

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

PROGETTO ESECUTIVO

01	01/2020	Recepimento risultati modello fisico	TRESSO	BERTERO	BERTERO
00	07/2019	Prima emissione	TRESSO	BERTERO	BERTERO
REV.	DATA	MODIFICHE	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZ.

ELABORATI DI INQUADRAMENTO RELAZIONE DI OTTEMPERANZA

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:

BAG301GENRRE021

ID (1)

CAP. (2)

TIPO (3)

DOC. (4)

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

SCALA

 GENNAIO
 2020

INDICE

1. PREMESSA	2
2. DELIBERA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA N.544 DEL 16/04/2018	2
3. NOTA DELLA DIREZIONE GENERALE PER LE DIGHE N. 29423 DEL 29/12/2017	5
3.1 PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI SULLA COMPLETEZZA DEGLI ELABORATI	5
3.2 PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI SUGLI ASPETTI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI	7
3.3 PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI SUGLI ASPETTI SISMOTETTONICI E SISMICI	8
3.4 PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI SUGLI ASPETTI IDROLOGICI	11
3.5 PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI SUGLI ASPETTI IDRAULICI	12
3.6 PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI SUGLI ASPETTI GEOTECNICI	15
3.7 PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI SUGLI ASPETTI STRUTTURALI	22

1. PREMESSA

Il presente documento illustra l'ottemperanza alle prescrizioni della Delibera della Regione Emilia Romagna n.544 del 16/04/2018 VIA e alle prescrizioni e raccomandazioni della Direzione Generale per le Dighe allegate alla nota n. 29423 del 29/12/2017.

2. DELIBERA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA N.544 DEL 16/04/2018

Nella Delibera della Regione Emilia Romagna n. 544 dl 16/04/2018, la Giunta della Regione Emilia Romagna ha deliberato *“la Valutazione di Impatto Ambientale positiva, ai sensi dell’art. 16 della LR 18 maggio 1999, n. 9 e successive modifiche ed integrazioni, relativa al progetto denominato “PR-E-1047 – Cassa di espansione del Torrente Baganza nei Comuni di Felino, Sala Baganza, Collecchio e Parma”, presentato da AIPO, poiché l’intervento previsto è, secondo gli esiti dell’apposita Conferenza di Servizi, nel complesso ambientalmente compatibile” e “di ritenere, quindi, possibile la realizzazione del progetto suddetto, a condizione siano rispettate le prescrizioni riportate ai punti 1.C., 2.C. e 3.C. del Rapporto conclusivo della Conferenza di Servizi, che costituisce l’Allegato 1, parte integrante e sostanziale della presente deliberazione, di seguito trascritte”.*

Tali prescrizioni trovano riscontro nella progettazione esecutiva nelle modalità di seguito descritte per ogni argomento:

1. si prescrive che la viabilità di cantiere relativa al percorso in uscita in sponda sinistra sia riposizionata sull’attuale viabilità di cantiere sviluppata nell’ambito della coltivazione dell’unità di cava UC1 e UC1 bis;

Come è riscontrabile dall’elaborato BAG3-13_CAN-D-SZ-01 la viabilità di cantiere relativa al percorso in uscita in sponda sinistra è stata riposizionata sull’attuale viabilità di cantiere sviluppata nell’ambito della coltivazione dell’unità di cava UC1 e UC1 bis.

2. si prescrive di trasmettere le risultanze del piano di monitoraggio al competente Servizio Regionale e all’Autorità di Distretto del Po al fine di poter accertare l’eventuale necessità di avvalersi dell’istituto della deroga agli obiettivi di qualità della Direttiva 2000/60/CE;

AIPO provvederà a quanto richiesto, preliminarmente all’avvio dei lavori.

3. sarà a cura di AIPO la progettazione di dettaglio degli elementi richiesti (area di rispetto e rampa di accesso) e la verifica del mantenimento del terreno costituente l’area di rispetto (cerchio con raggio 20 m con centro nell’asse del traliccio n.177 della linea 377 Parma La Spezia) e della scarpata di accesso, in seguito all’eventuale dilavamento dovuto all’entrata in funzione della cassa, in quanto la riduzione della area di rispetto potrebbe compromettere la stabilità della fondazione del traliccio stesso. In seguito all’invaso del comparto 1, sarà cura di AIPO la verifica del mantenimento dell’area di rispetto;

Gli elementi progettuali richiesti sono stati sviluppati in accordo con TERNA e trovano riscontro nell'elaborato BAG3-13_CAN-D-PL-03, a cui si rimanda per dettagli; in ragione del rischio del potenziale dilavamento dell'area di rispetto, si è concordato di proteggere la scarpata con una protezione in materassi metallici.

4. si prescrive che le risultanze delle indagini sulle terre e rocce da scavo già eseguite e delle indagini in corso siano individuate cartograficamente sia in pianta che in sezione, in relazione ai profili di scavo della cassa in esame;

Quanto richiesto è stato ottemperato con la predisposizione degli elaborati di seguito richiamati, a cui si rimanda per maggiori dettagli:

BAG3-05_TRS-D-PL-01;
BAG3-05_TRS-D-SZ-01;
BAG3-05_TRS-D-SZ-02;
BAG3-05_TRS-D-SZ-03;
BAG3-05_TRS-D-SZ-04;
BAG3-05_TRS-D-SZ-05;
BAG3-05_TRS-D-SZ-06;
BAG3-05_TRS-D-SZ-07;
BAG3-05_TRS-D-SZ-08;
BAG3-05_TRS-D-SZ-09.

