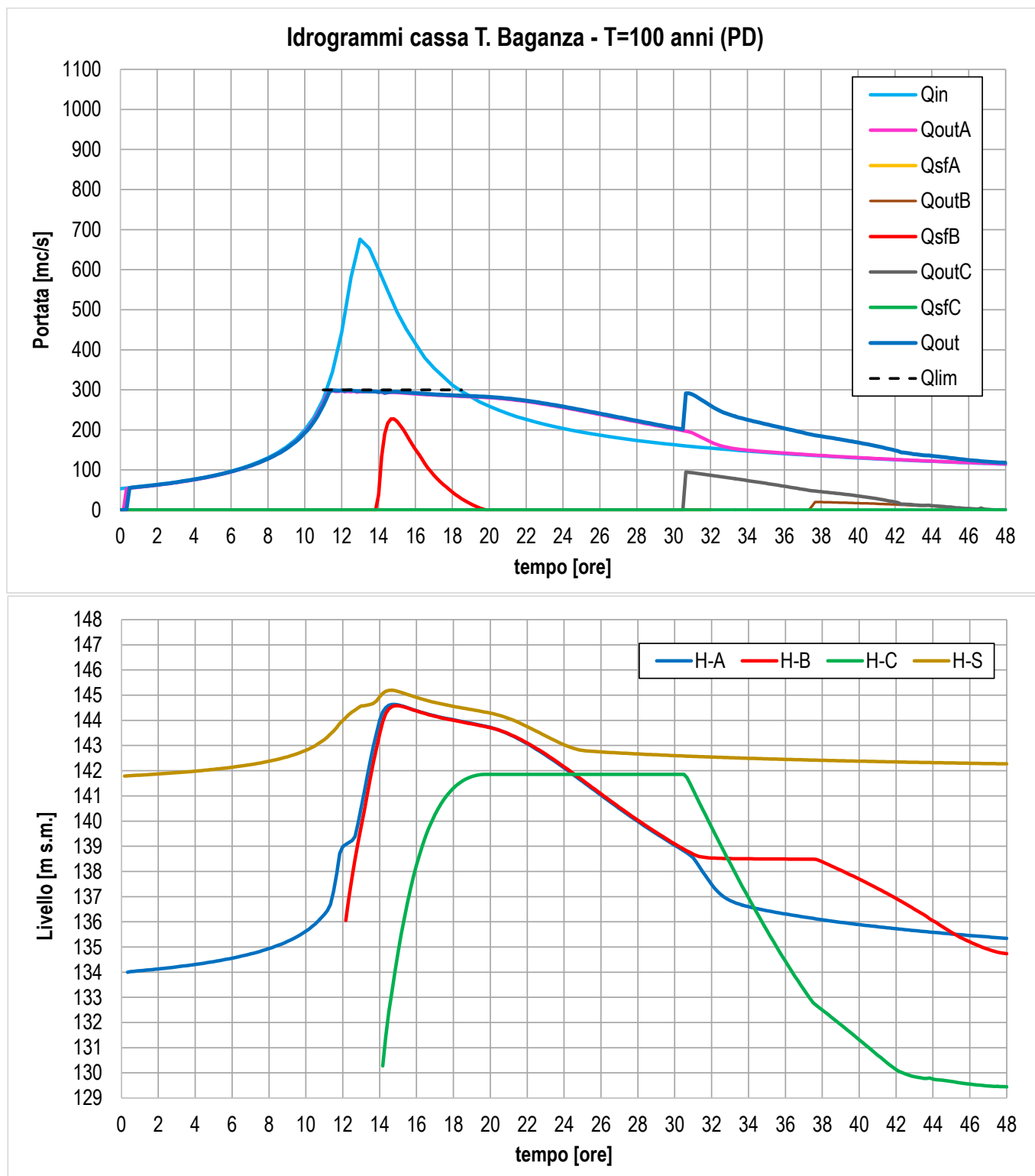


Figura 16 – Risultati simulazione con idrogramma PD per T=100 anni e portata regolazione pari a 300 m<sup>3</sup>/s

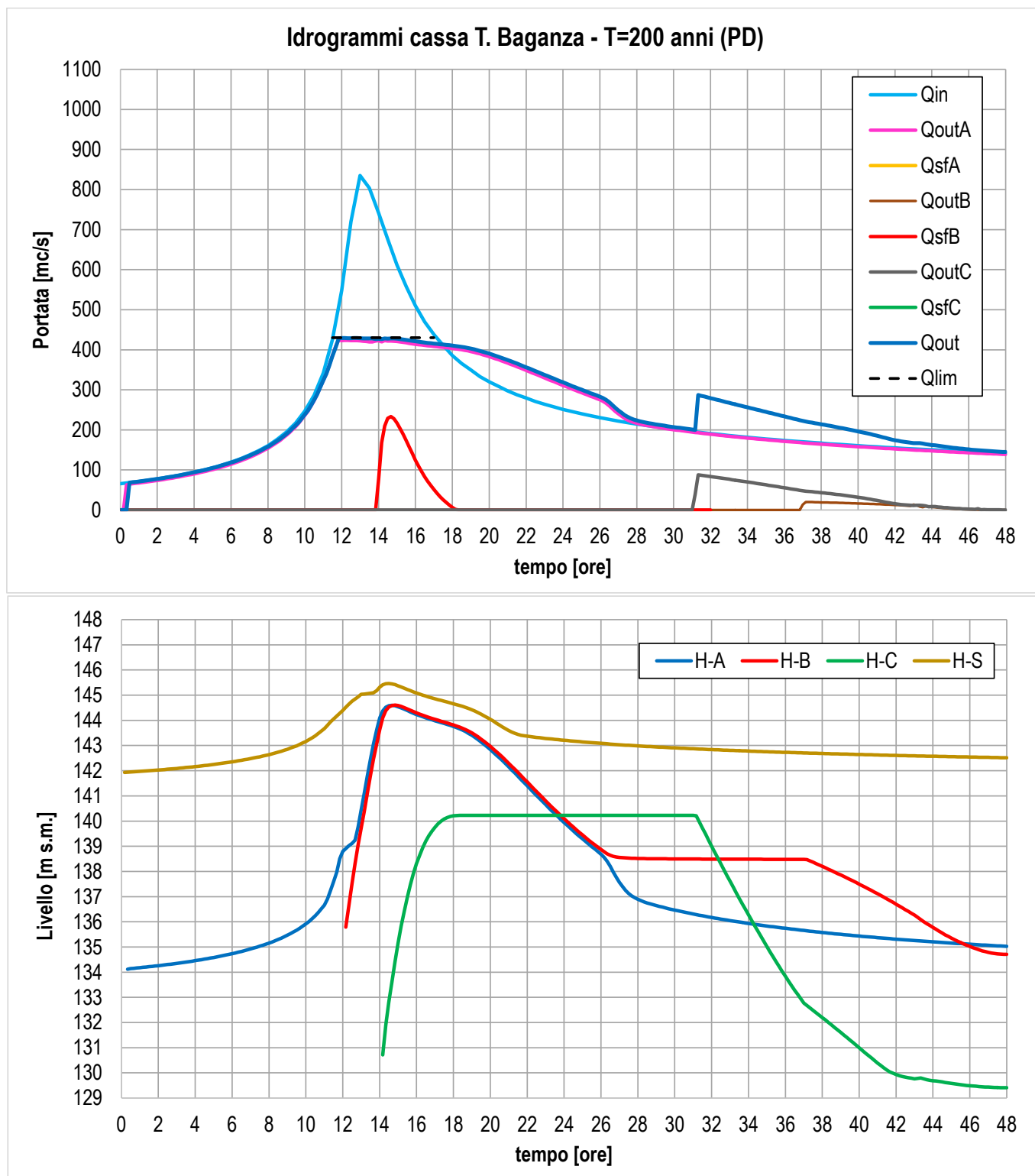


Figura 17 – Risultati simulazione con idrogramma PD per T=200 anni e portata regolazione pari a 430 m<sup>3</sup>/s

### Idrogrammi cassa T. Baganza - T=100 anni (PE)

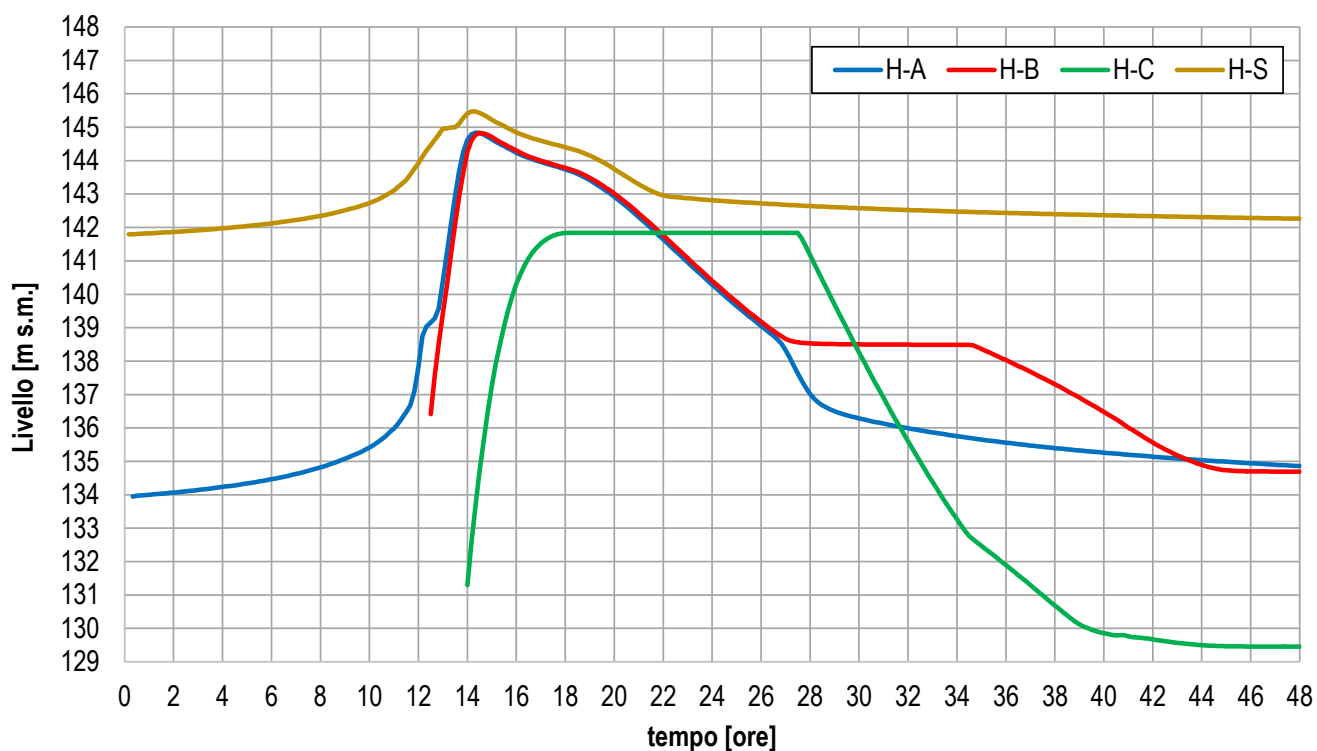
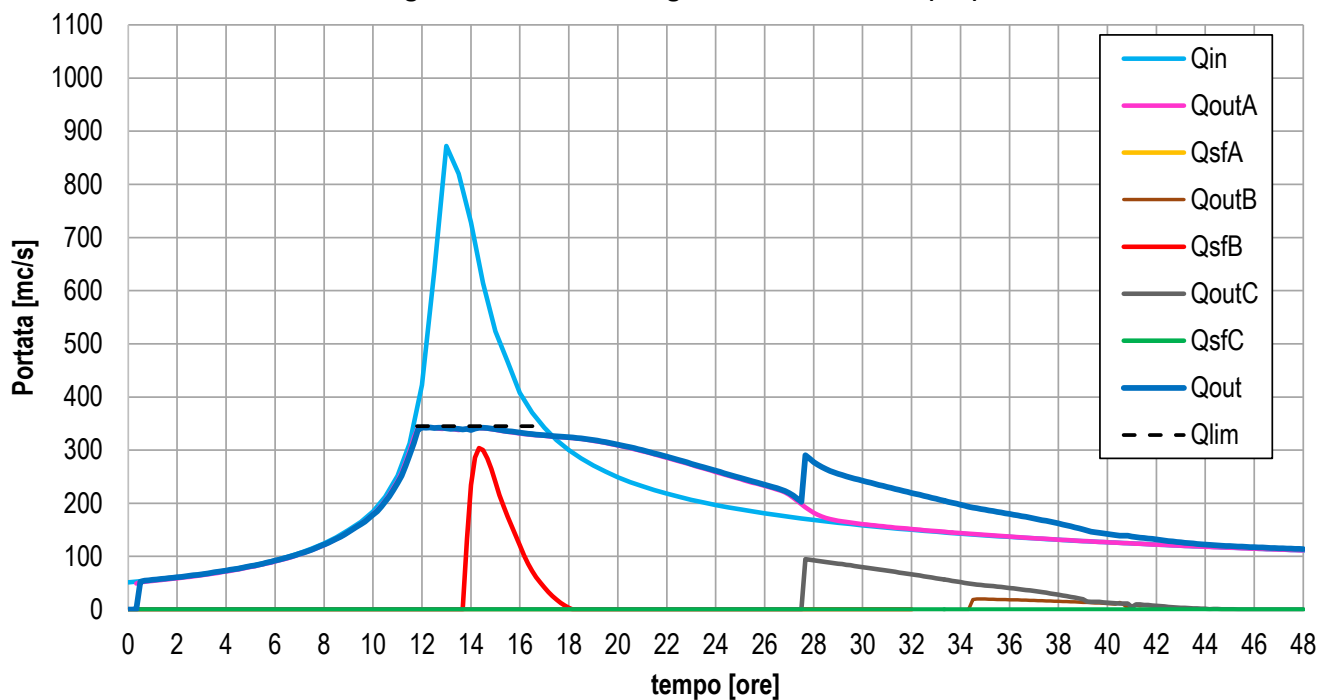
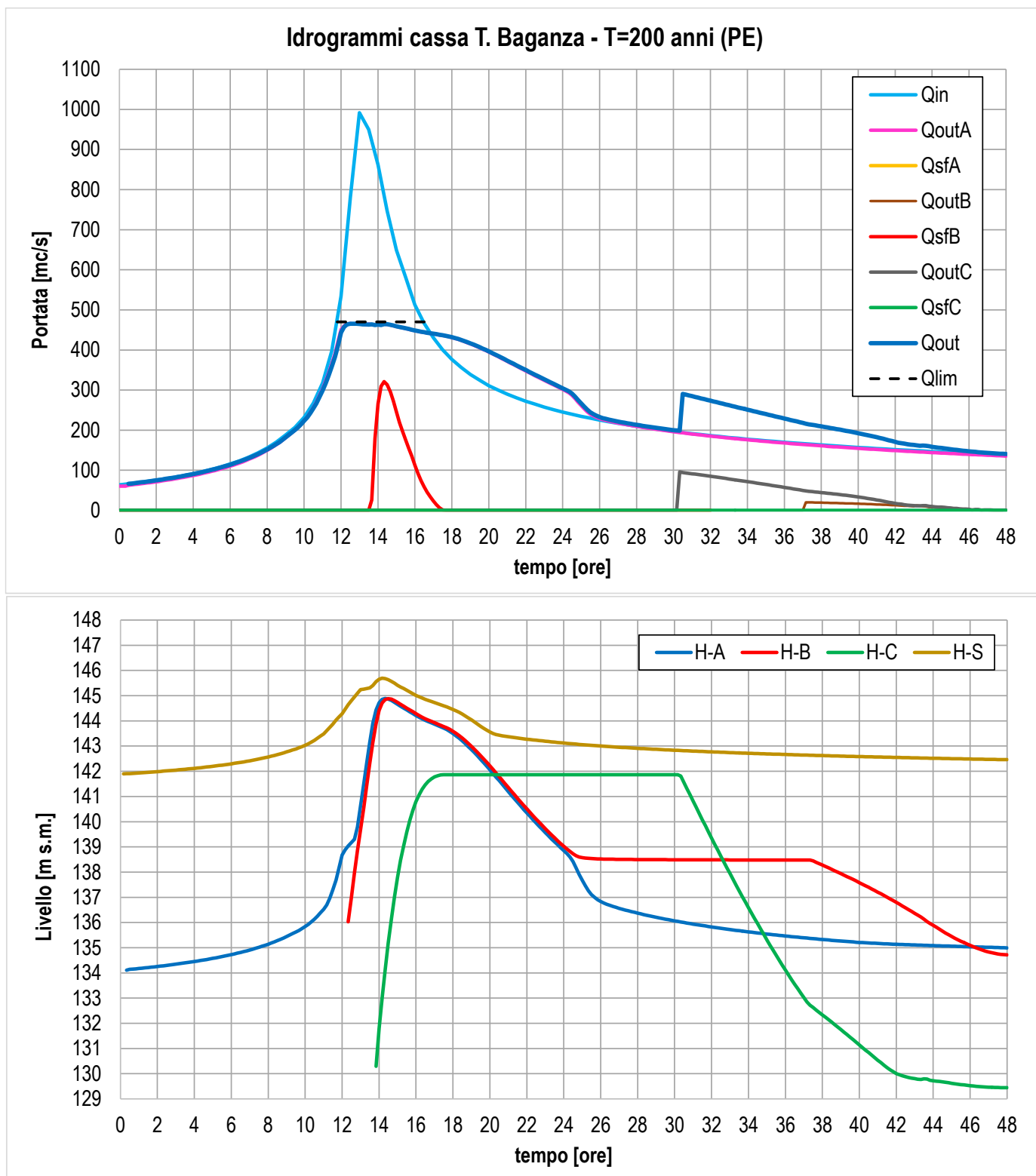


Figura 18 – Risultati simulazione con idrogramma PE per T=100 anni e portata regolazione pari a 345 m³/s

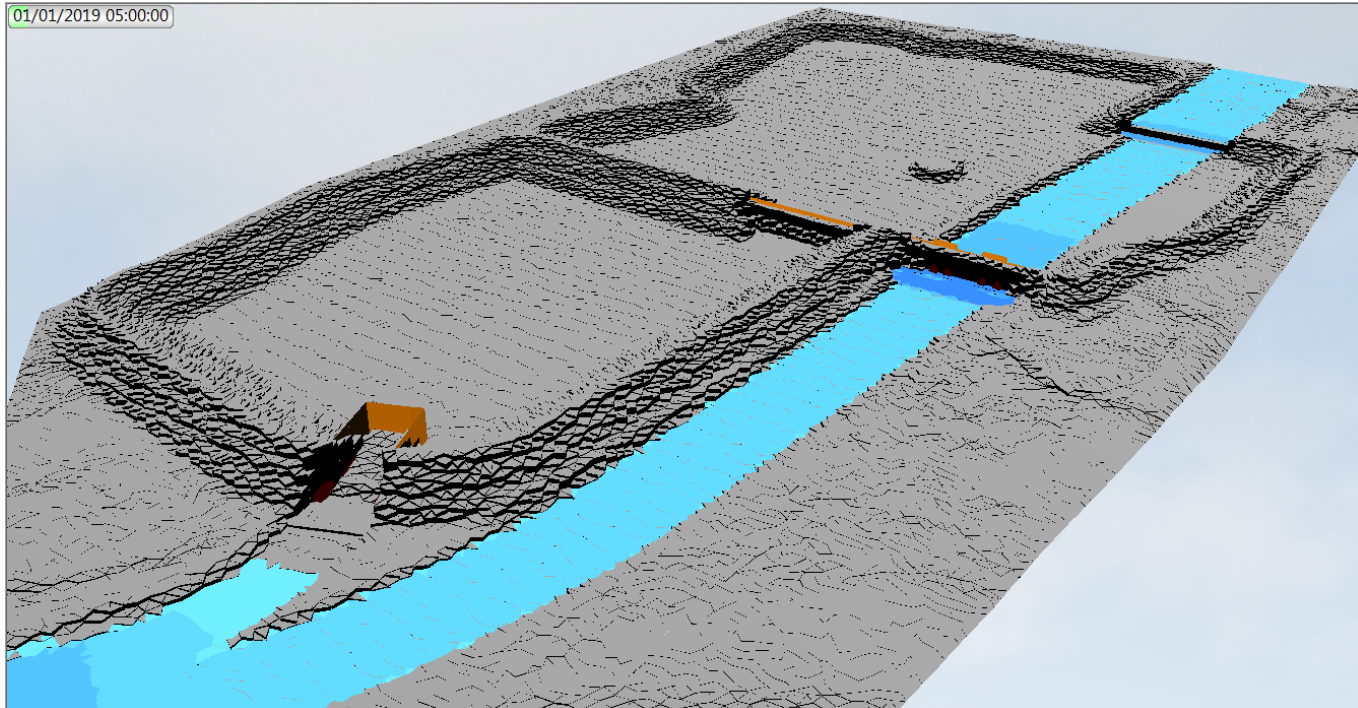


**Figura 19 – Risultati simulazione con idrogramma PE per T=200 anni e portata regolazione pari a 470 m<sup>3</sup>/s**

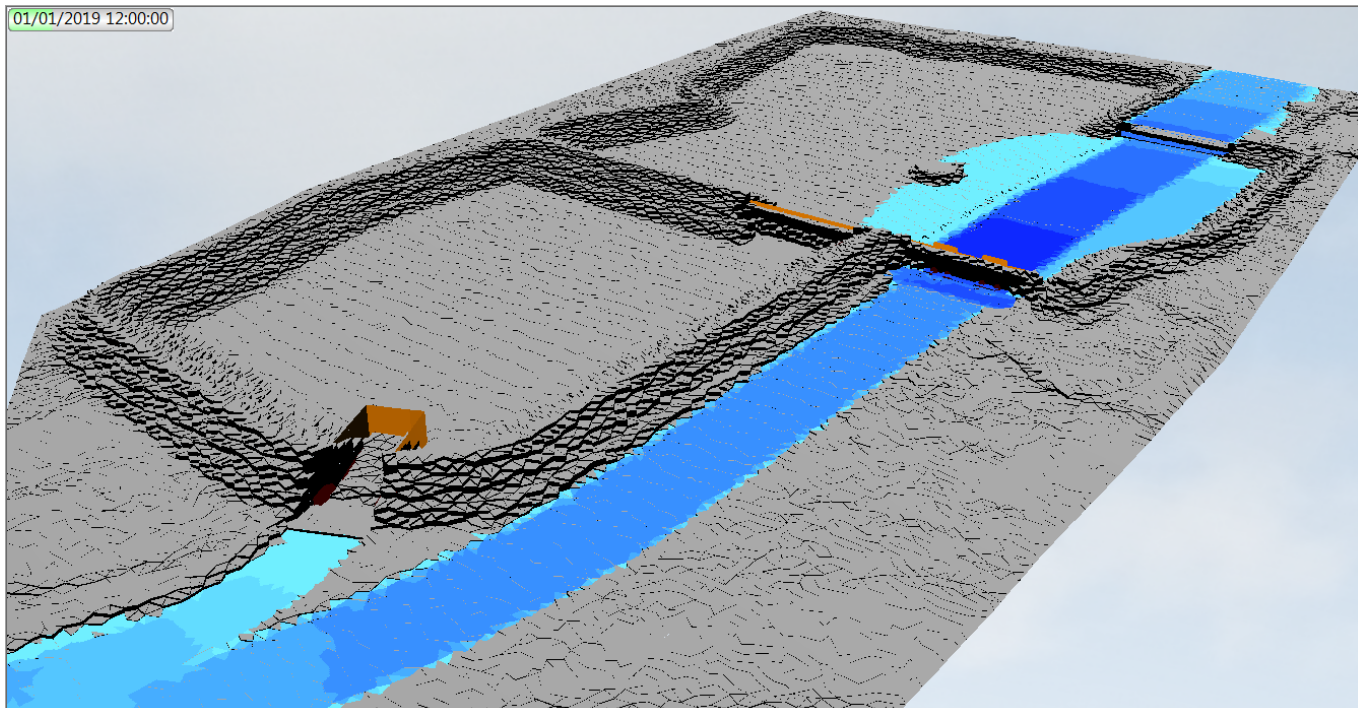
Di seguito viene riportato, sotto forma di vista 3D, l'evoluzione dell'evento di piena duecentennale.



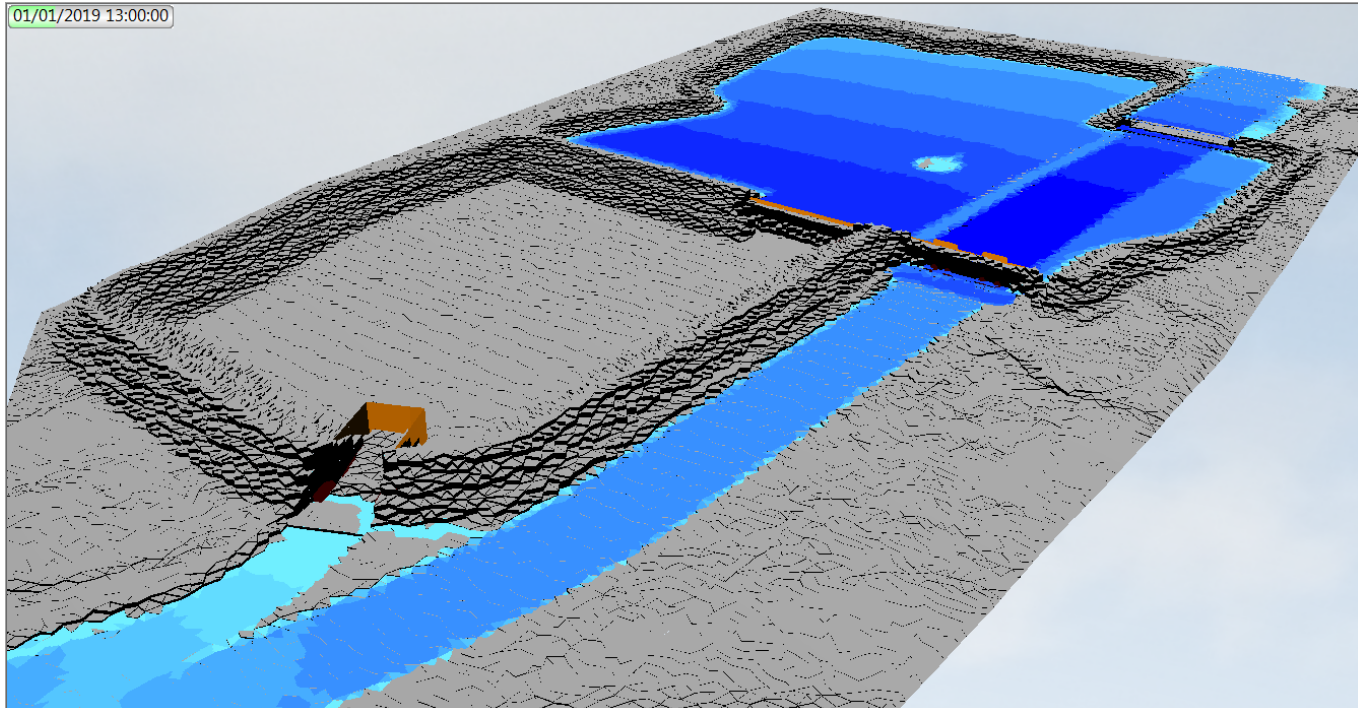
01/01/2019 05:00:00



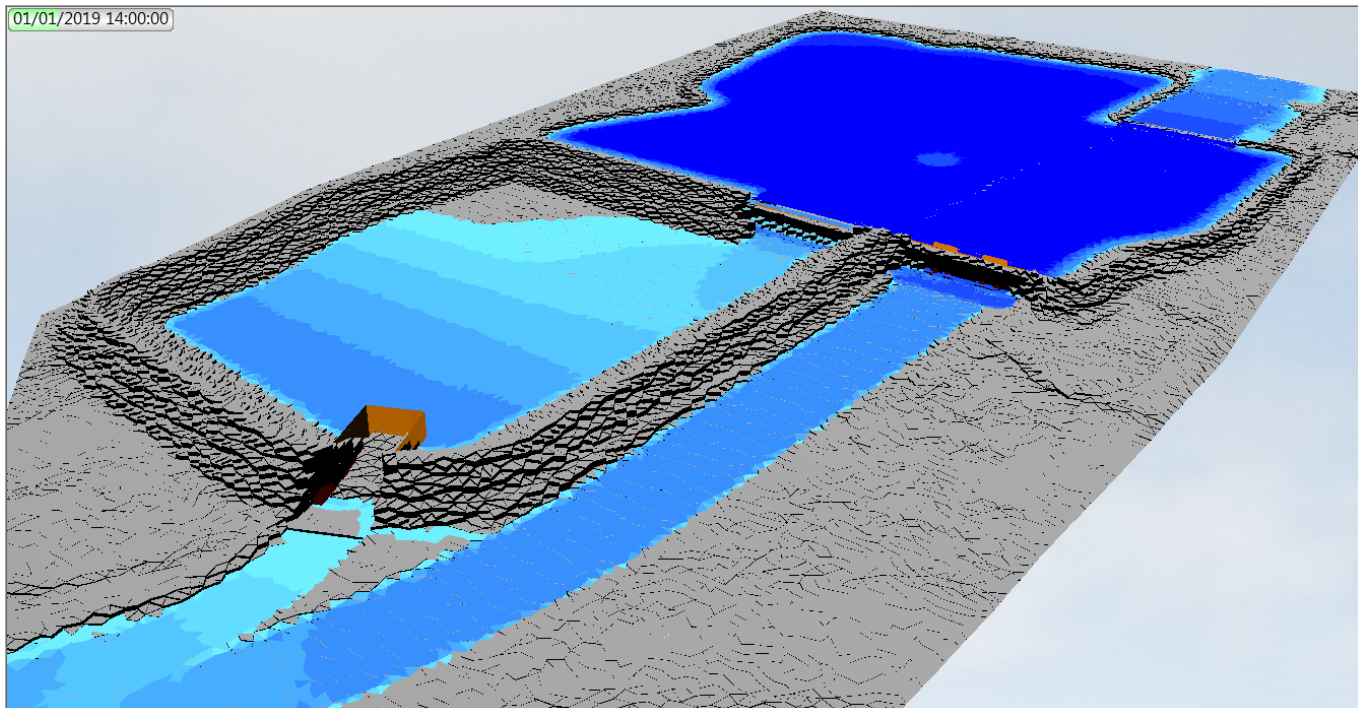
01/01/2019 12:00:00



01/01/2019 13:00:00

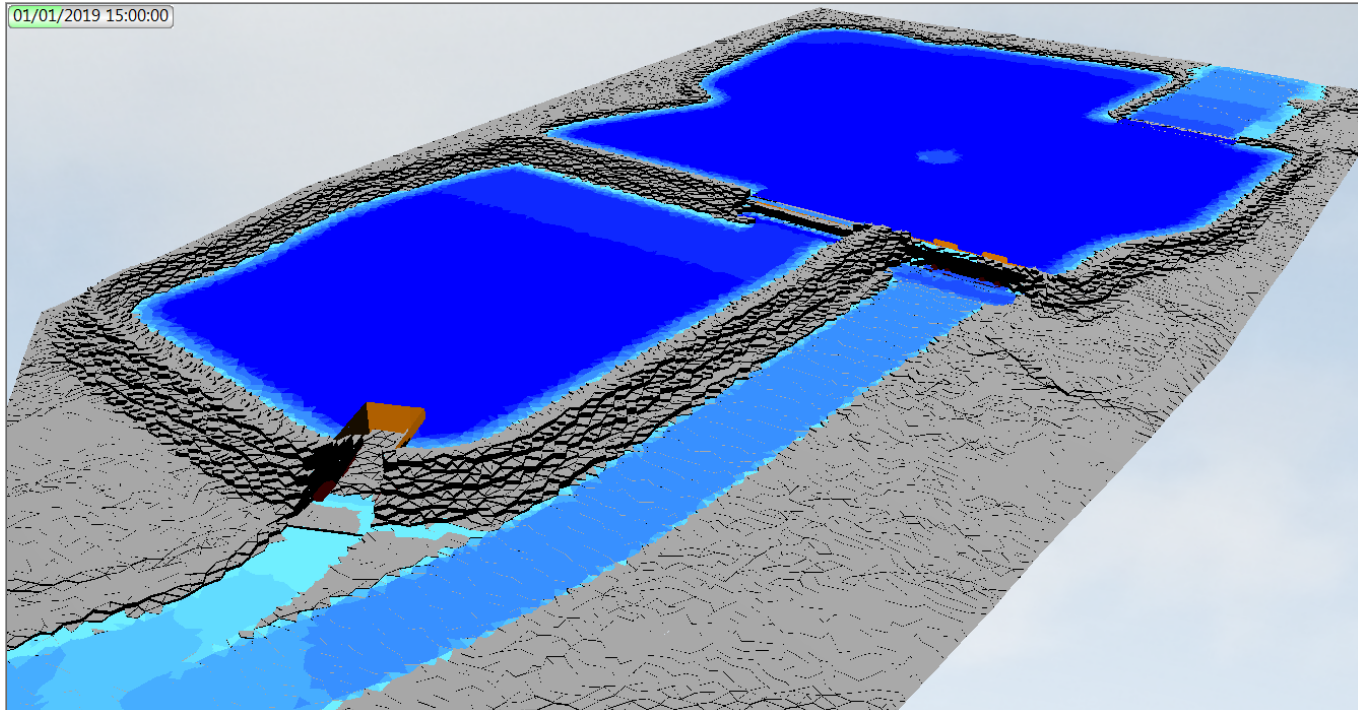


01/01/2019 14:00:00

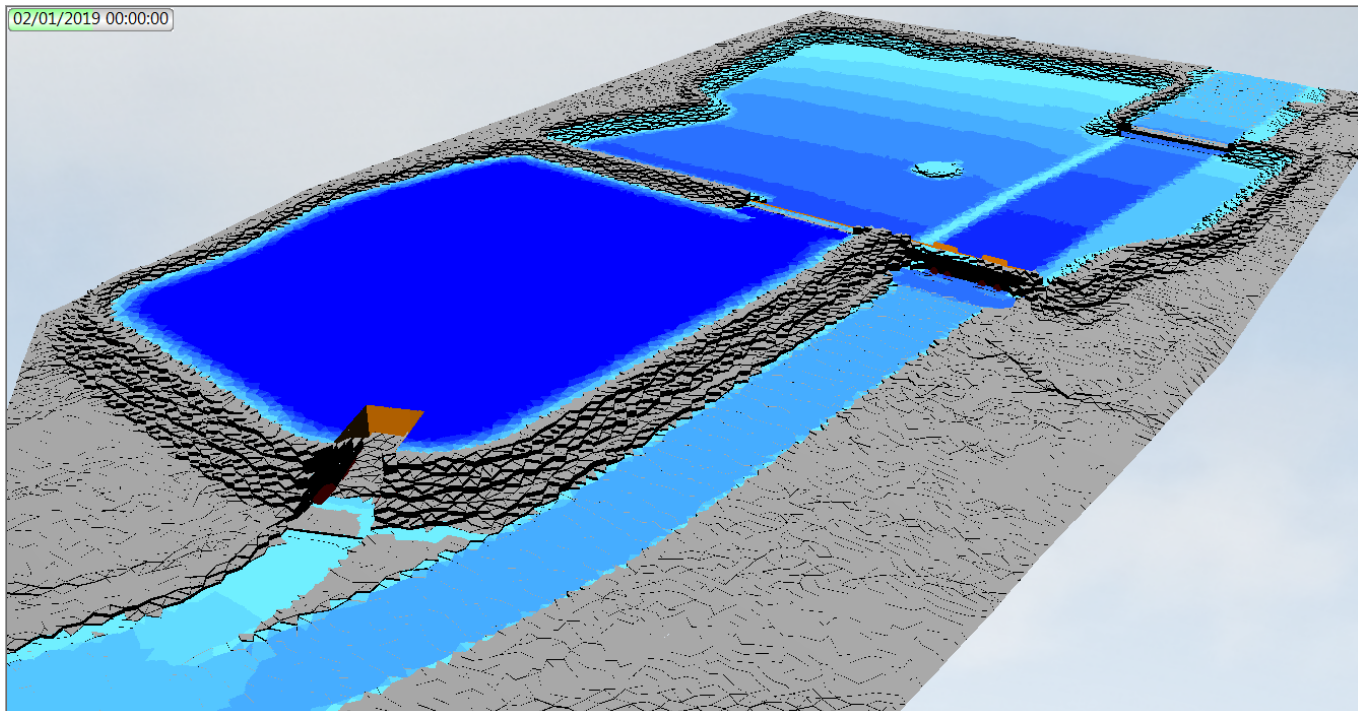




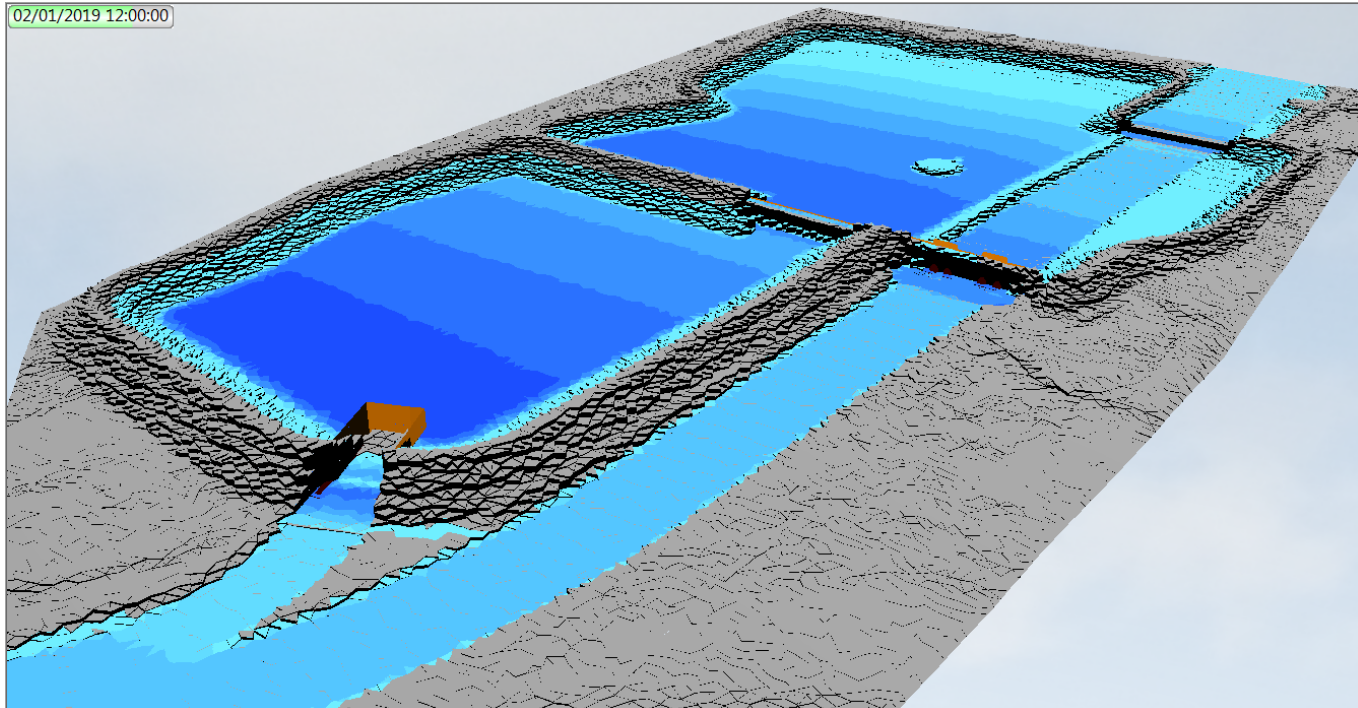
01/01/2019 15:00:00



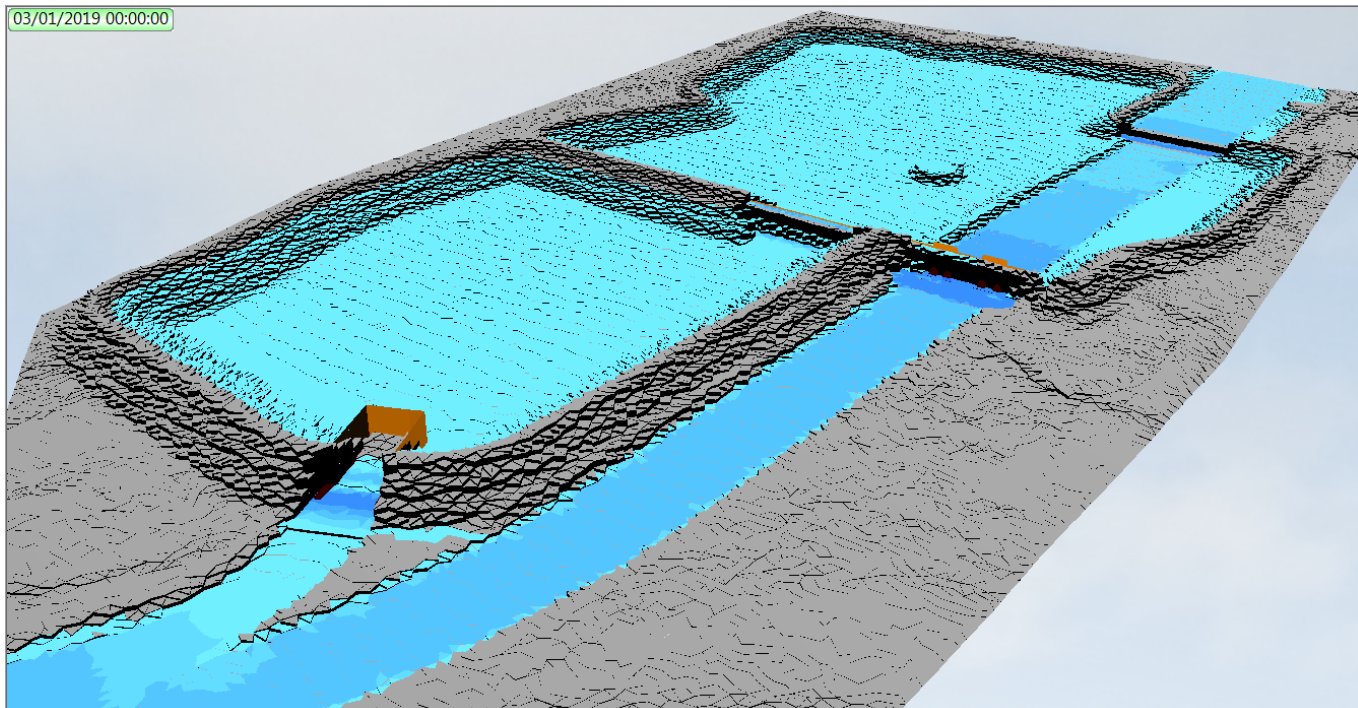
02/01/2019 00:00:00



02/01/2019 12:00:00



03/01/2019 00:00:00



Dall'analisi dei risultati si può evincere che:

- Considerando gli idrogrammi di piena già utilizzati nei precedenti livelli di progettazione e le relative portate di regolazione dei canali di scarico del manufatto A ( $300 \text{ m}^3/\text{s}$  per  $T=100$  anni e  $430 \text{ m}^3/\text{s}$  per  $T=200$  anni), la cassa



di espansione svolge la sua funzione di laminazione senza che si attivino gli sfioratori di emergenza dei manufatti A e C. In particolare:

- Per T=100 anni:
  - il massimo livello di invaso nel comparto 1 è pari a 144.6 m s.m., mentre la quota di sfioro dello sfioratore di emergenza del manufatto A è pari a 144.9 m s.m.;
  - il massimo livello di invaso nel comparto 2 è pari a 141.8 m s.m., mentre la quota di sfioro dello sfioratore di emergenza del manufatto C è pari a 142 m s.m.;
  - il volume di laminazione utilizzato è pari a circa 4'600'000 m<sup>3</sup>.
- Per T=200 anni:
  - il massimo livello di invaso nel comparto 1 è pari a 144.6 m s.m., mentre la quota di sfioro dello sfioratore di emergenza del manufatto A è pari a 144.9 m s.m.;
  - il massimo livello di invaso nel comparto 2 è pari a 140.2 m s.m., mentre la quota di sfioro dello sfioratore di emergenza del manufatto C è pari a 142 m s.m.;
  - il volume di laminazione utilizzato è pari a 4'200'000 m<sup>3</sup>.
- Considerando gli idrogrammi di piena definiti nel presente progetto esecutivo per tenere conto degli effetti dei cambiamenti climatici definiti da ARPAE e le portate di regolazione dei canali di scarico del manufatto A già considerate nel progetto definitivo (300 m<sup>3</sup>/s per T=100 anni e 430 m<sup>3</sup>/s per T=200 anni), la cassa di espansione in progetto non riesce a svolgere a pieno la sua funzione di laminazione, in quanto si attivino gli sfioratori di emergenza dei manufatti A e C. In particolare:
  - Per T=100 anni:
    - il massimo livello di invaso nel comparto 1 è pari a 145.0 m s.m., mentre la quota di sfioro dello sfioratore di emergenza del manufatto A è pari a 144.9 m s.m.;
    - il massimo livello di invaso nel comparto 2 è pari a 142.5 m s.m., mentre la quota di sfioro dello sfioratore di emergenza del manufatto C è pari a 142 m s.m.;
    - il volume di laminazione utilizzato è pari a circa 4'900'000 m<sup>3</sup>.
  - Per T=200 anni:
    - il massimo livello di invaso nel comparto 1 è pari a 145.0 m s.m., mentre la quota di sfioro dello sfioratore di emergenza del manufatto A è pari a 144.9 m s.m.;
    - il massimo livello di invaso nel comparto 2 è pari a 142.5 m s.m., mentre la quota di sfioro dello sfioratore di emergenza del manufatto C è pari a 142 m s.m.;
    - il volume di laminazione utilizzato è pari a 5'000'000 m<sup>3</sup>.
- Per far sì che anche con gli idrogrammi di piena definiti nel presente progetto esecutivo, per tenere conto degli effetti dei cambiamenti climatici definiti da ARPAE, la cassa svolga efficacemente l'effetto di laminazione, senza che si attivino gli sfioratori di emergenza dei manufatti A e C, occorre modificare l'entità delle portate di regolazione dei canali di scarico del manufatto A. Dopo diverse analisi si optato per le seguenti portate di regolazione: 345 m<sup>3</sup>/s per T=100 anni e 470 m<sup>3</sup>/s per T=200 anni. In questo caso:
  - Per T=100 anni:

- il massimo livello di invaso nel comparto 1 è pari a 144.8 m s.m., mentre la quota di sfioro dello sfioratore di emergenza del manufatto A è pari a 144.9 m s.m.;
  - il massimo livello di invaso nel comparto 2 è pari a 141.8 m s.m., mentre la quota di sfioro dello sfioratore di emergenza del manufatto C è pari a 142 m s.m.;
  - il volume di laminazione utilizzato è pari a circa 4'600'000 m<sup>3</sup>.
- Per T=200 anni:
- il massimo livello di invaso nel comparto 1 è pari a 144.9 m s.m., mentre la quota di sfioro dello sfioratore di emergenza del manufatto A è pari a 144.9 m s.m.;
  - il massimo livello di invaso nel comparto 2 è pari a 141.9 m s.m., mentre la quota di sfioro dello sfioratore di emergenza del manufatto C è pari a 142 m s.m.;
  - il volume di laminazione utilizzato è pari a 4'700'000 m<sup>3</sup>.

#### 4. GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

Nell'ambito della progettazione esecutiva, è stata sviluppata un'analisi integrativa dell'interazione tra l'opera in progetto e le acque sotterranee, facendo seguito in particolare alle osservazioni riportate nella nota di conclusione della VIA di cui alla DGR 544/2018.

Più in particolare, è stata effettuata un'analisi idrogeologica e modellistica di maggiore dettaglio, basata sull'implementazione di un nuovo modello integrato acque superficiali – sotterranee, calibrato con i dati dei monitoraggi piezometrici effettuati sino ad oggi.

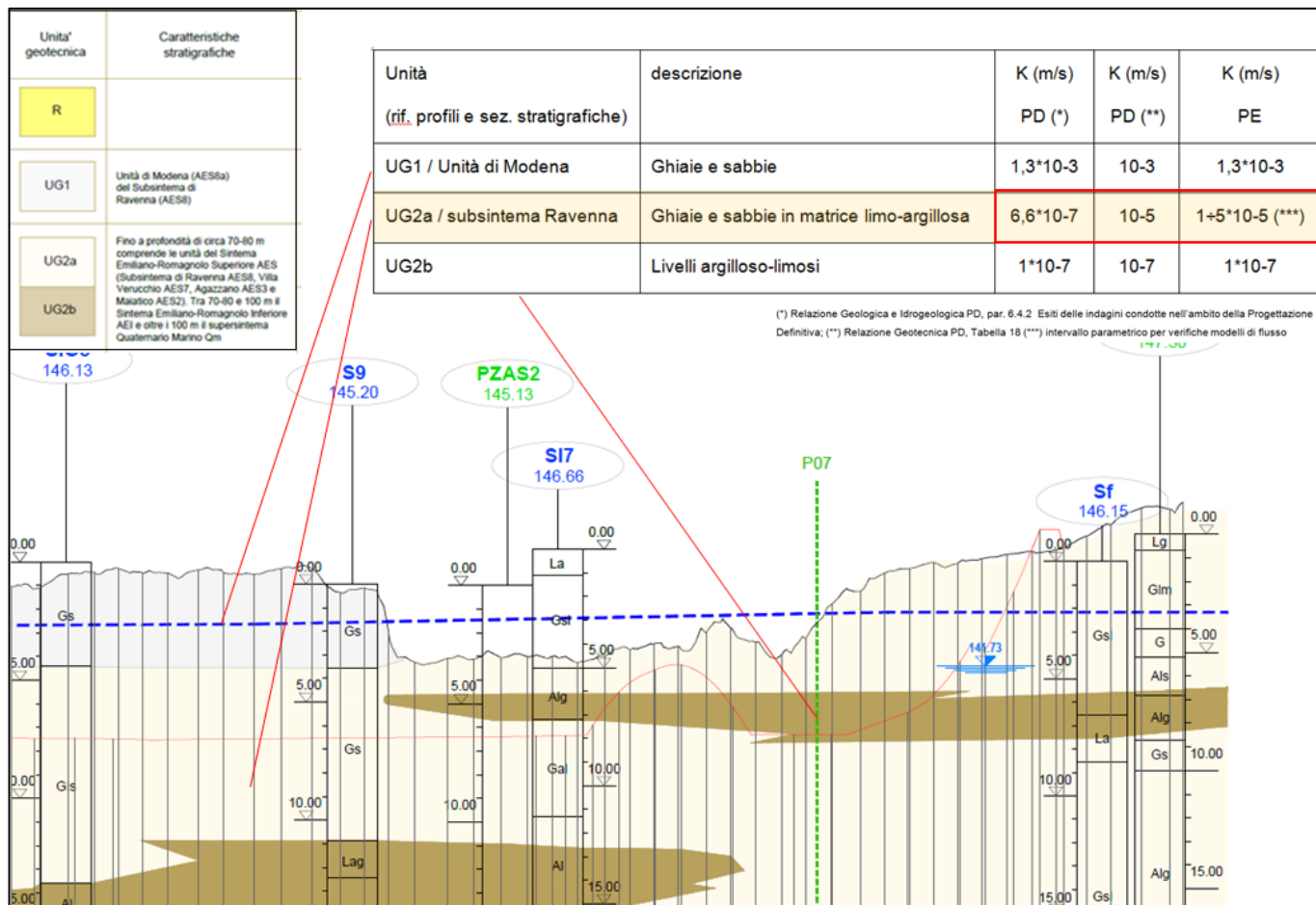
Il modello realizzato a supporto del progetto definitivo, è basato sul codice di calcolo MODFLOW, con discretizzazione alle differenze finite, top standard per la simulazione delle acque sotterranee che si caratterizza tuttavia per un approccio necessariamente semplificato alla simulazione delle acque superficiali, ovvero nelle modalità con cui il codice può descrivere le interazioni tra falda e flussi superficiali.

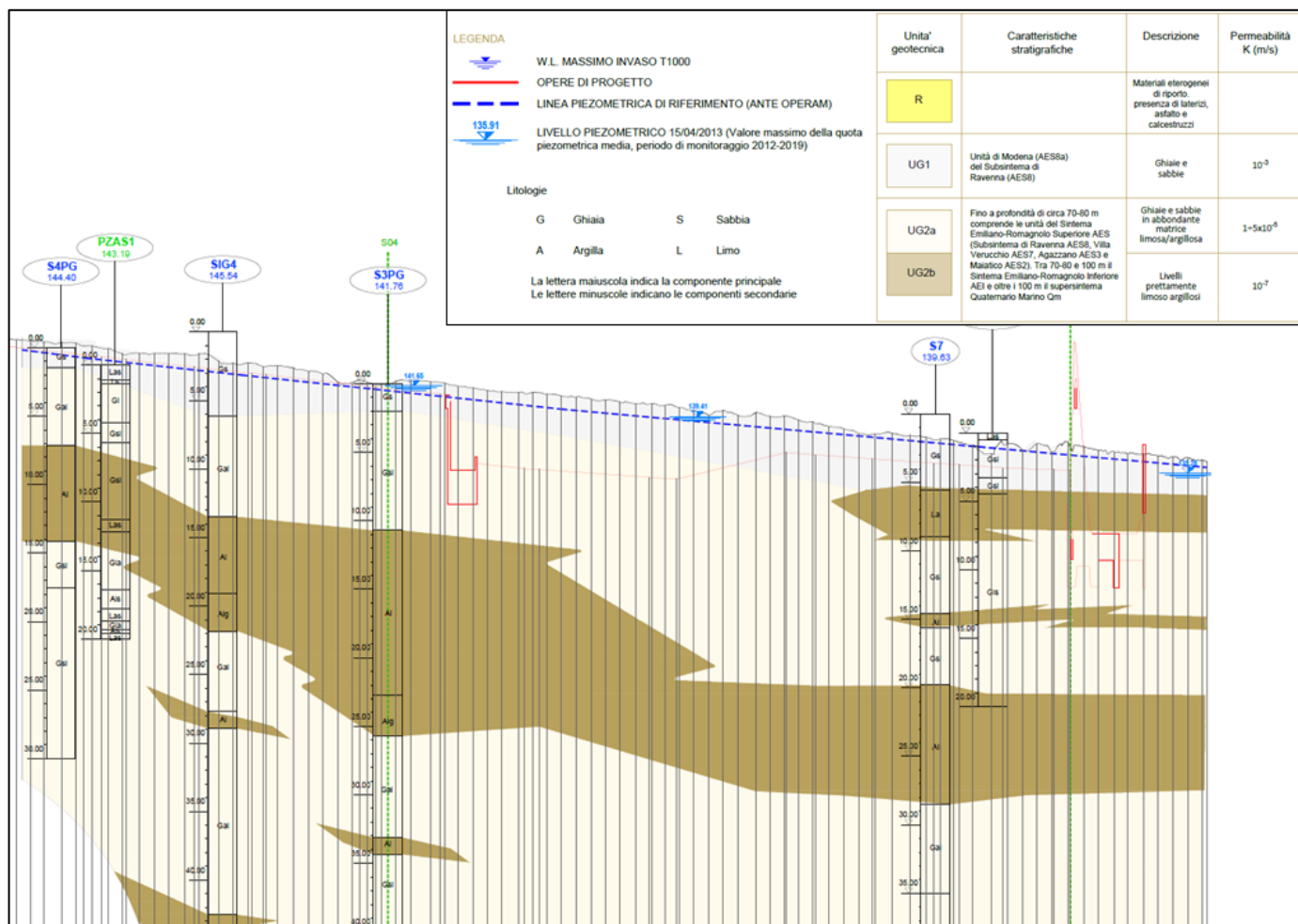
In particolare, per le finalità e il livello di dettaglio specifico del Progetto Definitivo, il T. Baganza è stato simulato a partire dalla calibrazione dei valori di infiltrazione efficace in corrispondenza dell'alveo, sulla base della piezometria come da misure 2016 in regime di magra. Tale approccio, in assoluto corretto ed efficace dal punto di vista modellistico, rende difficilmente trasponibili i risultati a simulazioni in differenti regimi idrologici incluso quelli critici di progetto.

A riguardo, considerando la necessità di simulare gli effetti determinati dall'opera in relazione a differenti stati idrologici, incluso i regimi di portata "critici", nelle condizioni sia anteoperam che riferiti all'evento modulato dalla cassa di espansione, nella presente fase di progettazione esecutiva viene proposto un sistema basato sull'accoppiamento di modelli idraulici e di flusso sotterraneo, a partire dall'utilizzo del codice di calcolo FEFLOW (DHI-WASY) per la simulazione del flusso, direttamente interfacciato, via plugin, con l'output del modello idraulico InfoWorks ICM (Innovyze - HR Wallingford).

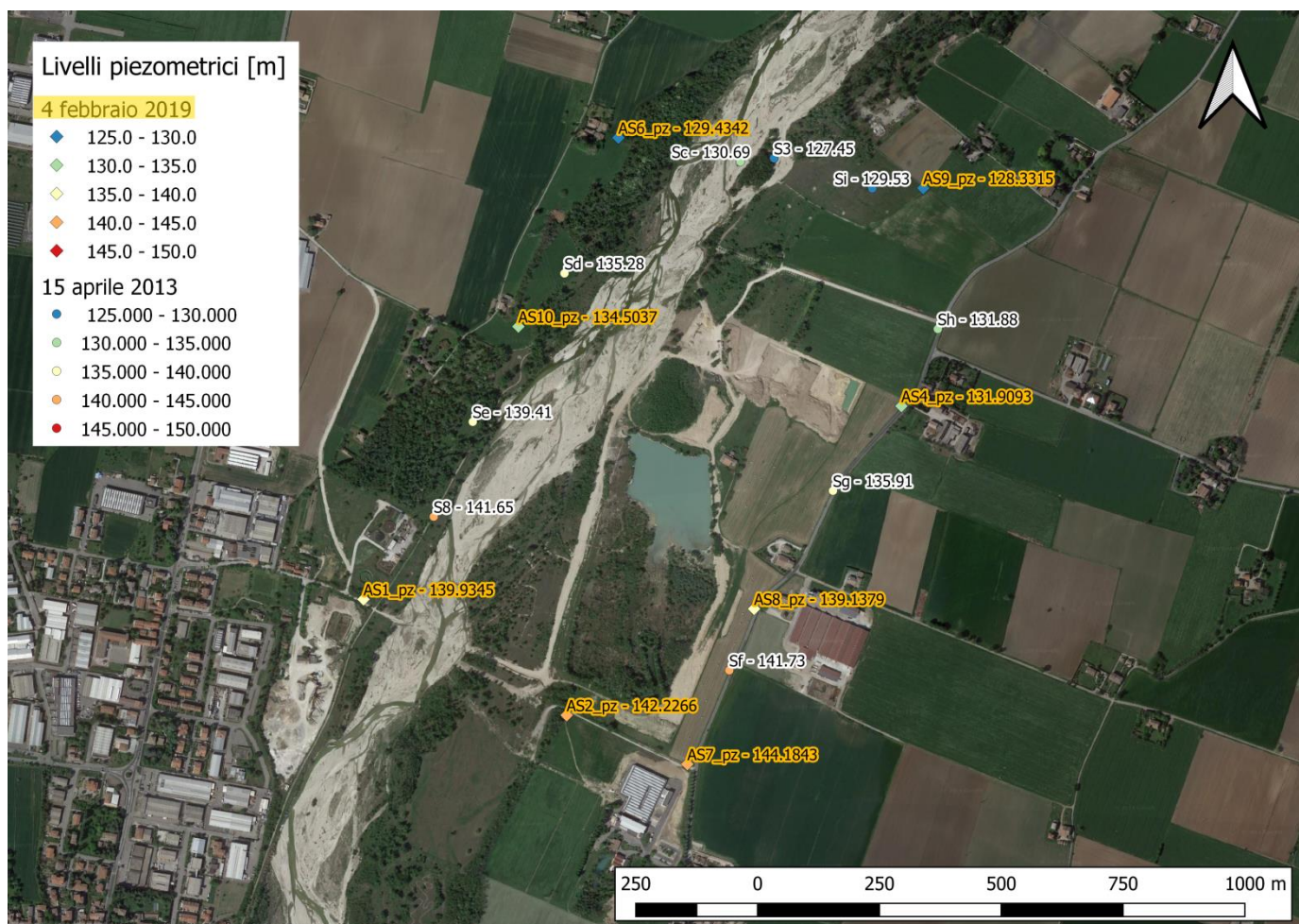
Mediante il sistema modellistico "accoppiato", sono state analizzate le variazioni di quota falda tramite simulazioni in regime transitorio dell'effetto indotto dall'onda di piena del corso d'acqua combinato alla gestione della cassa di

espansione, fino alle condizioni estreme di progetto corrispondenti al transito e all'interazione con le opere in progetto della piena  $Tr = 1000$  del torrente Baganza. in riferimento a differenti eventi idrologici fino alle condizioni estreme di progetto.









**Figura 20 – Quote piezometriche di riferimento da monitoraggio 2012-2019. Sono rappresentati:**

- punti di rilievo da indagini integrative 2018-2019 (piezometri AS, monitoraggio in continuo), e relativa massima quota piezometrica media (4 febbraio 2019);
- punti di rilievo rete PP e PD, massime quote piezometriche assolute 2012-2016.

#### 4.1 SINTESI DELLE DIFFERENZE ANTE OPERAM-POST OPERAM ED ELEMENTI DI CRITICITÀ

A monte del sistema di vasche, non si riscontrano significative differenze ante-post, in particolare nel settore produttivo di Sala Baganza in sinistra idrografica; analogamente in destra nei settori con costruzioni isolate in prossimità della strada S.P.56 (rif. punti di controllo 32, 39) dove in alcuni casi si osserva anche una lieve mitigazione degli effetti della piena sulle quote di falda (es. 14, 34, 35, 36). Incrementi significativi rispetto all'ante operam si osservano per i settori abitati a ESE e a valle della vasca 2 (punti 30, 37), oltre che in minor misura, in fregio al settore di valle della vasca 1 caratterizzato nella condizione operativa dal massimo battente (13 34).

Da quanto osservabile dall'esterno degli edifici presenti in destra idrografica, ovvero nel settore in cui la falda è effettivamente modificata nello scenario post-operam di esercizio delle vasche di laminazione, non risulta la presenza di significativi locali in sottoterraneo, condizione conseguente già all'attuale ridotta soggiacenza della falda. Non risulta pertanto significativa l'esposizione degli edifici stessi, nell'attuale struttura e configurazione. Il deflusso delle acque di



falda in affioramento, come già nella condizione ante operam, si correla alla corretta funzionalità della rete di drenaggio superficiale.

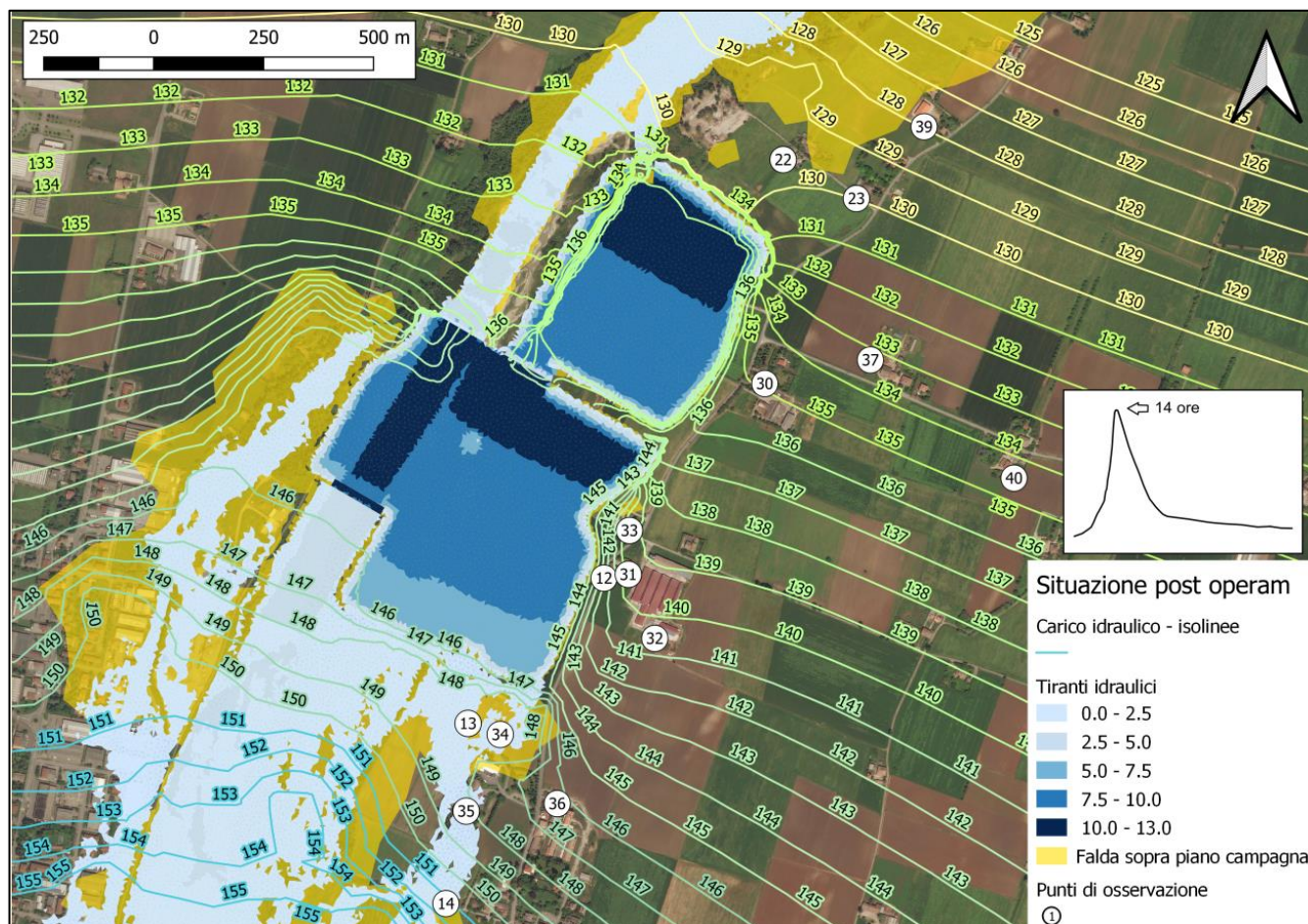


Figura 21 – Simulazione con modello di flusso 3D dell'andamento piezometrico relativo al transito della piana con tempo di ritorno  $Tr = 1000$  a. Condizione corrispondente al picco idrometrico ( $t=14$  h). **Postoperam**. Metodologia e risultati del modello di flusso sono riportati nell'elaborato BAG 3 03 GEO R RE 02 0, a cui si rimanda integralmente



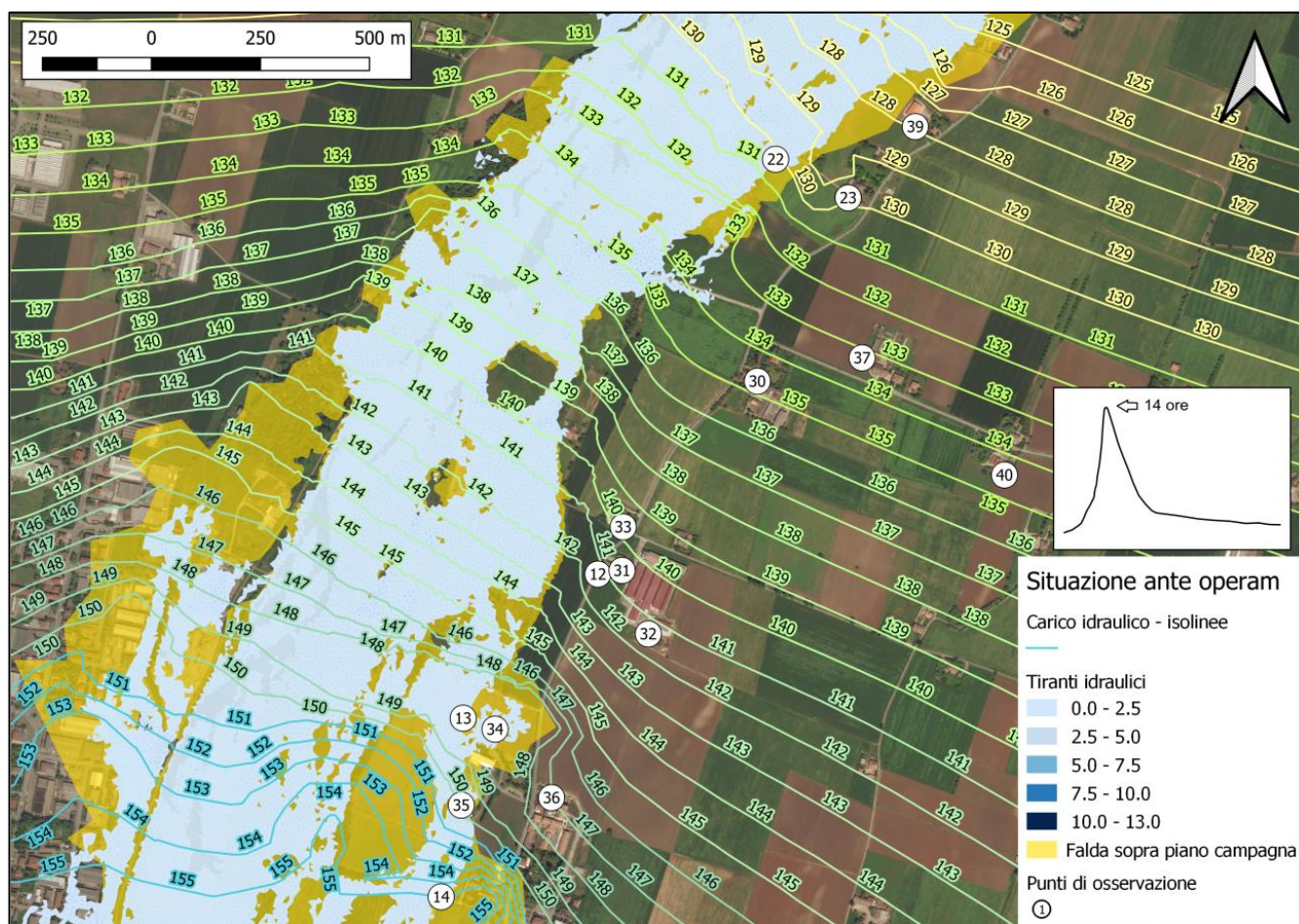


Figura 22 - Simulazione con modello di flusso 3D dell'andamento piezometrico relativo al transito della piana con tempo di ritorno  $Tr = 1000$  a. Condizione corrispondente al picco idrometrico ( $t=14$  h). Anteoperam. Metodologia e risultati del modello di flusso sono riportati nell'elaborato BAG 3 03 GEO R RE 02 0, a cui si rimanda integralmente.

## 5. GEOTECNICA

Si prevede la presenza di tre unità geotecniche prevalenti:

- Unità Geotecnica 1A, costituita da depositi prevalentemente sabbiosi-ghiaiosi che corrisponde all'unità AES8a (Unità di Modena);
- Unità Geotecnica 2A, costituita da ghiaie e sabbie in abbondante matrice limosa/argillosa che corrisponde all'unità AES8(1) (Sistema di Ravenna);
- Unità Geotecnica 2B, costituita prettamente da livelli limo-argillosi che corrisponde all'unità AES8(2) (Sistema di Ravenna).

### UNITÀ GEOTECNICA 1A

Lo strato superficiale del terreno di fondazione è costituito da depositi sabbiosi-ghiaiosi appartenenti all'unità di Modena.

Le campagne geognostiche condotte in corrispondenza dell'unità geotecnica 1 sono costituite principalmente dalla caratterizzazione in laboratorio dei materiali prelevati dai pozzetti esplorativi e dalle prove penetrometriche in sito tipo SPT (Standard Penetration Test) i cui risultati riportano sempre valori di  $N_{SPT}$  a rifiuto.

#### UNITÀ GEOTECNICA 2A

L'unità geotecnica denominata 2A è costituita da ghiaie e sabbie in abbondante matrice limosa/argillosa appartenenti al subsistema di Ravenna.

Nel corso delle campagne d'indagini citate nel Capitolo 2 per la determinazione delle caratteristiche di questa unità sono state eseguite prove in sito di tipo SPT (Standard Penetration Test) e prove di classificazione in laboratorio su campioni rimaneggiati prelevati. Per la caratterizzazione concorrono anche l'andamento delle  $V_s$  determinate con le prove geofisiche tipo MASW 2D.

#### UNITÀ GEOTECNICA 2B

L'Unità Geotecnica 2B fa parte del subsistema di Ravenna e comprende i livelli di terreno prettamente limosi-argillosi. In corrispondenza di questa unità, in cui il materiale è di natura coesiva, sono state eseguite sia prove in sito (S.P.T., Torvane e Pocket Penetrometer) che prove di laboratorio sui campioni indisturbati e rimaneggiati (prove di classificazione, compressione, edometriche, taglio diretto, colonna risonante e triassiali cicliche).

La caratterizzazione geotecnica è consistita in un approfondimento basato sulle indagini del PD e costituita da:

n.9 sondaggi (SI1, SI2, ... SI9) a carotaggio continuo spinti fino a profondità di 20m da p.c.;

- n.4 sondaggi (SIG1, SI2, SIG3, SIG4) a carotaggio continuo spinti fino a profondità di 45m da p.c., con prove SPT in corrispondenza dei terreni incoerenti e di prove tipo Torvane e Pocket Penetrometer in presenza delle lenti coesive;
- n.6 sondaggi (SMC1, SMC2, ... SMC6) a carotaggio continuo spinti fino a profondità variabile tra i 13m e i 25m da p.c., con prove tipo Torvane e Pocket Penetrometer in presenza dei terreni coesivi;
- n.80 pozzetti esplorativi con profondità variabili di 1.0÷3.0m da p.c.;
- n.4 sezioni geoelettriche con tecnica tomografica;
- n.3 profili geofisici tipo MASW 2D (n.27 MASW).
- n.42 prove di classificazione;
- n.6 prove di compressione con espansione laterale libera;
- n.6 prove edometriche;
- n.4 prove di taglio diretto;
- n.3 prove di colonna risonante;
- n.2 prove triassiali cicliche.

La grande estensione dell'area in esame ha comportato necessariamente un'analisi locale delle prove associate alla successione stratigrafica in corrispondenza delle singole opere, con uno strato superficiale costituito dall'unità geotecnica 1A con spessore variabile o totalmente assente nelle parti ad Est della zona di progetto, seguito più in



profondità da strati di ghiaie e sabbie in abbondante matrice limoso/argillosa (2A), intervallati da livelli prettamente limo argillosi (2B).

## 6. SISMICA

Nel progetto ci si è occupati al riguardo dei seguenti argomenti:

- DEFINIZIONE CLASSE DI SUOLO E MODELLO DI RIFERIMENTO
- SPETTRI DI RISPOSTA DI RIFERIMENTO
- ACCELEROGRAMMI SPETTROCOMPATIBILI DI PROGETTO
- ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE
- STUDIO SISMOTETTONICO

I centri abitati più vicini sono:

- Sala Baganza, a sud-ovest dell'area di progetto;
- Casale di Felino (Comune di Felino), a sud-est dell'area di progetto;
- Carignano (Comune di Parma), a est dell'area di progetto.

Nel caso specifico si può affermare che non si prevedono effetti significativi di amplificazione dovuta alla topografia, in quanto l'area di interesse può ritenersi pianeggiante: il coefficiente di amplificazione topografico può pertanto essere assunto pari all'unità. Per quanto riguarda, invece, l'amplificazione stratigrafica, le NTC08 consentono di valutare in modo approssimato l'influenza degli effetti di sito, utilizzando un metodo semplificato basato sulla definizione di categorie di sottosuolo. A queste ultime vengono associati dei parametri che modificano gli spettri di risposta, per tener conto dell'effetto stratigrafico. Nel caso in esame, la presenza di valori della velocità di propagazione delle onde di taglio comporta una classificazione in categoria di sottosuolo B e si è effettuato uno studio di dettaglio della risposta sismica locale. Per la valutazione dell'effetto di amplificazione stratigrafica sono state eseguite analisi numeriche di risposta sismica locale, utilizzando un approccio di calcolo monodimensionale lineare elastico equivalente a partire dal modello geotecnico-sismico del terreno di fondazione, costruito in base alle proprietà geotecniche desunte dalle indagini e prove in sito.

Lo studio sismotettonico dell'area interessata è stato condotto in base a quanto richiesto al p.to C.7.7.1 delle Norme Tecniche di cui al D.M. 26/06/2014.

Lo studio si è svolto considerando:

- un inquadramento del quadro geodinamico e dell'assetto geologico - strutturale dell'area di interesse,
- un'analisi dei dati contenuti nei principali data-base di carattere sismologico e sismotettonico
- una descrizione delle caratteristiche delle faglie attive e delle strutture sismogenetiche note in un'intorno dall'area di progetto.
- un'analisi del rischio di fagliazione superficiale e un'analisi della pericolosità sismica

L'analisi di fagliazione superficiale ha evidenziato un grado di rischio basso mentre l'analisi PSHA, con cui si è valutato il rischio di scuotimento sismico, ha condotto a spettri per alcuni stati limite (SLV e SLC) più severi di quelli definiti dalla Normativa di riferimento.

## 7. GESTIONE DEI MATERIALI

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 oltre 3.500.000 metri cubi. Nella relazione sulla gestione delle materie, a cui si rimanda per maggiori dettagli (elab. **BAG3-05-TRS-R-RE-01**), è riportata la differenziazione dei volumi di scavo 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). 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.

Il quadro dei reimpieghi del materiale derivanti dalle operazioni di scavo è legato alla realizzazione delle seguenti opere, riferibili alle seguenti voci di elenco prezzi:

- 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.

Nella seguente **Tabella 9** 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.

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>.

	Volumi (m <sup>3</sup> )					
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	343.081,37
Volume Rilevato arginale - Ghiaia in matrice limosa		809.696,80		217.051,85		1.026.748,65
Volume Rilevato arginale - Terreni tpo A1	96.732,52					96.732,52
Volume Rilevato arginale - Terreno vegetale			85.757,41	47.052,64		132.810,05
Volume terreno per prato stabile sul fondo degli invasi		1.905,99	105.794,01			107.700,00
Volume Rilevato arginale - Misto stabilizzato per viabilità		36.811,90				36.811,90
Stabilizzazione a freddo pavimentazione stradale		26.529,30				26.529,30
Rinterri manufatto A		60.723,00				60.723,00
Rinterri manufatto B		96.120,00				96.120,00
Rinterri manufatto C		39.978,61				39.978,61
Interventi riqualificazione a valle Settore 1 e Settore 2	12.272,03	12.272,03				24.544,06
riempimenti monte cassa, tergo scogliere, canale ittiofauna e accessorie		68.828,70	1.905,99			70.734,69
<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 ciottoli e blocchi (>2cm)		Eliminazione eventuale materiale antropico
	Miscelazione con G2		Selezione granulometrica
	Vagliatura per eliminazione ciottoli e blocchi (>10cm)		

Tabella 9 - Sintesi del bilancio delle terre

### 7.1.1 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. La planimetria contenuta nella seguente **Figura 23** 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.





### 7.1.2 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.

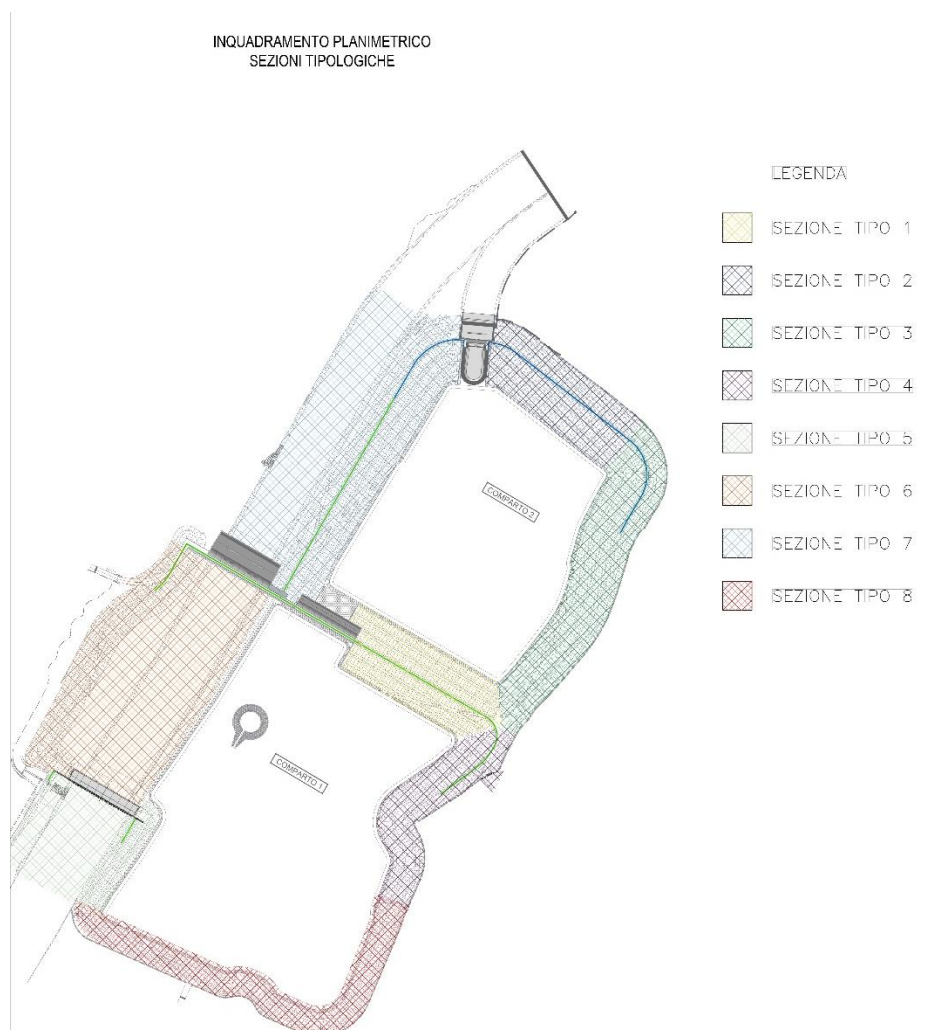
Di conseguenza solo le litologie più pregiate (G1 e G2) sono state lasciate nella disponibilità dell'appaltatore per essere utilizzate all'esterno del cantiere come sottoprodotti.