5. si prescrive di verificare la soluzione 3 della viabilità di cantiere, che prevede nel tratto finale lo scavalco di rete idraulica principale del comune di Felino, rispetto alla compatibilità dell'ipotesi progettuale con l'opera esistente;

La continuità del reticolo esistente è stata garantita mediante la predisposizione di un tombino di attraversamento, come indicato nella tav. BAG3_13_CAN_D_SZ_01.

6. si prescrive di concordare con gli enti competenti le modalità di utilizzo della viabilità in fase di cantiere;

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

7. si prescrive che gli scavi siano eseguiti con la costante assistenza di un archeologo professionista, sotto la direzione scientifica della Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per le Province di Parma e Piacenza; il nominativo dell'archeologo incaricato dalla committenza e la data d'inizio lavori dovranno essere comunicati con conveniente anticipo alla soprintendenza, affinché possano essere predisposti i controlli del caso;

L'assistenza archeologica sarà affidata da AIPO prima dell'inizio dei lavori.

8. dovranno venire realizzate le misure di mitigazione e compensazione previste nel SIA;

Le misure di mitigazione e compensazione previste nel SIA sono state inserite negli elaborati progettuali, con particolare riferimento a:

BAG3-14_AMB-R-RE-01;
BAG3-14_AMB-D-PL-01;
BAG3-14_AMB-D-PL-02;
BAG3-14_AMB-D-SZ-01;
BAG3-14_AMB-D-PC-01;
BAG3-14_AMB-D-AR-01;
BAG3-14_AMB-D-PL-03;
BAG3-14_AMB-R-RE-02

Con riferimento agli interventi di riqualificazione ambientale, si è convenuto insieme al RUP di inserirli all'interno delle opere in appalto, utilizzando gli importi previsti originariamente nel quadro economico nelle somme a disposizione.

9. si prescrive, come previsto in progetto, il ripristino del tratto di pista ciclabile in sinistra idrografica, lungo 450 m e largo 2,50 m, che sostituisce il tratto dell'esistente pista ciclabile interferito dalla cassa di espansione e che consentirà di mantenere la connessione tra l'abitato di Sala Baganza e la Strada Comunale Farnese;

La prescrizione è stata recepita, si rimanda per dettagli ai seguenti elaborati:

BAG3-14_AMB-D-PL-02;
BAG3-14_AMB-D-SZ-01;
BAG3-14_AMB-D-PC-01.

10. si prescrive di integrare le mitigazioni ambientali previste in sponda sinistra intervenendo su tutte le aree di proprietà demaniale poste a tergo del canale bypass e del depuratore e di incrementare gli interventi di piantumazione, previsti in progetto, di circa 7.400 mq come indicato dal Comune di Sala Baganza;

Gli interventi di piantumazione sono stati estesi secondo le indicazioni del Comune di Sala Baganza, come è riscontrabile nell'elaborato BAG3-14_AMB-D-PL-01.

11. si prescrive al fine di concorrere al raggiungimento degli obiettivi di qualità del corso d'acqua l'installazione di un impianto a filtro a sabbia quale trattamento terziario di finissaggio delle acque di scarico dal depuratore di Sala Baganza.

Nel quadro economico è stata inserita la voce ed il relativo importo per la installazione di un impianto di trattamento terziario, che sarà realizzato dal gestore IRETI S.p.A. L'intervento è in corso di progettazione da parte dell'Ente gestore, e verrà completato prima della ultimazione dei lavori.

3. Nota della Direzione Generale per le Dighe n. 29423 del 29/12/2017

Nella nota della Direzione Generale per le Dighe n. 29423 del 29/12/2017 si afferma che *“il Progetto dei lavori di realizzazione della Cassa di espansione del torrente Baganza debba essere sviluppato e integrato sulla base delle considerazioni formulate con il voto del C.S.LL.PP. n. 52/17 del 15.12.2017 inerenti al procedimento in corso e, per quanto non incompatibile con il parere citato, sulla base delle prescrizioni e raccomandazioni formulate con la relazione istruttoria del 9.8.2017”*.

Le prescrizioni e le raccomandazioni istruttorie, riepilogate nell'estratto allegato alla nota stessa, trovano riscontro nel progetto esecutivo, secondo le modalità riportate nel seguito.

3.1 PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI SULLA COMPLETEZZA DEGLI ELABORATI

Il progetto esecutivo dovrà comprendere i risultati della sperimentazione su modello fisico dell'opera, prevista dall'art.3 del D.P.R. 1363/1959.

Il progetto tiene 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).

Tenuto conto delle disposizioni intervenute in materia di dighe successivamente al D.P.R. 1363/1959, il progetto esecutivo dovrà comprendere, oltre agli approfondimenti propri del livello di progettazione ai sensi del D.P.R. 207/2010, i seguenti ulteriori elaborati: piano per la deviazione provvisoria del T. Baganza e la gestione delle piene nel corso dei lavori; progetto strutturale delle paratoie metalliche e delle strutture accessorie; schemi di progetto degli impianti elettromeccanici a servizio degli organi di scarico; studi di propagazione delle piene artificiali per ipotetico collasso dello sbarramento e per manovre volontarie degli scarichi; scenari di propagazione di eventi di piena estremi (1000 e 3000 anni) lungo il Baganza; piano di manutenzione – progetto di gestione dell'invaso (art. 114 D.Lgs. 152/2006 e D.M. 30.6.2004); proposta di piano di laminazione (ancorché di competenza regionale – Dir. PCM 27.2.2004 e successive modifiche).