### 7.1.3 Percorsi per il trasporto

Le modalità di utilizzo della viabilità in fase di cantiere sono state concordate con gli Enti competenti, e sono riportate nelle specifiche tavole progettuali (ed in particolare **BAG3-13\_CAN-D-PL-01** e **BAG3-13\_CAN-D-SZ-01**).

## 8. ARGINATURE E SISTEMAZIONE DELLE CASSE DI ESPANSIONE

La realizzazione dei rilevati arginali delle casse di espansione in progetto segue una schematizzazione che può essere ricondotta a 8 sezioni tipo, progettate in funzione dell'altezza dei rilevati e della loro posizione rispetto al piano campagna e all'alveo del torrente Baganza. L'ubicazione delle sezioni tipo è schematizzata nella seguente figura.



I terreni che costituiranno i rilevati arginali possono essere suddivisi nelle seguenti principali categorie:









- terreno per nucleo centrale, costituito da limo /argilla limosa, che dovrà raggiungere dopo costipamento una permeabilità molto bassa, caratterizzata da un coefficiente  $k=10^{-7} \div 10^{-8}$  m/s;
- terreno per rilevato arginale proveniente dagli scavi dell'unità geotecnica 2A, costituito ghiaia in matrice limosa che dovrà raggiungere dopo costipamento una permeabilità caratterizzata da un coefficiente  $k \leq 5 \times 10^{-5}$  m/s;
- terreno per rilevato arginale proveniente dagli scavi dell'unità geotecnica 2A, di tipo A1-A2 secondo la classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006); tale terreno è caratterizzato da una permeabilità dopo costipamento con coefficiente  $k=10^{-3}$  m/s;

Gli ulteriori terreni che saranno utilizzati per gli strati superficiali sono i seguenti:

- Misto granulare stabilizzato, utilizzato per le viabilità di servizio (piste di accesso, banche, rampe di collegamento, ecc.);
- Terreno vegetale
- Scogliera in massi, per il piede del rilevato arginale in corrispondenza dell'alveo del torrente Baganza

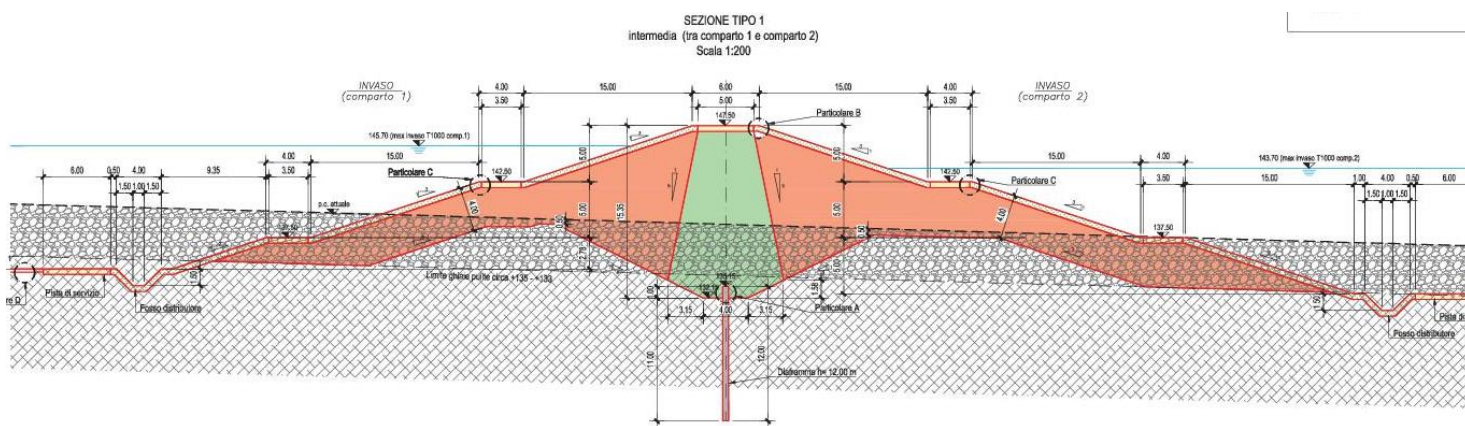
Si riporta nella figura seguente la legenda delle sezioni tipo.



LEGENDA					
STATO DI FATTO		PROGETTO			
	Piano campagna attuale		Terreno per nucleo limo/argilla limosa permeabilità $k=10^{-6}$ m/s		Misto granulare stabilizzato per viabilità di servizio
	Strato superficiale ghiaie pulite		Terreno proveniente dagli scavi unità geotecnica 2A ghiaia in matrice limosa Permeabilità $k=5 \times 10^{-5}$ m/s		Terreno vegetale
	Terreno		Terreno proveniente dagli scavi unità geotecnica 2A terreno ripa A1-A2 Permeabilità $k=10^{-3}$ m/s		

## 8.1 SEZIONE TIPO 1

La sezione tipo 1 è relativa all'argine di separazione tra l'invaso 1 e l'invaso 2, tra il manufatto B e il limite Est della cassa; il tratto realizzato con tale sezione ha uno sviluppo in asse di circa 300 m e la sua sommità è alla quota di 147.50 m.



In tale tratto l'argine presenta un nucleo centrale di altezza costante pari a 14.85 m, la cui base si colloca alla quota di 132.15 m; lo spessore del nucleo varia da 5.0 m, in sommità, a 10.3 m, poco sopra la base, con paramenti aventi pendenza 1 (H) / 5 (V). Alla base del nucleo è realizzato il diaframma in jet-grouting, di spessore pari a 60 cm, e di lunghezza di 11.0 m, al netto del tratto sommitale di 1.0 m che garantisce il collegamento tra il diaframma e il nucleo stesso. Dalla base del nucleo, di larghezza pari a 4.0 m, si aprono le scarpate di scavo, realizzate con pendenza 2 (H) / 1 (V), fino ad una quota posta all'incirca 50 cm sotto il piano campagna.

Entrambi i paramenti esterni (a monte lato invaso 1 e a valle lato invaso 2) hanno la pendenza di 3 (H) / 1 (V), con banche intermedie di larghezza pari a 4.0 m, poste a 5.0 m e a 10.0 m dalla sommità arginale. In corrispondenza dei paramenti dovrà essere garantito uno spessore del rilevato arginale, costituito da ghiaia in matrice limosa, pari a 4.0 m, fino al limite inferiore delle ghiaie pulite (posto alla quota di circa 135.0 – 133.0 m).

Completano la sezione i seguenti elementi:

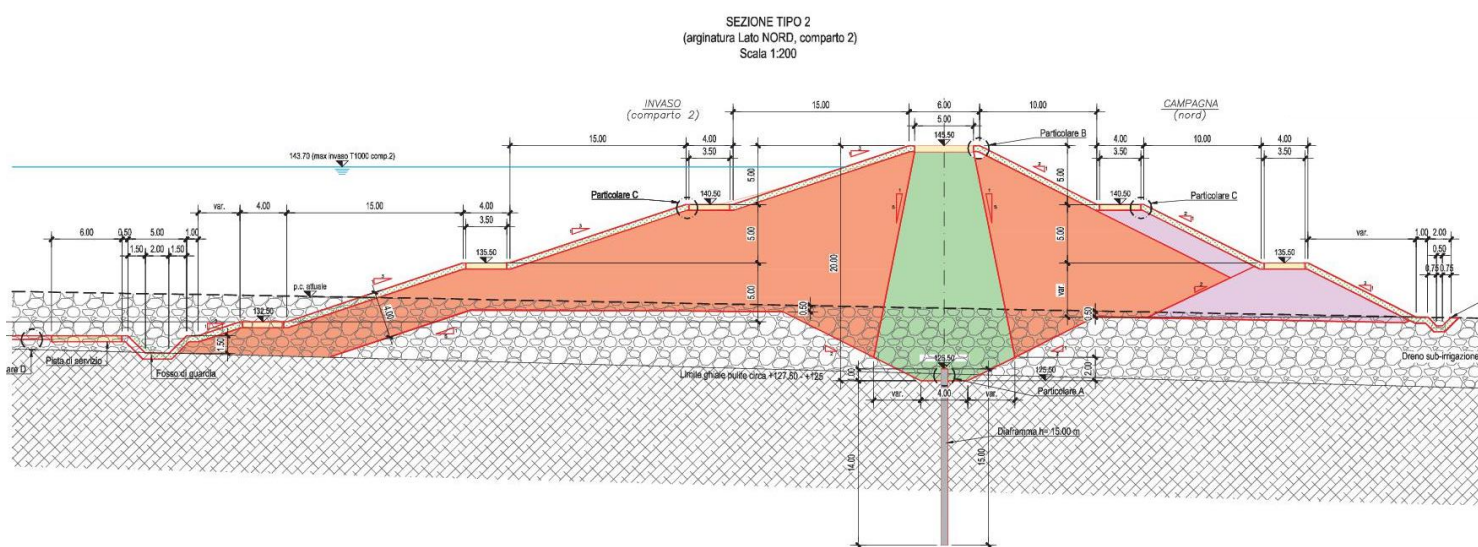
- Pista sommitale di larghezza pari a 5.0 m, realizzata con misto stabilizzato per uno spessore pari a 50 cm;



- Piste di servizio poste sulle banche, di larghezza pari a 3.5 m, realizzate con misto stabilizzato per uno spessore pari a 50 cm;
- Strato superficiale di terreno vegetale, per uno spessore di circa 50 cm, il cui inerbimento sarà effettuato mediante semina a spaglio;
- Fossi al piede dei paramenti, di sezione trapezia, con base pari a 1.0 m e pendenza delle scarpate 1 (H) / 1 (V).

## 8.2 SEZIONE TIPO 2

La sezione tipo 2 è relativa all'argine posto sul lato Nord dell'invaso 2; il tratto realizzato con tale sezione ha uno sviluppo in asse di circa 310 m a partire dal manufatto C e la sua sommità è alla quota di 145.50 m.



In tale tratto l'argine presenta un nucleo centrale di altezza costante pari a 19.5 m, la cui base si colloca alla quota di 125.50 m; lo spessore del nucleo varia da 5.0 m, in sommità, a 11.0 m, ad una quota di 2.0 m superiore alla base, con paramenti aventi pendenza 1 (H) / 5 (V). Alla base del nucleo è realizzato il diaframma in jet-grouting, di spessore pari a 60 cm, e di lunghezza di 14.0 m, al netto del tratto sommitale di 1.0 m che garantisce il collegamento tra il diaframma e il nucleo stesso. Dalla base del nucleo, di larghezza pari a 4.0 m, si aprono le scarpate di scavo, realizzate con pendenza 2 (H) / 1 (V), fino ad una quota posta all'incirca 50 cm sotto il piano campagna.

Il paramento a monte, lato invasore 2, ha la pendenza di 3 (H) / 1 (V), con banche intermedie di larghezza pari a 4.0 m, poste a 5.0 m, a 10.0 m e a 15.0 m dalla sommità arginale. In corrispondenza dei paramenti dovrà essere garantito uno spessore del rilevato arginale, costituito da ghiaia in matrice limosa, pari a 4.0 m, fino al limite inferiore delle ghiaie pulite (posto alla quota di circa 127.5 – 125.0 m).

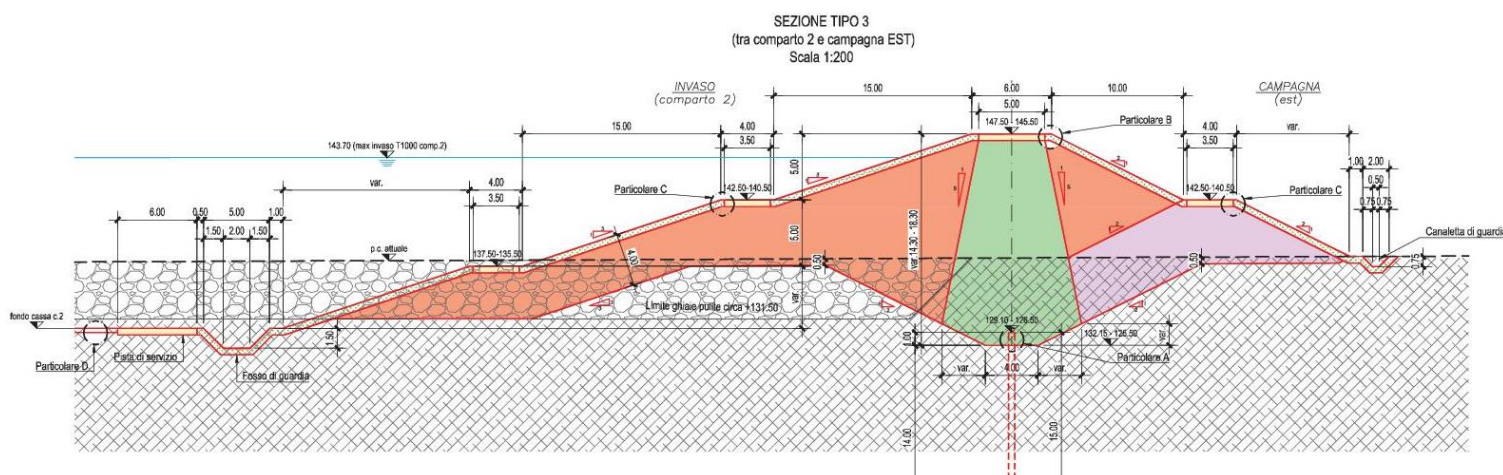
Il paramento a valle, lato piano campagna, ha la pendenza di 2 (H) / 1 (V), con banche intermedie di larghezza pari a 4.0 m, poste a 5.0 m e a 10.0 m dalla sommità arginale. Le banche saranno realizzate con materiale proveniente dagli scavi, di tipo A1-A2 secondo la classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006), con pendenza dei paramenti 2 (H) / 1 (V); la parte di argine compresa tra le banche e il nucleo sarà realizzata con materiale proveniente dagli scavi, costituito da ghiaia in matrice limosa.

Completano la sezione i seguenti elementi:

- Pista sommitale di larghezza pari a 5.0 m, realizzata con misto stabilizzato per uno spessore pari a 50 cm;
- Piste di servizio poste sulle banche, di larghezza pari a 3.5 m, realizzate con misto stabilizzato per uno spessore pari a 50 cm;
- Strato superficiale di terreno vegetale, per uno spessore di circa 50 cm, il cui inerbimento sarà effettuato mediante semina a spaglio;
- Fosso al piede del paramento di monte, di sezione trapezia, con base pari a 1.0 m e pendenza delle scarpate 1 (H) / 1 (V);
- Canaletta di guardia al piede del paramento di valle.

### 8.3 SEZIONE TIPO 3

La sezione tipo 3 è relativa all'argine posto sul lato Est dell'invaso 2; il tratto realizzato con tale sezione ha uno sviluppo in asse di circa 585 m a partire dal limite della sezione tipo 2 e la sua sommità è prevalentemente alla quota di 145.50 m; solo nel tratto adiacente all'argine con sezione tipo 1, la sommità si porta alla quota di 147.50 m, mediante un raccordo di lunghezza pari a 20.0 m.



In tale tratto l'argine presenta un nucleo centrale di altezza variabile da 13.8 m a 19.5 m; tale variabilità è dovuta oltre alla variabilità della quota della sommità arginale, anche alla base del nucleo, che si colloca ad una quota variabile da 125.50 m a 129.10 m.

Il nucleo ha uno spessore minimo di 5.0 m, in sommità, e presenta paramenti aventi pendenza 1 (H) / 5 (V). Nel solo tratto adiacente alla sezione tipo 2, per una lunghezza di circa 180 m, alla base del nucleo è realizzato il diaframma in jet-grouting, di spessore pari a 60 cm, e di lunghezza di 14.0 m, al netto del tratto sommitale di 1.0 m che garantisce il collegamento tra il diaframma e il nucleo stesso. Dalla base del nucleo, di larghezza pari a 4.0 m, si aprono le scarpate di scavo, realizzate con pendenza 2 (H) / 1 (V), fino ad una quota posta all'incirca 50 cm sotto il piano campagna.

Il paramento a monte, lato invasore 2, ha la pendenza di 3 (H) / 1 (V), con banche intermedie di larghezza pari a 4.0 m, poste a 5.0 m, a 10.0 m e a 15.0 m dalla sommità arginale. In corrispondenza dei paramenti dovrà essere garantito

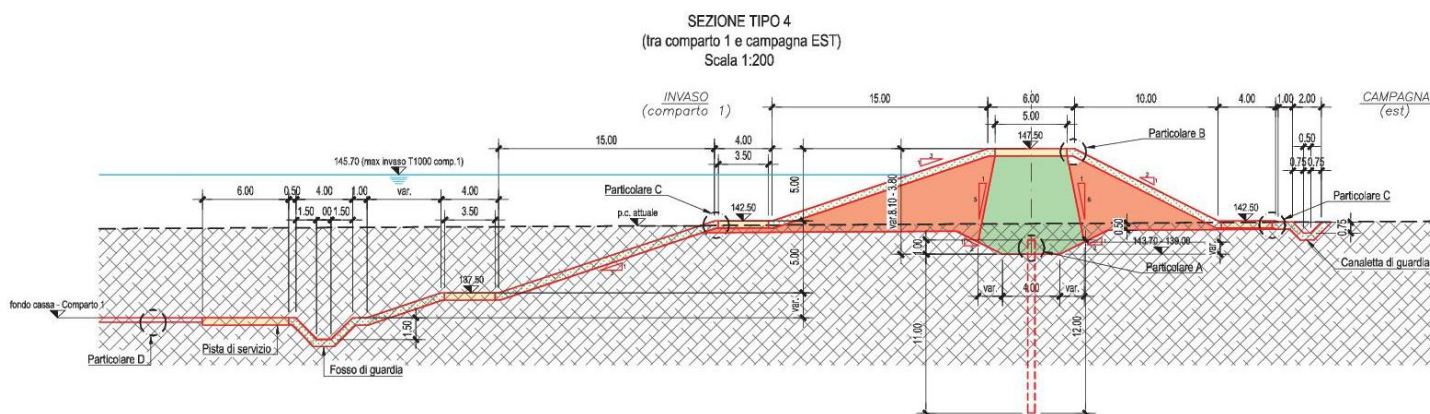
uno spessore del rilevato arginale, costituito da ghiaia in matrice limosa, pari a 4.0 m, fino al limite inferiore delle ghiaie pulite (posto alla quota di circa 131.50 m).

Il paramento a valle, lato piano campagna, ha la pendenza di 2 (H) / 1 (V), con banche intermedie di larghezza pari a 4.0 m, poste a 5.0 m e a 10.0 m dalla sommità arginale. Le banche saranno realizzate con materiale proveniente dagli scavi, di tipo A1-A2 secondo la classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006), con pendenza dei paramenti 2 (H) / 1 (V); la parte di argine compresa tra le banche e il nucleo sarà realizzata con materiale proveniente dagli scavi, costituito da ghiaia in matrice limosa.

Completano la sezione gli stessi elementi già descritti per la sezione tipo 2.

#### 8.4 SEZIONE TIPO 4

La sezione tipo 4 è relativa all'argine posto sul lato Est dell'invaso 1; il tratto realizzato con tale sezione ha uno sviluppo in asse di circa 400 m a partire dal limite della sezione tipo 3 e la sua sommità è alla quota di 147.50 m.



In tale tratto l'argine presenta un nucleo centrale di altezza variabile da 3.8 m a 8.1 m; tale variabilità è dovuta alla base del nucleo, che si colloca ad una quota variabile da 143.70 m a 139.00 m.

Il nucleo ha uno spessore minimo di 5.0 m, in sommità, e presenta paramenti aventi pendenza 1 (H) / 5 (V). Nel solo tratto adiacente alla sezione tipo 3, per una lunghezza di circa 160 m, alla base del nucleo è realizzato il diaframma in jet-grouting, di spessore pari a 60 cm, e di lunghezza di 11.0 m, al netto del tratto sommitale di 1.0 m che garantisce il collegamento tra il diaframma e il nucleo stesso. Dalla base del nucleo, di larghezza pari a 4.0 m, si aprono le scarpate di scavo, realizzate con pendenza 2 (H) / 1 (V), fino ad una quota posta all'incirca 50 cm sotto il piano campagna.

Il paramento a monte, lato invasivo 1, ha la pendenza di 3 (H) / 1 (V), con banche intermedie di larghezza pari a 4.0 m, poste a 5.0 m e a 10.0 m dalla sommità arginale; il paramento a valle, lato piano campagna, ha la pendenza di 2 (H) / 1 (V), con banca intermedia di larghezza pari a 4.0 m, posta a 5.0 m dalla sommità arginale.

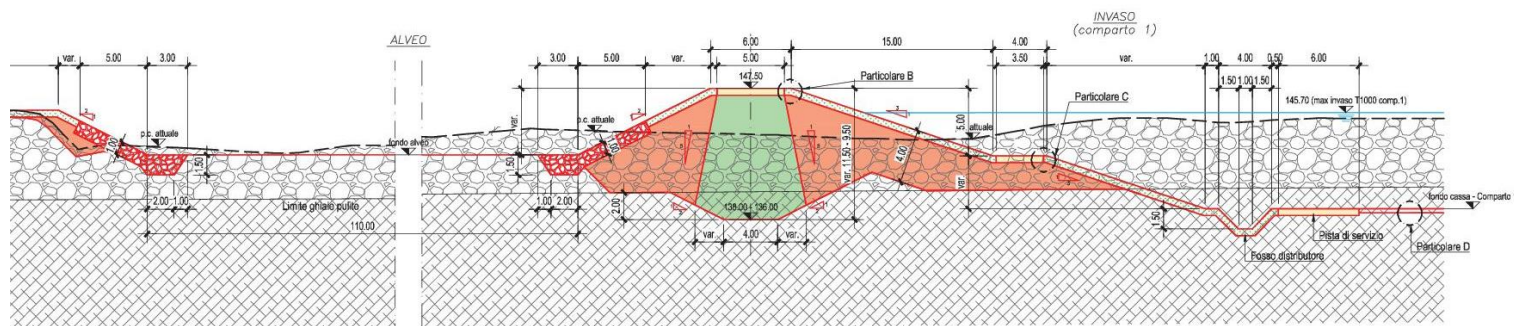
Il rilevato arginale esterno al nucleo sarà costituito da ghiaia in matrice limosa; completano la sezione gli stessi elementi già descritti per la sezione tipo 2.



## 8.5 SEZIONE TIPO 5

La sezione tipo 5 è relativa all'argine posto sul lato Ovest dell'invaso 1, a monte della briglia di monte; il tratto realizzato con tale sezione è collocato tra l'invaso 1 e l'alveo del torrente Baganza, ha uno sviluppo in asse di circa 210 m a partire dalla briglia di monte e la sua sommità è alla quota di 147.50 m.

SEZIONE TIPO 5  
 (campagna OVEST - alveo - comparto)  
 Scala 1:200



In tale tratto l'argine presenta un nucleo centrale di altezza variabile da 9.5 m a 11.5 m; tale variabilità è dovuta alla base del nucleo, che si colloca ad una quota variabile da 136.0 m a 138.00 m.

Il nucleo ha uno spessore minimo di 5.0 m, in sommità, e presenta paramenti aventi pendenza 1 (H) / 5 (V). Nel solo tratto adiacente alla briglia di monte, per una lunghezza di circa 50 m, alla base del nucleo è realizzato il diaframma in jet-grouting, di spessore pari a 60 cm, e di lunghezza di 11.0 m, al netto del tratto sommitale di 1.0 m che garantisce il collegamento tra il diaframma e il nucleo stesso. Dalla base del nucleo, di larghezza pari a 4.0 m, si aprono le scarpate di scavo, realizzate con pendenza 2 (H) / 1 (V), fino al limite delle ghiaie pulite.

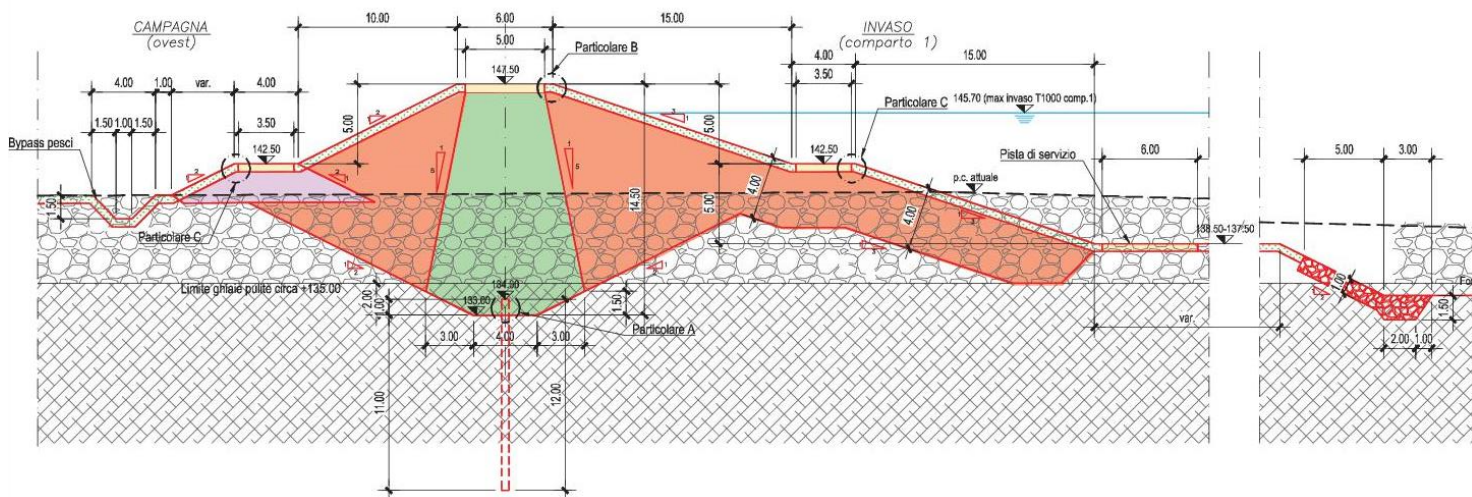
Il paramento lato alveo ha la pendenza di 2 (H) / 1 (V); in tale tratto è prevista la riprofilatura dell'alveo, con protezione al piede costituito da scogliera in massi (vedere elaborati specifici). Il paramento lato invasivo 1 ha la pendenza di 3 (H) / 1 (V), con banche intermedie di larghezza pari a 4.0 m, poste a 5.0 m dalla sommità arginale; con banca intermedia di larghezza pari a 4.0 m, posta a 5.0 m dalla sommità arginale.

Il rilevato arginale esterno al nucleo sarà costituito da ghiaia in matrice limosa e dovrà essere garantito uno spessore del rilevato arginale pari a 4.0 m, fino al limite inferiore delle ghiaie pulite; completano la sezione gli stessi elementi già descritti per la sezione tipo 2.

## 8.6 SEZIONE TIPO 6

La sezione tipo 6 è relativa all'argine posto sul lato Ovest dell'alveo, nel tratto posto tra la briglia di monte e il manufatto A; il tratto realizzato con tale sezione è collocato tra il piano campagna, a Ovest dell'intervento, e l'alveo del torrente Baganza, ha uno sviluppo in asse di circa 505 m e la sua sommità è alla quota di 147.50 m.



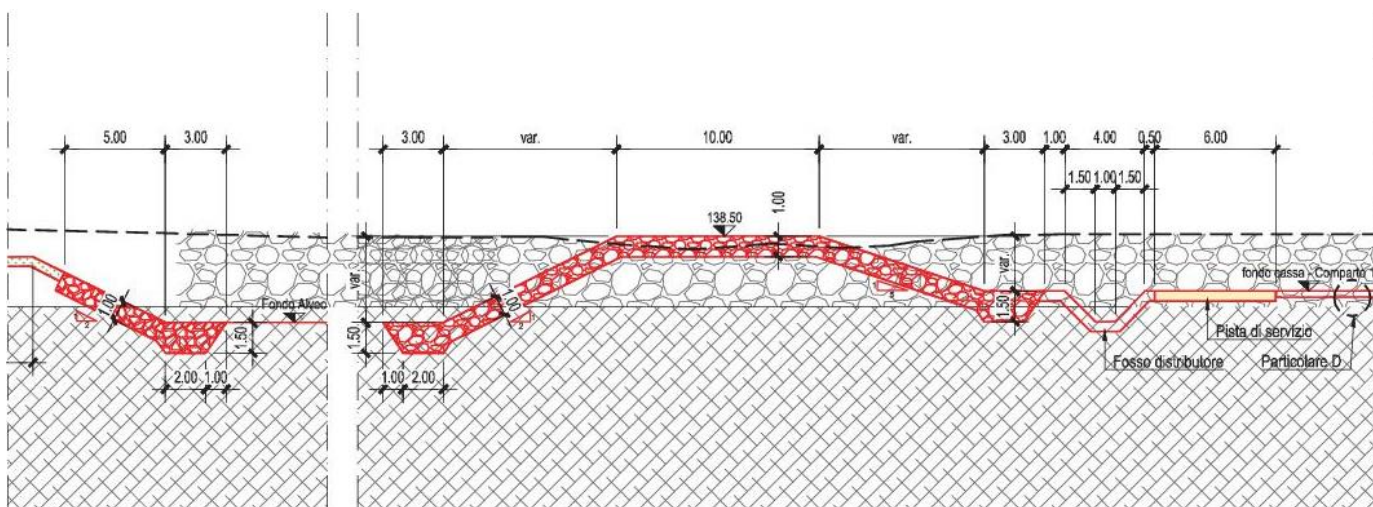
SEZIONE TIPO 6  
 tra campagna OVEST e comparto 1 (alveo)  
 Scala 1:200


In tale tratto l'argine presenta un nucleo centrale di altezza costante pari a 14.5 m, la cui base si colloca alla quota di 133.0 m; lo spessore del nucleo varia da 5.0 m, in sommità, a 10.0 m, ad una quota di 1.5 m superiore alla base, con paramenti aventi pendenza 1 (H) / 5 (V). Alla base del nucleo, per il tratto di lunghezza pari a circa 100 m adiacente al manufatto A, è realizzato il diaframma in jet-grouting, di spessore pari a 60 cm, e di lunghezza di 11.0 m, al netto del tratto sommitale di 1.0 m che garantisce il collegamento tra il diaframma e il nucleo stesso. Dalla base del nucleo, di larghezza pari a 4.0 m, si aprono le scarpate di scavo, realizzate con pendenza 2 (H) / 1 (V), fino ad una quota posta all'incirca 50 cm sotto il piano campagna.

Il paramento lato alveo, ha la pendenza di 3 (H) / 1 (V), con banca intermedia di larghezza pari a 4.0 m, posta a 5.0 m dalla sommità arginale. In corrispondenza del paramento dovrà essere garantito uno spessore del rilevato arginale, costituito da ghiaia in matrice limosa, pari a 4.0 m, fino al limite inferiore delle ghiaie pulite (posto alla quota di circa 135.0 m). Alla base del rilevato è realizzato un esteso piano, posto alla quota variabile da 137.50 m a 138.50 m, oltre il quale è prevista la riprofilatura dell'alveo, con protezione al piede costituito da scogliera in massi.

Il paramento lato piano campagna, ha la pendenza di 2 (H) / 1 (V), con banca intermedia di larghezza pari a 4.0 m, posta a 5.0 m dalla sommità arginale. La banca sarà realizzata con materiale proveniente dagli scavi, di tipo A1-A2 secondo la classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006), con pendenza dei paramenti 2 (H) / 1 (V); la parte di argine compresa tra la banca e il nucleo sarà realizzata con materiale proveniente dagli scavi, costituito da ghiaia in matrice limosa. Completano la sezione gli stessi elementi già descritti per la sezione tipo 2

Il tratto arginale di sfioro tra l'alveo e l'invaso 1, posto tra la briglia di monte e il manufatto A, in sponda destra del torrente Baganza, ha uno sviluppo in asse di circa 435 m e la sua sommità è alla quota costante di 138.50 m.

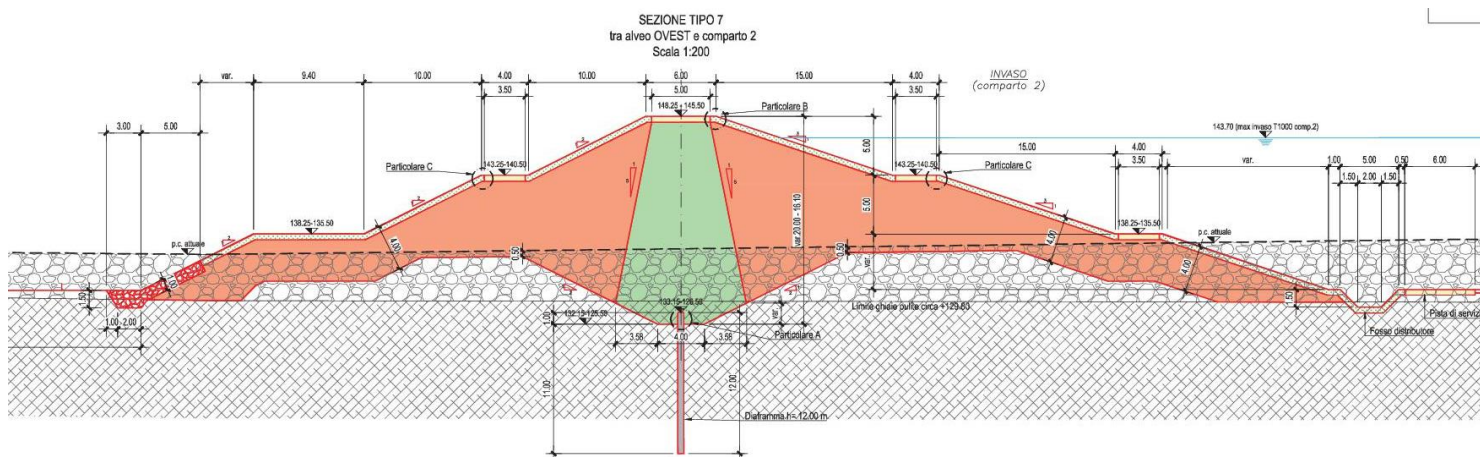


Il paramento lato alveo ha la pendenza di 2 (H) / 1 (V), mentre il paramento lato vaso 1 ha la pendenza di 3 (H) / 1 (V); l'intero argine è protetto con scogliera in massi per uno spessore minimo di 1.0 m.

## 8.7 SEZIONE TIPO 7

La sezione tipo 7 è relativa all'argine posto sul lato Ovest dell'invaso 2, tra l'alveo del torrente Baganza e l'invaso stesso; il tratto realizzato con tale sezione è collocato tra il manufatto A e il manufatto C, ha uno sviluppo in asse di circa 575 m e la sua sommità è prevalentemente alla quota di 145.50 m; solo nel tratto adiacente al manufatto A, la sommità si porta alla quota di 148.25 m, mediante due tratti di raccordo:

- Il primo di lunghezza pari a circa 44.5 m, per passare dalla quota di 145.50 m alla quota di 147.50 m;
- Il secondo di lunghezza pari a circa 30 m, per passare dalla quota di 147.50 m alla quota di 148.25 m.



In tale tratto l'argine presenta un nucleo centrale di altezza variabile da 16.1 m a 20.0 m; tale variabilità è dovuta oltre alla variabilità della quota della sommità arginale, anche alla base del nucleo, che si colloca ad una quota variabile da 125.50 m a 132.15 m.



Il nucleo ha uno spessore minimo di 5.0 m, in sommità, e presenta paramenti aventi pendenza 1 (H) / 5 (V). Alla base del nucleo è realizzato il diaframma in jet-grouting, di spessore pari a 60 cm, e di lunghezza pari a:

- 14.0 m, per il tratto con sviluppo in asse pari a circa 170 m, adiacente al manufatto C;
- 11.0 m per il rimanente tratto di circa 405 m, adiacente al manufatto A,

al netto del tratto sommitale di 1.0 m che garantisce il collegamento tra il diaframma e il nucleo stesso. Dalla base del nucleo, di larghezza pari a 4.0 m, si aprono le scarpate di scavo, realizzate con pendenza 2 (H) / 1 (V), fino ad una quota posta all'incirca 50 cm sotto il piano campagna.

Il paramento lato alveo, ha la pendenza di 2 (H) / 1 (V), con le seguenti banche intermedie:

- Banca di larghezza pari a 4.0 m, posta a 5.0 m dalla sommità arginale;
- Banca di larghezza pari a 9.40 m, posta a 10.0 m dalla sommità arginale.

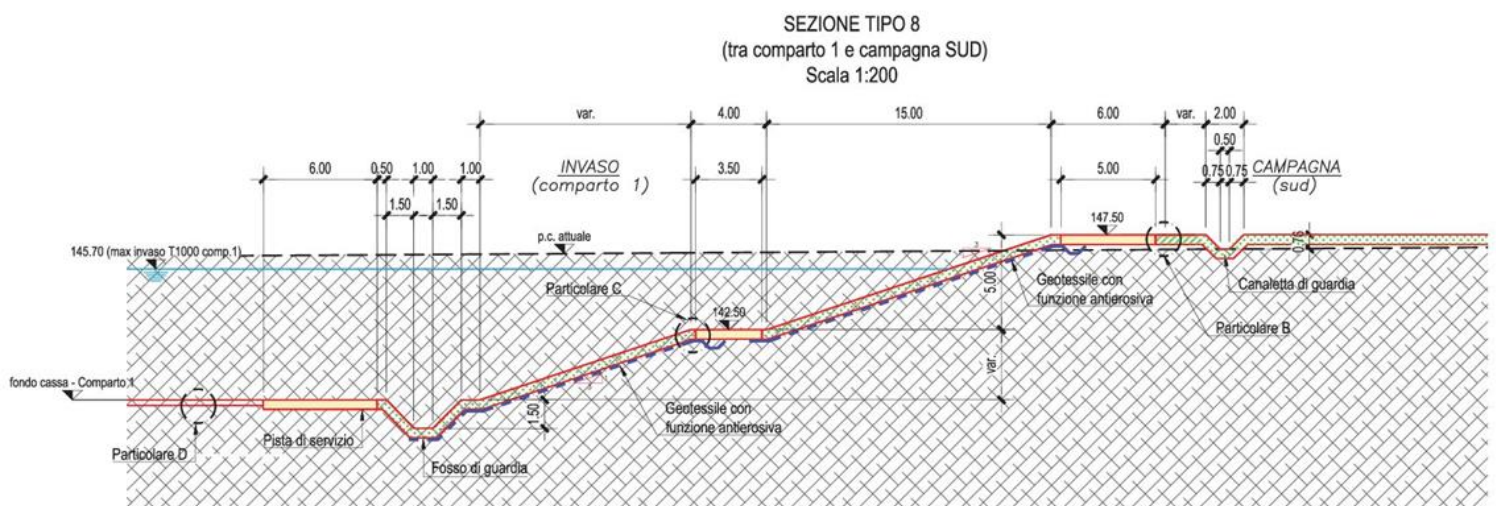
In tale tratto è prevista la riprofilatura dell'alveo, con protezione al piede costituito da scogliera in massi.

Il paramento lato invaso 2, ha la pendenza di 3 (H) / 1 (V), con banche intermedie di larghezza pari a 4.0 m, poste a 5.0 m e a 10.0 m dalla sommità arginale.

In corrispondenza dei paramenti dovrà essere garantito uno spessore del rilevato arginale, costituito da ghiaia in matrice limosa, pari a 4.0 m, fino al limite inferiore delle ghiaie pulite (posto alla quota di circa 129.80 m); completano la sezione gli stessi elementi già descritti per la sezione tipo 2.

## 8.8 SEZIONE TIPO 8

La sezione tipo 8 è relativa al lato Sud e parzialmente al lato Est dell'invaso 1; il tratto realizzato con tale sezione ha uno sviluppo in asse di circa 800 m a partire dal manufatto C e la sua sommità è alla quota di 147.50 m.



Tale tratto è caratterizzato da una modesta altezza dell'argine rispetto al piano campagna e da una scarpata, per raggiungere la quota di fondo dell'invaso 1, con paramento di pendenza 3 (H) / 1 (V) e con banca intermedia di larghezza pari a 4.0 m, posta a 5.0 m dalla sommità arginale.

Lungo le scarpate in scavo tra la sezione 3 e la sezione 10, al di sotto dello strato di terreno vegetale, sono posati teli di geotessile con funzione antierosiva, opportunamente ancorati in sommità e alla base; tale geotessile sarà tessuto a trama ed ordito in polipropilene stabilizzato ai raggi UV e sarà formato da bandelle sovrapposte. Il telo sarà composto da materiale resistente agli agenti chimici, imputrescibile ed atossico con buona resistenza alle alte temperature e avrà massa areica di 300 g/mq e resistenza a trazione trasversale di 60 kN/m.