Relativamente al **piano di deviazione provvisoria del T. Baganza e la gestione delle piene nel corso dei lavori**, nel progetto è presente un'apposita relazione, cod. BAG3_02_IDR_R_RE_04, in cui sono descritte le analisi idrauliche condotte con riferimento al periodo di cantiere; in particolare nella suddetta relazione sono descritte, anche in accordo a quanto previsto nel Piano di Sicurezza e Coordinamento (elaborato BAG3_17_SIC_R_RE_01), le diverse fasi di lavoro per le quali risulta necessario prevedere la realizzazione di opere provvisionali, i valori delle portate di piena di riferimento e le analisi idrauliche di dettaglio finalizzate alla definizione delle caratteristiche principali delle opere provvisionali (livello idrico e velocità della corrente in corrispondenza delle opere provvisionali) e degli effetti da esse indotte sul regime idraulico del T. Baganza.

Il **progetto strutturale delle paratoie metalliche e delle strutture accessorie** è riportato in specifiche relazioni, nelle quali sono riportate le descrizioni dettagliate delle paratoie e i calcoli strutturali dei principali elementi:

- BAG3_12_IMP_R_RE_01 - Apparecchiature elettromeccaniche manufatto A
- BAG3_12_IMP_R_RE_02 - Apparecchiature elettromeccaniche manufatto B
- BAG3_12_IMP_R_RE_03 - Apparecchiature elettromeccaniche manufatto C

La rappresentazione grafica delle paratoie e delle strutture accessorie è riportata nei seguenti elaborati:

- BAG3_12_IMP_D_CA_01÷05 - Apparecchiature elettromeccaniche manufatto A - Carpenteria e particolari - tav.1÷5
- BAG3_12_IMP_D_CA_06÷10 - Apparecchiature elettromeccaniche manufatto B - Carpenteria e particolari - tav.1÷5

- BAG3_12_IMP_D_CA_11÷15 - Apparecchiature elettromeccaniche manufatto C - Carpenteria e particolari - tav.1÷ 5

Gli **scemi di progetto degli impianti elettromeccanici** a servizio degli organi di scarico sono riportati nei seguenti elaborati:

- BAG3_12_IMP_D_CI_01 - Apparecchiature elettromeccaniche manufatto A - Centralina idraulica
- BAG3_12_IMP_D_CI_02 - Apparecchiature elettromeccaniche manufatto B - Centralina idraulica
- BAG3_12_IMP_D_CI_03 - Apparecchiature elettromeccaniche manufatto C - Centralina idraulica

Gli **studi di propagazione delle piene artificiali per ipotetico collasso dello sbarramento e per manovre volontarie degli scarichi**, nonché gli **scenari di propagazione di eventi di piena estremi (1000 e 3000 anni) lungo il Baganza** sono stati effettuati dall'Università di Parma su incarico di AIPO.

Nell'ambito del progetto è stato redatto il **piano di manutenzione delle opere**, elaborato BAG3_16_MAN_R_RE_01.

Al fine di definire il **progetto di gestione dell'invaso**, alcune indicazioni relative al piano di laminazione sono contenute all'interno della relazione idraulica del progetto esecutivo, elaborato BAG3_02_IDR_R_RE_02.

3.2 PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI SUGLI ASPETTI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI

Si ritiene che la definizione progettuale e il dimensionamento esecutivo dei sistemi di drenaggio previsti sul fondo della cassa debbano essere confermati sulla base di un modello geotecnico di filtrazione tarato alla scala di progetto, tenendo anche conto delle diverse condizioni al contorno dei due comparti e dell'assetto stratigrafico variabile del alto Sud (monte) del comparto 1 della cassa.

Nel progetto esecutivo è effettuata un'analisi idrogeologica e modellistica di dettaglio basata sull'implementazione di un nuovo modello integrato acque superficiali – sotterranee, calibrato con i dati dei monitoraggi piezometrici effettuati sino ad oggi. 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). Il modello, oltre supportare la valutazione delle portate e dunque il dimensionamento esecutivo dei sistemi di drenaggio a fondo vasche, consente di valutare gli effetti sull'innalzamento temporaneo di falda conseguente alla gestione operativa dei bacini di laminazione, per eventi a differente tempo di ritorno.

La descrizione del modello adottato, delle analisi svolte e dei relativi risultati è riportata nell'elaborato BAG3_03GEO_R_RE_02 - Relazione idrogeologica e modelli di flusso.

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 viene 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. Tale aspetto viene descritto nel paragrafo 2.5 della Relazione arginature - Verifiche filtrazione e sifonamento (elaborato BAG3_07_ARG_R_RE_01) e rappresentato nell’elaborato grafico BAG3_07_ARG_D_SZ_01 – Comparto 1 - Sezioni trasversali - Tav.1

Si ritiene opportuno prevedere, nel progetto esecutivo, interventi di protezione delle scarpate di scavo nei confronti di fenomeni di ruscellamento / filtrazione.

Nel progetto esecutivo è prevista, lungo le scarpate in scavo del lato Sud, al di sotto dello strato di terreno vegetale, la posa di 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. La descrizione di tale intervento è riportata nel paragrafo 2.8 dell’elaborato BAG3_07_ARG_R_RE_01 - Relazione arginature - Verifiche filtrazione e sifonamento, la rappresentazione grafica è nell’elaborato BAG3_07_ARG_D_ST_08 – Sezioni trasversali tipologiche – Tav.8.

In merito al trasporto solido, trattandosi di aree e volumi normalmente all’asciutto, il contenimento degli effetti sulla cassa del trasporto solido può essere gestito mediante periodiche asportazioni meccaniche, come prospettato in progetto; tale aspetto dovrà essere precisato e trattato in fase di progettazione esecutiva nell’ambito del “Piano di manutenzione delle opere” e poi del “Progetto di gestione dell’invaso” ai sensi dell’art. 114 del D. Lgs. 152/2006.