## 9. INTERVENTI IN JET-GROUTING

Gli interventi in jet-grouting previsti in progetto assolvono due funzioni:

- Consolidamento del terreno in corrispondenza dei manufatti A e B
- Realizzazione di diaframmi con funzione di taglione idraulico.

Per la descrizione dell'intervento di consolidamento si rimanda ai paragrafi specifici relativi ai manufatti A e B; la messa in opera di diaframmi con funzione di taglione idraulico al piede delle opere di sostegno (rilevati e manufatti) è prevista laddove il gradiente idraulico tra monte e valle risulti significativo.

La realizzazione di tali diaframmi avviene tramite l'esecuzione con colonne di terreno consolidato con tecnologia jet-grouting. Tale tecnologia risulta idonea con riferimento ai terreni in oggetto, con significativi vantaggi rispetto alle altre tecnologie tradizionalmente utilizzate per i diaframmi di tenuta, sia in termini di esecuzione che ambientali, in quanto le tempistiche di esecuzione sono ridotte così come la produzione di materiale di scarto.

L'ubicazione in pianta delle aree dove è previsto il diaframma di tenuta idraulica (Tipo 1 con lunghezza 14 m, Tipo 2 con lunghezza 11 m e Tipo 3 con lunghezza di 17 m) è riportata nella seguente figura.

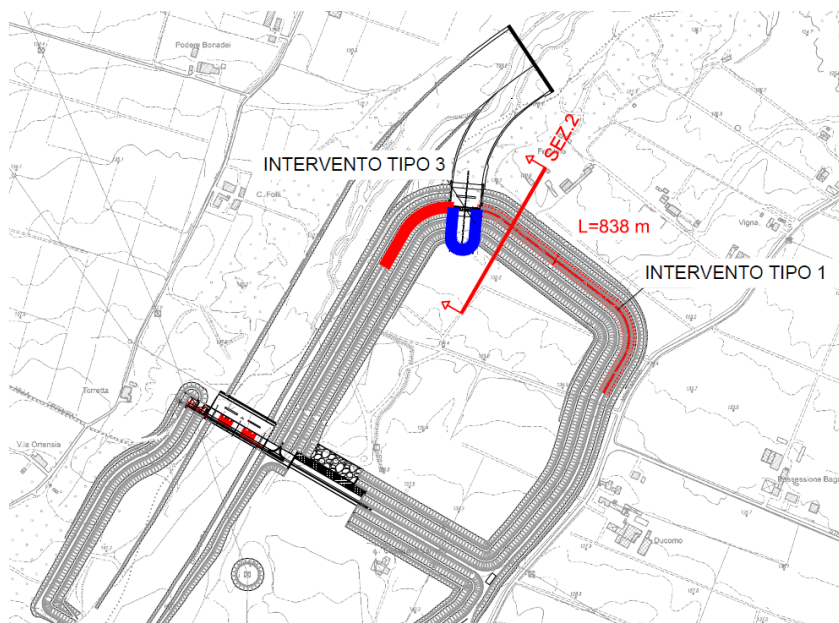
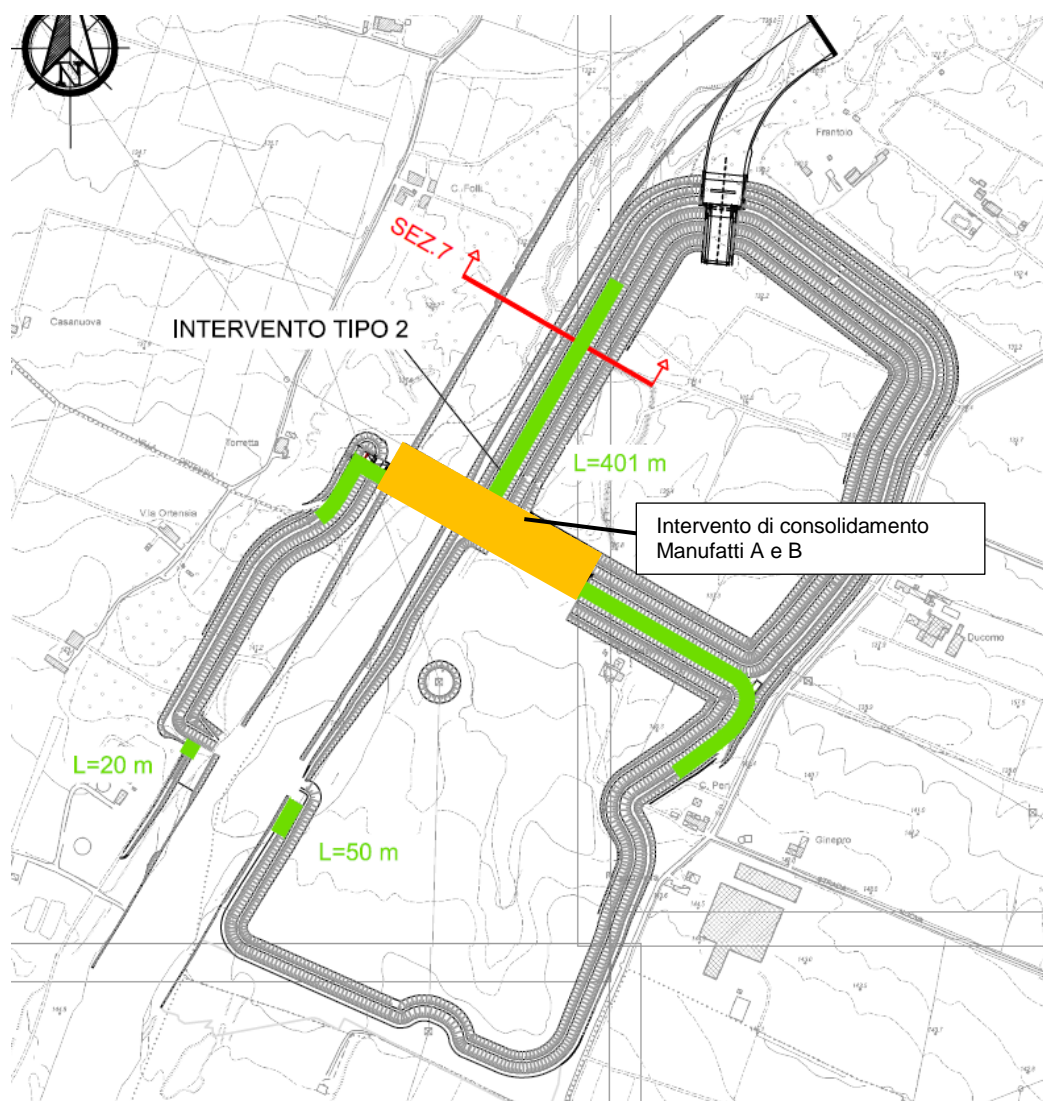


Figura 24 – Ubicazione dei diaframmi di tenuta - Tipo 1 e Tipo 3



Il diaframma in jet grouting di Tipo 1 è appunto posizionato in corrispondenza dell'argine del comparto due situato a Nord della cassa di espansione, mentre il diaframma Tipo 3 è stato predisposto al di sotto del manufatto C. Tali diaframmi si sono resi necessari a causa dell'elevato gradiente tra monte e valle (il profilo 1 vede la presenza di uno dei rilevati con altezza maggiore) e al fine di garantire una sufficiente impermeabilità idraulica al disotto di tale area.

L'estensione totale dell'intervento di tipo 1 raggiunge una lunghezza di 664 m, mentre l'intervento di tipo 3 raggiunge una lunghezza di 175 m circa.

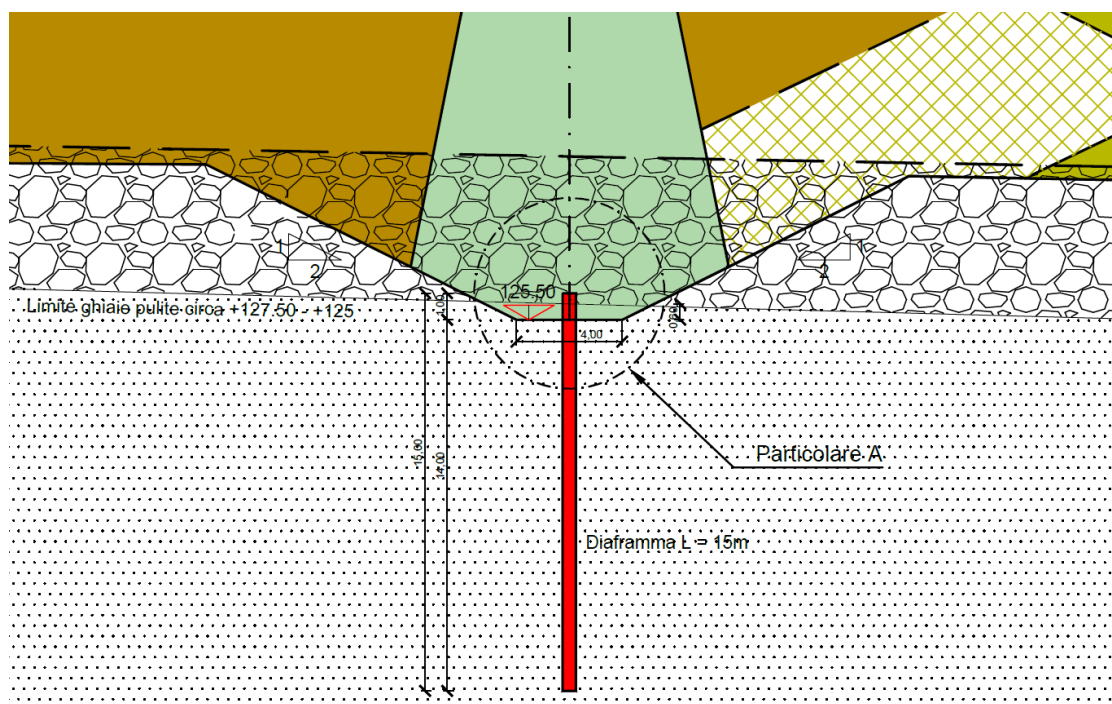


**Figura 25 – Ubicazione dei diaframmi di tenuta - Tipo 2**

L'intervento in jet grouting di Tipo 2 si estende al disotto del rilevato di separazione tra i due compartimenti. Inoltre si è previsto il posizionamento dello schermo di impermeabilizzazione anche nella zona di collegamento tra la briglia di ingresso e la cassa di espansione. Il criterio fondante che è stato seguito per l'ubicazione del diaframma di tenuta è quello della continuità dello schermo in fondazione che, come si vede dalle planimetrie, è garantita.

In sezione l'ubicazione di tali trattamenti è in corrispondenza della base fondazionale dei rilevati (o dei manufatti in c.l.s.), in particolare al centro del rilevato, dove è previsto il posizionamento del nucleo di argilla che compone il cuore del rilevato zonato.

L'estensione totale dell'intervento di tipo 2 raggiunge una lunghezza complessiva di circa 1360 m. In particolare si ha una estensione di 400 m lungo il profilo dell'arginatura Ovest del compartimento 2, si sviluppa lungo la base dell'arginatura centrale ed infine, in corrispondenza della briglia di ingresso, si raggiunge una lunghezza totale di 70 m.



**Figura 26 – Particolare dell'imposta del diaframma in jet grouting in corrispondenza della base del rilevato zonato**

Come si evidenzia dalle figure precedentemente descritte (interventi tipo 1, tipo 2 e tipo 3) è garantita ed assicurata la continuità dello schermo di fondazione dal punto di vista progettuale in corrispondenza dei manufatti principali e dei rilevati arginali, nei tratti dove si ritiene necessaria la presenza di tali trattamenti. Si rimanda agli elaborati grafici per visionare la sviluppata dei tagli in jet-grouting (elaborati grafici BAG3-07-ARG-D-PL04, BAG3-07-ARG-D-PL05, BAG3-07-ARG-D-PL06, BAG3-07-ARG-D-PL-07, BAG3-07-ARG-D-SZ14).

Si precisa inoltre che non si ritiene necessaria l'estensione dello schermo di tenuta idraulica anche nella zona di collegamento tra la briglia di ingresso e la cassa, poiché le verifiche di stabilità geotecniche ed idrauliche sono comunque soddisfatte.

I trattamenti saranno eseguiti in verticale dal p.c., a partire dal piano di fondazione dei manufatti in c.l.s. e dei rilevati arginali.

La scansione delle operazioni per il trattamento colonnare è la seguente:

- a) esecuzione della perforazione fino alla quota di progetto con attrezzature idonee.
- b) esecuzione dell'iniezione di miscela ad altissima pressione.

L'iniezione di miscela avviene contemporaneamente ad un moto di rotazione e risalita della batteria di perforazione con velocità predeterminate. Il sollevamento delle aste avviene per "step di risalita" di lunghezza predeterminata.

Ciascun trattamento da piano campagna sarà caratterizzato da un tratto a vuoto e da uno consolidato a pieno di lunghezza 14 m per quanto riguarda le colonne in jet grouting di Tipo 1, di 11 m per le colonne in jet grouting di Tipo 2 e di 17 m per il Tipo 3.

Ogni allineamento in jet-grouting dovrà garantire la tenuta idraulica durante il collaudo e l'esercizio dell'opera, una volta terminati i trattamenti e i relativi controlli.

I trattamenti in corrispondenza dei manufatti A, B e C dovranno essere realizzati su doppia fila disposti a quinconce

E' previsto infine che vengano realizzati una serie di campi prova necessari per fornire elementi utili al fine di individuare:

- I parametri di iniezione più opportuni per ottenere i risultati attesi;
- La maglia più opportuna delle perforazioni che dipende dall'errore di verticalità e dal diametro delle colonne;
- La resistenza e i parametri elastici del materiale consolidato;
- L'omogeneità del trattamento;
- La permeabilità della zona trattata.

## 10. MANUFATTI REGOLATORI A E B

La cassa di espansione sul torrente Baganza è regolata, dal punto di vista idraulico, da un sistema di due manufatti distinti ma fra di loro strutturalmente collegati denominati manufatto A e manufatto B.

Il primo, manufatto A, è posto in asse all'alveo del torrente e modula le piene del Baganza verso valle attraverso quattro luci di fondo, a loro volta regolate da paratoie piane, e da una soglia sfiorante di superficie dimensionata per l'evacuazione in sicurezza della piena millenaria.

Il secondo, manufatto B, allineato al precedente sul lato destro del fiume, costituisce il manufatto di collegamento idraulico fra il comparto 1 e il comparto 2 della cassa di espansione, permettendo il riempimento del secondo comparto una volta completato il riempimento del primo, attraverso la soglia tracimante di sommità, posta ad una quota inferiore a quella del manufatto A per permettere l'invaso del comparto 2 secondo le modalità previste dalle modellazioni idrauliche. Questo secondo manufatto non è dotato di luci di fondo e quindi permette l'alimentazione del secondo comparto soltanto attraverso la soglia sfiorante superiore una volta che il livello idraulico all'interno del primo comparto abbia raggiunto la quota di sfioro. E' presente tuttavia un cunicolo di scarico a fianco del manufatto che permette il completo svuotamento del comparto 1 anche per la quota parte compresa al di sotto della quota di coronamento dell'argine che divide l'alveo fluviale dalla vasca laterale costituente il comparto 1 della cassa di espansione.

I due manufatti di regolazione sono del tipo a gravità, e saranno realizzati in calcestruzzo ordinario per getti massivi a basso calore di idratazione e ritiro controllato per ridurre al minimo il quadro fessurativo conseguente la maturazione del calcestruzzo. I manufatti saranno suddivisi in conci indipendenti da giunti verticali permanenti. La larghezza di ciascun concio, salvo alcuni conci di collegamento, sarà pari a 12 metri.

I conci presentano sezioni trasversali di tipo diverso a seconda della posizione che occupano e della funzione a cui sono destinati. A valle dei due manufatti sono presenti due vasche all'interno delle quali è prevista la dissipazione dell'energia cinetica della corrente prima che questa venga reimpressa all'interno dell'alveo, nel caso del manufatto A, o all'interno del comparto 2, nel caso del manufatto B.

Al fine di soddisfare le verifiche geotecniche (scorrimento sul piano di posa, ribaltamento e capacità portante) e quelle sismiche in condizione di massimo invasivo, è stato necessario prevedere il consolidamento del terreno, mediante jet grouting, in modo da aumentarne la coesione. In aggiunta a tale previsione, sono stati introdotti degli appositi taglianti al di sotto di ogni concio, innestati tra le colonne di consolidamento, fortemente armati per resistere alle azioni di taglio. Per quanto riguarda le verifiche, si rimanda alle relazioni di calcolo e geotecniche.

La lunghezza complessiva del sistema strutturale dei due manufatti di regolazione è pari a 359,26 m, con i manufatti A e B che misurano entrambi 120 m, la parte di raccordo ovest, 46,68 m, quella est 15 m e quella centrale di collegamento 57,58 m.

Sulla sommità dei due manufatti è prevista la realizzazione di un ponte stradale di servizio ai mezzi adibiti alla manutenzione e sorveglianza dell'opera che però al momento verrà completato solo in parte non essendo prevista in questa fase la realizzazione del viadotto in corrispondenza del manufatto B pur essendo prevista la realizzazione delle pile di appoggio del ponte stesso. Il ponte sovrappassante il manufatto A, permetterà anche di raggiungere il locale tecnico che è posto nella zona centrale di collegamento fra manufatto A e Manufatto B; locale dal quale verranno effettuate le manovre di apertura o chiusura della paratoie di regolazione delle luci di scarico del manufatto A.

I manufatti saranno inoltre completati da ulteriori elementi quali muri di contenimento dei rilevati arginali, muri laterali delle vasche di dissipazione, muri di immersione all'interno dei rilevati arginali ecc.

## 11. MANUFATTO REGOLATORE A

Il manufatto A è il principale manufatto di regolazione della cassa di espansione. Posto in linea all'alveo del torrente Baganza ne sbarrava il corso e attraverso le luci di fondo e lo sfioratore di superficie regola la portata di piena che può transitare verso valle.

Dal punto di vista strutturale, il manufatto A è costituito complessivamente da 10 conci indipendenti aventi due tipologie di sezione trasversale diverse, 6 trascinabili e 4 non trascinabili.

I quattro conci non trascinabili sono dotati di luci di fondo di dimensioni 6x3,5 (LxH) m che permettono il transito verso valle delle portate fluviali ordinarie. A loro volta le 4 luci di fondo sono regolate da paratoie piane che possono essere



utilizzate per fissare la portata da rilasciare verso valle in occasione degli eventi di piena così come determinato attraverso le diverse simulazioni, sia numeriche che fisiche su modello in scala, appositamente realizzate a tale scopo.

La lunghezza complessiva del manufatto A nella sua parte centrale ammonta a 120 m. La struttura è costituita da 10 conci strutturalmente separati aventi larghezza pari a 12 m. Dei 10 conci di cui è costituito il manufatto, 6 sono tracimabili, per una lunghezza complessiva di sfioro pari a 72 m, mentre 4 sono non tracimabili e contengono al loro interno le quattro luci di fondo regolate da paratoie.

La sezione geometrica del concio può essere considerata suddivisa in due parti, quella superiore che costituisce lo sbarramento vero e proprio e quella inferiore che forma lo zoccolo di fondazione e di immersione nel terreno di imposta della struttura.

Il piano di appoggio della fondazione del manufatto A è posto a quota 127 m s.l.m., con 4 conci di chiusura (sinistra idraulica) aventi lunghezza pari a 12 m (eccetto il primo di lunghezza pari a 10,68 m), che si attestano a quota 129 m s.l.m.

Al fine di garantire il soddisfacimento delle verifiche globali allo scorrimento ogni concio è dotato di due denti di immersione aventi dimensione trasversale pari a 3x3 m che si infiggono al di sotto del piano di fondazione all'interno di un esteso sistema di consolidamento del terreno sottostante i manufatti costituito da colonne di jet-grouting aventi diametro nominale pari a 1500 mm compenetrante fra di loro per un volume pari a circa il 20%.

Il sistema di colonne si divide in tre gruppi distinti. Una prima fila di colonne è posta a monte del primo dente di immersione e assume la funzione di taglione di impermeabilizzazione per bloccare i possibili moti di filtrazione tra monte e valle dei manufatti e ridurre le sottospinte idrauliche dovute alla differenza di carico fra monte e valle nel caso di invaso pieno. Un secondo gruppo, avente la funzione di contribuire all'azione resistente alla traslazione orizzontale, è posto nella parte centrale dei conci fra i due denti di immersione ed è disposto a formare una serie di celle chiuse che conferiscono una maggiore rigidità al sistema colonnare di consolidamento. Questi due ordini di colonne avranno un'altezza pari a 16 m in modo da raggiungere lo strato di materiale coesivo posto al di sotto dei manufatti. Un terzo gruppo di colonne di altezza inferiore, pari ad 11 m, è posto a valle del dente di immersione e insieme agli altri due gruppi di colonne risulta necessario a garantire il soddisfacimento delle verifiche di stabilità globale.

Il piano di posa della fondazione del manufatto A coincide con la quota finita prevista per il magrone di sottofondazione posto in testa dei pali di terreno consolidato. Tale quota, per i dieci conci centrali, è pari a 127 m s.l.m. mentre, per i quattro conci laterali in sinistra idraulica, è posto ad una quota più elevata pari a 129,0 m s.l.m.

Come già accennato, tutti i conci sono dotati di due denti di immersione necessari ad aumentare la superficie di resistenza allo scorrimento orizzontale degli stessi. Tali denti sono posizionati ad una profondità di 3 m rispetto al piano di fondazione ed interposti tra i tre gruppi di colonne consolidate precedentemente descritti.

Per quanto riguarda la sommità della fondazione dei 10 conci del manufatto A, essa presenta due quote differenti tra monte e valle; la soglia di monte è posta a quota 133 m s.l.m., coincidente con il fondo della cassa di espansione in corrispondenza del primo comparto di invaso, mentre quella di valle coincide con la quota di estradosso della vasca di dissipazione pari a 130,9 m s.l.m.

La larghezza di base dei conci risulta pari a 23 m mentre le pendenze dei due paramenti murari risultano rispettivamente pari a 1 su 0,25 per quello di monte e 1 su 0,75 per quello di valle.

Per i quattro conci laterali, l'estradosso del piano di posa della fondazione è costante sia a monte che a valle (133 m s.l.m.), mentre la larghezza di base si riduce, rispetto al manufatto A, a circa 19,30 m. Le pendenze dei paramenti murari risultano le medesime sia a monte che a valle, ovvero pari a 1 su 0,25.

Il manufatto A è percorso per l'intera sua lunghezza da due cunicoli di ispezione larghi 1,50 e alti 2,20 m a quota rispettivamente pari a 140 m s.l.m., quello superiore e 129 m s.l.m. quello inferiore. Il cunicolo superiore, oltre alle normali funzioni di ispezione e monitoraggio delle parti interne del manufatto, permetterà anche di raggiungere il vano di alloggiamento delle paratoie piane di regolazione.

### 11.1 CONCI TRACIMABILI

I 6 conci tracimabili sono costituiti da un corpo principale avente sezione trasversale piena di forma pseudo-triangolare nella sua parte superiore che funge da sbarramento.

Il concio presenta un ciglio di sfioro posto a quota 144,90 m s.l.m. e due paramenti di monte e di valle aventi andamento rettilineo raccordati fra di loro in sommità attraverso un profilo di tipo Creager che permette di massimizzare l'efficienza idraulica della soglia di sfioro. Il tratto terminale del paramento di valle è invece raccordato alla vasca di dissipazione mediante un profilo curvilineo che termina sul profilo orizzontale del piano di scorrimento della vasca a quota 130,9 m s.l.m.

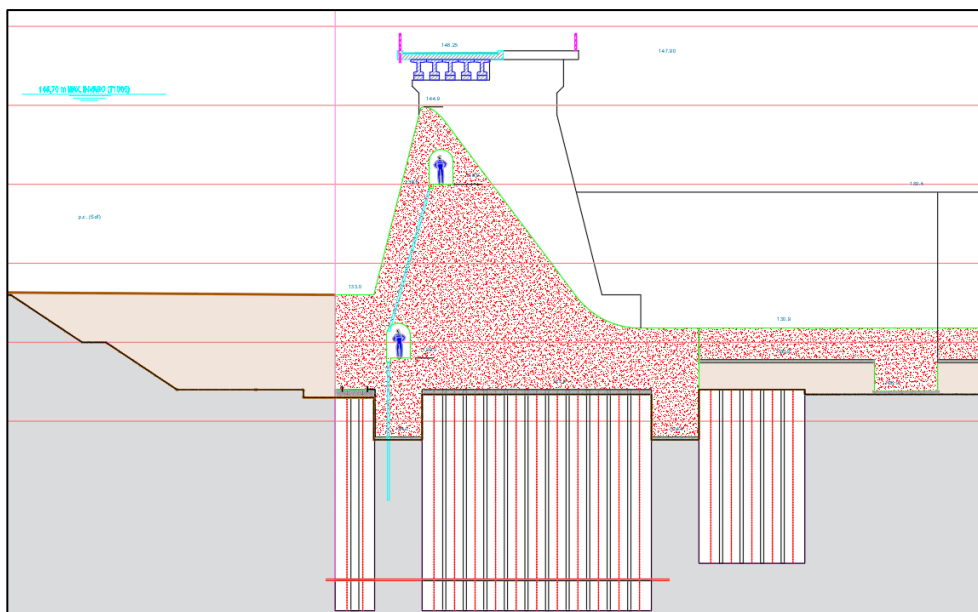


Figura 11.1 Sezione trasversale in corrispondenza del concio tracimabile del manufatto A

Come accennato in precedenza, sono presenti denti di immorsamento nel terreno, realizzati per aumentare la resistenza allo scorrimento orizzontale e fare in modo che anche nelle condizioni di carico peggiori risultino soddisfatte le verifiche di stabilità globale. Tali denti hanno dimensioni pari a 3x3 m ed una quota di imposta pari a 124 m s.l.m.

Come già anticipato, all'interno dei conci e per tutto lo sviluppo longitudinale dei manufatti, è prevista la presenza di due cunicoli di ispezione, uno in sommità e l'altro in corrispondenza del ringrosso fondazionale di monte.

Il cunicolo inferiore prosegue lungo l'intero sviluppo longitudinale dei due manufatti assumendo un andamento planimetrico e altimetrico leggermente differente a seconda della sezione in cui esso viene a trovarsi. Il raccordo attraverso le diverse sezioni avviene mediante scale di collegamento per il superamento dei dislivelli altimetrici e corridoi trasversali per gli spostamenti planimetrici.

All'interno del corpo diga, in corrispondenza del paramento di monte sono presenti delle canne drenanti aventi diametro pari a 120 mm ed interasse pari a 2,5 m come previsto dalla normativa, aventi lo scopo di intercettare eventuali filtrazioni d'acqua e convogliarle ai cunicoli di ispezione per essere opportunamente evacuate al di fuori del corpo della diga.

## 11.2 CONCI NON TRACIMABILI

Oltre ai conci tracimabili, il manufatto A presenta 4 conci non tracimabili che contengono al loro interno 4 luci di fondo sotto battente regolate da paratoie piane.

Le luci di fondo, nella loro sezione trasversale, presentano una dimensione minima pari a 6,0x3,5 m e rimangono normalmente aperte durante l'esercizio normale della cassa di espansione.

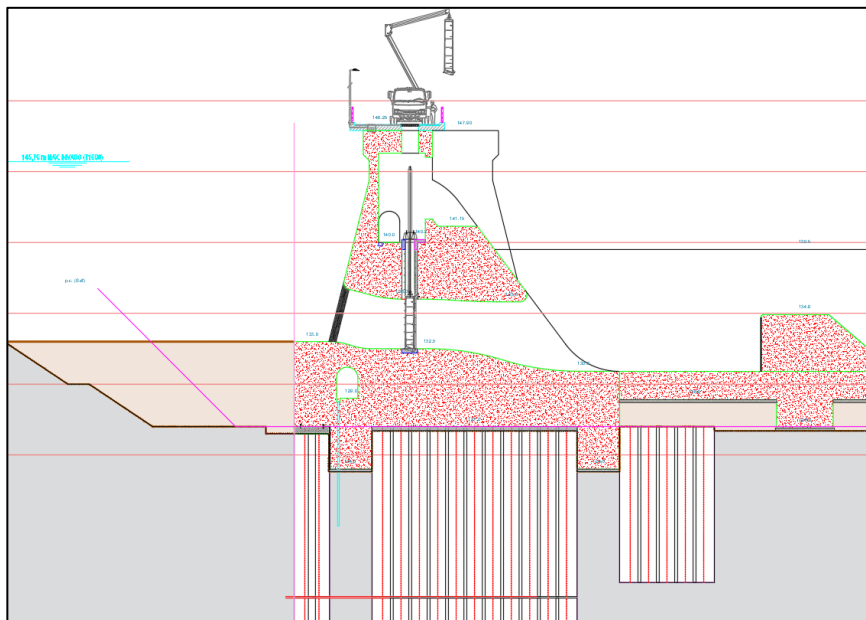
Questi conci, a differenza di quanto previsto nel progetto definitivo, sono stati resi non tracimabili, essendo sufficiente lo sviluppo lineare dei conci rimanenti per garantire l'efficienza idraulica richiesta per l'evacuazione delle portate di progetto come descritto nella relazione idraulica.

In questo caso la struttura dei conci si estende fino al livello del piano stradale superiore posto a quota 148,25 m s.l.m. eliminando anche la necessità di realizzare le pile per il sostegno del ponte stradale come previsto nel progetto definitivo.

Questa modifica, insieme all'adozione di paratoie di regolazione di tipo piano al posto di quelle a settore previste nel progetto definitivo, ha permesso di ottenere, nella zona superiore del concio, una camera di accesso posta direttamente sulla verticale delle paratoie.

A sua volta al di sopra della camera di manovra è stato possibile ricavare una feritoia di dimensioni adeguate alla estrazione delle paratoie all'esterno della struttura muraria del manufatto garantendo in questo modo la possibilità di effettuare operazioni di manutenzione anche straordinaria delle paratoie ove necessario.

Tale operazione potrà essere svolta con opportuni mezzi di sollevamento che potranno posizionarsi in corrispondenza del piano stradale da dove sarà possibile estrarre le varie parti costituenti le paratoie dopo averle progressivamente smontate.



### 11.3 VASCA DI DISSIPAZIONE

La vasca presenta una luce di uscita da dove vengono reimmesse in alveo le portate uscenti dal manufatto, pari ad 80 m, ed è caratterizzata dalla presenza di quattro dissipatori, ognuno posto davanti alle luci di scarico, che sono stati modificati rispetto alla previsione del progetto definitivo a seguito delle prove eseguite su modello fisico.



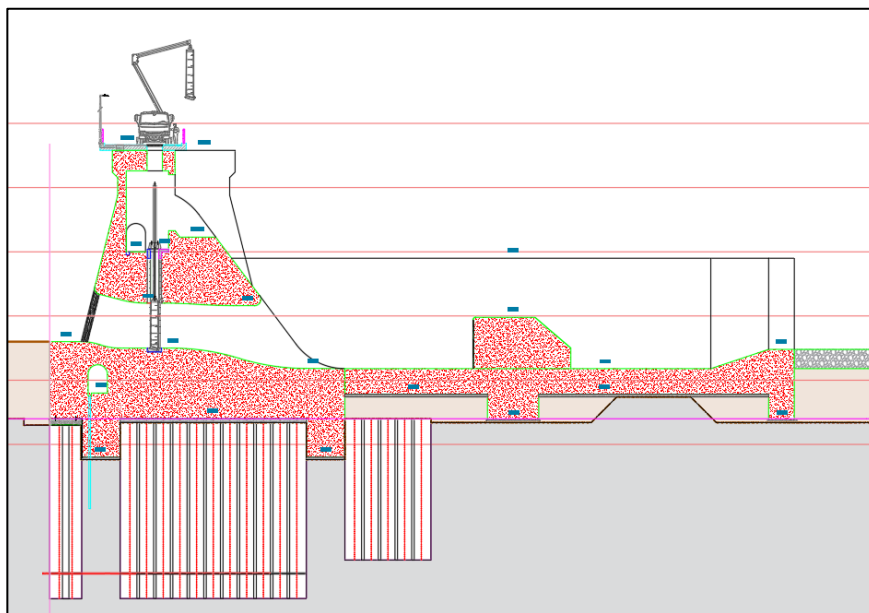


Figura 11.3 sezione trasversale concio non tracimabile e vasca di dissipazione manufatto A

Rispetto alla soluzione prevista nel progetto definitivo, costituita da due parallelepipedi lunghi 24 m aventi una sezione trasversale quadrata con altezza frontale di impatto della corrente pari a 2,20 m, i risultati sul modello fisico hanno consigliato, per ciascuna luce di scarico, l'adozione di un elemento di dissipazione con una configurazione a doppio cucchiaio con un'altezza frontale pari a 4 m.

L'elemento di dissipazione è posto circa 10 m a valle dalla fine del profilo curvilineo del paramento di valle del concio diga e presenta una lunghezza totale, lungo lo sviluppo maggiore, pari a 7,60 m.

#### 11.4 CONCI DI COLLEGAMENTO CON RILEVATO ARGINALE OVEST

Il manufatto A è completato sul lato ovest della cassa da ulteriori 4 concii che consentono il collegamento delle strutture murarie con il rilevato arginale di chiusura della cassa posto sulla sponda sinistra dell'alveo del torrente. Di questi 4 concii, 3 sono ancora lunghi 12 m mentre l'ultimo di estremità misura 10,68 m e si protende fino in corrispondenza del nucleo centrale del rilevato arginale.

La sezione di questi concii è di tipo pieno a forma pseudorettangolare con paramenti di monte e di valle con pendenza quasi verticale. La quota di imposta della fondazione è pari a 129,0 m s.l.m. mentre nei denti di immersione tale quota si attesta pari a 126,0 m s.l.m.

Il terzo concio presenta profilo longitudinale variabile in altezza per raccordare la quota dello sbarramento, pari a 148,25 m s.l.m., a quella dei rilevati arginali che sulla sponda sinistra del fiume risulta pari a 147,5 m s.l.m.

Il concio terminale è immersato nel rilevato arginale mediante un muro a T trasversale di lunghezza variabile fra 15 e 17,3 m circa, che presenta una ciabatta di fondazione avente sezione pari 8,0x2,0 m ed un'altezza fuori dalla fondazione pari a 12,7 m.

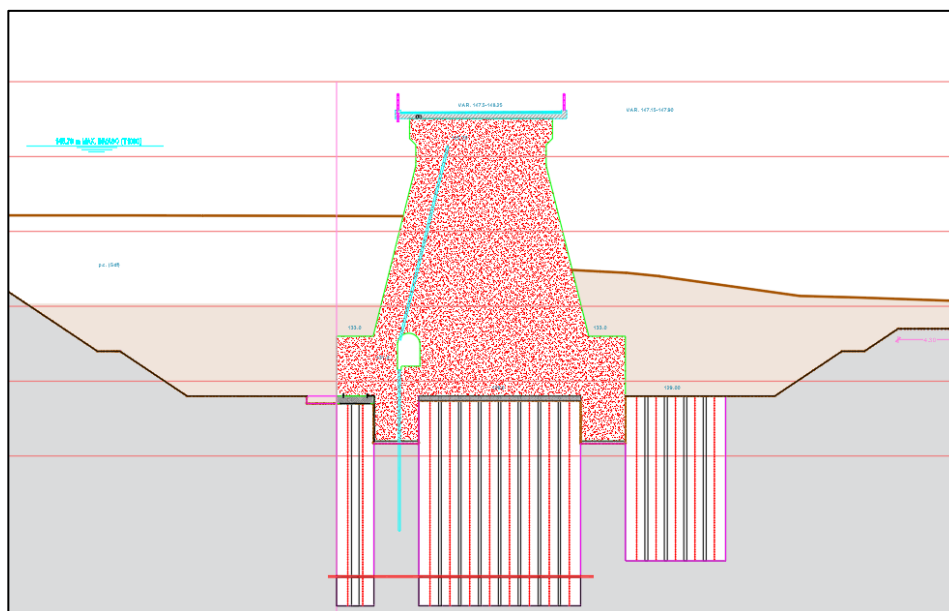


Figura 11.4 Sezione trasversale dei conci di collegamento in sponda sinistra

Sul piede di monte della fondazione è ancora presente il cunicolo di ispezione inferiore dove vengono raccolte le eventuali acque di filtrazione intercettate dal sistema di canne drenanti presenti in corrispondenza del paramento di monte. Il piano di calpestio del cunicolo in questa sezione è posto ad una quota pari a 131 m s.l.m. di 2 metri superiore a quella del cunicolo del manufatto A. Il dislivello viene superato attraverso un'opportuna scala interna che permette il collegamento fra i due cunicoli.

## 11.5 PONTE DI SERVIZIO

Sul manufatto A è presente un ponte di servizio che permette anche il collegamento con il locale tecnico posto nella zona di collegamento fra manufatto A e manufatto B.

Il ponte è diviso in 3 sezioni differenti con appoggi realizzati in corrispondenza dei conci laterali e di quelli centrali non trascinabile che, come visto in precedenza, raggiungono la quota strutturale di coronamento.

Il ponte è costituito da un impalcato misto c.a./c.a.p. realizzato mediante 5 travi in c.a.p. accostate ad interasse di 100 cm completato da una soletta in c.a. gettata in opera di spessore 20 cm gettata su lastre predalles e resa collaborante mediante staffe emergenti dall'estradosso delle travi in c.a.p. Alle due estremità è presente un traverso completato in opera mediante getto di completamento.

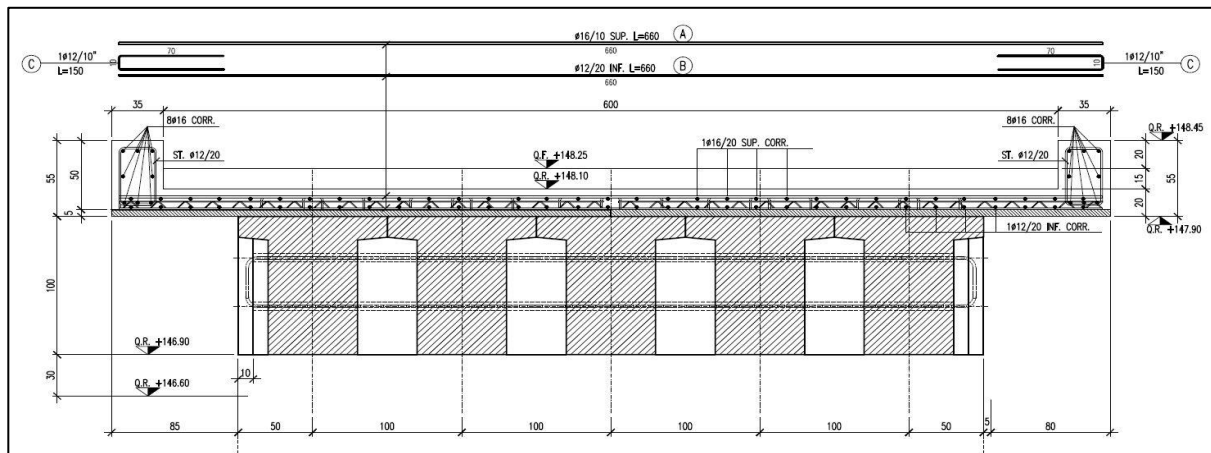


Figura 11.5 Sezione trasversale impalcato ponte stradale

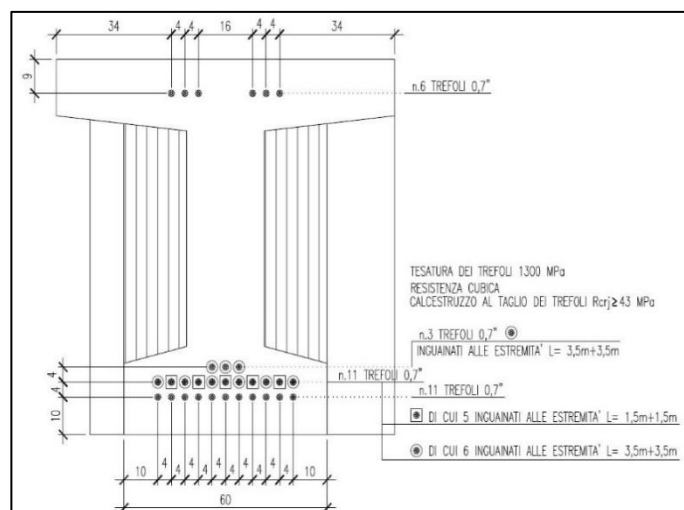


Figura 11.6 Sezione trasversale trave prefabbricata tipologica (posizione trefoli)

## 11.6 CONCI DI COLLEGAMENTO FRA MANUFATTO A E MANUFATTO B

I due manufatti A e B sono collegati fra di loro attraverso 5 conchi di transizione di cui 4 aventi larghezza pari a 12 m mentre quello prossimo al manufatto B presenta una larghezza pari 9,58 m per una distanza complessiva fra i due manufatti principali pari a 57,58 m.

I conchi di collegamento fra i due manufatti si differenziano in base alla posizione. I primi tre conchi a partire dal manufatto A hanno una sezione maggiore per il fatto che sulla loro sommità trovano alloggiamento il locale tecnico a servizio della diga e un piccolo parcheggio a servizio del locale medesimo.

In questi conchi la sezione si allarga per permettere la realizzazione delle strutture suddette e contemporaneamente ospitare il vano di alloggiamento della scala che permette di scendere al cunicolo di ispezione superiore e al vano di

alloggiamento dei serbatoi di contenimento dei reflui e dell'acqua a servizio del locale servizi previsto all'interno del locale tecnico.

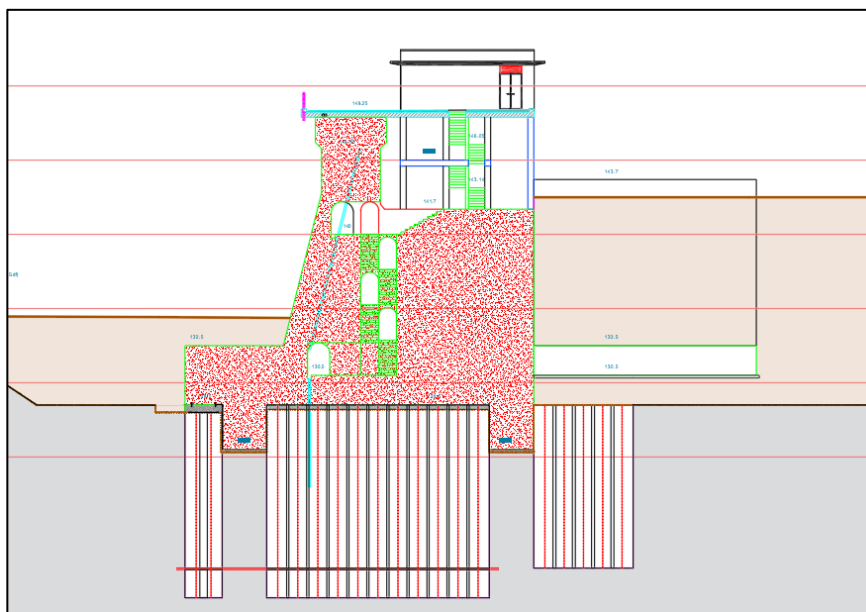


Figura 11.7 Sezione trasversale concio intermedio in corrispondenza del locale tecnico e della scala di servizio

In corrispondenza del terzo concio a partire dal manufatto A è stato ricavato un solaio alla medesima quota del coronamento della diga da adibire a zona di parcheggio a servizio del locale tecnico adiacente. In corrispondenza dello stesso concio è presente un muro di immorsamento nel rilevato arginale con conformazione a T avente ciabatta di fondazione pari a 2,0x8,0 m e muro superiore di spessore pari ad 1,5 m e altezza pari a 11,2 m.



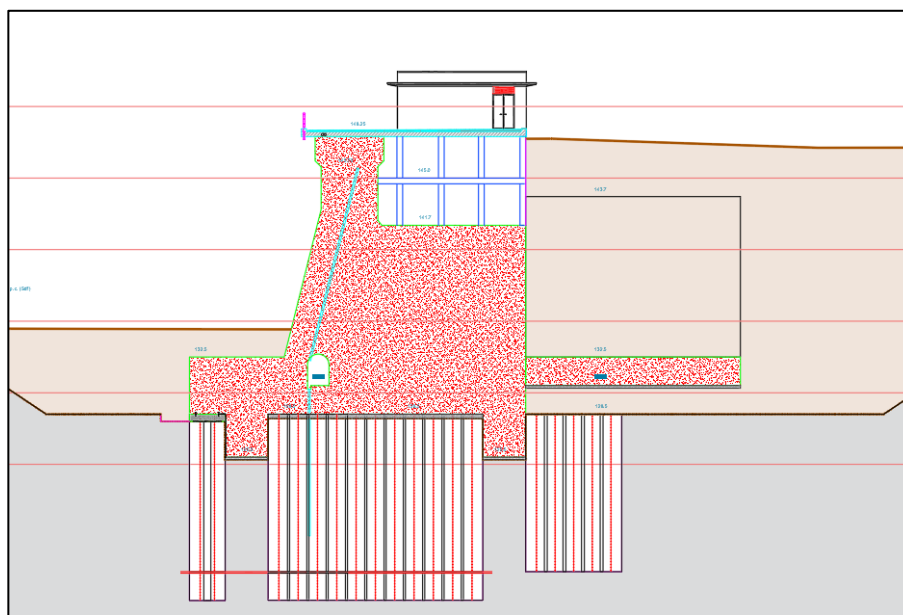


Figura 11.8 Sezione trasversale concio intermedio in corrispondenza del muro di immersione nel rilevato arginale

I restanti due conci in adiacenza al manufatto B, presentano una sezione trasversale con un profilo di monte a parete inclinata similmente ai conci del manufatto B, mentre a valle il muro è realizzato a gradoni che aiutano a contrastare la spinta del terrapieno quando a monte la cassa è vuota.

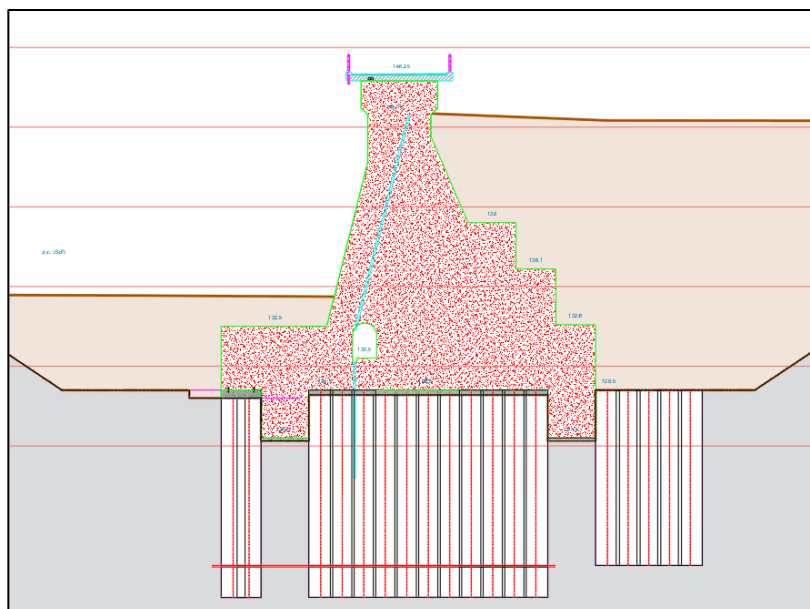


Figura 11.9 Sezione trasversale in corrispondenza dei due conci intermedi in adiacenza al manufatto B

Tutti i conci intermedi presentano una linea di fondazione centrale posta ad una quota pari a 128,5 m s.l.m., mentre i denti di immersione a monte e valle, aventi dimensioni 3x3 m (HXL) poste a quota pari a 125,5 m s.l.m..

Tutti i conci intermedi fra manufatto A e manufatto B presentano una lunghezza di base pari a 23,5 m.

Tutti i conci intermedi fra manufatto A e manufatto B presentano il cunicolo di ispezione inferiore che come già detto percorre longitudinalmente l'intero sviluppo dei due manufatti di regolazione della cassa di espansione.

## 11.7 LOCALE TECNICO

Sui primi due conci a destra del manufatto A trova collocazione il locale tecnico al cui interno sono contenute le apparecchiature elettriche di controllo e gestione degli organi di regolazione del manufatto A e del canale di scarico che permette lo svuotamento del comparto 1 verso il comparto 2.

Si tratta di una struttura in c.a. gettata in opera, avente pilastri quadrati 40x40cm, travi emergenti 40x70 cm al primo impalcato e 30x50 cm in copertura. Completano la struttura le solette in c.a. aventi spessore pari a 30 cm al primo impalcato e 20 cm al secondo impalcato. Infine è presente un muro controterra lato valle dello spessore di 30 cm avente puntoni orizzontali di contrasto ed una parete in c.a. composta a C.

Le strutture risultano essere separate da giunti di dilatazione di 6 cm e presentano un ingombro in pianta pari a circa 12 m x 9.0 m.

Il locale presenta un ingombro complessivo in pianta pari a 9,0x20,0 m. Il locale è fondamentalmente costituito da un unico locale predisposto per accogliere le apparecchiature elettriche a servizio dello sbarramento con uno spazio riservato ai servizi igienici.

Sull'estremità est del locale tecnico si trova un vano di dimensione pari a 2,42x4,90 m all'interno del quale troverà alloggiamento il gruppo elettrogeno di riserva alla normale fornitura elettrica. Tale vano sarà realizzato con pareti in c.a. al fine di garantire una resistenza al fuoco pari ad almeno REI 120.

Al di sotto del locale tecnico è presente il vano scale che permette di accedere a due livelli sottostanti. Il primo a quota 145 m s.l.m. dove saranno posizionati i serbatoi ad uso del locale servizi. Il secondo, a quota 141,70 m s.l.m., permette invece di scendere al cunicolo di ispezione superiore.

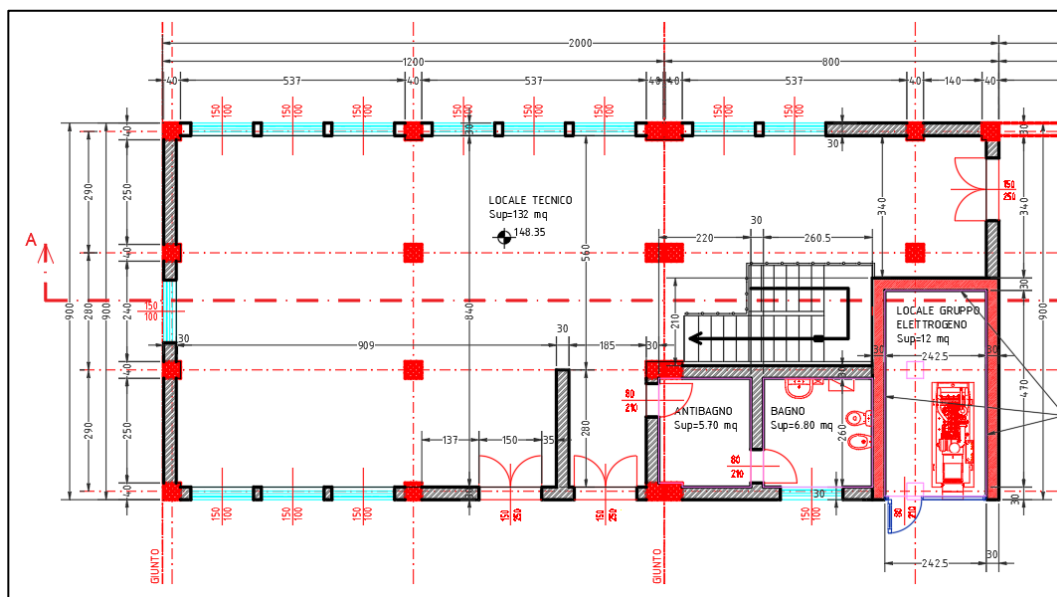


Figura 11.10 Pianta del locale tecnico

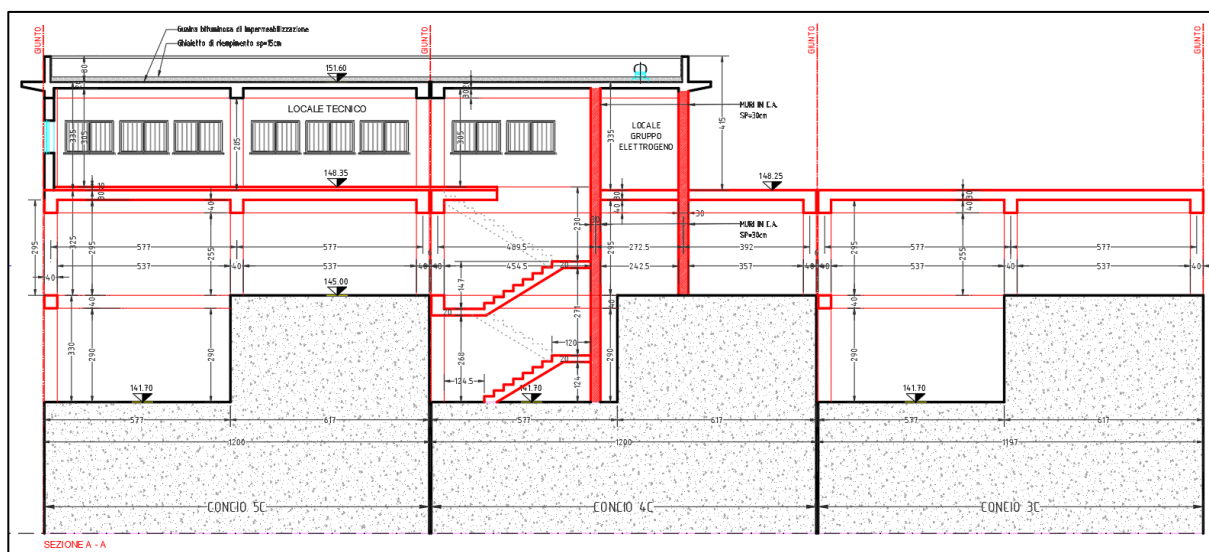


Figura 11.11 Sezione longitudinale del locale tecnico e della zona parcheggio

## 11.8 CUNICOLO DI SCARICO DEL COMPARTO 1

In corrispondenza dell'ultimo concio intermedio prima del manufatto B, è stato ricavato un cunicolo di scarico che permette di svuotare completamente il comparto 1 verso il comparto 2 che non era presente nel progetto definitivo.

Il condotto presenta una sezione quadrata di dimensioni 2,5x2,5 m ed realizzata ricavando un apposito cunicolo all'interno del corpo del concio strutturale che prosegue verso valle attraverso la realizzazione di un cunicolo in opera che termina in corrispondenza del muro laterale sinistro della vasca di dissipazione del manufatto B dove vengono scaricate le acque provenienti dal primo comparto.

Il cunicolo è regolato da una paratoia piana verticale i cui comandi sono rimandati in corrispondenza del piano di coronamento della diga al fine di facilitare le manovre di apertura e chiusura della stessa.

La quota di scorrimento del cunicolo è pari a 133,10 m s.l.m. corrispondente alla quota di fondo del primo comparto della cassa di espansione.

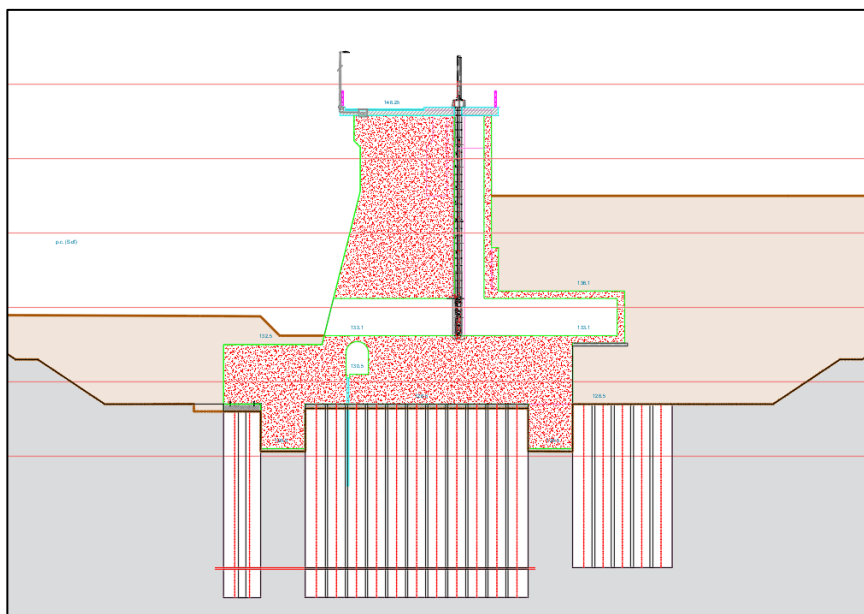


Figura 11.12 Sezione trasversale in corrispondenza del cunicolo di scarico del comparto 1

## 12. MANUFATTO REGOLATORE B

Il manufatto B è posto lateralmente al manufatto A e permette l'alimentazione per tracimazione del secondo comparto della cassa di espansione.

Dal punto di vista strutturale, il manufatto B è costituito complessivamente da 10 conci indipendenti che presentano un'unica sezione tipologica trasversale essendo tutti tracimabili a differenza di quelli del manufatto A.

La lunghezza complessiva del manufatto B nella sua parte centrale ammonta a 120 m e risulta caratterizzata dalla presenza di quattro pile per il sostegno di un ponte stradale che dovrebbe attraversare il manufatto per il collegamento delle due sponde del comparto, ma che al momento non verrà realizzato per mancanza di fondi.

La struttura è costituita da 10 conci strutturalmente separati aventi larghezza pari a 12 m e presenta una larghezza complessiva di tracimazione, escludendo le pile, pari a 114 m.

La sezione geometrica del concio può essere considerata suddivisa in due parti, quella superiore che costituisce il manufatto di ritenuta fra i due comparti e quella inferiore che forma lo zoccolo di fondazione e di immorsamento nel terreno di imposta della struttura.



Il piano di posa della fondazione del manufatto B è posto ad una quota pari a 128,5 m s.l.m.; i talgioni, invece, presentano una quota di fondo pari a 125,50 m s.l.m.. Per quanto riguarda la sommità della fondazione, invece, essa presenta due quote differenti tra monte e valle: la soglia di monte è posta a quota 132,5 m s.l.m., quella di valle, coincide con la quota di estradosso della vasca di dissipazione pari a 131,5 m s.l.m.

La larghezza di base dei conci risulta pari a 18,5 m mentre le pendenze dei due paramenti murari risultano rispettivamente pari a 1 su 0,25 a monte e 1 su 0,75 a valle.

Il manufatto B è percorso alla base e per l'intera lunghezza da un cunicolo di ispezione largo 1,50 m e alto 2,20 m con quota pari a 130,5 m s.l.m. Esso è collegato all'estremità agli altri percorsi verticali ed orizzontali interni ai manufatti.

Anche il manufatto B risulta dotato in fondazione di schermi di impermeabilizzazione al di sopra della fondazione centrale e a monte e a valle dei denti di immorsamento. Essi sono realizzati con colonne di jet-grouting disposte a quinconce e compenstrate fra di loro atte a limitare fortemente eventuali moti di filtrazione al di sotto dei manufatti stessi.

## 12.1 CONCI TRACIMABILI

I 10 conci tracimabili sono costituiti da un corpo principale avente sezione trasversale piena di forma pseudo-triangolare nella sua parte superiore che funge da sbarramento.

Il concio presenta un ciglio di sfioro posto a quota inferiore rispetto a quello del manufatto A pari a 143,70 m s.l.m. e due paramenti di monte e di valle aventi andamento rettilineo raccordati fra di loro in sommità attraverso un profilo di tipo Creager che permette di massimizzare l'efficienza idraulica della soglia di sfioro. Il tratto terminale del paramento di valle è invece raccordato alla vasca di dissipazione mediante un profilo curvilineo che termina sul profilo orizzontale del piano di scorrimento della vasca a quota 131,5 m s.l.m.

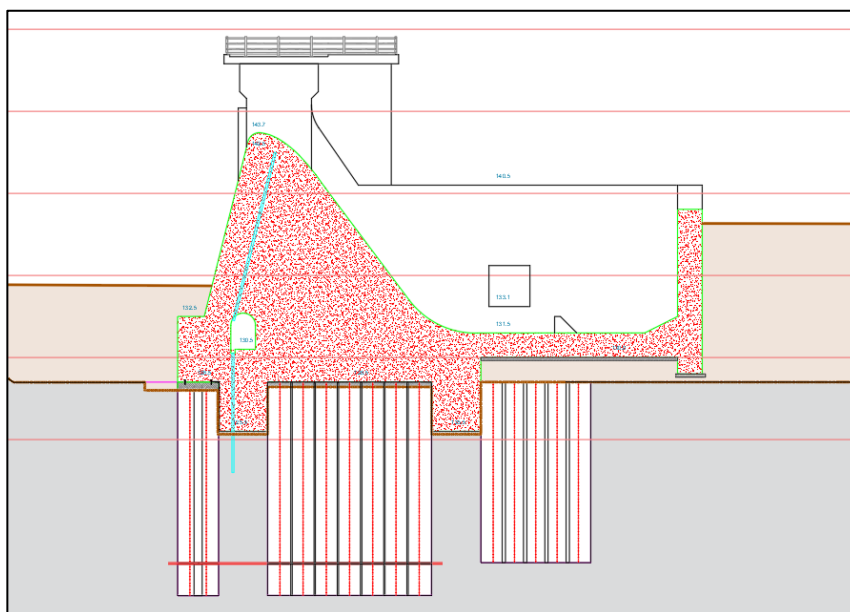


Figura 12.1 Sezione trasversale in corrispondenza del concio trascinabile del manufatto B

Come già anticipato, all'interno dei conci e per tutto lo sviluppo longitudinale dei manufatti, è prevista la presenza di un cunicolo di ispezione in corrispondenza del ringrosso fondazionale di monte. Il cunicolo prosegue lungo l'intero sviluppo longitudinale dei due manufatti assumendo un andamento planimetrico e altimetrico leggermente differente a seconda della sezione in cui esso viene a trovarsi. Il raccordo attraverso le diverse sezioni avviene mediante scale di collegamento per il superamento dei dislivelli altimetrici e corridoi trasversali per gli spostamenti planimetrici.

All'interno del corpo diga, in corrispondenza del paramento di monte sono presenti delle canne drenanti aventi diametro pari a 120 mm ed interasse pari a 2,5 m come previsto dalla normativa, aventi lo scopo di intercettare eventuali filtrazioni d'acqua e convogliarle ai cunicoli di ispezione per essere opportunamente evacuate al di fuori del corpo della diga.

## 12.2 VASCA DI DISSIPAZIONE

A valle del manufatto B è presente una vasca di dissipazione a pianta rettangolare di larghezza pari a 118 m.

La lunghezza complessiva in senso longitudinale della vasca è pari a 12 m a partire dall'estremità inferiore del paramento di valle. La vasca di dissipazione presenta una quota di fondo pari a 131,5 m s.l.m. ed una luce di scarico con sogli a quota 132,50 m s.l.m. di larghezza pari a 92,5 metri. Lo scarico avviene nel secondo comparto della cassa di espansione.

La soletta della vasca presenta uno spessore pari a 1,5 metri con un dente di immersione posto all'estremità di valle della vasca, approfondito di 1 metro rispetto all'intradosso della soletta.

Planimetricamente la vasca ha una superficie complessiva pari a 1.416 m<sup>2</sup> e risulta contornata verso valle, e lateralmente, da muri perimetrali di contenimento con quota sommitale variabile fra 140,5 m e 136,0 m s.l.m. (in corrispondenza del lato sinistro della vasca).

Sul lato destro, a seguito delle evidenze mostrate dalle prove sul modello fisico, è stato allineato il muro di contenimento con il filo destro della vasca di dissipazione.

La dissipazione delle portate tracimanti avviene all'interno della vasca mediante la presenza di una serie di denti di dissipazione di forma trapezoidale di altezza e larghezza pari ad 1 m e lunghezza 1,35 m.

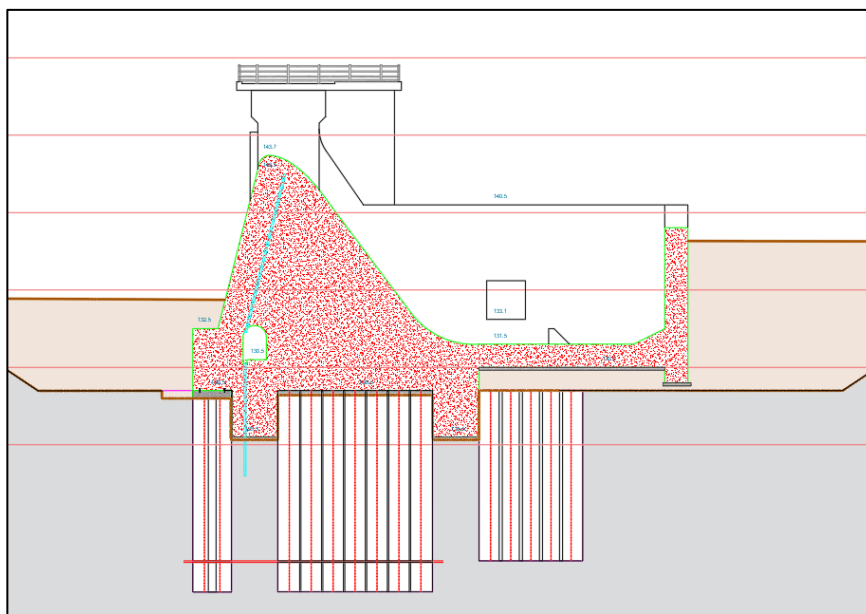


Figura 12.2 Sezione trasversale concio tracimabile e vasca di dissipazione manufatto B

### 12.3 CONCI DI COLLEGAMENTO CON RILEVATO ARGINALE EST

Il manufatto B si completa sul lato est della cassa con un unico concio di immorsamento lungo 15 m, denominato concio 1D, che si innesta nel rilevato arginale di chiusura della cassa d'espansione.

Il concio 1D presenta una sezione pseudorettangolare con paramento di monte con inclinazione equivalente a quella adottata per i conci del manufatto. A valle, tale concio, presenta un profilo a gradoni con quote poste rispettivamente a 142,5 m s.l.m., 137,5 m s.l.m. e 132,5 m s.l.m.

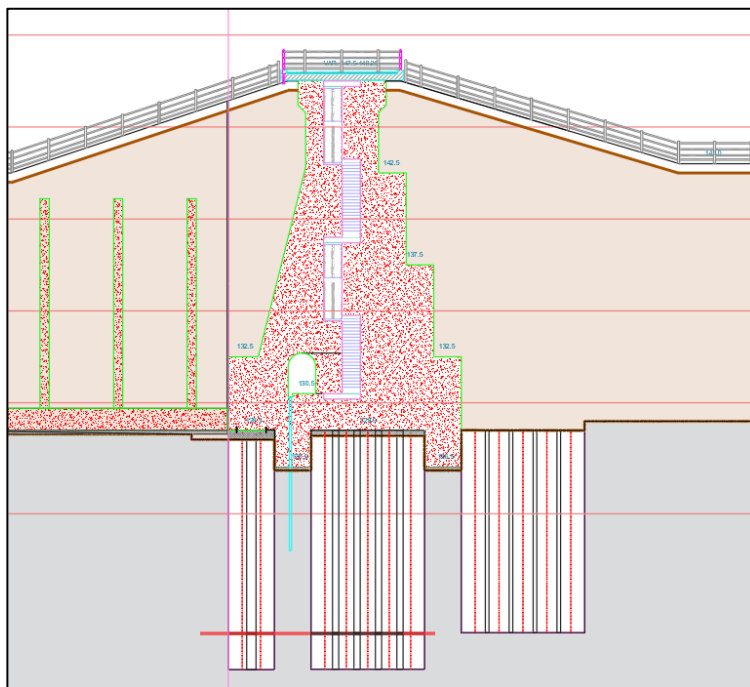


Figura 12.3 Sezione trasversale concio di collegamento lato est della cassa

Sul concio terminale si attestano i due muri laterali che hanno funzione di quinta terminale del manufatto B. Essi contengono, a monte ed a valle del concio centrale, il rilevato arginale che delimita, a sud, il primo comparto della cassa di espansione.

I due muri seguono l'andamento altimetrico del rilevato arginale retrostante degradando progressivamente dalla quota sommitale fino alle quote di fondo dei due comparti rendendo continuo l'andamento delle banche intermedie.

Sia il muro di monte che quello di valle sono dotati di contrafforti posteriori necessari a sostenere le spinte del terreno collegati alla soletta di fondazione di spessore variabile fra 80 e 120 cm.

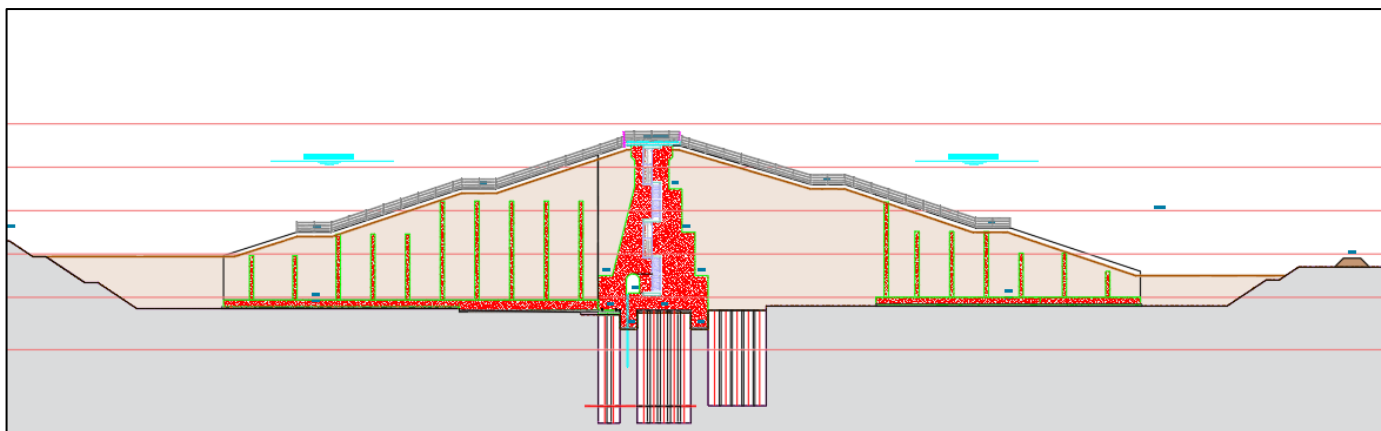


Figura 12.4 Sezione trasversale in corrispondenza dei muri di contenimento dei rilevati arginali all'estremità ovest dei manufatti



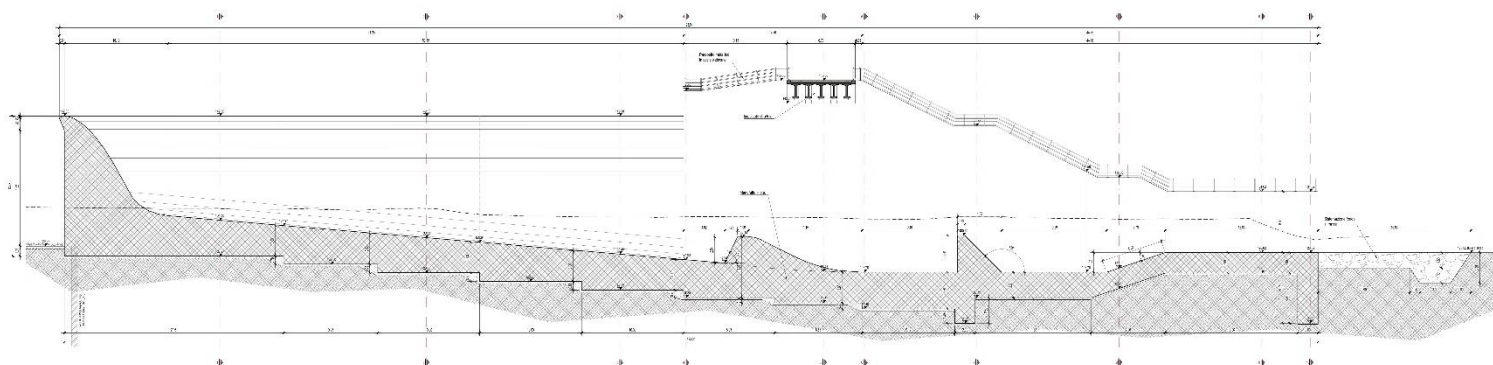
Anche nel concio finale, in corrispondenza del piede di monte della fondazione è presente il cunicolo di ispezione inferiore dove vengono raccolte le eventuali acque di filtrazione intercettate dal sistema di canne drenanti presenti in corrispondenza del paramento di monte. Il piano di calpestio del cunicolo in questa sezione è posto ad una quota pari a 130,5 m s.l.m., mentre il cunicolo ha sempre dimensioni pari a 1,50x2,20 m.

A differenza del progetto definitivo, dove non era presente, al fine di aumentare la sicurezza per chi percorre il cunicolo di ispezione inferiore, nel concio terminale è stata aggiunta una scala che permette di risalire fino al livello del piano stradale in sommità ai manufatti.

In questo modo è stato possibile ricavare una ulteriore via di accesso e fuga dal cunicolo rendendone più sicura la percorrenza per gli operatori tecnici vista la lunghezza complessiva del cunicolo d'ispezione inferiore che percorre l'intera lunghezza dei manufatti per una distanza totale di circa 355 m.

### 13. MANUFATTO REGOLATORE C

Il manufatto C ha la funzione di sfioro di emergenza, in condizioni di piena con tempo di ritorno superiore a 200 anni, e di scarico dell'invaso 2.



È realizzato in calcestruzzo gettato in opera, con una dimensione in pianta di circa 125 x 60 m, e può essere suddiviso in tre parti:

- manufatto di sfioro, suddiviso in 3 conci, con profilo di sfioro di tipo creager avente in pianta una geometria a ferro di cavallo, di altezza variabile da 9,57 m a 14,07 m: la quota di sfioro è pari a 142.00 m s.l.m., mentre la platea ha l'estradosso a scivolo; lo spessore della platea è variabile (minimo 3.0 m), essendo il piano di posa orizzontale, con tratti scalettati. Lungo il perimetro dello sfioro viene realizzato il diaframma impermeabile in jet-grouting, al fine di garantire la tenuta su tutti i lati e limitare le sottospinte idrauliche nella platea di fondazione;
- manufatto centrale (concio 4), costituito dai seguenti elementi:
  - platea, di spessore variabile (spessore minimo di 3.0 m), con 2 dissipatori all'estradosso;

- muri laterali di altezza complessiva variabile da 16.6 m a 18.8 m; in corrispondenza del coronamento tali muri costituiscono le spalle dell'impalcato sovrastante, hanno un'altezza di circa 16.1 m e sono sormontati da un paraghiaia di altezza di 2.10 m;
  - impalcato, alla quota di coronamento, di larghezza minima pari 6,7 m (6,0 m pavimentati + n.2 cordoli), realizzato con travi a T prefabbricate in cap aventi luce tra gli appoggi di 31,6 m e con soletta e traversi gettati in opera; gli appoggi sono in neoprene armato, i giunti di scorrimento in gomma armata. Completano l'opera la caldana per realizzare la pendenza trasversale, l'impermeabilizzazione dell'estradosso della soletta, la pavimentazione bitumata, realizzata con lo strato di binder di spessore pari a 5.0 cm e lo strato di usura di 3.0 cm, i cordoli laterali in c.a., il sistema di smaltimento delle acque di piattaforma, il canale tecnico per i cavidotti, il parapetto in carpenteria metallica;
  - muri andatori, posti a 90° rispetto all'andamento planimetrico delle spalle, che contengono il rilevato arginale e, a valle del coronamento, consentono realizzare l'allargamento per la vasca di dissipazione; tali muri hanno un'altezza di circa 16.6 m a monte e 18.8 m a valle;
- Vasca di dissipazione, di dimensioni complessive interne di circa 44.7 x 54.4 m realizzata con 4 conci, avente la platea che presenta i seguenti tratti:
- Un primo tratto lungo 9.4 m, con spessore pari a 3.6 m, posto in orizzontale, avente la quota di estradosso di 126.7 m;
  - Una serie di 10 blocchi tipo Rehbock, a sezione trapezia, di altezza pari a 3.60 m; in corrispondenza di tali elementi è realizzato un taglione inferiore di spessore pari a 2.0 m che si approfondisce fino alla quota 121.7 m;
  - Un secondo tratto lungo 13.1 m, con spessore pari a 2.5 m, posto in orizzontale, avente la quota di estradosso di 126.7 m;
  - Un tratto obliquo, lungo circa 9.5 m, con spessore pari a 2.0 m che consente di passare dalla quota di estradosso di 121.7 alla quota di 128.62 m;
  - Un ultimo tratto lungo circa 9.7 m, con spessore pari a 2.0 m, posto in orizzontale, avente la quota di estradosso di 128.62 m; tale tratto termina con un taglione inferiore di spessore pari a 2.0 m e di altezza di 5.0 m (quota di intradosso pari a 121.7 m).

La vasca di dissipazione ha muri laterali di altezza variabile da 18.8 m a 6.0 m, aventi spessore in testa costante pari a 1.0 m e spessore alla base variabile da 3.65 m a 1.6 m, in funzione dell'altezza.

Il tratto di alveo a valle della vasca di dissipazione ha il fondo rivestito in massi, per una lunghezza di 15.0 m.

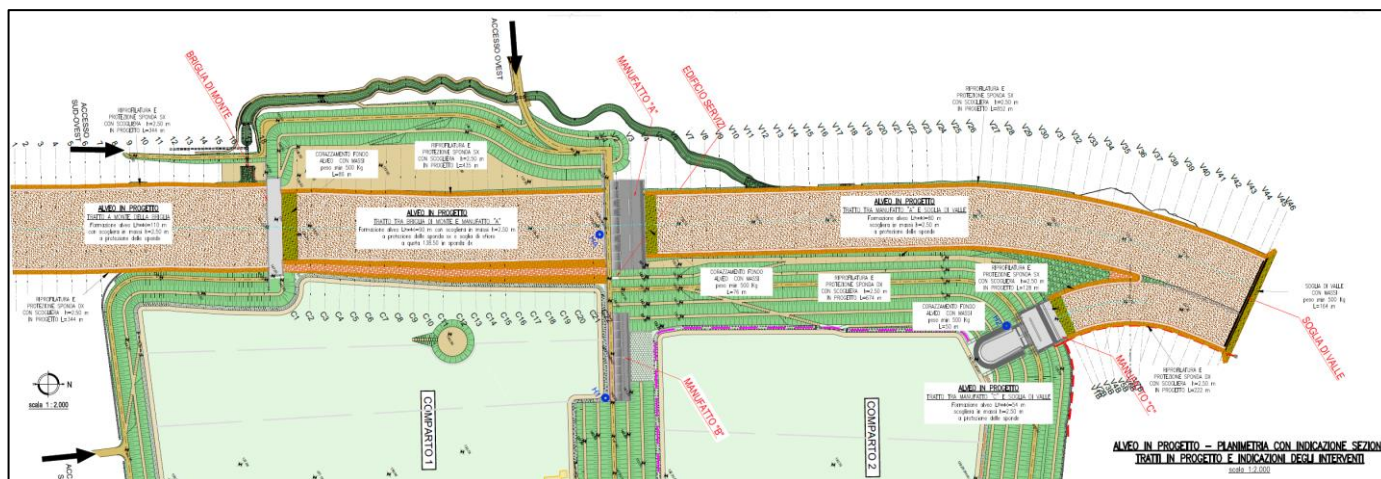
Al fine di consentire lo scarico dell'invaso 2, lateralmente al profilo di sfioro sono presenti due manufatti scatolari di dimensioni nette interne pari a 3.0 x 3.0 m, il cui sbocco è collocato nella vasca di dissipazione, presidiati da paratoie piane movimentate con un impianto oleodinamico.

Le acque che permangono nella vasca di dissipazione, a causa della quota di fondo di 126.7 m inferiore a quella di immissione nell'alveo a valle del manufatto, vengono fatte defluire attraverso una paratoia piana posta in corrispondenza del muro laterale in destra, in una condotta di diametro 600 mm; tale condotta, ispezionabile mediante una serie di pozzetti in c.a., ha il suo sbocco a valle della soglia in alveo posta al limite dell'intervento.

## 14. SISTEMAZIONI DELL'ALVEO

Il progetto prevede alcuni interventi di sistemazione dell'alveo, in particolare:

- Briglia selettiva a monte della cassa di espansione;
- Difese spondali con scogliere in massi;
- Soglia di fondo a valle della cassa di espansione, in corrispondenza della confluenza tra l'alveo del T. Baganza e il canale di scarico del secondo comparto di laminazione.



**Figura 5 – Planimetria dell'alveo con indicazione delle opere di sistemazione d'alveo**

Le principali grandezze che caratterizzano la briglia selettiva sono:

- larghezza soglia fissa: 110 m;
- quota di sommità della soglia fissa: 141.0 m s.m.;
- quota a valle della soglia fissa: 135.5 m s.m. (vasca di dissipazione) e 136 m s.m. (alveo a valle vasca di dissipazione);
- altezza dei setti verticali: 3 m;
- quota di sommità dei setti: 144.0 m s.m.;
- spessore dei setti verticali: 0.5 m;
- interasse tra i setti: 4.5 m;
- luce libera tra i setti: 4 m;
- altezza del coronamento arginale a monte della briglia selettiva: 147.50 m s.m. (tale valore è previsto per entrambi gli argini, anche quello in sponda destra, che invece nel progetto definitivo era pari, nel tratto appena a monte della briglia, a 146 m s.m.).

L'altezza dei setti per il trattenimento del materiale flottante è stato determinato in modo tale da garantire un valore del franco di sicurezza rispetto al coronamento degli argini pari ad almeno:

- 1.0 m con riferimento ad un evento di piena duecentennale, considerando la briglia selettiva intasata al 75%;
- 0.5 m con riferimento ad un evento di piena duecentennale, considerando la briglia selettiva intasata al 100%.