L’asportazione del trasporto solido all’interno delle casse è stata inserita nel piano di manutenzione delle opere (elaborato BAG3_16_MAN_R_RE_01), al capitolo 2 – Casse di espansione, arginature e viabilità di servizio. Il controllo relativo alla presenza di materiale solido all’interno delle casse è previsto con frequenza annuale ed in ogni caso dopo ogni evento di piena; lo svolgimento dell’attività di rimozione sarà definito in esito ai risultati dei controlli.

3.3 PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI SUGLI ASPETTI SISMOTETTONICI E SISMICI

Per quanto riguarda gli aspetti sismotettonici e sismici il progetto definitivo è stato integrato con uno studio sismotettonico preliminare basato su indagini e dati di letteratura sul sito, a seguito del quale i Progettisti non modificano la pericolosità sismica di normativa. Al riguardo, ancorchè sia solo di poco superato il limite a_g di cui al p.to

C.7.7.1 ultimo capoverso della NTD2014 ($a_g = 0,155 \geq 0,15$), si ritiene 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.

È stata prodotta la specifica "Relazione Studio Sismotettonico" (BAG3 04 SIS R RE 01) contenente gli aspetti indicati nella prescrizione.

Nell'ambito di tale relazione, è stata stimata la pericolosità sismica (PSHA) in termini di PGA ed accelerazione spettrale (AS) per il periodo di ritorno di 475 anni, standard di riferimento per la progettazione sismica, e per i periodi di ritorno di 1424 e 2475 anni, corrispondenti rispettivamente allo Stato Limite di Vita (SLV) e allo Stato Limite di Collasso (SLC).

L'analisi ha evidenziato una sensibilità (elevata o moderata, ma mai trascurabile) dei risultati nei confronti delle ipotesi/scelte assunte. Di seguito si riporta una sintesi del peso sui risultati, in termini di scostamento dallo spettro di Normativa, delle variabilità assunte nell'ambito di questo studio.

	ASSUNZIONI/VARIABILITA'		Variabilità del risultato (S_a)	
			ELEVATA	MODERATA
Analisi di sensibilità	INTERVALLI DI COMPLETEZZA	Completezza specializzata		
		Completezza globale		
Albero logico	SIMULAZIONE DELLE ZONE SISMOGENETICHE	Zonazione ZS9		
		Zonazione ZS2		
		Area sources - ZS2		
		Area plane - ZS2		
Analisi di sensibilità	MAGNITUDO MASSIMA	M_{max} e b (G&R)		
		$M_{max}+0.3$ e b (G&R)		
Albero logico	LEGGI DI ATTENUAZIONE	GMPE Globali		
		GMPE Europee		
		GMPE Italiane		
		GMPE Regionali		

In esito all'analisi PSHA, gli spettri di riferimento orizzontali individuati nello studio sono quelli compatibili con la scelta della magnitudo massima incrementata di 0.3, come suggerito dalle linee guida INGV (vedere Tabella seguente), intervalli di completezza specializzati, valori di b non corretti.

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

I grafici degli spettri della componente verticale del moto sono riportati nel capitolo 6 – Allegati, al paragrafo 6.4; si riportano di seguito i valori di PGAV ottenuti per la classe di suolo B e la condizione di analisi Mmax+0.3 e “b” non corretto, per gli stati limite di riferimento.

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

In merito alle verifiche sismiche delle opere che fanno temporanea ritenuta idrica, 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]

Le verifiche sismiche delle opere in progetto sono state effettuate considerando la contemporaneità dell’evento sismico e dell’evento di piena, nelle condizioni di invaso alla quota massima di regolazione, secondo quanto indicato in normativa. Più in particolare, le verifiche in condizioni sismiche per le diverse opere sono riportate nei seguenti elaborati:

- Per le arginature – elaborato BAG3-07-ARG-R-RE-02 “Relazione geotecnica – Fondazioni rilevati e verifiche di stabilità”;
- Per i manufatti A e B – elaborato BAG3_08_MRA_R_RE_01 “Manufatto A - Relazione di calcolo”, elaborato BAG3_08_MRA_R_RE_03 “Relazione di analisi dinamica”, elaborato BAG3_08_MRB_R_RE_01 “Manufatto B - Relazione di calcolo”;
- Per il manufatto C – elaborato BAG3_10_MRC_R_RE_01 “Relazione di calcolo”;
- Per le paratoie del manufatto A – elaborato BAG3_12_IMP_R_RE_01 “Apparecchiature elettromeccaniche manufatto A – Relazione”
- Per le paratoie del manufatto B – elaborato BAG3_12_IMP_R_RE_02 “Apparecchiature elettromeccaniche manufatto B – Relazione”
- Per le paratoie del manufatto C – elaborato BAG3_12_IMP_R_RE_03 “Apparecchiature elettromeccaniche manufatto C – Relazione”

Nelle verifiche eseguite a cassa vuota le azioni sismiche risultano essere state comunque sovrastimate, essendo stato attribuito all'opera un coefficiente d'uso CU pari a quello per "dighe strategiche", risultando invece l'opera in questione, in assenza di diversa classificazione, ricompresa tra le "dighe rilevanti per le conseguenze di un eventuale collasso" (NTD 2014 p.to C.7.7.2: CU=1,5 anziché 2)

Nelle verifiche sismiche delle opere del progetto esecutivo si è utilizzata la classe d'uso CU=1.5, considerando le opere ricomprese nella categoria B "Dighe rilevanti per le conseguenze di un eventuale collasso" (NTD 2014 p.to C.7.7.2); tale assunzione viene riportata nelle relazioni elencate al p.to precedente.