Inoltre si è verificato che non ci sia tracimazione degli argini con riferimento ad un evento di piena millenario, considerando la briglia selettiva intasata al 100%.

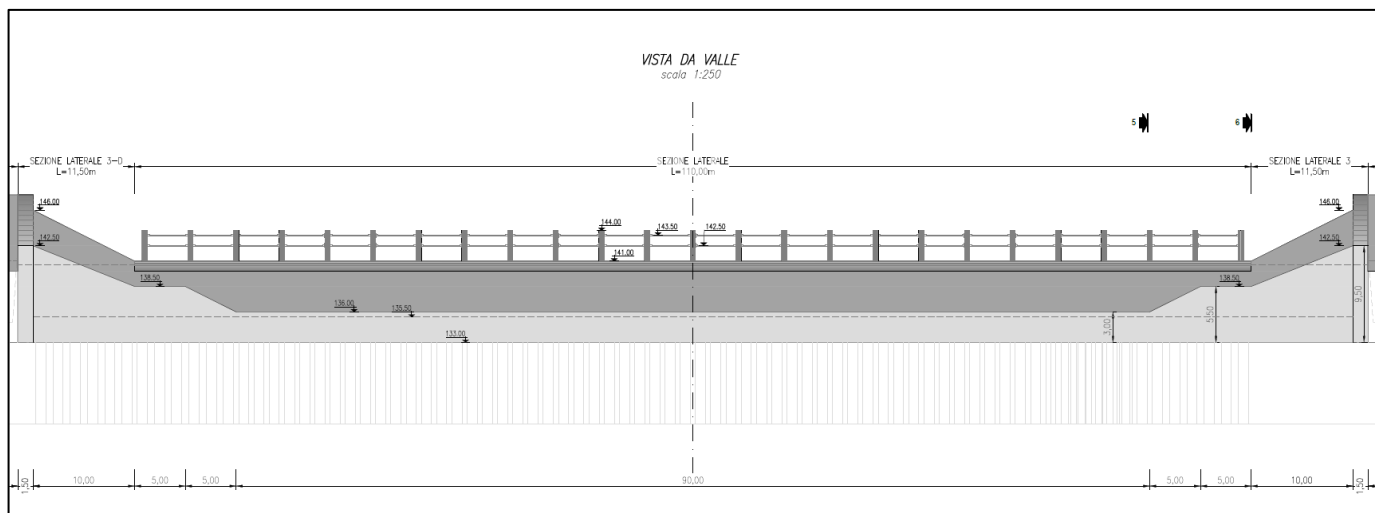


Figura 6 – Vista da valle della briglia selettiva di monte

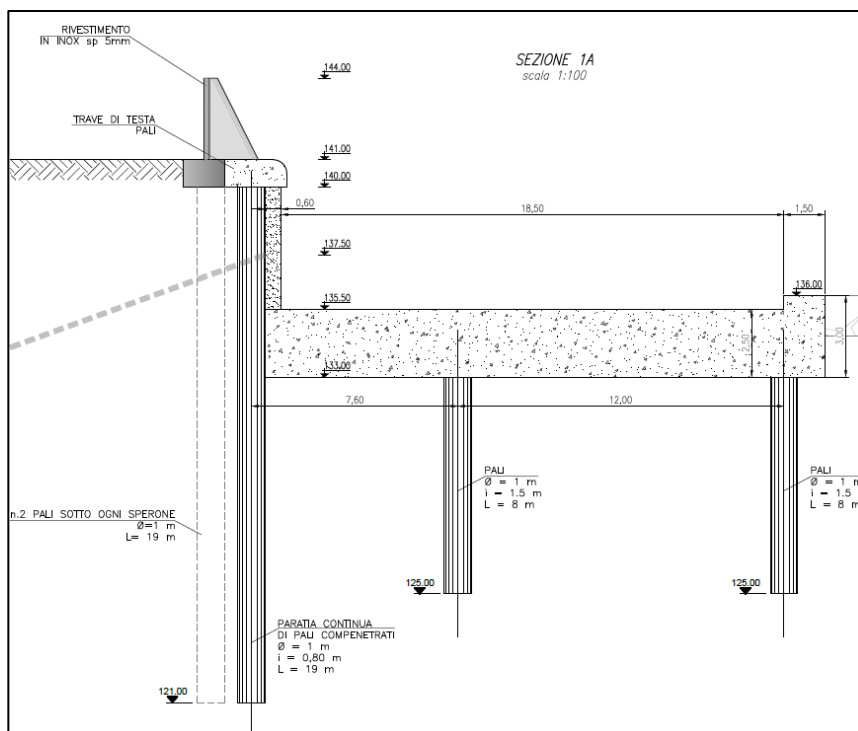


Figura 7 – sezione longitudinale in corrispondenza della briglia selettiva di monte



Per quanto riguarda le scogliere di protezione delle sponde, di seguito si riportano le principali caratteristiche dimensionali:

- pendenza della sponda: 1 su 2;
- peso specifico dei massi:  $2'600 \text{ kg/m}^3$ ;
- diametro del masso:
  - o 0.75 m (peso del singolo masso pari a circa 500 kg) a monte del manufatto A;
  - o 1.3 m (peso del singolo masso pari a circa 3000 kg) a valle del manufatto A e del manufatto C;
- altezza della scogliera rispetto al fondo alveo:
  - o 2.5 m a monte del manufatto A;
  - o 3.5 m a valle del manufatto A e del manufatto C

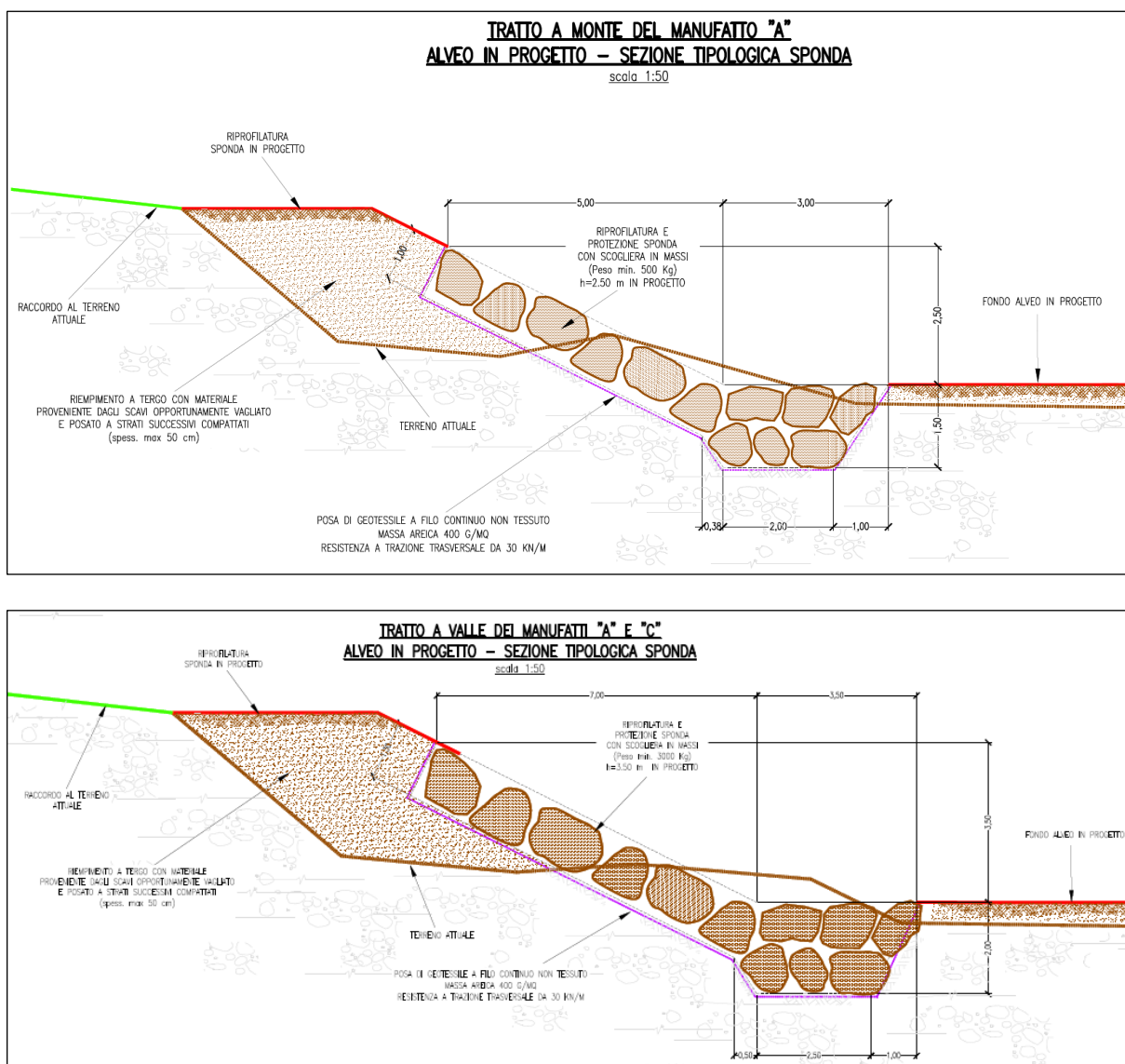


Figura 8 – sezione trasversale scogliere di protezione spondale

L'estensione dei vari tratti di scogliera sono di seguito riportati:

- a monte briglia selettiva: 344 m su entrambe le sponde;
- tra la briglia selettiva e il manufatto A: 434 m su entrambe le sponde;
- tra manufatto A e soglia di fondo a valle: 806 m in sponda sinistra e 674 m in sponda destra;
- tra manufatto C e soglia di fondo a valle: 128 m in sponda sinistra e 222 m in sponda destra.

Sono previste anche zone di protezione in massi a valle delle vasche di dissipazione della briglia selettiva e dei manufatti di regolazione e sfioro dell'invaso di laminazione.

La soglia di fondo di valle, posta in prossimità dell'oleodotto che attraversa in subalveo il T. Baganza, è caratterizzata dalla seguenti dimensioni:

- sviluppo longitudinale: 10 m;
- larghezza trasversale: 150 m;
- altezza: 3 m;
- diametro del masso: 1.3 m (peso del singolo masso pari a circa 3000 kg).

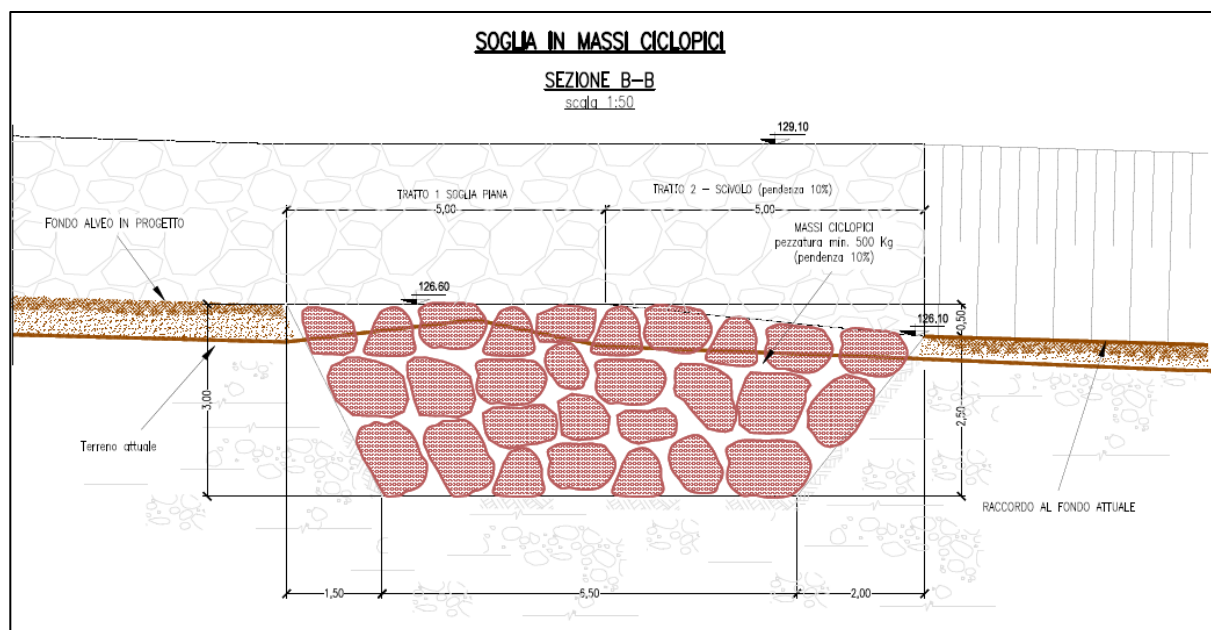


Figura 9 – sezione longitudinale soglia di fondo di valle

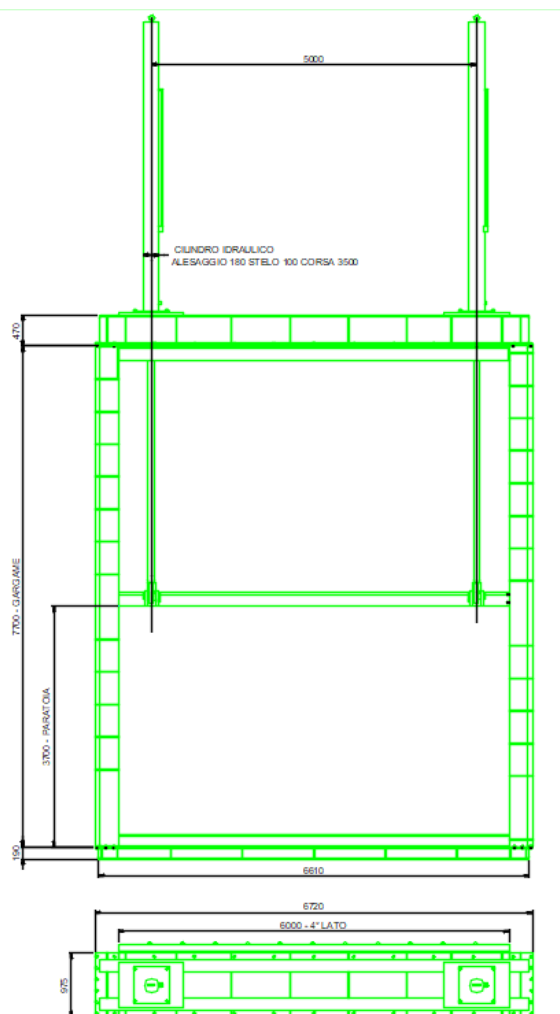
## 15. IMPIANTI Elettromeccanici

### 15.1 PARATOIE DEL MANUFATTO A

Il deflusso delle portate del manufatto "A" avviene attraverso n°4 luci di fondo di dimensioni pari a 6.00 x 3.50 m (larghezza x altezza), ciascuna delle quali è presidiata da una paratoia piana ad azionamento oleomeccanico (centrale + cilindri) e relativi comandi di manovra e controllo.

Il manufatto "A" in condizioni normali si presenta con le 4 paratoie in condizione "Aperta". Durante l'evento di piena, al fine di mettere in funzione la cassa di espansione, sarà necessario chiudere parzialmente le 4 paratoie fino a raggiungere un'altezza residua di luce di passaggio, il cui valore deriva dal modello idraulico, al fine di garantire l'efficiente funzionamento della cassa di espansione.

Le paratoie installate nel "manufatto A" saranno organi di tenuta "piana" carrellate con 5 coppie di ruote che scorrono in appositi "gargami" inghisati nel manufatto principale in calcestruzzo.



Le paratoie avranno tenuta a 4 lati garantita nella condizione di "paratoia chiusa". Al fine di evitare "rigurgiti" di acqua all'interno del vano del gargame che potrebbe interessare la sommità dello stesso e raggiungere il locale ospitante i cilindri oleodinamici, è stata prevista apposita "flangia di chiusura" superiore che per il tramite di idonee tenute sugli steli (indipendenti dalle tenute oleodinamiche) isola la camera ospitante gli attuatori.

Ogni paratoia sarà corredata di n° 2 cilindri oleodinamici all'occorrenza impiegabili a "doppio effetto" dimensionati per poter operare alla  $P_{max}$  di 250 bar. Ogni attuatore oleodinamico sarà corredata di apposito sensore di posizione interno (tipo Baluff) che dialogando con il sistema di gestione e controllo sarà in grado di segnalare in tempo reale il grado di apertura della paratoia. Le paratoie sono dimensionate per poter attuare la chiusura, fino alla posizione voluta, per

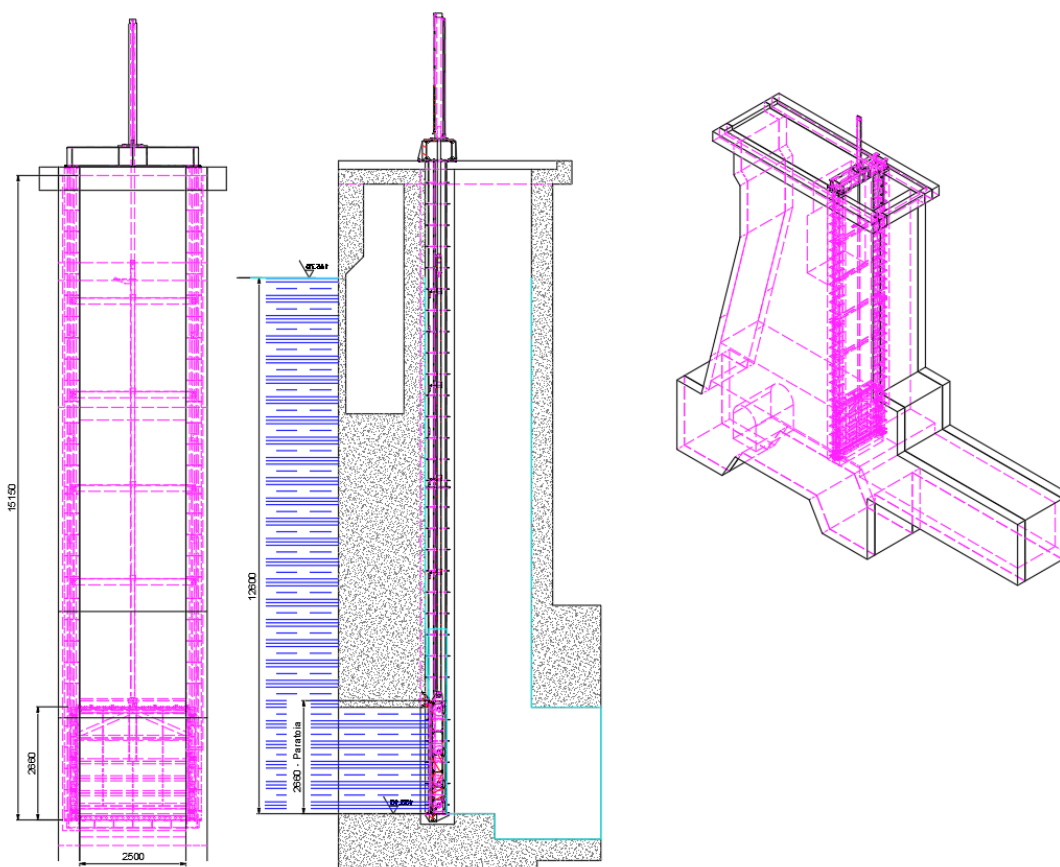
mezzo di peso proprio (chiusura a gravità). Per ragioni di sicurezza nel dimensionamento degli accessori idraulici, ogni paratoia garantisce la chiusura totale a gravità in caso di livello massimo di invaso pari alla quota sfioro. Tuttavia è possibile attuare una chiusura comandata (comando a doppio effetto con forzatura di chiusura) nel caso di quota del livello idrico superiore iniettando l'olio nella camera superiore del cilindro; il parallelismo idraulico sarà garantito da un apposito cablaggio simmetrico delle tubazioni di adduzione olio.

In caso di assenza di energia elettrica, un'apposita batteria di accumulatori a sacca di azoto permette una movimentazione completa dei cilindri della paratoia indipendentemente dalle condizioni di invaso.

Per ultimo è possibile pressurizzare i circuiti oleodinamici e comandare le valvole di movimentazione anche in assenza di ogni fonte energetica per mezzo di apposita pompa manuale e leve di comando manuale installate sulle elettrovalvole.

## 15.2 PARATOIA DEL MANUFATTO B

Al fine di consentire lo svaso del comparto 1, in corrispondenza della spalla in sinistra del manufatto B (lato manufatto A) viene realizzato un canale scatolare di dimensioni nette interne pari a 2.5 x 2.5 m, il cui sbocco è collocato in corrispondenza della vasca di dissipazione del manufatto stesso, nel comparto 2. La quota di fondo del canale in corrispondenza dell'imbocco si pone alla quota 133.10 m s.l.m., al fine di convogliare le acque raccolte dal fosso di guardia.

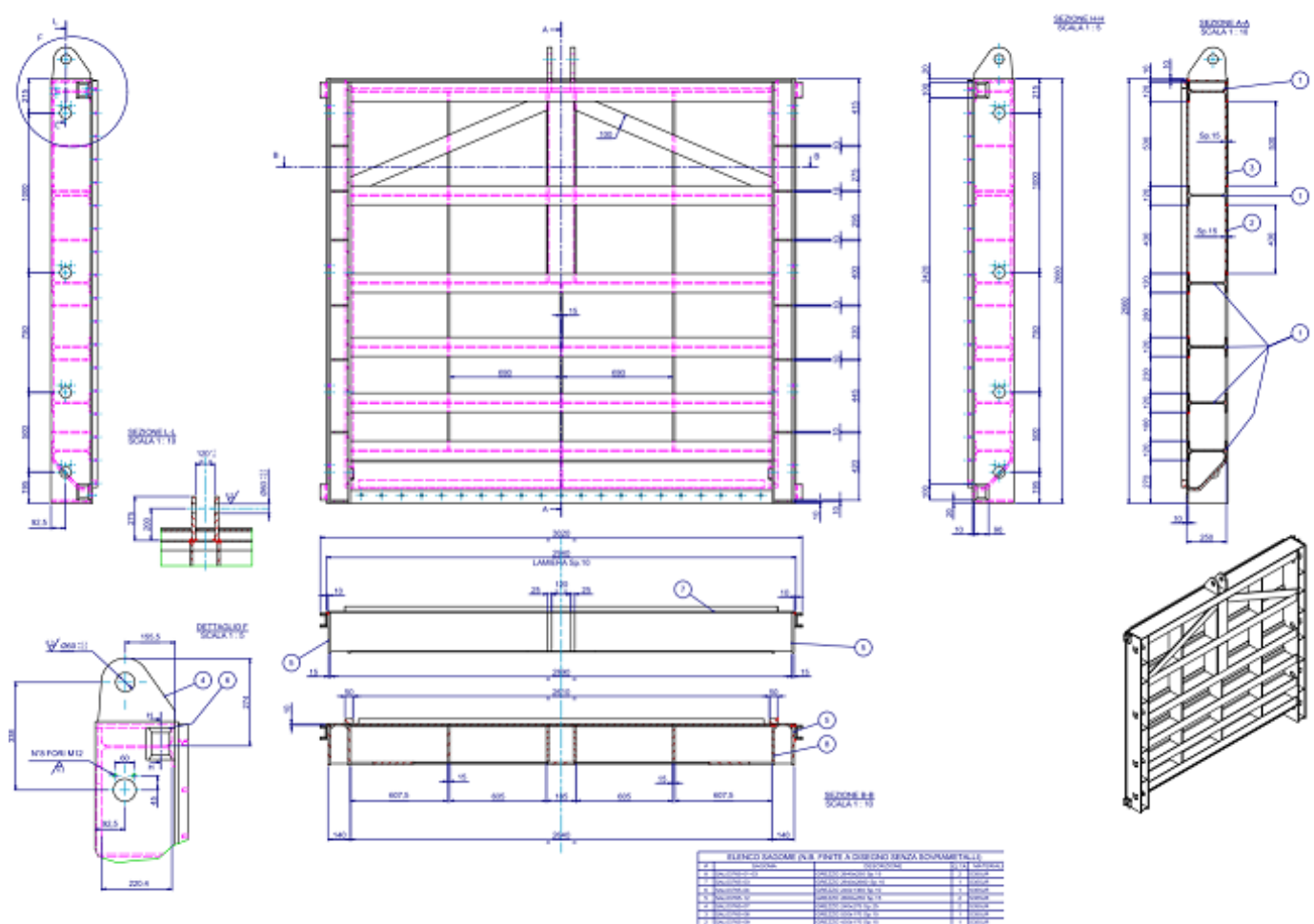




Il canale è presidiato da una paratoia piana ad azionamento oleomeccanico (centrale + cilindri) e relativi comandi di manovra e controllo. In condizioni normali il manufatto B si presenta con la paratoia in condizione “Aperta”; durante l’evento di piena, al fine di mettere in funzione la cassa di espansione, sarà necessario chiudere completamente la paratoia, che successivamente verrà aperta, al termine dell’evento, per scaricare le acque del comparto 1 nel comparto 2.

La paratoia sarà pertanto in grado di aprire e chiudere completamente la luce di passaggio nelle condizioni di massimo carico idraulico considerato (evento di piena + azione sismica) e di aprire nelle stesse condizioni.

La paratoia installata nel “manufatto B” sarà un organo di tenuta “piana” carrellata con 4 coppie di ruote che scorrono in appositi “gargami” inghisati nel manufatto principale in cls.



La paratoia avrà tenuta a 4 lati garantita nella condizione di “paratoia chiusa”. La paratoia sarà corredata di n° 1 cilindro oleodinamico a “doppio effetto” dimensionato per poter operare alla Pmax di 250 bar. L’attuatore oleodinamico sarà corredata di apposito sensore di posizione interno (tipo Baluff) che dialogando con il sistema di gestione e controllo sarà in grado di segnalare in tempo reale il grado di apertura della paratoia.

Apposito trasduttore di posizione tipo “Balluff” installato all’interno del cilindro oleodinamico permetterà in continuo il monitoraggio della posizione della paratoia sui pannelli operatore.

La paratoia sarà dotata di N°1 attuatore idraulico comandato da apposita centralina oleodinamica dedicata che avrà la funzione di comandare in chiusura e apertura la paratoia annessa.

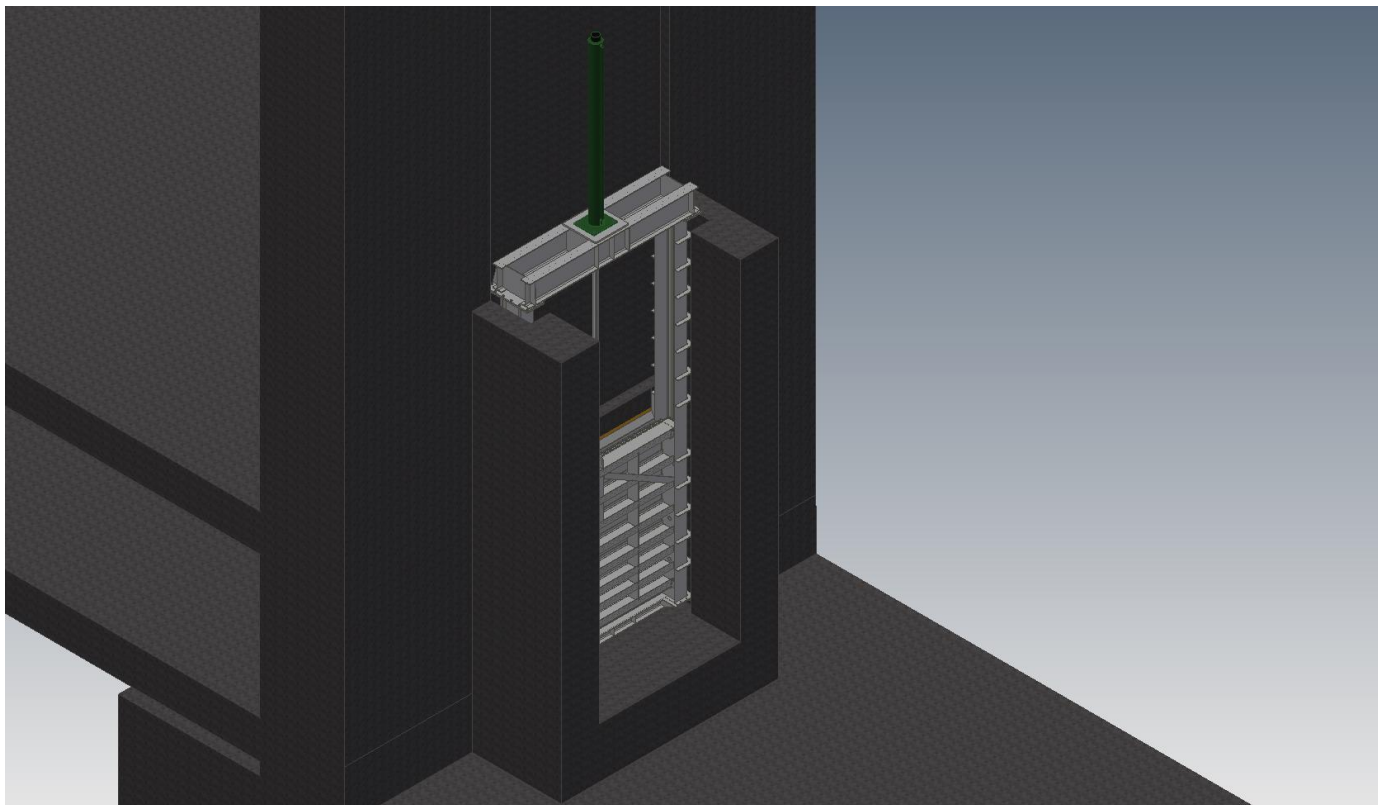
La paratoia è dimensionata per poter attuare la chiusura ed apertura in ogni condizione di livello del bacino di ritenuta

In caso di assenza di energia elettrica, apposita batteria di accumulatori a sacca di azoto, permetteranno una movimentazione completa del cilindro della paratoia indipendentemente dalle condizioni di invaso.

Infine è possibile pressurizzare i circuiti oleodinamici e comandare le valvole di movimentazione anche in assenza di ogni fonte energetica per mezzo di apposita pompa manuale e leve di comando manuale installate sulle elettrovalvole.

### 15.3 PARATOIE DEL MANUFATTO C

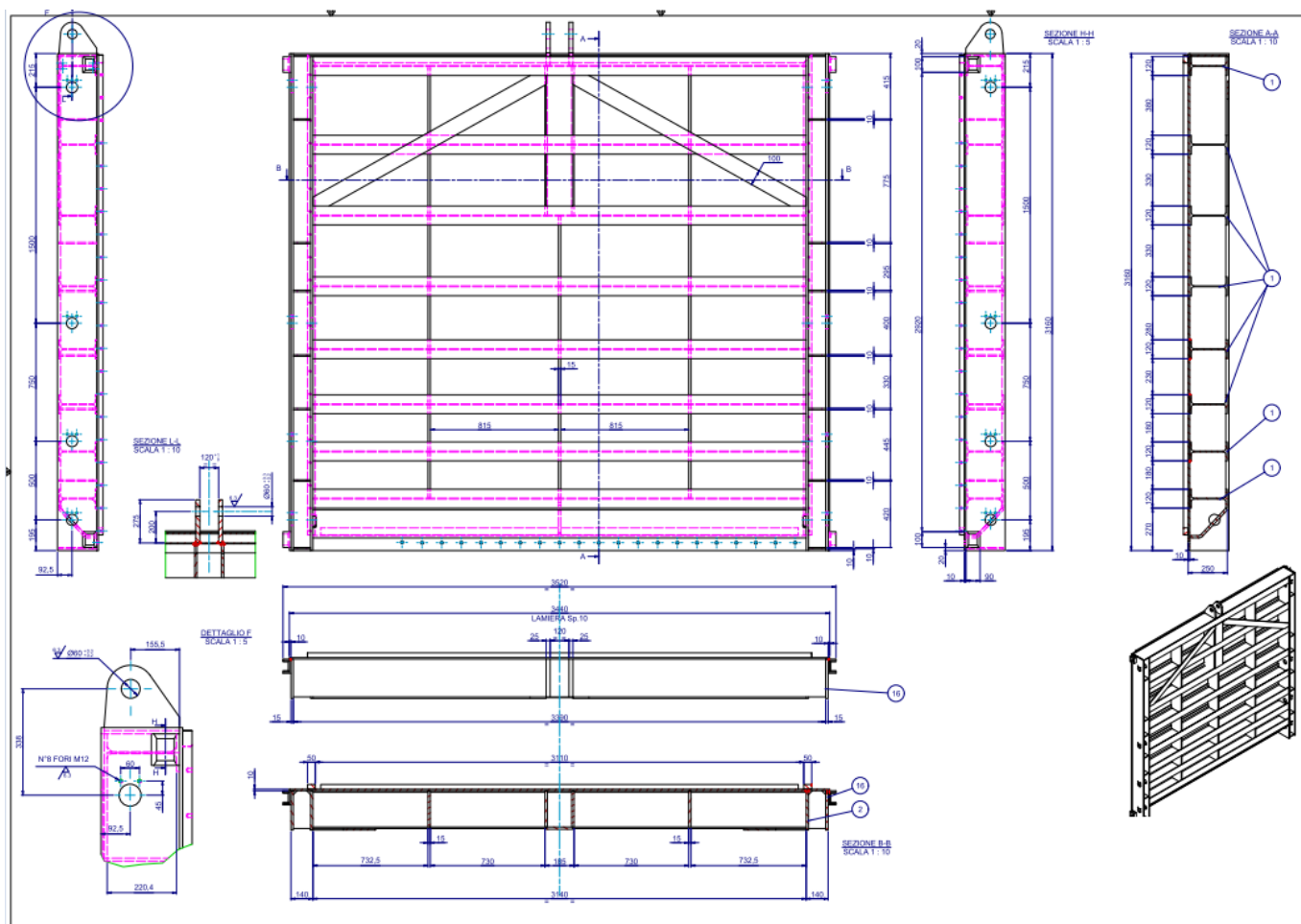
I due scarichi di fondo del manufatto C, posti alla base delle luci di sfioro laterali, sono costituiti da tombini a sezione quadrata con sezione netta interna 3,0 x 3,0 m, presidiati da paratoie piane ad azionamento oleomeccanico (centrale + cilindri) e relativi comandi di manovra e controllo.



Il manufatto "C" in condizioni normali si presenta con le 2 paratoie degli scarichi di fondo in condizione "Aperta". Durante l'evento di piena, al fine di mettere in funzione la cassa di espansione, sarà necessario chiudere completamente le 2 paratoie, che successivamente verranno aperte, al termine dell'evento, per scaricare le acque del comparto 2 nell'alveo del torrente Baganza.

Ogni paratoia sarà in grado di aprire e chiudere completamente la luce di passaggio nelle condizioni di massimo carico idraulico considerato (evento di piena + azione sismica) e di aprire nelle stesse condizioni.

Le paratoie installate nel “manufatto C” saranno organi di tenuta “piana” carrellate con 4 coppie di ruote che scorrono in appositi “gargami” inghisati nel manufatto principale in cls.



Le paratoie avranno tenuta a 4 lati garantita nella condizione di “paratoia chiusa”. Ogni paratoia sarà corredata di n° 1 cilindro oleodinamico a “doppio effetto” dimensionato per poter operare alla Pmax di 250 bar. L’ attuatore oleodinamico sarà corredata di apposito sensore di posizione interno (tipo Baluff) che dialogando con il sistema di gestione e controllo sarà in grado di segnalare in tempo reale il grado di apertura della paratoia.

La paratoia è dimensionata per poter attuare la chiusura ed apertura in ogni condizione di livello del bacino di ritenuta. In caso di assenza di energia elettrica, apposita batteria di accumulatori a sacca di azoto, permetteranno una movimentazione completa del cilindro della paratoia indipendentemente dalle condizioni di invaso.

Per ultimo è possibile pressurizzare i circuiti oleodinamici e comandare le valvole di movimentazione anche in assenza di ogni fonte energetica per mezzo di apposita pompa manuale e leve di comando manuale installate sulle elettrovalvole.

#### 15.4 ALTRE PARATOIE

Sono presenti altre paratoie aventi le seguenti funzioni:

- paratoia mobile a chiusura dello scarico del canale per ittiofauna, delle dimensioni di 2,0 x 2,0 m assicurante una perfetta tenuta su quattro lati in un solo senso, eseguita in acciaio INOX AISI 304, con gargame, anello premiguarnizione, guide di scorrimento in acciaio inox AISI 304, diaframma avente spessore minimo di 5 mm in acciaio inossidabile AISI 304 con travi a C di rinforzo, cunei di contro tenuta in acciaio inossidabile, viteria di fissaggio in acciaio inossidabile A2 - A4, asta rullata in acciaio inossidabile 1.4301 (AISI 304), pattini di scorrimento in PTFE, madrevite in bronzo G-Cu Sn 10, guarnizioni di tenuta in EPDM adatte per fognatura, completa di asta di manovra telescopica (fino a 6 ml) con cappellotto di comando e staffa fissaggio a parete con volantino asportabile, bulloneria per ancoraggio chimico. Il carico massimo idrostatico è di 6 m. La movimentazione della paratoia è manuale.
- paratoia mobile a chiusura dello scarico della vasca di dissipazione del manufatto C, per condotta di diametro 600 mm; la movimentazione della paratoia è garantita da un motore, i cui comandi sono collegati al sistema di gestione dell'invaso.

## 15.5 IMPIANTI ELETTRICI

L'intervento in progetto prevede l'installazione degli impianti elettrici secondo le seguenti categorie:

- la realizzazione delle infrastrutture energetiche e di segnale in ingresso dai gestori esterni verso il fabbricato servizi;
- la realizzazione della rete di messa a terra e di protezione contro le scariche atmosferiche;
- la realizzazione dei quadri generali di consegna in bassa tensione;
- il sistema di distribuzione dell'energia di riserva - GE;
- il sistema di distribuzione dell'energia in continuità assoluta - UPS;
- la realizzazione della distribuzione elettrica (rete di canaline a filo EN/CD, tubazioni e linee elettriche in partenza da ogni quadro);
- la realizzazione dei quadri elettrici secondari di zona;
- la realizzazione dell'impianto di illuminazione normale;
- la realizzazione dell'impianto di illuminazione di sicurezza;
- la realizzazione dell'impianto forza motrice per prese elettriche per asservimento alle utenze;
- la formazione dell'impiantistica a servizio degli impianti fluidomeccanici (HVAC);
- la predisposizione delle apparecchiature ed il cablaggio con stesura dei cavi relativi alle reti di fonia e dati (escludendo la sola parte attiva);
- la realizzazione degli impianti di antintrusione – videosorveglianza;
- il sistema di supervisione degli impianti BMS.

## 16. SISTEMAZIONI AMBIENTALI

Le sistemazioni ambientali previste nell'ambito del progetto sono costituite dai seguenti interventi:

- Interventi di sistemazione a verde;



- Scala di risalita per l'ittiofauna;
- Interventi pilota di riqualificazione fluviale a valle della cassa.

## 16.1 INTERVENTI DI SISTEMAZIONE A VERDE

La realizzazione della Cassa di Espansione determinerà l'eliminazione di gran parte delle unità cenologiche presenti nell'area di realizzazione dell'opera e nel suo immediato intorno.

Al fine di ricostituire le cenosi eliminate o compromesse dalla realizzazione dell'opera e migliorare l'inserimento ambientale e paesaggistico della stessa, è prevista la realizzazione di aree a verde da realizzare, in parte, preliminarmente all'avvio dei lavori di realizzazione dell'opera, in parte al termine degli interventi, al fine di ricostituire e rendere più rapido il processo di colonizzazione spontanea dei nuovi ambienti naturali da parte di specie arbustive e arboree autoctone.

Gli interventi prevedono la realizzazione delle seguenti tipologie vegetazionali:

- Zona a macchia e radura;
- Fascia schermante con struttura "a tetto";
- Siepi arbustive a componente ornamentale;
- Fascia boscata a componente mesofila;
- Fascia ripariale a corredo della scala di risalita per l'ittiofauna.

### 16.1.1 Zona a macchia e radura

Le Zone a macchia – radura in fase di progetto definitivo interessavano una superficie pari a circa 21.900 m<sup>2</sup> posta all'esterno della cassa, lungo il settore meridionale della stessa.

In fase di progetto esecutivo l'areale è stato ampliato di ulteriori 5.100 m<sup>2</sup>., portando la superficie totale dell'intervento lungo il settore meridionale della Cassa a 27.000 m<sup>2</sup>. L'ampliamento è stato determinato dalla necessità di arretrare il rilevato arginale sud della Cassa per eliminare l'interferenza dell'opera con un metanodotto SNAM (fascia di rispetto 20 m).

Oltre all'ampliamento indicato, in fase di PE sono state individuate ulteriori due aree per la tipologia Zona a macchia – radura allo scopo di ottemperare alla Prescrizione 3.C – punto 4, che prevede di integrare le mitigazioni ambientali previste in sponda sinistra intervenendo sulle aree demaniali poste a tergo del canale bypass e del depuratore con un incremento della superficie piantumata di circa 7.400 m<sup>2</sup>, come indicato dal Comune di Sala Baganza.