3.4 PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI SUGLI ASPETTI IDROLOGICI

Sulle portate/idrogrammi di piena di progetto di assegnato Tr (stabilito dalle vigenti NTD) deve essere acquisito il parere del competente Servizio idrografico (ora ARPA Emilia Romagna) ai sensi dell'art.5 del DPR 1363/1959 e ai sensi della Circ. RID n.6729 del 24.9.2007. Al riguardo si conferma la necessità che il parere di ARPA Emilia Romagna, già reso al Proponente in fase di progettazione indipendentemente dalla normativa citata, sia rilasciato formalmente ai sensi dell'art.5 del citato DPR 1363/1959. Ciò in quanto le raccomandazioni contenute nel parere ARPA PGSIM/2015/1575 del 23.12.2015 circa la necessità di adottare "opportuni accorgimenti nonché franchi e coefficienti di sicurezza sovradimensionati per tutte quelle opere, impianti o parte di essi che abbiano particolare attinenza con la pubblica incolumità" non sembrano considerare esplicitamente che per le "grandi dighe" i margini di sicurezza e, in particolare i franchi idraulici, sono definiti dalle norme tecniche di settore (NTD 2014 sostitutive del DM 24.3.1982).

In data 01/06/2018 ARPAE ha trasmesso ad AIPO il parere di competenza espresso ai sensi dell'art. 5 del regolamento di cui al DPR 1363/1959, relativo alle analisi idrologiche/idrauliche sul Progetto dei "Lavori di realizzazione della cassa di espansione del Torrente Baganza nei comuni di Felino, Sala Baganza, Collecchio e Parma (PR-E-1047). Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione idrologica del progetto esecutivo, elaborato BAG3_02_IDR_R_RE_01.

Ferma restando la competenza dell'ARPA Emilia Romagna, ai fini dell'acquisizione di tale parere, risulta opportuno (in relazione alla numerosità del campione di dati disponibili in rapporto ai tempi di ritorno cui l'estrapolazione si riferisce) ricorrere anche ai disponibili metodi di regionalizzazione delle portate per la zona omogenea di interesse individuata dal VA.PI. o eventualmente da studi più aggiornati.

Il parere di ARPAE contiene la definizione delle portate di piena al colmo per diversi valori del tempo di ritorno, utilizzando la metodologia VAPI con distribuzione TCEV assumendo parametri a scala di bacino e parametri calcolati con la serie storica, comprendente anche l'evento di piena del 2014. Inoltre, la stima effettuata da ARPAE ha portato a definire valori di portata maggiori, a parità di tempo di ritorno, rispetto a quelle ricavate dalle curve di crescita valide per la zona omogenea di interesse per il bacino Parma-Baganza (D e Bologna) del rapporto VAPI. Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione idrologica del progetto esecutivo, elaborato BAG3_02_IDR_R_RE_01.

“Il valore della portata al colmo, così come ricostruito tramite modellazione idraulica inversa, dell’evento dell’ottobre 2014 deve essere comunque considerato in modo completo nell’analisi statistica per giungere ad una stima del valore di portata millenaria che sia comunque cautelativa e utilizzabile per la determinazione del tempo di ritorno ‘nominale’ dell’intervento e per la corretta valutazione del rischio residuo”. “Si raccomanda che nel successivo sviluppo progettuale ciò possa essere implementato, anche al fine di verificare le assunzioni adottate dai progettisti”. Gli idrogrammi di progetto andrebbero conseguentemente “riscalati” considerando la curva di crescita delle portate comprensiva dell’evento del 2014.

Come già sopra dichiarato, le valutazioni effettuate da ARPAE comprendono anche l’evento di piena del 2014.

Per aggiornare gli idrogrammi di piena sintetici (come gli idrogrammi già definiti da DICATEA per il Baganza) in funzione degli effetti dei cambiamenti climatici, ARPAE, nell’ambito delle “Attività di studio finalizzate alla ricostruzione idrologica dell’evento di piena del 11-12 dicembre 2017 e all’aggiornamento dell’idrologia di piena del torrente Enza”, ha indicato la seguente metodologia: «Per quanto riguarda il metodo degli idrogrammi sintetici di tipo SDH, la loro ridefinizione può essere effettuata imponendo una variazione del colmo di piena congruente alla distribuzione di probabilità ottenuta in proiezione climatica e variando opportunamente il parametro θ nell’espressione di Bacchi della curva di riduzione in modo da mantenere invariato il volume dell’idrogramma in esame». Nell’ambito del progetto esecutivo sono quindi stati aggiornati gli idrogrammi di piena, considerando le portate di piena al colmo definite da ARPAE e i volumi definiti da DICATEA. Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione idrologica del progetto esecutivo, elaborato BAG3_02_IDR_R_RE_01.

3.5 PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI SUGLI ASPETTI IDRAULICI

Si conferma la necessità di realizzare, nello sviluppo della progettazione esecutiva, il previsto modello fisico in conformità a quanto previsto al p.to C.1 delle NTD 2014 e all’art.3 del DPR 1363/1959, per definire il corretto funzionamento dei manufatti e della cassa di espansione, con riferimento in particolare alle modalità di funzionamento della briglia di ingresso alla cassa e del relativo dispositivo di dissipazione a valle, di deflusso attraverso le luci dello sbarramento (sotto battente e sfioratori), di interazione con l’argine n.7 e di dissipazione a valle dei tre manufatti, a convalida dei calcoli idraulici di progetto.