Le due aree, individuate sulla base della disponibilità di aree demaniali a tergo del canale bypass e del depuratore, occupano una superficie totale pari a 5.400 m<sup>2</sup> (area posta tra l'impianto e il corso d'acqua, di superficie pari a 3.100 m<sup>2</sup>, e area tra l'impianto e la campagna, di superficie pari a 2.300 m<sup>2</sup>).

L'indisponibilità di ulteriori aree demaniali nelle posizioni indicate ha impedito di raggiungere l'estensione areale richiesta nella prescrizione. A tal proposito si evidenzia che l'aumento della superficie di questa tipologia d'intervento lungo il settore meridionale della cassa (5.100 m<sup>2</sup>), sopperisce ampiamente alla mancata piantumazione di 2.000 m<sup>2</sup>

nelle aree demaniali poste a tergo del canale bypass e del depuratore, pertanto, considerando tale incremento di piantumazioni, si ritiene recepita la prescrizione in oggetto.

La messa a dimora delle essenze arboreo-arbustive costituenti questa tipologia di intervento è realizzata con una disposizione spaziale a gruppi (nucleo), allo scopo di creare macchie di vegetazione capaci di evolversi nel tempo e nello spazio e, contestualmente, assolvere alla funzione di nuclei di propagazione in grado di accelerare i dinamismi naturali.

Ogni gruppo, ovvero ogni singolo sistema a nucleo di propagazione, è costituito da 10 arbusti e 2 alberi posti in un'area di 78 m<sup>2</sup>.

All'interno delle aree in cui saranno inserite le macchie arbustive, ogni singolo nucleo di propagazione dovrà essere ripetuto con disposizioni diverse e a distanze variabili e non fisse, al fine di limitare l'artificialità nella realizzazione dell'impianto. Per aumentare il grado di diversità ambientale, dovrà essere inoltre garantita la presenza di radure per circa il 70% della superficie di intervento. Per tale motivo, la copertura totale dell'area dovrà presentare indicativamente le seguenti destinazioni d'uso del suolo:

- nuclei di propagazione arbustivi: 30%
- aree prative incolte: 70%.

#### 16.1.2 Fascia schermante con struttura a “tetto”

Lungo il piede dell'argine, a valle della cassa di espansione al confine con le aree agricole esistenti, sarà realizzata una siepe arboreo-arbustiva alta, con struttura 'a tetto', che avrà la funzione di schermare la vista delle opere arginali per chi proviene da nord, lungo la Strada Provinciale 56 che fiancheggia l'opera in progetto. Complessivamente la siepe in progetto avrà una lunghezza di circa 300 metri e una larghezza media di 9 metri, occupando una superficie totale pari a circa 4.600 m<sup>2</sup>.

Questa tipologia di intervento, oltre ad avere una funzione estetica e a fungere da elemento di connessione della rete ecologica locale, avrà la funzione di creare un'area di rifugio per le specie faunistiche che tendono a frequentare gli incolti nel periodo produttivo o per motivi alimentari. La siepe avrà inoltre una funzione compensativa nei confronti dell'eliminazione di una siepe analoga attualmente presente nelle aree che saranno interessate dalla realizzazione della cassa.

L'intervento sarà costituito dalla realizzazione di un filare arboreo centrale (interdistanza fra gli esemplari lungo la fila pari a 5 m), ai cui lati sarà realizzata una prima fascia di alberi di seconda grandezza; ogni filare sarà distanziato dal filare alberato di circa 3 metri, in ogni filare, gli esemplari arborei di seconda grandezza saranno distanziati tra loro di circa 3 metri. Ai lati dei filari di seconda grandezza sarà realizzato un doppio filare arbustivo, le cui interdistanze saranno di circa 0,5 m fra le file e di 2 m fra gli esemplari.

### 16.1.3 Siepi arbustive fiorite

L'inserimento delle siepi ha il duplice scopo di favorire l'inserimento ambientale e paesaggistico dell'opera e di potenziare la rete ecologica locale, fornendo habitat diversificati per la riproduzione, la nidificazione e il reperimento di cibo per le specie che di norma frequentano i coltivi e, in generale, le aree antropizzate.

L'architettura delle siepi consente inoltre un'altissima produttività biologica (alta efficienza nella trasformazione dell'energia in biomassa). Inoltre, le specie botaniche autoctone caratteristiche delle siepi di campagna svolgono una funzione di "aree rifugio" per numerosi coccinellidi adulti durante i momenti critici del loro ciclo biologico, come ad es. l'autunno.

Le siepi in progetto formeranno delle strutture lineari e saranno costituite da sole specie arbustive. Questa tipologia sarà realizzata sia al piede dell'argine orientale della cassa, parallelamente alla Strada Provinciale, che lungo la pista ciclabile prevista in sponda sinistra del T. Baganza.

La realizzazione di questa fascia vegetazionale dovrà essere varia per numero, composizione e disposizione, evitando allineamenti e distanze regolari, per simulare nel migliore modo le condizioni di una formazione naturale.

### 16.1.4 Fascia boscata a componente mesofila

Le aree interessate da questo tipo di intervento avranno un'impronta prettamente naturalistica al fine di creare, nel settore a ovest della cassa (sponda sinistra del T. Baganza), una fascia più o meno continua che possa fungere da "cuscinetto" tra le aree di stretta pertinenza fluviale (greto, alveo e terrazzi laterali all'alveo) e le aree agricole circostanti. L'intervento rivestirà anche una funzione compensativa della vegetazione che verrà eliminata per la realizzazione dell'opera.

La superficie interessata da questo tipo di piantumazione, pari a circa 11.800 m<sup>2</sup>, è quella che si estende in sponda sinistra del T. Baganza, a corredo della scala di risalita per l'ittiofauna nel tratto più a valle.

La messa a dimora delle specie arboree e arbustive avrà una disposizione spaziale a gruppi, allo scopo di creare macchie di vegetazione capaci di evolversi nel tempo e nello spazio e, contestualmente, assolvere alla funzione di nuclei di propagazione in grado di accelerare i dinamismi naturali.

All'interno della fascia boscata, ogni singolo modulo o nucleo di propagazione dovrà essere ripetuto con disposizioni diverse e a distanze variabili e non fisse; la disposizione delle piante, rappresentata per comodità grafiche secondo un sesto d'impianto regolare ed omogeneo, dovrà privilegiare una disposizione maggiormente "naturaliforme", senza tuttavia ostacolare le normali operazioni di manutenzione all'interno dell'area.

L'irregolarità delle nuove aree rinaturate sarà garantita dal diverso grado di sviluppo e pollonazione delle varie specie vegetali, le quali nel processo di competizione concorreranno alla formazione di un ecosistema in grado di autosostenersi e autoregolarsi. Inoltre, la selezione naturale, coadiuvata dall'attecchimento selettivo e dai sesti d'impianto, garantirà quella diversificazione dei fattori microclimatici richiesta, a vantaggio della biodiversità sia vegetazionale che faunistica.

#### 16.1.5 Fascia ripariale a corredo del by-pass per l'ittiofauna

Questa tipologia vegetazionale è prevista lungo la sponda occidentale della scala di risalita per l'ittiofauna, nel tratto a monte di strada Villa Ortensia, e nel tratto a valle della strada. In questo secondo tratto, la fascia ripariale si alternerà lungo la sponda destra e sinistra del canale, ai nuclei della tipologia denominata "Fascia boscata a componente mesofila".

L'intervento prevede la messa a dimora di esemplari arborei, lungo il lato rivolto verso la campagna, e di esemplari arbustivi maggiormente igrofili, sulla scarpata.

#### 16.1.6 Filare alberato schermante

Il filare alberato è posto tra le arginature di progetto e il toponimo C. Peri, lungo la SP 56, e svolge funzione di schermo visivo del rilevato arginale rispetto all'abitazione. E' costituito da esemplari arborei di prima grandezza a pronto effetto, posti tra loro ad una distanza di 4 m.

In ottemperanza a quanto stabilito dall'art. 892 del codice civile e dal R.D. 523 del 1904, il filare dovrà essere posto a non meno di 3 m misurati dal confine di proprietà e 4 m misurati dalla base dell'argine.

Prima della messa a dimora saranno previste lavorazioni destinate alla preparazione del terreno per una fascia avente una larghezza di circa 2 m e una lunghezza corrispondente allo sviluppo complessivo del filare.

### 16.2 SCALA DI RISALITA PER L'ITTIOFAUNA

Allo scopo di garantire il "continuum fluviale" potenzialmente interrotto dalla realizzazione della briglia di ingresso avente dislivello altimetrico pari a 5 m, già nel progetto definitivo era stata prevista la realizzazione di un canale by-pass, la cui conformazione è rimasta invariata nell'ambito del presente sviluppo progettuale. In particolare è prevista la realizzazione un canale artificiale che permetterà di aggirare sia la prima briglia che il manufatto A di regolazione.

Il canale by-pass in progetto si svilupperà in sinistra idraulica del T. Baganza e avrà uno sviluppo complessivo di circa 800 m.

Di seguito si riportano i parametri di progettazione che sono stati da rispettare per la realizzazione del by-pass:

- 1) Portata di riferimento che deve transitare nel canale (DMV fissato per il T. Baganza a Parma nei mesi da ott-apr): 0,53 m<sup>3</sup>/s;
- 2) Larghezza sul fondo compresa tra 0,80 ÷ 2,00 m;
- 3) Pendenza delle sponde: compresa tra 30 ÷ 35°;
- 4) Andamento naturaliforme con tratti rettilinei alternati a tratti sinuosi;
- 5) Altezza minima della lama d'acqua: 0,20 m;
- 6) Pendenza: in accordo con la pendenza naturale del fiume e comunque non superiore al 5%;

L'alimentazione del canale by-pass per pesci avverrà in corrispondenza del salto di fondo della briglia di monte che risulta dotata, in sponda sinistra, di un ribassamento della quota di sfioro di 1 metro su una lunghezza di circa 10 m.



Le portate saranno convogliate verso uno scatolare a sezione rettangolare (2.0x2.0 m, larghezza x altezza) dotato di un pozzetto con paratoia con tenuta su 4 lati ad azionamento manuale, tarato su un'apertura fissa in grado di derivare le portate di magra (in particolare, il DMV pari a 0.53 m<sup>3</sup>/s) limitando al contempo le portate in condizioni di piena grazie al funzionamento sotto battente.

Rispetto alla conformazione prevista nel Progetto Definitivo, è stato prevista una leggera modifica del tratto di imbocco, anche per garantire da fenomeni erosivi, risvoltando la scogliera in massi di cava ed allungando leggermente il tratto di scatolare chiuso per permettere l'accesso alla estremità di sinistra della briglia anche per motivi di manutenzione.

E' stato altresì inserito un nuovo pozzetto per separare la paratoia dalla immissione della condotta di sfioro del depuratore di Sala Baganza.

Il fondo del canale presenterà un substrato ghiaioso, ricostruendo il fondo d'alveo naturale del T. Baganza, avendo però cura che il deflusso della portata derivata si mantenga all'interno del canale e non venga disperso per infiltrazione. Per tale motivo il canale dovrà essere impermeabilizzato utilizzando lo stesso materiale fine proveniente dalle operazioni di scavo (strato limoso sopra lo strato ghiaioso), successivamente sarà steso il geotessile e, sopra questo, il materiale ghiaioso (anch'esso ricavato dalle operazioni di scavo del canale stesso), per uno spessore di ca. 20 cm.

Il canale artificiale manterrà un andamento naturaliforme, secondo quanto già definito nell'ambito del Progetto Definitivo, ed in alcuni tratti saranno realizzate delle buche a profondità maggiore e slarghi con realizzazione di banche intermedie nelle scarpate, in modo da diversificare maggiormente gli habitat seminaturali utilizzabili dalla fauna acquatica.

Nella parte finale del canale, prima dell'immissione nel Baganza, è previsto un tratto con una pendenza maggiore (circa 2%), in cui saranno realizzate delle barre trasversali in massi. I singoli tratti manterranno una pendenza di circa l'1%, l'altezza dei salti non dovrà superare i 0.2 m e i singoli massi dovranno avere dimensioni comprese tra 0.5 e 0.8 m. Questa soluzione garantisce l'ottenimento di un duplice vantaggio: da un lato si otterrà una sequenza di pozze (pool) utilizzabili dai pesci come zone rifugio mentre dall'altro l'aumento di pendenza creerà una maggiore turbolenza nel punto di immissione dando origine ad una corrente attrattiva, funzionale ad indirizzare i pesci verso il bypass.

Lo sbocco avverrà mediante la sagomatura della scogliera in massi prevista a protezione della sponda sinistra del t. Baganza, a valle del manufatto A.

Per il dimensionamento idraulico si rimanda a quanto svolto nell'ambito della progettazione Definitiva.

In affiancamento al canale di By-pass verrà realizzata la pista ciclabile, secondo le sezioni tipologiche riportate nell'elab. BAG3-14-AMB-D-PL-02, a cui si rimanda anche per i dettagli costruttivi del canale di by-pass.

### 16.3 INTERVENTI PILOTA DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE A VALLE DELLA CASSA

Anche con riferimento a quanto previsto all'interno del Progetto Definitivo e prescritto in sede di autorizzazione, nella presente fase progettuale sono state sviluppate, anche a seguito di un approfondimento del quadro conoscitivo in particolare topografici, le opere già previste nella precedente fase progettuale e riferibili ad alcuni interventi pilota, da attuarsi in aree demaniali nel tratto a valle dell'opera (potrà risentire degli impatti indotti dalla realizzazione

dell'intervento), con lo scopo di ripristinare i processi idraulici e di trasporto solido, la geometria naturale dell'alveo e la vegetazione riparia, con la formazione di nuove fasce tampone laddove le aree agricole si trovano in stretta adiacenza al corso d'acqua.

Nello specifico è prevista la realizzazione dei seguenti interventi:

- Settore 1: dresa spondale con colmatare delle erosioni di fondo (sezione tipo 1) per una lunghezza pari a circa 146 m; difesa in cassero in rilevato (sezione tipo 3a) per una lunghezza pari a circa 94 m;
- Settore 2: difesa spondale con rimbottimento della linea di sponda (sezione tipo 2) per una lunghezza pari a circa 248 m; difesa in cassero sommersa (sezione tipo 3b) per una lunghezza pari a circa 390 m.

Per la realizzazione degli interventi (per i cui dettagli si rimanda allo specifico elaborato grafico BAG3-14\_AMB-D-PL-03) verrà prevalentemente utilizzato materiale idoneo prelevato dagli scavi della cassa di espansione in progetto, con particolare riferimento ai trovanti derivati dalle operazioni di vagliatura.

In accordo con la Stazione Appaltante tali interventi sono stati inseriti all'interno delle opere in appalto.

## 17. CANTIERIZZAZIONE

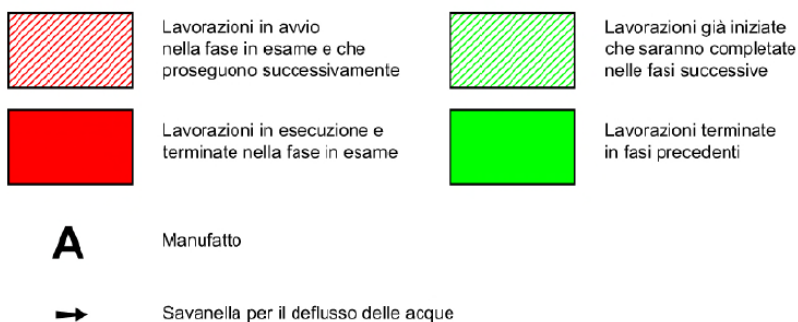
Rimandando per maggiori dettagli alla Relazione sulla cantierizzazione (elab. **BAG3-13\_CAN-D-CR-01**), nel seguito viene descritta la fasizzazione con cui dovranno essere eseguiti i lavori di cui al presente progetto esecutivo. Per la localizzazione delle parti di opere che verranno eseguite in corrispondenza di ogni fase si rimanda allo specifico elaborato **BAG3-13\_CAN-D-SC-01** "Fasi esecutive", nonché al cronoprogramma dei lavori riportato negli elaborati **BAG3-13\_CAN-D-CR-01** e **BAG3-13\_CAN-D-CR-02**.

Per ogni fase sono riportate le indicazioni relativamente alle attività propedeutiche all'allestimento del cantiere, agli allestimenti previsti, all'area effettivamente occupata dal cantiere, con indicazione accessi e strade di collegamento, ed infine le eventuali opere di presidio.

Per la realizzazione dei lavori è prevista una durata complessiva pari a **1706 gg. naturali e consecutivi**.

Nel seguito vengono riportati gli schemi planimetrici con la indicazione dei vari corpi d'opera che verranno realizzati durante le varie fasi di lavoro, secondo la legenda di seguito richiamata.

### LEGENDA



## 17.1 FASE 1 – PISTE DI CANTIERE E PRESCAVO

Nella fase 1, preliminare all'avvio dei lavori, oltre alla realizzazione degli accantieramenti, così come previsti nel PSC allegato al presente progetto esecutivo ed al relativo layout di cantiere (elab. **BAG3-17\_SIC-D-PL-01**), si procederà alla realizzazione delle poste di cantiere, secondo le modalità già descritte in precedenza.

Sarà possibile a questo punto avviare, anche con riferimento a quanto previsto nel Piano di Gestione delle materie ed al Piano di Utilizzo che verrà predisposto dall'Appaltatore, la realizzazione del prescavo dell'alveo (1+3 m), finalizzato all'abbassamento del livello della falda ed alla esecuzione delle scavanelle per il drenaggio delle acque di aggotamento, funzionali alla successiva fase n° 3.

Per la fase n° 1 è prevista una durata complessiva pari a circa 122 gg. naturali e consecutivi, come da indicazioni contenute nel cronoprogramma dei lavori.

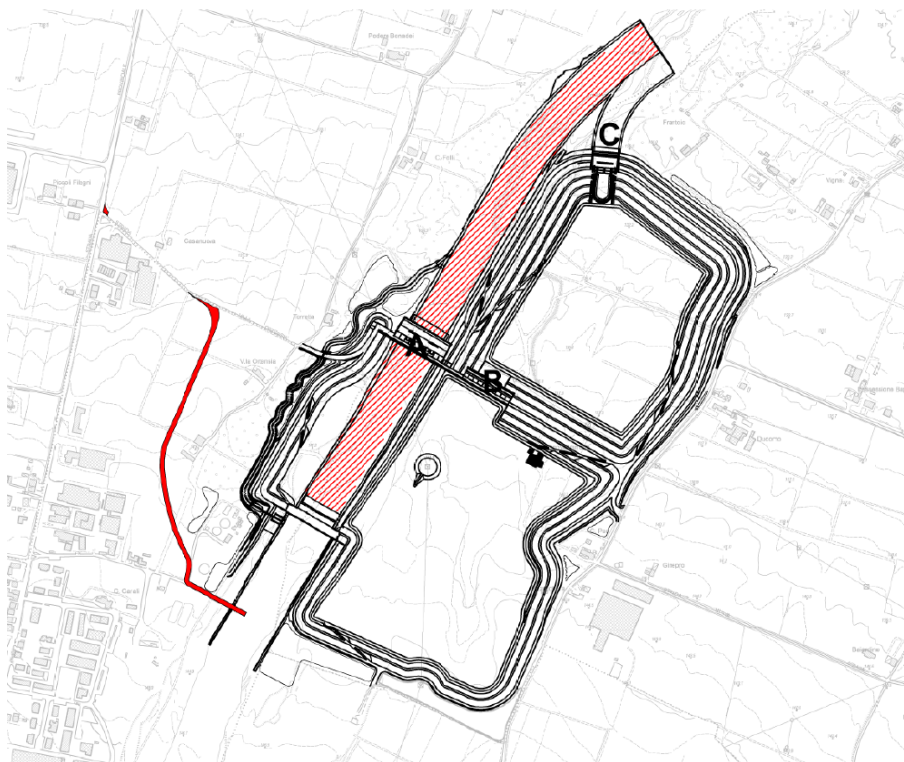


Figura 10 – Rappresentazione planimetrica della FASE 1

## 17.2 FASE 2 - REALIZZAZIONE DEL CANALE DI BY-PASS E DELLE OPERE COMPENSATIVE – BONIFICA DELLA GHIAIE IN CORRISPONDENZA DELL'ARGINE OVEST

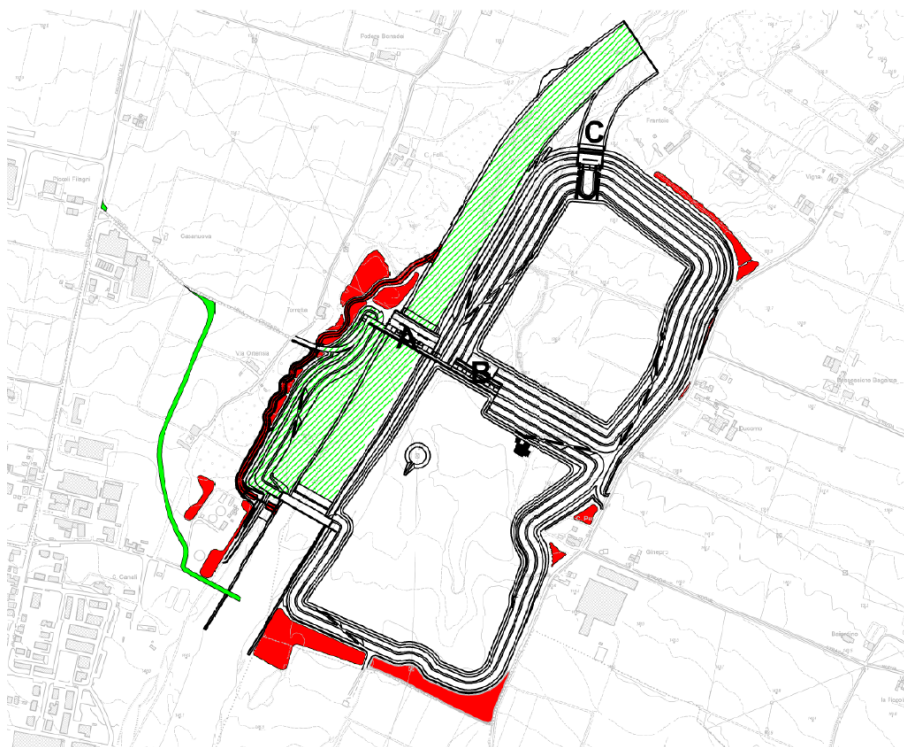
Preliminarmente all'avvio delle operazioni di realizzazione delle opere in progetto, occorrerà verificare la corretta esecuzione delle opere previste, talune anche a carico degli enti proprietari, per la risoluzione delle interferenze.

Avviato il cantiere, si provvederà inizialmente alla realizzazione del canale di by-pass, con la duplice funzione di:

- garantire il deflusso minimo vitale anche nelle fasi più avanzate del cantiere;
- permettere l'allontanamento dal cantiere delle acque di by-pass dell'Impianto di depurazione di Sala Baganza;
- permettere l'allontanamento delle acque di magra dall'alveo durante le fasi di realizzazione, in particolare, della briglia selettiva.

Contestualmente alla realizzazione del canale di by-pass, si provvederà alle prime operazioni di bonifica delle ghiaie in corrispondenza degli argini Ovest, riutilizzando il materiale di scavo idoneo per i riempimenti ed i livellamenti delle aree a sud, laddove si provvederà alla esecuzione delle opere di mitigazione.

Per la fase n° 2 è prevista una durata complessiva pari a circa 160 gg. naturali e consecutivi, come da indicazioni contenute nel cronoprogramma dei lavori.



**Figura 11 – Rappresentazione planimetrica della FASE 2**

### **17.3 FASE 3 – REALIZZAZIONE DELLA BRIGLIA SELETTIVA E DELLE ARGINATURE AD EST ED OVEST DELLA BRIGLIA**

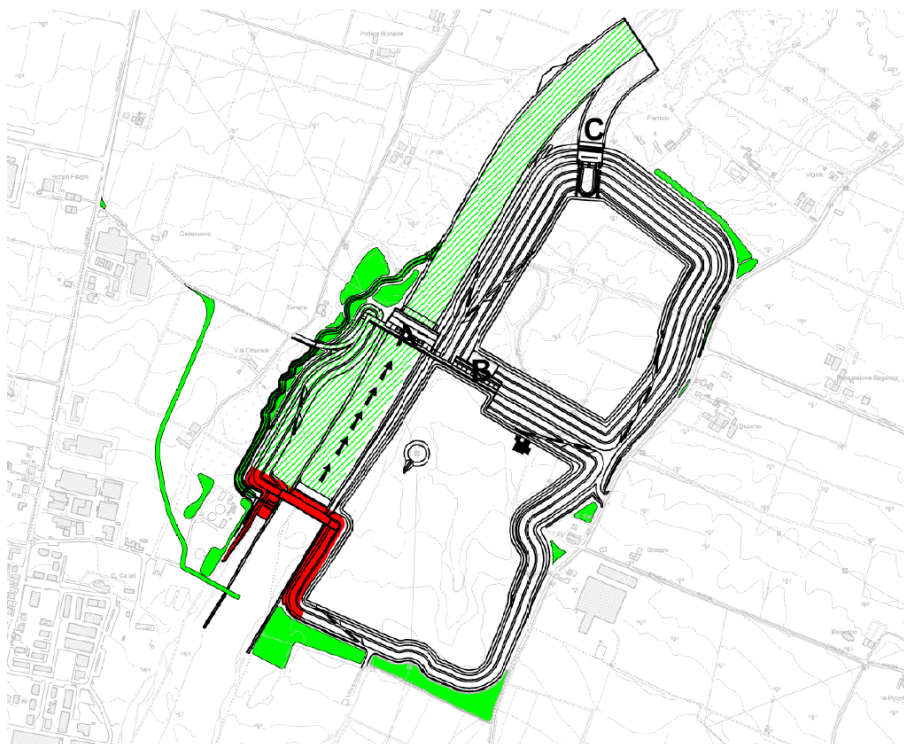
Nella fase 3 si provvederà alla realizzazione della briglia selettiva a delimitazione di monte dell'alveo sistemato.

La realizzazione delle opere in alveo avverrà adottando la fasizzazione e gli apprestamenti indicati nell'elaborato BAG3-17\_SIC-D-PC-01 allegato al Piano di Sicurezza e di coordinamento, con particolare riferimento alle ture provvisorie descritte relative allo Scenario idraulico provvisorio I.



Completeranno gli interventi relativi alla briglia selettiva i tratti di arginatura di immersiono di monte ad est ed ovest della nuova opera.

Per la fase n° 3 è prevista una durata complessiva pari a circa 121 gg. naturali e consecutivi, come da indicazioni contenute nel cronoprogramma dei lavori.



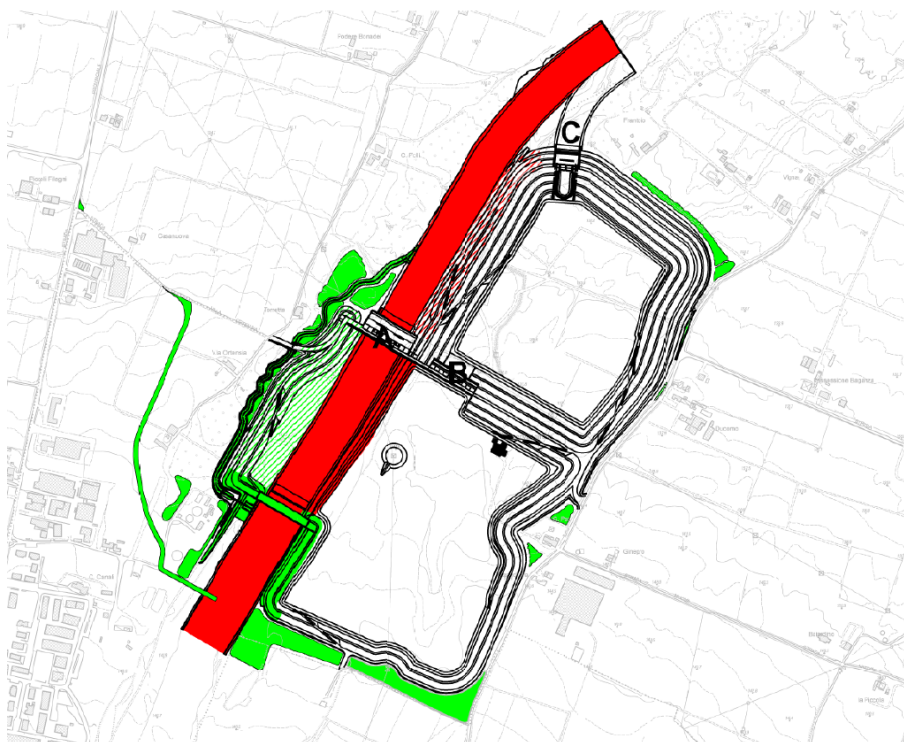
**Figura 12 – Rappresentazione planimetrica della FASE 3**

#### **17.4 FASE 4 – RISEZIONAMENTO DELL'ALVEO DEFINITIVO E DELLE DIFESE SPONDALI**

Anche con la finalità di garantire l'abbassamento della falda e facilitare le operazioni di aggotamento in fase di scavo, si prevede la realizzazione del risezionamento definitivo e completo dell'alveo, secondo il profilo e le sezioni di progetto, comprese le opere di difesa sponale dell'alveo a monte del manufatto "A" e della soglia sfiorante e porzione di argine ovest di contenimento.

In questa fase, in ragione della necessità di esecuzione dei lavori in alveo, occorrerà procedere alla realizzazione delle opere provvisorie descritte al par. 17.13 e relative allo Scenario idraulico provvisorio I.

Per la fase n° 4 è prevista una durata complessiva pari a circa 207 gg. naturali e consecutivi, come da indicazioni contenute nel cronoprogramma dei lavori.



**Figura 13 – Rappresentazione planimetrica della FASE 4**

#### **17.5 FASE 5 – INIZIO DELLO SCAVO DEL SETTORE 2**

Anche allo scopo di garantire il regolare deflusso delle acque di aggettamento, la esecuzione delle lavorazioni di realizzazione degli invasi avverrà procedendo da valle verso monte, con inizio in questa fase degli scavi del settore n° 2 di valle, a partire dalle zone a Nord ed Ovest, con progressiva esecuzione (con il materiale di scavo adeguatamente lavorato) ubicate in corrispondenza della delimitazione orientale della cassa di espansione.

In questa fase, in ragione della necessità di esecuzione dei lavori in alveo, occorrerà procedere alla realizzazione delle opere provvisorie descritte al par. 17.13 e relative allo Scenario idraulico provvisorio II.

Per la fase n° 5 è prevista una durata complessiva pari a circa 205 gg. naturali e consecutivi, come da indicazioni contenute nel cronoprogramma dei lavori.

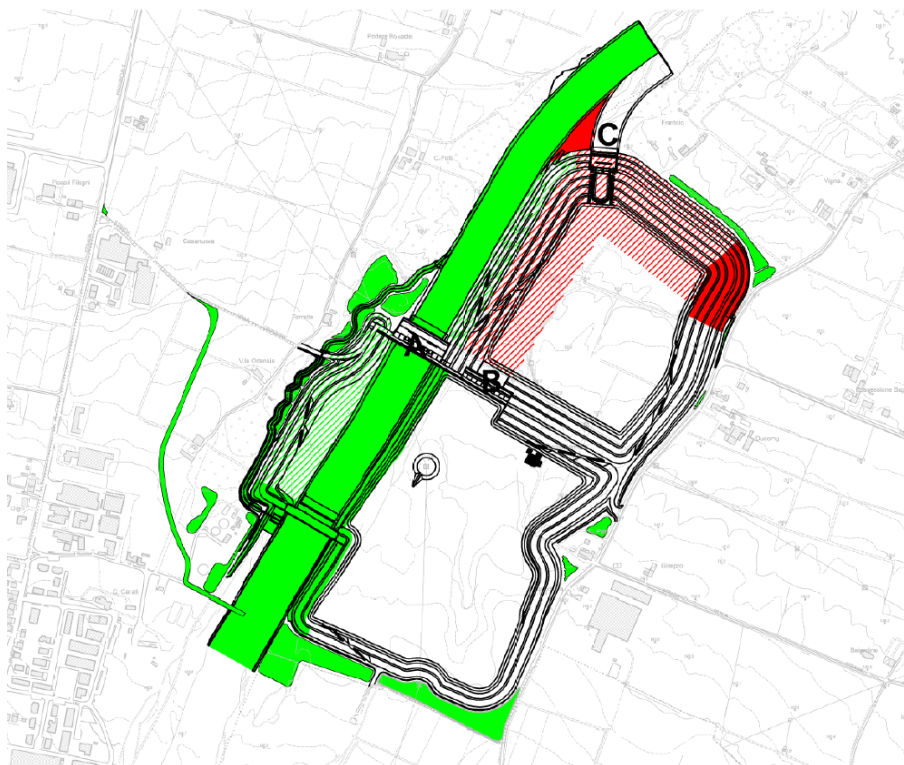


Figura 14 – Rappresentazione planimetrica della FASE 5

#### 17.6 FASE 6 - PROSEGUO DEGLI SCAVI E FORMAZIONE DEGLI ARGINI EST. REALIZZAZIONE DEL MANUFATTO B

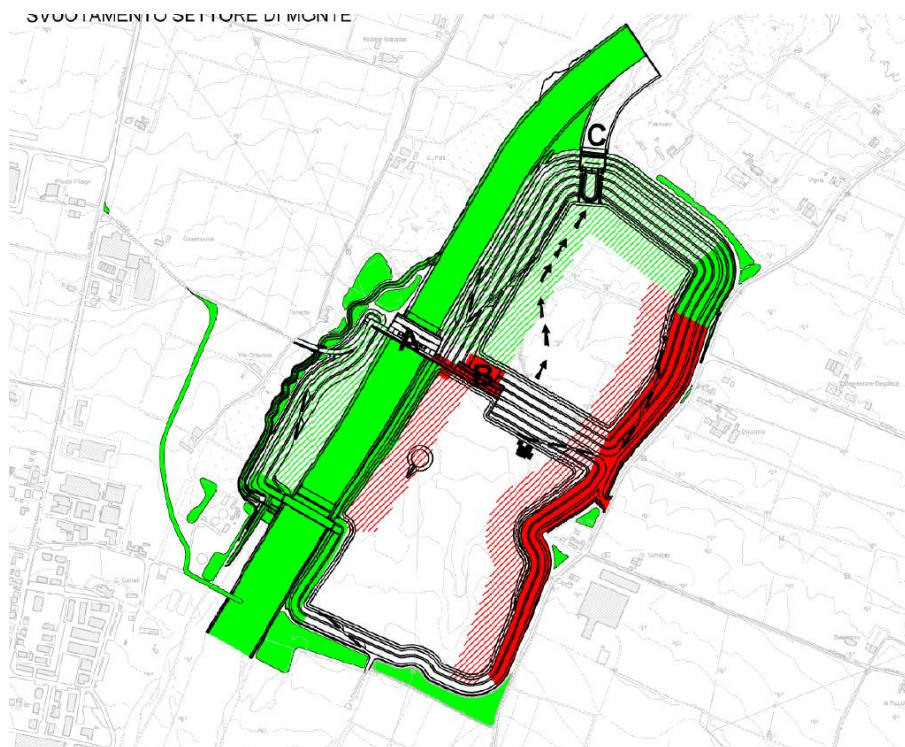
In questa fase proseguiranno i lavori di realizzazione dell'invaso in corrispondenza del settore II, secondo le modalità già indicate in precedenza.

Sarà a questo punto possibile realizzare una savanella in corrispondenza del settore 2 finalizzata a garantire lo smaltimento delle acque di falda e di aggotamento funzionali alla realizzazione del manufatto "B". Quest'ultimo verrà eseguito adottando la fasizzazione e gli apprestamenti indicati nell'elaborato **BAG3-17\_SIC-D-PC-03** allegato al Piano di Sicurezza e di coordinamento, con particolare riferimento alle ture provvisorie descritte relative allo Scenario idraulico provvisorio II.

In questa fase, in ragione della necessità di esecuzione dei lavori in alveo, occorrerà procedere alla realizzazione delle opere provvisorie descritte al par. 17.13 e relative allo Scenario idraulico provvisorio II.

Per la fase n° 6 è prevista una durata complessiva pari a circa 290 gg. naturali e consecutivi, come da indicazioni contenute nel cronoprogramma dei lavori.





**Figura 15 – Rappresentazione planimetrica della FASE 6**

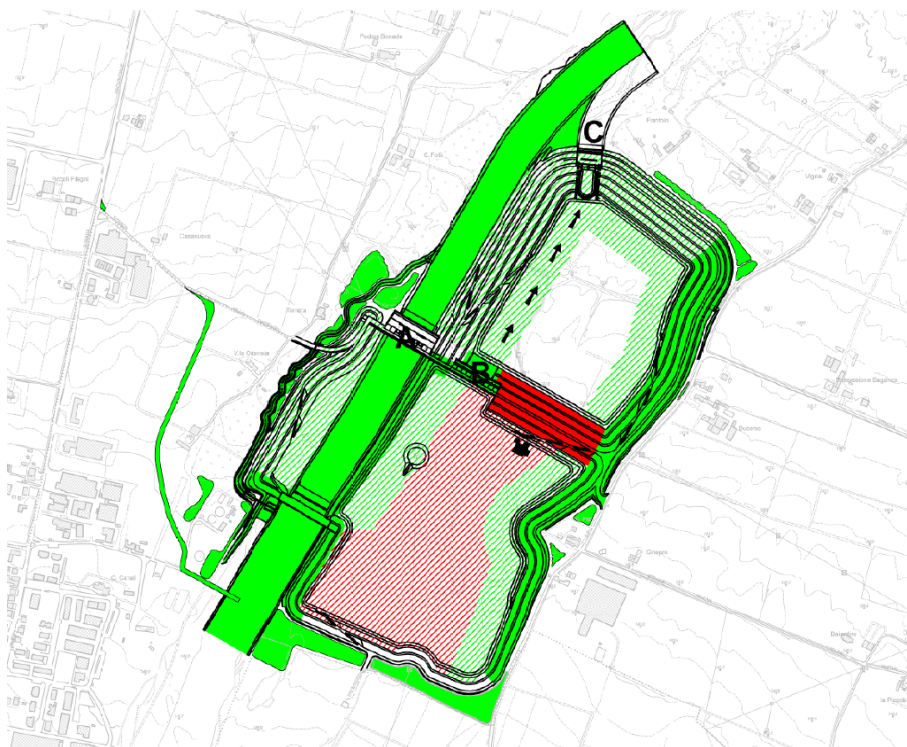
#### **17.7 FASE 7 – SCAVO DEL COMPARTO 1 E COMPLETAMENTO DELL'ARGINE DI SEPARAZIONE DEI DUE SETTORI**

A seguito della ultimazione del manufatto B sarà possibile procedere alla realizzazione dello scavo del comparto n°1, con la contestuale realizzazione e completamento delle arginature di separazione dei due settori, favorendo sempre il deflusso delle acque di aggottamento attraverso le savanelle provvisorie già realizzate, che potranno alla ultimazione della fase essere colmate/ripristinate.

In questa fase, in ragione della necessità di esecuzione dei lavori in alveo, occorrerà procedere alla realizzazione delle opere provvisorie descritte al par. 17.13 e relative allo Scenario idraulico provvisorio II.

Per la fase n° 7 è prevista una durata complessiva pari a circa 150 gg. naturali e consecutivi, come da indicazioni contenute nel cronoprogramma dei lavori.





**Figura 16 – Rappresentazione planimetrica della FASE 7**

#### **17.8 FASE 8 - COMPLETAMENTO DEL SETTORE 1**

Si procederà in questa fase al completamento dello scavo del settore 1 ed alla contemporanea realizzazione delle arginature di delimitazione SUD ed EST del comparto.

In questa fase, in ragione della necessità di esecuzione dei lavori in alveo, occorrerà procedere alla realizzazione delle opere provvisorie descritte al par. 17.13 e relative allo Scenario idraulico provvisorio II.

Per la fase n° 8 è prevista una durata complessiva pari a circa 90 gg. naturali e consecutivi, come da indicazioni contenute nel cronoprogramma dei lavori.