Il modello fisico è stato realizzato dall’Università di Parma su incarico di AIPO, si rimanda al p.to 3.1 per gli aspetti progettuali oggetto di modifiche.

L’argine tipo 7 costituisce elemento di contenimento della cassa nel caso di riempimento del comparto 2 ed è anche impegnato nel contenimento del torrente Baganza che scorre parallelamente allo sviluppo dell’argine stesso, in uscita dal manufatto di regolazione. Per tale aspetto e, in particolare, per gli accorgimenti da adottarsi, potranno essere determinanti i risultati della sperimentazione su modello fisico di cui al punto precedente. Per quanto riguarda la stabilità della scogliera al piede del paramento di detto argine, dalle verifiche numeriche effettuate risultano infatti valori

di velocità della corrente non particolarmente elevati; eventuali correttivi potranno quindi essere introdotti in base alle risultanze delle prove sul modello fisico, tenendo comunque conto delle osservazioni rese sugli aspetti geotecnici in merito all'opportunità di estendere la protezione del paramento dell'argine tipo 7 a valle del manufatto di raccordo A-B, lato fiume, anche in fondazione e in elevazione fino alle massime quote idriche in alveo.

In esito alle prove sul modello fisico, la protezione dell'argine tipo 7, estesa per tutto il tratto a valle del manufatto A, ha un'altezza pari a 3.50 m dal fondo dell'alveo; la geometria della fondazione e dell'elevazione della scogliera in massi è rappresentata nell'elaborato BAG3_11_ALV_D_PL_02.

Ai fini della funzionalità, si raccomanda di valutare l'opportunità di estendere il rivestimento di protezione (in alternativa a periodiche manutenzioni) della soglia di fondo tracimabile di separazione tra l'alveo del Baganza, a valle della briglia di ingresso, e il comparto 1.

Nel progetto esecutivo è previsto il rivestimento di protezione dell'intera soglia di fondo tracimabile, attraverso la posa di massi da scogliera. Per i dettagli si rimanda all'elaborato BAG3_11_ALV_D_PL_02.

In merito alla soglia all'estremità di valle dell'intervento si evidenzia l'esigenza di definire la sezione tipo schematizzata nell'elab. BAG2_12BRI_D-PL_02A, di monitorare eventuali fenomeni erosivi a valle della soglia e di programmare l'adozione di provvedimenti adeguati in caso di scalzamenti superiori a quelli preventivati dallo studio sul trasporto solido.

La soglia all'estremità di valle è maggiormente definita nell'elaborato BAG3_11_ALV_D_PL_03. L'opera in questione è, come tutte le altre opere in progetto, oggetto del piano di manutenzione (elaborato BAG3_16_MAN_R_RE_01), per cui AIPO dovrà provvedere al monitoraggio dei fenomeni erosivi a valle della soglia e programmare eventuali interventi in caso di scalzamenti eccessivi.

Sulla "interferenza con altre opere idrauliche già realizzate", "emerge la necessità di valutare dal punto di vista idraulico come la cassa sul Parma in località Marano e quella in progetto sul Baganza possano interferire tra loro, in occasione di eventi particolarmente intensi aventi durate di precipitazioni differenti da 1 a 24 ore oltre che estensioni spaziali eterogenee sui bacini di competenza delle due opere idrauliche".

Nella relazione idraulica, elaborato BAG3_02_IDR_R_RE_02, sono riportate alcune valutazioni e proposte relative all'interazione tra le due casse di laminazione.

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.

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. Per i relativi dettagli si rimanda ai seguenti elaborati:

BAG3_11_ALV_R_RE_01
BAG3_11_ALV_R_RE_02
BAG3_11_ALV_D_SZ_02
BAG3_11_ALV_D_CO_01
BAG3_11_ALV_D_PL_01
BAG4_11_ALV_D_PL_04
BAG3_11_ALV_D_SZ_01
BAG3_11_ALV_D_CA_01
BAG3_11_ALV_D_CA_02
BAG3_11_ALV_D_AR_01
BAG3_11_ALV_D_AR_02
BAG3_11_ALV_D_AR_03
BAG3_11_ALV_D_PC_01

Il progetto esecutivo dovrà comprendere le opere elettromeccaniche.

Il progetto strutturale delle paratoie metalliche e delle strutture accessorie è riportato in specifiche relazioni, nelle quali sono riportate le descrizioni dettagliate delle paratoie e i calcoli strutturali dei principali elementi:

- BAG3_12_IMP_R_RE_01 - Apparecchiature elettromeccaniche manufatto A
- BAG3_12_IMP_R_RE_02 - Apparecchiature elettromeccaniche manufatto B
- BAG3_12_IMP_R_RE_03 - Apparecchiature elettromeccaniche manufatto C

La rappresentazione grafica delle paratoie e delle strutture accessorie è riportata nei seguenti elaborati:

- BAG3_12_IMP_D_CA_01÷05 - Apparecchiature elettromeccaniche manufatto A - Carpenteria e particolari - tav.1÷ 5
- BAG3_12_IMP_D_CA_06÷10 - Apparecchiature elettromeccaniche manufatto B - Carpenteria e particolari - tav.1÷ 5
- BAG3_12_IMP_D_CA_11÷15 - Apparecchiature elettromeccaniche manufatto C - Carpenteria e particolari - tav.1÷ 5

Gli schemi di progetto degli impianti elettromeccanici a servizio degli organi di scarico sono riportati nei seguenti elaborati:

- BAG3_12_IMP_D_CI_01 - Apparecchiature elettromeccaniche manufatto A - Centralina idraulica
- BAG3_12_IMP_D_CI_02 - Apparecchiature elettromeccaniche manufatto B - Centralina idraulica
- BAG3_12_IMP_D_CI_03 - Apparecchiature elettromeccaniche manufatto C - Centralina idraulica

3.6 PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI SUGLI ASPETTI GEOTECNICI

Al livello di impostazione progettuale risultano correttamente individuate e affrontate le questioni geotecniche connesse con la costruzione dell'opera, risultando adeguata la relativa progettazione, a meno dei seguenti aspetti da sviluppare, anche con specifici elaborati grafici, nelle successive fasi progettuali:

- *Devono essere definiti i dettagli esecutivi dei contatti tra i manufatti di calcestruzzo e di materiali sciolti, per gli aspetti realizzativi e di tenuta idraulica (v. Tavv. MAN D PL 01 – 02 - detti immorsamenti sono stati comunque migliorati in sede di risposta alle osservazioni istruttorie di DGDighe).*
- *Deve essere definito con esaustività il collegamento del rilevato in destra della briglia di Ingresso nella cassa con lo scavo del comparto 1 (in corrispondenza della sezione sul lato Sud), in relazione a possibili fenomeni di filtrazione per aggiramento in fase di innalzamento della falda.*

I contatti tra i manufatti in calcestruzzo e in materiali sciolti già previsti nel progetto definitivo sono stati confermati e ottimizzati nel progetto esecutivo:

- manufatto B: l'immorsamento in spalla destra con il rilevato arginale di sezione tipo 1 viene ottenuto con il concio massiccio 1D, lungo 15.5 m, presente oltre il manufatto di sfioro; la geometria di tale concio è rappresentata in pianta nell'elaborato BAG3_09_MRB_D_PP_01 – Pianta manufatto - e nella sezione T dell'elaborato BAG3_09_MRB_D_SZ_02 – Sezioni trasversali – Tav.2;
- manufatto A: l'immorsamento in spalla sinistra con il rilevato arginale di sezione tipo 6 viene ottenuto con un elemento in calcestruzzo armato, con relativa sottofondazione, lungo 17.3 m in direzione perpendicolare all'asse del manufatto A, e posto in asse al rilevato arginale; tale elemento è rappresentato in pianta nell'elaborato BAG3_08_MRA_D_PP_01 – Pianta manufatto - e nella sezione 2 dell'elaborato BAG3_08_MRA_D_SZ_05 – Sezioni longitudinali;
- immorsamento tra i conci massicci di transizione tra il manufatto A ed il manufatto B ed il rilevato arginale di valle (sezione tipo 7): l'immorsamento viene ottenuto con un elemento in calcestruzzo armato, con relativa sottofondazione, lungo 15 m in direzione perpendicolare all'asse dei manufatti A e B; tale elemento è rappresentato in pianta nell'elaborato BAG3_08_MRA_D_PP_01 – Pianta manufatto - e nella sezione M dell'elaborato BAG3_08_MRA_D_SZ_04 – Sezioni trasversali – Tav.3;
- manufatto C: le spalle hanno una geometria complessa, con muri andatori che si immorsano nei rilevati adiacenti; la geometria di tali elementi è rappresentata in pianta nell'elaborato BAG3_10_MRC_D_PL_01 – Planimetria;

La realizzazione di un nucleo di materiale semipermeabile all'interno del rilevato arginale migliora ulteriormente gli aspetti legati alla tenuta idraulica in corrispondenza dell'immorsamento tra le strutture in c.a. e il rilevato stesso.

Per il collegamento del rilevato in destra della briglia di Ingresso nella cassa con lo scavo del comparto 1 (in corrispondenza della sezione sul lato Sud) si rimanda al precedente p.to 3.2.

A livello di impostazione generale si rileva che il progetto non prevede interventi di consolidamento dei piani di imposta/terreni di fondazione della diga, stante i soddisfacenti risultati delle verifiche geotecniche dei manufatti (verifiche agli stati limite e calcolo dei cedimenti). Al riguardo, ancorché la diga sia di modesta altezza e soggetta ad invasi temporanei, si ritiene comunque opportuno che detta scelta sia ulteriormente motivata nell'ambito delle successive fasi progettuali, con ulteriori approfondimenti (in connessione anche alle prove su modello idraulico) riferiti alla esigenza di evitare fenomeni di scalzamento e ridurre possibili cedimenti differenziali dei manufatti di calcestruzzo tra le diverse parti della struttura (all'unghia di monte le opere si troverebbero fondate su elementi rigidi in corrispondenza della linea dello schermo di tenuta).

La modellazione idraulica bidimensionale a fondo mobile (elaborato BAG3 02 IDR R RE 03 00) ha messo in evidenza che la quota di fondo dell'alveo a monte del manufatto A varia nell'ordine di qualche decina di centimetri; in particolare la quota di fondo alveo, che in progetto è pari a circa 133.1 m s.m., durante l'intero periodo di simulazione (pari a 14 anni) subisce una limitata evoluzione, che raggiunge valori minimi di circa 132.8 m s.m. (erosione massima di circa 30 cm) e valori massimi di circa 133.5 m s.m. (deposito di circa 40 cm). Gli abbassamenti del fondo alveo in prossimità delle fondazioni sono pertanto molto contenuti e quindi si conferma la scelta di non prevedere interventi di consolidamento dei piani di imposta della fondazione della diga.