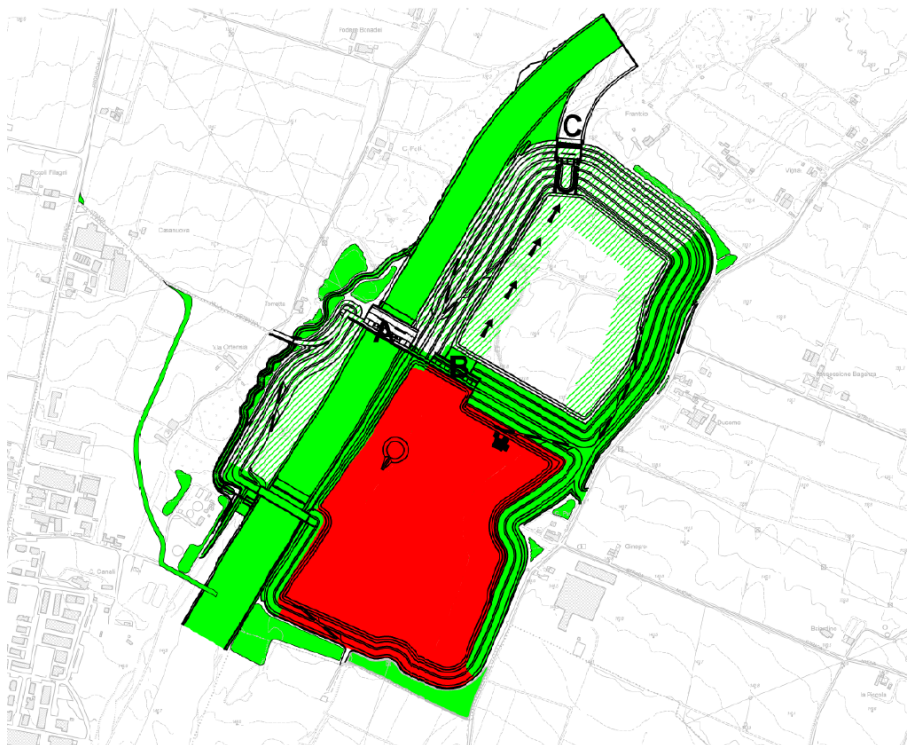


Figura 17 – Rappresentazione planimetrica della FASE 8

#### 17.9 FASE 9 - REALIZZAZIONE DEL MANUFATTO C

In questa fase si procederà alla realizzazione del manufatto C, adottando la fasizzazione e gli apprestamenti indicati nell'elaborato **BAG3-17\_SIC-D-PC-03** allegato al Piano di Sicurezza e di coordinamento, con particolare riferimento alle ture provvisionali descritte relative allo Scenario idraulico provvisorio II.

Per la fase n° 9 è prevista una durata complessiva pari a circa 215 gg. naturali e consecutivi, come da indicazioni contenute nel cronoprogramma dei lavori.

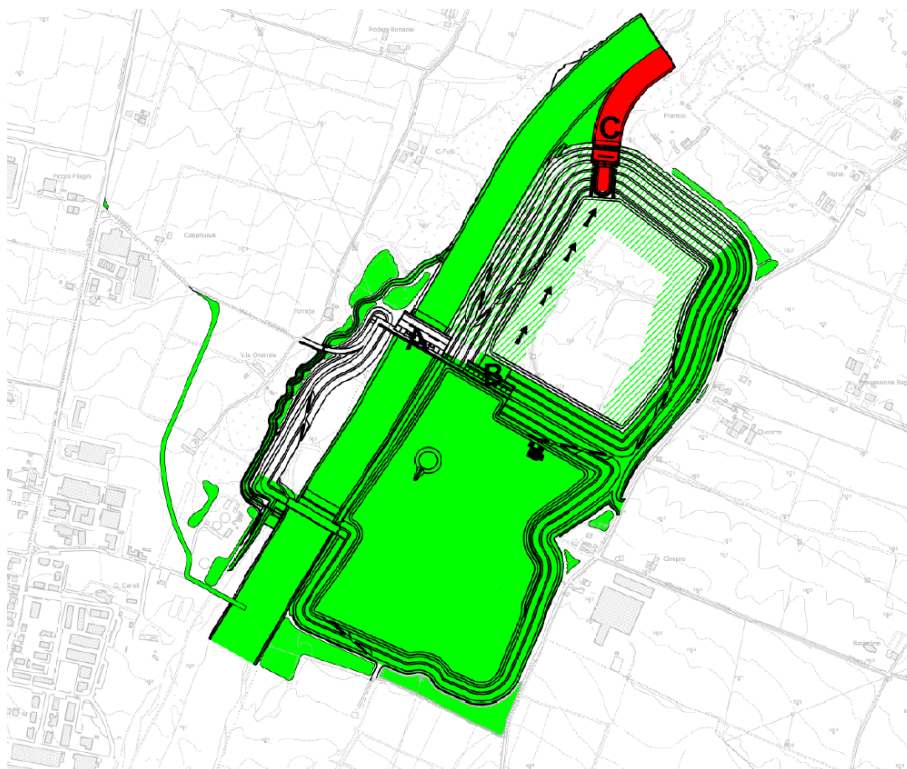


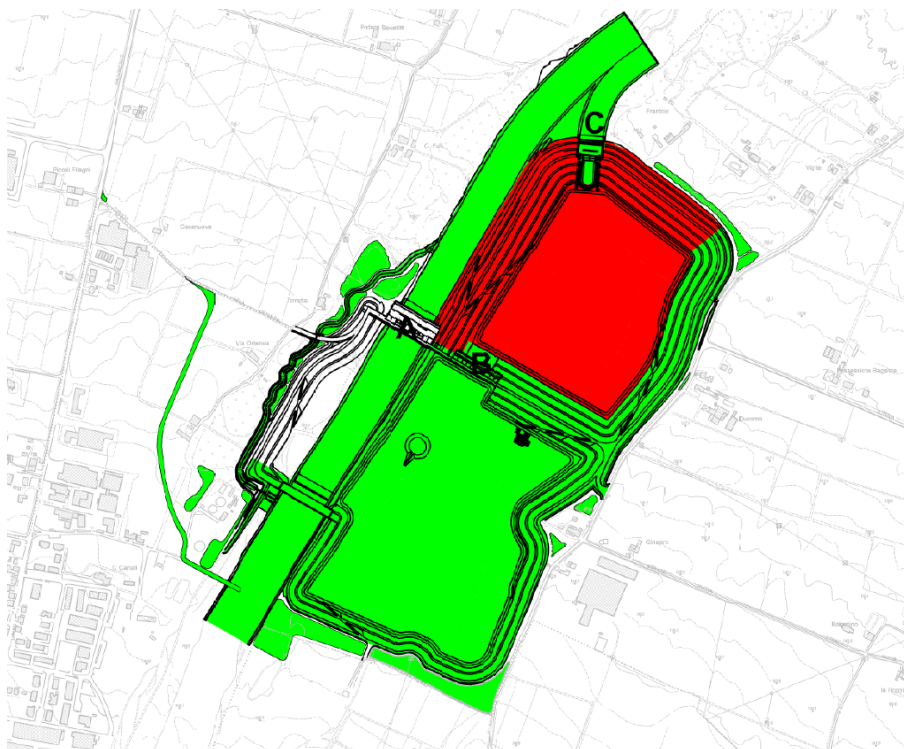
Figura 18 – Rappresentazione planimetrica della FASE 9

#### 17.10 FASE 10 – COMPLETAMENTO SETTORE 2 E DELLE ARGINATURE EST E NORD

Anche attraverso l'utilizzo dei manufatti di scarico previsti in corrispondenza del manufatto C, sarà possibile approntare il completamento dello scavo del comparto n°2, con contestuale realizzazione, con materiale idoneo, delle arginature Est e Nord del medesimo comparto.

In questa fase, in ragione della necessità di esecuzione dei lavori in alveo, occorrerà procedere alla realizzazione delle opere provvisorie descritte al par. 17.13 e relative allo Scenario idraulico provvisorio II.

Per la fase n° 10 è prevista una durata complessiva pari a circa 120 gg. naturali e consecutivi, come da indicazioni contenute nel cronoprogramma dei lavori.



**Figura 19 – Rappresentazione planimetrica della FASE 10**

#### 17.11 FASE 11: SCENARIO IIIA E IIIB

In questa fase si procederà alla realizzazione del manufatto A, adottando la fasizzazione e gli apprestamenti indicati nell'elaborato **BAG3-17\_SIC-D-PC-02** allegato al Piano di Sicurezza e di coordinamento, con particolare riferimento alle ture provvisionali descritte relative allo Scenario idraulico provvisorio II.

Per la fase n° 11 è prevista una durata complessiva pari a circa 380 gg. naturali e consecutivi, come da indicazioni contenute nel cronoprogramma dei lavori.



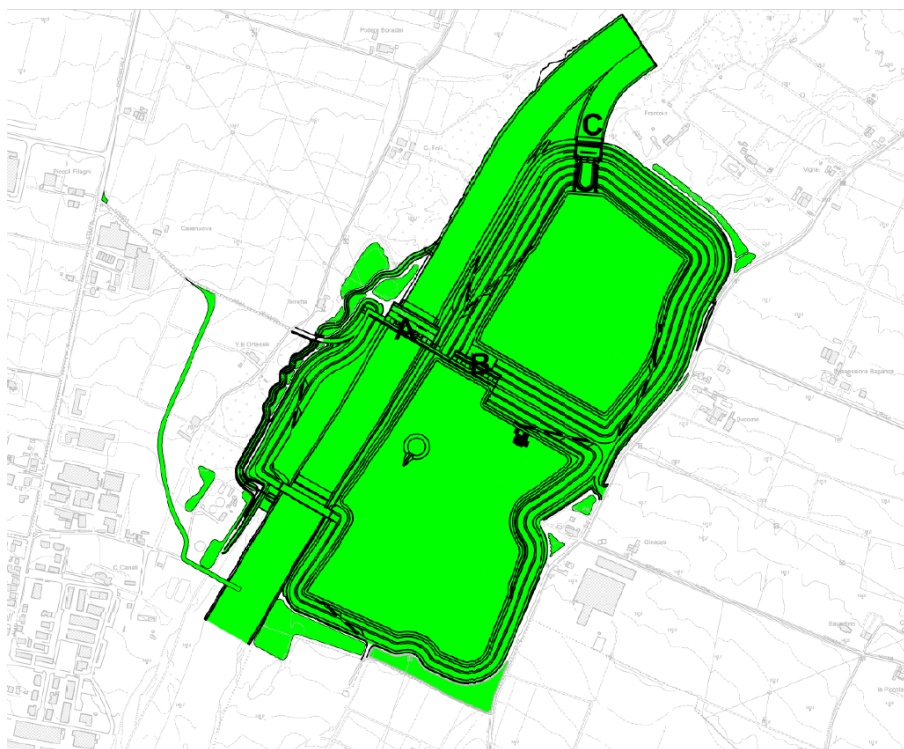


**Figura 20 – Rappresentazione planimetrica della FASE 11**

#### **17.12 FASE 12 - SMANTELLAMENTO DEL CANTIERE**

In questa fase si prevede la realizzazione delle lavorazioni relative alla rimozione del cantiere, nonché al completamento delle opere di mitigazione. Si provvederà pertanto alla rimozione di tutti gli apprestamenti ed al ripristino delle condizioni ante-operam, con particolare riferimento alle piste di cantiere.

Per la fase n° 12 è prevista una durata complessiva pari a circa 30 gg. naturali e consecutivi, come da indicazioni contenute nel cronoprogramma dei lavori.



**Figura 21 – Rappresentazione planimetrica della FASE 12**

### 17.13 SCAVI IN ALVEO E RELATIVI SCENARI IDRAULICI

Con riferimento alla suindicata descrizione delle fasi di esecuzione dei lavori, si è già detto come per la realizzazione della briglia selettiva di monte e del manufatto di regolazione A, in cui sono previsti scavi all'interno del corso d'acqua, si dovrà procedere con la **parzializzazione della sezione d'alveo** del torrente mediante la formazione di una **tura provvisoria** con materiale presente in sito.

Per il corretto dimensionamento delle opere provvisorie è stata eseguita una modellazione idraulica bidimensionale per le principali fasi di cantiere. Di seguito si riporta una sintesi dei risultati ottenuti.

#### 17.13.1 Scenario idraulico provvisorio I

Nell'ambito della fase 3 si prevede la formazione della **briglia selettiva** e del **canale di by-pass** del depuratore con alveo attuale e la successiva fase 4 prevede la realizzazione dell'alveo inciso in progetto con realizzazione dello scavo e delle scogliere. Non è prevista la realizzazione del manufatto A. In queste due fasi si presenta lo **Scenario idraulico provvisorio I**.

Il tempo stimato per il cantiere è pari a circa 6 mesi, quindi il tempo di ritorno dell'evento da considerare per le oo.pp. è pari a 1.58, assunto pari a 2 anni, a cui corrisponde (Gumbel) una portata al colmo pari a circa 150 mc/s (simulazione fatta in moto sostanzialmente permanente)

Il modello bidimensionale fornisce i seguenti valori massimi di livello idrico e velocità in prossimità delle ture di protezione, per le diverse sottofasi:

- Scenario idraulico provvisorio 1-A (parzializzazione dell'alveo a metà con cantiere in sinistra idraulica per la realizzazione della porzione sinistra della briglia di monte e dell'imbocco del canale di by-pass):
  - Livello idrico massimo (lato tura a monte): 144 m s.m.
  - Livello idrico minimo (lato tura a valle): 142 m s.m.
  - Velocità massima (in corrispondenza restringimento): 2.5 m/s
- Scenario idraulico provvisorio 1-B (parzializzazione dell'alveo a metà con cantiere in destra idraulica per la realizzazione della porzione destra della briglia di monte):
  - Livello idrico massimo (lato tura a monte): 143.5 m s.m.
  - Livello idrico minimo (lato tura a valle): 142 m s.m.
  - Velocità massima (in corrispondenza restringimento): 2 m/s
- Scenario idraulico provvisorio 1-C (parzializzazione dell'alveo a metà con cantiere in destra idraulica per la realizzazione della porzione destra della platea a valle della briglia di monte – alveo scavato):
  - Livello idrico massimo (lato tura a monte del salto): 143 m s.m.
  - Livello idrico minimo (lato tura a valle del salto): 136.5 m s.m.
  - Velocità massima (in corrispondenza restringimento): 3.5 m/s
- Scenario idraulico provvisorio 1-D (parzializzazione dell'alveo a metà con cantiere in sinistra idraulica per la realizzazione della porzione sinistra della platea a valle della briglia di monte – alveo scavato):
  - Livello idrico massimo (lato tura a monte del salto): 143 m s.m.
  - Livello idrico minimo (lato tura a valle del salto): 136.5 m s.m.
  - Velocità massima (in corrispondenza restringimento): 3.5 m/s

#### 17.13.2 Scenario idraulico provvisorio II

Lo Scenario idraulico provvisorio II riguarda tutte le attività per realizzare l'invaso fuori linea con alveo in progetto realizzato, ad eccezione del manufatto A (fasi da 5 a 10). La durata per la realizzazione di tale macro fase è pari a circa 2.5 anni (30 mesi). Il tempo di ritorno di riferimento (con rischio assunto pari a 0.394) per le simulazioni delle opere provvisorie relative a tale fase lavorativa è pari a circa 5 anni (per l'esattezza 5.5), a cui corrisponde una portata al colmo pari a 350 mc/s.

Durante tale fase non sono previsti lavori in alveo, ma solo esternamente allo stesso, quindi per proteggere il cantiere occorre che tale evento di piena sia contenuto all'interno dell'alveo inciso (assetto di progetto senza manufatto A). In particolare si ha che il livello idrico di tale piena lungo il tratto di alveo tra la briglia di monte e la posizione in cui è previsto il manufatto A, varia da 137.5 m s.m. a 134.7 m s.m.. Tale livello è inferiore sia al livello dell'attuale piano campagna (variabile da 142 m s.m. a 136 m s.m.) in corrispondenza di entrambe le sponde, sia della quota di

coronamento dell'argine di separazione tra l'alveo e il primo comparto dell'area di laminazione, pari a 138.5 m s.m., che della sponda sinistra in progetto, che varia da 138.1 m s.m. a 137.5 m s.m..

Nel tratto a valle, cioè dalla sezione del manufatto A fino alla soglia di valle, il livello varia tra 134.7 m s.m. e 128.7 m s.m.. Tale livello è inferiore alle quote delle sponde di progetto che nel tratto variano linearmente da 135.9 m s.m. a 129.1 m s.m.

Quindi l'alveo inciso in progetto (senza opere di regolazione e di laminazione) è in grado di contenere la piena con tempo di ritorno pari a 5 anni.

### 17.13.3 Scenario idraulico provvisoriale III

Lo **Scenario idraulico provvisoriale III** prevede la realizzazione del **manufatto A**, la cui durata è pari a 1 anno (6 mesi per ciascuna metà). La portata di riferimento per ciascuna condizione è pari a circa 2 anni (1.58 per 6 mesi e 2.5 per 12 mesi), quindi le analisi sono state fatte considerando un valore di portata pari a  $Q=150$  mc/s.

Il modello bidimensionale fornisce i seguenti valori massimi di livello idrico e velocità in prossimità del manufatto A, per le diverse sottofasce:

- Scenario idraulico provvisoriale 3-A (parzializzazione dell'alveo a metà con cantiere in sinistra idraulica per la realizzazione della porzione sinistra del manufatto A):
  - o Livello idrico massimo (lato tura a monte): 135 m s.m.
  - o Livello idrico minimo (lato tura a valle): 134 m s.m.
  - o Velocità massima (in corrispondenza restringimento): 2.5 m/s
- Scenario idraulico provvisoriale 3-B (parzializzazione dell'alveo a metà con cantiere in destra idraulica per la realizzazione della porzione destra del manufatto A. in tale fase la portata defluisce attraverso le due luci di fondo di dimensioni pari a 6x3.5 m ciascuna):
  - o Livello idrico massimo (a monte): 137 m s.m.
  - o Livello idrico minimo (lato tura a valle): 134 m s.m.
  - o Velocità massima: 2.5 m/s

Tali livelli idrici sono inferiori alla quota di coronamento dell'argine di separazione tra l'alveo e il primo comparto dell'area di laminazione, pari a 138.5 m s.m., che della sponda sinistra in progetto, che varia da 138.1 m s.m. a 137.5 m s.m.. I suddetti livelli idrici sono inferiori anche alla quota delle sponde in progetto a valle del manufatto A.

## 18. INTERFERENZE

Sulla base delle indicazioni contenute nel Progetto di risoluzione delle Interferenze contenuto nel Progetto Definitivo, nella presente fase progettuale è stato svolto un approfondimento conoscitivo con gli Enti gestori dei sottoservizi interessati dai lavori, che hanno in linea generale confermato quanto già svolto nella precedente fase progettuale.



In particolare, anche sulla base della individuazione delle aree di cantiere e delle piste di accesso, si è reso necessario aggiornare la risoluzione delle interferenze con i metanodotti SNAM (ed in particolare la linea Parma Cortemaggiore non prevista in sede di progetto Definitivo ed interferente con la pista di cantiere lungo l'alveo del t. Baganza) e dell'elettrodotto TERNA (con particolare riferimento alle modalità di accesso al traliccio che verrà lasciato all'interno dell'invaso di monte).

Le infrastrutture, aeree o sotterranee, che interferiscono con le opere in progetto e con le piste di cantiere, con le rispettive sigle identificative che verranno utilizzate nel presente elaborato, sono (da monte verso valle, vd. elaborato grafico BAG3\_13\_CAN\_D\_PL\_01\_A):

- metanodotto SNAM "Derivazione per Langhirano" (INT01.a), parallelo al confine meridionale della cassa, diametro della tubazione DN 100 mm (4"), soggiacenza media rispetto al p.c. ca. 2 m dal p.c. nel tratto limitrofo alla strada podereale, che sale a più di 5 m (come da rilievo strumentale eseguito dal personale SNAM) dal fondo alveo nel tratto di attraversamento in subalveo in corrispondenza del tratto iniziale della sistemazione dell'alveo del T. Baganza (monte). Tale metanodotto interseca anche in due differenti punti le piste di accesso al cantiere;
- metanodotto SNAM "Parma Cortemaggiore" (INT01.b), che attraversa l'alveo del t. Baganza in prossimità della loc.tà Oratorio Montanaro, avente diametro DN 1200 mm. Anche di tale attraversamento in subalveo è stata rilevata la profondità media, che risulta variabile da 3,90 a 4,90 m;
- linea elettrica di alta tensione TERNA "Linea a 380 kV La Spezia – Parma Vigheffio" (INT02), tracciato nord-ovest sud-est, tipo di linea 380'000 V, due sostegni interferenti di cui il 177 nell'area di scavo ed il 176 presso il limite meridionale, catenaria tra il 177 e il 178 oltrepassa il manufatto "A" sul lato ovest;
- collettore rete bianca fognatura di Sala Baganza (INT03), parallelo al limite ovest della cassa e prospiciente l'impianto di depurazione, tubazione in c.a. di diametro 1400 mm, soggiacenza media ca. 3.4-3.8 dal p.c. (strada / pista parallela al corso d'acqua);
- linea elettrica di bassa tensione IRETI (INT04), interseca il rilevato arginale est della cassa in corrispondenza di C.na Varrone / Ducomo;
- oleodotto militare IGO&M (INT05), tracciato nord-ovest sud-est, a distanza sempre superiore a 50 m rispetto al piede dell'argine della cassa di espansione, soggiacenza non nota, con attraversamento in subalveo presso la soglia a raso in progetto che costituirà anche il limite di valle delle sistemazioni dell'alveo del T. Baganza (valle).

In analogia a quanto già rappresentato nel Progetto Definitivo, nella planimetria generale sono richiamate anche le infrastrutture che, pur non interferendo con le opere in progetto poiché si sviluppano in adiacenza alle aree di intervento, devono essere tenute opportunamente in considerazione in fase esecutiva. Tra queste si cita in particolare l'impianto di depurazione di Sala Baganza, il cui sedime si trova comunque a debita distanza dal massimo ingombro delle opere in progetto.

I progetti di risoluzione delle interferenze sono qui di seguito descritti, con la indicazione delle tavole grafiche progettuali a cui si rimanda per maggiori dettagli.

**18.1 METANODOTTO SNAM DER. PER LANGHIRANO (INT01.A - ELAB. BAG3\_13\_CAN\_D\_PL\_04)**

Tale linea impatta in più punti rispetto alle opere previste in progetto. A tale proposito si evidenzia come nel mese di luglio siano stati eseguiti, con il personale SNAM, rilievi strumentali volti alla individuazione della corretta localizzazione piano-altimetrica del metanodotto. La risoluzione delle interferenze è stata aggiornata sulla base della nota prot. RIV.35-18 del 28.02.18 di SNAM, in cui venivano richiesti alcuni approfondimenti progettuali. In particolare:

- Con riferimento al parallelismo con il lato meridionale della cassa, è stata mantenuta la distanza già prevista in sede di PD pari ad almeno 20 m dal ciglio dello scavo; in corrispondenza della rampa di sormonto è stata richiesta a SNAM la esecuzione della protezione del tubo esistente, mediante la esecuzione di un contro-tubo in acciaio di ripartizione dei carichi; per tale opera di protezione è in corso di definizione la stipula di una specifica convenzione tra AIPO e SNAM;
- Con riferimento ai vari attraversamenti delle piste di cantiere, è stata prevista la realizzazione di una protezione temporanea costituita da una soletta in calcestruzzo armata con doppia rete elettrosaldata, come rappresentato negli elaborati grafici;
- Con riferimento all'attraversamento in sub-alveo è stato riscontrato con SNAM come la profondità di posa della condotta (variabile da 5,40 a 5,70 m) sia compatibile con le opere in progetto, e pertanto non risulti necessaria alcuna ulteriore opera di protezione. In tale tratto è infatti previsto un rizezionamento dell'alveo con rettifica del fondo e la realizzazione di una difesa di sponda in massi su entrambe le sponde del T. Baganza. Dette opere richiedono uno scavo di fondazione al massimo di 2.5 m rispetto al fondo attuale.

**18.2 METANODOTTO SNAM PARMA CORTEMAGGIORE (INT01.B - ELAB. BAG3\_13\_CAN\_D\_PL\_04)**

Tale linea non era stata presa in considerazione nell'ambito del progetto definitivo, sebbene intersecasse la pista di cantiere prevista già in origine lungo l'alveo del t. Baganza.

Anche in questo caso si è provveduto, nel luglio 2019, al rilievo strumentale della profondità, variabile da 3,90 a 4,90 m. In ragione della frequenza dei transiti e del diametro della tubazione, anche per questa intersezione è prevista la esecuzione di una protezione temporanea costituita da una soletta in calcestruzzo armata con doppia rete elettrosaldata, come rappresentato negli elaborati grafici;

**18.3 LINEA ELETTRICA DI ALTA TENSIONE TERNA (INT02)**

La "Linea a 380 kV La Spezia – Parma Vigheffio" costituisce un'importante elettrodotta che 'taglia' l'area occupata della cassa di espansione in direzione nord-ovest sud-est, ed interferisce con la stessa con due sostegni.

Il sostegno n°176, in posizione più meridionale, viene 'aggirato' dal limite di scavo con una locale modifica per garantire la fascia di rispetto.

Per il sostegno n°177 si conferma la soluzione tecnica già prevista in sede di progettazione Definitiva, sebbene in seguito agli incontri tecnici condotti con il personale TERNA si sia ravvisata la necessità di predisporre un tratto di pista di servizio per il raggiungimento del traliccio esistente. A protezione del rilevato che avvolge le opere fondazionali

del traliccio, che sono state rappresentate sulla base dei disegni di contabilità forniti da TERNA, si è valutato necessario prevedere una mantellata con materassi metallici, ricoperta di terreno vegetale per il corretto inserimento ambientale.

Sulla base di quanto convenuto in sede di Conferenza dei Servizi, rimarranno a carico di Terna eventuali modifiche dovute alla incompatibilità delle opere con il massimo livello idrico atteso all'interno dell'invaso.

Da ultimo, la catenaria nel tratto compreso tra il sostegno n°177 ed il n°178 sovrappassa le arginature lato ovest della cassa in prossimità del manufatto principale "A" con un franco (fornito da TERNA), rispetto alle strutture, di circa 13 metri, superiore quindi alle distanze minime previste per legge.

#### **18.4 COLLETTORE RETE BIANCA FOGNATURA DI SALA BAGANZA (INT03 - ELAB. BAG3\_13\_CAN\_D\_PL\_07)**

Il limite di scavo a sud-ovest della cassa è tale da non interferire con il sedime dell'impianto di depurazione; il collettore della rete bianca viene invece intercettato e deviato nel by-pass per i pesci previsto esternamente al confine ovest della cassa, ed i relativi costi sono ricompresi tra le opere in progetto. Per maggiori dettagli si rimanda alle tavole grafiche di progetto.

#### **18.5 LINEA ELETTRICA DI BASSA TENSIONE IRETI (INT04 - ELAB. BAG3\_13\_CAN\_D\_PL\_06)**

Tale linea in BT collega ed alimenta le Cascine Duomo, Casanova Varrone e Casina Peri; il ramo a servizio della ex cascina "Casanova Varrone" potrà essere dismesso in quanto se ne prevede la demolizione.

#### **18.6 OLEODOTTO MILITARE IGO&M (INT05 - ELAB. BAG3\_13\_CAN\_D\_PL\_05)**

Con riferimento all'oleodotto militare IGO&M, si evidenzia (come già chiarito nel Progetto Definitivo) come tale opera sia posta, nel tratto più prossimo alla cassa di espansione, a ca. 50 metri a valle dell'ingombro esterno, distanza tale da garantire una sufficiente fascia di rispetto. L'infrastruttura in questione sarà inoltre dotata, in corrispondenza dell'attraversamento in subalveo del T. Baganza, di una soglia a raso, al fine di assicurare la stabilizzazione del fondo alveo; tale opera, ricompresa tra gli interventi in progetto, costituirà anche il limite di valle delle sistemazioni dell'alveo del T. Baganza. Per quanto sopra, non si prevede alcun ulteriore intervento sull'infrastruttura nell'ambito del presente progetto.

### **19. ESPROPRI**

All'atto dell'avvio della fase di progettazione esecutiva era già stata avviata da parte di AIPO la procedura di acquisizione delle aree oggetto di esproprio, ai sensi dell'art. 20.3 del DPR 327/2001.

In particolare a seguito della notifica dell'atto di determinazione delle indennità di espropriazione, avvenuta per le varie Ditte oggetto di esproprio nel maggio del 2019, si è provveduto alla esecuzione dei frazionamenti (luglio 2019) ed infine, a seguito di emissione del Decreto di Esproprio n° 15 del 02/09/2019, alla successiva presa in possesso delle aree oggetto di esproprio, ai sensi dell'art. 24 del D.P.R. n. 327/2001.

Pertanto nell'ambito della presente fase progettuale si è provveduto ad aggiornare il Piano Particellare redatto nell'ambito del Progetto Definitivo:

- con riferimento alle aree oggetto di esproprio, si è provveduto all'aggiornamento della planimetria catastale (con inserimento delle nuove particelle frazionate) indicando con apposito segno grafico le aree attualmente già in possesso di AIPO. Per tali aree è stato riportato, allo scopo di darne riscontro nel Quadro economico di progetto, il valore delle indennità definitive riconosciute;
- con riferimento alle aree oggetto di occupazione temporanea, oltre alla verifica dell'aggiornamento delle planimetrie catastali si è provveduto alla correzione delle aree sulla base delle modeste modifiche introdotte in sede di progettazione Esecutiva a seguito degli affinamenti progettuali, con particolare riferimento alle aree di accantieramento ed alla viabilità di accesso. Si è inoltre provveduto all'aggiornamento delle indennità di occupazione temporanea, sia con riferimento agli eventuali nuovi valori di mercato ovvero a seguito dell'aggiornamento della durata dei lavori.

Si precisa come le aree interessate dal progetto siano ricomprese nei comuni di Sala Baganza, Collecchio, Felino e Parma e si suddividano nelle seguenti tipologie:

- area agricola privata;
- area di cava;
- area edificata privata.

Si precisa come nell'elenco ditte non siano state inserite le particelle di proprietà del Demanio dello Stato, peraltro campite con apposito segno grafico nella planimetria catastale allegata.

Rimandando alla planimetria catastale (elab. BAG3-13\_CAN-D-PL-08) ed all'elenco ditte aggiornato (Elab. BAG3-13\_CAN-R-RE-03) per maggiori dettagli, si riportano qui nel seguito gli importi inseriti nel QTE:

<b>Indennità per esproprio</b>	3.498.307,80 €
<b>Indennità per occupazione temporanea</b>	55.549,23 €
<b>Attività tecniche di consulenza per svolgimento pratiche espropriative</b>	14.450,77 €
<b>TOTALE</b>	<b>3.568.307,80 €</b>

**Tabella 10 – Indennità complessiva per espropri ed occupazioni temporanee**

## 20. STIMA DEI LAVORI E QUADRO TECNICO ECONOMICO

La stima dei lavori che ammonta complessivamente a 55.106.712,86 €, al netto dell'importo per gli oneri della sicurezza, è stata formulata considerando come riferimento l'elenco prezzi AIPO edizione 2020, della Regione Emilia Romagna edizione 2019, alcuni altri prezziari regionali (Opere forestali di iniziativa pubblica della Regione Emilia Romagna edizione 2015, Impianti elettrici e meccanici della Regione Lombardia edizione 2019) e le analisi prezzi basate su specifiche offerte e/o su valutazioni progettuali di dettaglio. Per rientrare nell'importo finanziato, ai suddetti prezzi è stato applicato un ribasso variabile sulla base delle possibili economie stimate nell'ambito dei lavori in oggetto.



L'applicazione di tale ribasso trova la sua motivazione nella entità dei lavori da realizzare, in ragione di economie di scala che l'Appaltatore potrà attuare, e che consentirà di ottimizzare i costi di fornitura, trasporto, posa in opera ed esecuzione delle singole voci.

Sono state inoltre svolte le seguenti considerazioni:

- il ribasso applicato è in linea con quanto affermato nelle "Avvertenze generali" del prezziario regionale dove si dichiara che "per i lavori di difesa del suolo è prevista una tolleranza sui prezzi del 15% in più o in meno (escluso IVA) per tenere conto delle diverse realtà provinciali e delle eventuali particolari caratteristiche dei lavori; i prezzi utilizzati nella progettazione degli interventi sono ritenuti congrui se compresi nei limiti sopra definiti.";
- i ribassi applicati risultano inferiori ai ribassi medi applicati dalle imprese affidatarie delle gare AIPO per lavori analoghi, svolte in Emilia Romagna dal 2017 ad oggi, nonché ai ribassi medi in esito alle gare per lavori analoghi affidati nella stessa regione da altri Enti negli ultimi 5 anni (in entrambi i casi i ribassi medi risultano superiori al 20%).

Tali assunzioni risultano peraltro necessarie al fine di rientrare nell'importo complessivo finanziato, tenendo conto che dal Progetto Definitivo al Progetto Esecutivo sono intervenuti numerosi fattori che hanno incrementato in modo significativo le opere in progetto e il relativo importo dei lavori. A tale riguardo si evidenzia:

- gli importi a compensazione per la cessione del materiale di risulta degli scavi non sono stati più portati a detrazione dell'importo lavori, ma ricompresi nei finanziamenti, così come indicato nella DGR Emilia-Romagna n. 597 del 26.04.2021;
- l'incremento dell'importo dovuto all'aggiornamento alla ultima versione del prezziario disponibile (da ed. 2015 a ed. 2019), risulta mediamente pari a circa il 7%;
- gli importi dei singoli corpi d'opera sono incrementati a seguito delle modifiche progettuali rese necessarie nel corso della progettazione e dell'iter approvativo, in particolare in ottemperanza alle richieste della DGD e in esito ai risultati del modello fisico, come dettagliato nella presente relazione e nella relazione di ottemperanza;
- gli oneri della sicurezza sono stati incrementati, sulla base del computo di dettaglio degli apprestamenti e delle lavorazioni (si precisa che nel PD erano stati valorizzati come una percentuale dell'importo dei lavori);
- anche le somme a disposizione sono incrementate, in ragione delle ulteriori approfondimenti conoscitivi richiesti (p.e. modello fisico), per l'aggiornamento delle indennità di esproprio, ecc.; gli importi sono stati ripresi dai vari impegni di spesa forniti dal RUP.

A fronte dell'incremento dell'importo lavori e delle relative somme a disposizione, oltre agli importi di cui alla DGR Emilia-Romagna n. 597 del 26.04.2021, è stato inserito il finanziamento MIT - Direzione Generale Dighe, i fondi AIPO e il finanziamento sui Fondi Sviluppo e Coesione in corso di perfezionamento.

Nel seguito si riporta il Quadro Tecnico Economico sintetico; per il dettaglio si rimanda all'elaborato BAG3\_15\_DTE\_R\_RE\_01.

<b>A</b>	<b>Opere in appalto:</b>			
	Importo totale lordo dei lavori, di cui:			<b>€ 56 063 712,86</b>
A.1.1)	Lavori soggetti ad IVA 22%	€	53 031 277,90	
A.1.2)	Lavori soggetti ad IVA 10% (piste, ponti, cavidotti, illuminaz.)	€	2 075 434,96	
A.2)	Importo delle forniture	€	-	
A.3)	Oneri della sicurezza non soggetti a ribasso	€	957 000,00	
<b>B</b>	<b>Somme a disposizione della stazione appaltante:</b>			
b.1)	Lavori in economia, previsti in progetto esclusi dall'appalto	€	-	
b.2)	Rilievi, diagnosi iniziali, accertamenti e indagini	€	467 654,74	
b.3)	Allacciamenti ai pubblici servizi ed oneri	€	451 999,67	
b.4)	Imprevisti (max. 10% di A)	€	106 540,81	
b.5)	Acquisizione aree o immobili, servitù, occupazioni	€	3 804 773,89	
b.6)	Accantonamento di cui all'art. 133, c. 3 e 4 del Codice	€	92 870,10	
b.7)	Incentivi per funzioni tecniche previste dall'art.113 D.Lgs 50/2016 e s.m.i.	€	540 000,00	
b.8.1)	Spese per attività tecnico-amministrative connesse alla progettazione, di supporto al responsabile del procedimento, e di verifica e validazione	€	323 679,45	
b.8.2)	Spese per attività di supporto tecnico-amministrativo previste all'art.1 comma 523 legge 205/2017 (avvalimento società in house o enti pubblici dello Stato)	€	-	
b.9)	Spese per commissioni giudicatrici	€	10 000,00	
b.10)	Spese per pubblicità e, ove previsto, per opere artistiche	€	40 000,00	
b.11)	Spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche previste dal capitolato speciale d'appalto, collaudo tecnico amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici	€	1 363 960,00	
b.12)	Spese tecniche relative a progettazione e direzione lavori e oneri diretti e indiretti	€	3 604 325,47	
b.13)	Opere di mitigazione e compensazione ambientale, monitoraggio ambientale	€	239 192,89	
b.14)	Bonifica da Ordigni Bellici inesplosi	€	302 825,48	
b.15)	Conferimento in discarica di eventuali rifiuti rinvenuti in alveo	€	150 000,00	
b.16)	Oneri di investimento	€	10 000,00	
b.17)	IVA, altre imposte e contributi:	€	12 084 964,64	
	Totale somme a disposizione dell'Amministrazione	€	23 592 787,14	<b>€ 23 592 787,14</b>
	<b>IMPORTO TOTALE LAVORI</b>			<b>€ 79 656 500,00</b>
	Importo finanziamento MATTM Piano stralcio per le aree metropolitane (intervento "08IR026/G3), Atto integrativo MATTM-RER del 11 aprile 2018 di cui alla DGR n- 1335 del 2 agosto 2018			<b>€ 55 000 000,00</b>
	Importo finanziamento MIT - Direzione Generale Dighe sul Piano Straordinario Invasi – art. 1, c. 523 legge 27/12/2017 n. 205 CODICE INTERVENTO:526/21 allegato A del Decreto n.526 del 6 dicembre 2018			<b>€ 6 000 000,00</b>
	Importo a compensazione canone cessione materiale (DGR Emilia-Romagna n. 597 del 26 aprile 2021)			<b>€ 4 494 957,38</b>
	Fondi AIPO (spese sostenute prima del 15/09/2015 non rendicontabili sulle altre fonti di finanziamento)			<b>€ 656 500,00</b>
	In corso di perfezionamento il finanziamento sui Fondi Sviluppo e Coesione (FSC) 2021-2017			<b>€ 13 505 042,62</b>
	<b>IMPORTO TOTALE FINANZIAMENTO</b>			<b>€ 79 656 500,00</b>

## 20.1 SUDDIVISIONE IN STRALCI

L'intero progetto viene suddiviso in due stralci, al fine di consentire l'avvio dei lavori del primo stralcio nelle more del perfezionamento del finanziamento sui Fondi Sviluppo e Coesione.

Nello **STRALCIO 1** vengono realizzate le seguenti opere:

- Briglia in calcestruzzo su pali di grande diametro, posta tra il comparto 1 e l'alveo del torrente nel tratto a monte dell'intervento;
- Interventi di riprofilatura e protezione della conformazione dell'alveo inciso, mediante scogliere in massi di cava;
- Comparti 1 e 2: scavi, rilevati arginali per la loro perimetrazione, opere di contrasto ai fenomeni di filtrazione (colonne di jet grouting), piste stradali sommitali, piste di accesso, elementi di protezione (materassi tipo reno), sistemi di canalizzazione delle acque;
- Manufatto "B" di sbarramento tra il comparto 1 e il comparto 2, completo di edificio di servizio per la gestione dell'impianto;
- Manufatto "C" di sfioro, svuotamento e scarico di emergenza del comparto 2;
- Briglia di valle in alveo, al limite inferiore dell'intervento, in massi;
- Canale per l'ittiofauna, in sinistra all'alveo;
- Sistemazioni ambientali e interventi di riqualificazione.

Nello **STRALCIO 2** vengono realizzate le seguenti opere:

- Manufatto A, comprensivo di scavi con relativi aggettamenti e rinterri, opere in c.a., opere accessorie e finiture, consolidamenti in jet grouting;
- Impianti elettromeccanici del manufatto A, comprensivi del quadro di gestione;
- Impianti elettrici e di illuminazione.

Si riportano nel seguito le tabelle riepilogative degli importi dei due stralci.

<b>LAVORI STRALCIO 1</b>			
<b>A</b>	<b>Opere in appalto:</b>		
	Importo totale lordo dei lavori, di cui:		<b>€ 43 933 199,16</b>
A.1.1)	Lavori soggetti ad IVA 22%	€ 41 978 238,62	
A.1.2)	Lavori soggetti ad IVA 10% (piste, ponti, cavidotti, illuminaz.)	€ 1 205 026,77	
A.2)	Importo delle forniture	€ -	
A.3)	Oneri della sicurezza non soggetti a ribasso	€ 749 933,77	
	<b>IVA:</b>		<b>€ 9 520 700,61</b>
	<b>IMPORTO TOTALE LAVORI + IVA</b>		<b>€ 53 453 899,77</b>

LAVORI STRALCIO 2			
<b>A</b>	<b>Opere in appalto:</b>		
	Importo totale lordo dei lavori, di cui:		€ 12 130 513,70
A.1.1)	Lavori soggetti ad IVA 22%	€ 11 053 039,28	
A.1.2)	Lavori soggetti ad IVA 10% (piste, ponti, cavidotti, illuminaz.)	€ 870 408,19	
A.2)	Importo delle forniture	€ -	
A.3)	Oneri della sicurezza non soggetti a ribasso	€ 207 066,23	
	<b>IVA:</b>		€ 2 564 264,03
	<b>IMPORTO TOTALE LAVORI + IVA</b>		<b>€ 14 694 777,73</b>

La modalità prescelta per l'esecuzione dei lavori 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.

Al fine della rappresentazione delle opere dei due stralci, nell'elenco degli elaborati di progetto (elab. BAG3 01 GEN R RE 00) si evidenzia lo stralcio di competenza dei singoli elaborati; negli elaborati grafici di carattere generale, ove necessario, sono stati inseriti evidenti segni grafici (retini, quotature, indicazioni) per le opere dello stralcio 2.

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. Il cronoprogramma, 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.