La stessa modellazione ha messo in evidenza che a valle del manufatto A, della vasca di dissipazione e del tratto di alveo corazzato in massi, la quota di fondo, che in progetto è pari a circa 132.4 m s.m., durante l'intero periodo di simulazione varia tra 132.4 m s.m. (pari alla quota di partenza) e 130.9 m s.m. (erosione di circa 150 cm rispetto alla quota di fondo iniziale). Tali abbassamenti non si verificano però in prossimità delle opere di fondazione della diga, ma a valle del tratto di alveo corazzato con massi di peso pari ad almeno 500 kg, che si sviluppa per 15 m a valle della vasca di dissipazione.

Per il calcolo dei cedimenti, come riportato nella "Relazione di calcolo dei cedimenti" (elaborato BAG3 03 GEO R RE 04), si è considerata per i manufatti A e B un'unica sezione trasversale (2 sezioni per il manufatto C) ritenuta rappresentativa in quanto la stratigrafia del sottosuolo risulta uniforme nelle zone in esame (in senso longitudinale al manufatto) come anche le caratteristiche strutturali anch'esse piuttosto regolari; non ci si attendono pertanto cedimenti differenziali. Inoltre l'analisi numerica di interazione manufatto terreno effettuata per il manufatto A, che simula anche la presenza dell'allineamento jet grouting, non ha evidenziato sostanziali cedimenti differenziali fra le differenti parti d'opera (in senso trasversale).

Circa la caratterizzazione fisico meccanica dei materiali geotecnici e dei terreni di fondazione, il Progettista perviene ad una stima dei relativi parametri caratteristici facendo ricorso alle usuali correlazioni empiriche, data la natura prevalentemente granulare degli stessi. Al riguardo si ritiene detta stima condivisibile, ferme restando le prove ulteriori di cui all'art. 10 del DPR 1363/1959; parimenti dovranno essere preventivamente accertate, mediante l'esecuzione di rilevati sperimentali ai sensi della norma sopra richiamata, le effettive modalità esecutive per ottenere, mediante

miscelazione e compattazione delle terre provenienti dagli scavi (previa riduzione di contenuto in acqua allo stato prevista mediante "stoccaggio"), materiali di caratteristiche conformi a quelle assunte nelle verifiche del corpo arginale [prescrizione per la fase successiva alla progettazione esecutiva e antecedente ai lavori da disciplinare con il C.S.A. e il Foglio di condizioni per la costruzione ex art.6 DPR 1363/1959].

Nel Capitolato Speciale d'Appalto - Norme tecniche (elaborato BAG3_15_DTE_R_RE_09) è prescritto che i materiali da impiegare nella costruzione dei rilevati, i terreni di fondazione e tutti i materiali costituenti le strutture, dovranno essere assoggettati, prima dell'inizio dei lavori e d'accordo con il Servizio dighe, ad ulteriori prove che ne determinino le caratteristiche fisico meccaniche.

Relativamente alle "Arginature: Tipologie e scelte progettuali" "il progettista approfondisce le scelte progettuali relativamente alle sezioni tipo da 1 a 7. Nel merito delle problematiche di definizione e modellazione delle sezioni 1, 5 e 7 ribadendo la correttezza della soluzione adottata evidenzia l'importanza della necessità di un corretto confinamento delle lenti di materiale a più elevata permeabilità, rimandando però in sede di progettazione esecutiva il dettaglio su come tale confinamento viene garantito. Cogliendo positivamente le risposte del progettista su questo punto si sottolinea l'importanza, nella fase di progettazione esecutiva, degli elaborati che illustrino se, e con che grado di attendibilità, è possibile confinare lo strato di U.G.1 lasciato in posto, non solo per le sezioni tipo ma anche e soprattutto per le sezioni di raccordo e/o collegamento con i manufatti". "In merito allo spessore di materiale della sezione 6 (lato interno argine) si suggerisce di porre particolare attenzione a tale aspetto in sede di progettazione esecutiva".

In merito alle verifiche di filtrazione del rilevato arginale, l'inserimento di un nucleo semipermeabile in asse al rilevato stesso e per tutta la sua altezza modifica in modo sostanziale il comportamento delle opere in terra previsto nel progetto definitivo in condizioni di invaso pieno, migliorandone le prestazioni in tutte le sezioni tipologiche; la descrizione della nuova geometria è riportata nella relazione BAG3_07_ARG_R_RE_01 - Relazione arginature - Verifiche filtrazione e sifonamento – e negli elaborati BAG3_07_ARG_D_ST_01÷08 – Sezioni trasversali tipologiche – Tav. 1÷8.

Nello specifico tali verifiche di filtrazione, svolte mediante modelli numerici bidimensionali rappresentativi delle sezioni trasversali, evidenziano che le lenti di materiale U.G.1, più permeabile ($K \approx 10^{-3}$ m/s), si mantengono in posto in quanto adiacenti ad un nucleo semipermeabile ($K 10^{-7} \div 10^{-8}$), in cui si realizzano le maggiori perdite di carico piezometrico.

La presenza di materiali permeabili U.G.1, incrementa infatti significativamente la conducibilità idraulica equivalente del corpo di entrambi i paramenti (media ponderata delle conducibilità idrauliche sullo spessore saturo). Come si può osservare dal profilo di saturazione per le singole verifiche (es. successiva sezione 7, Tr 1000 anni, regime stazionario), la filtrazione nel nucleo determina l'abbattimento pressochè totale dei carichi piezometrici dal paramento di monte (gradiente idraulico ≈ 0), rendendo influente sulla sicurezza al sifonamento l'incremento significativo di conducibilità idraulica equivalente dovuto alle lenti U.G.1, intercluse nel rilevato arginale sia sul lato esterno che interno rispetto al nucleo stesso.

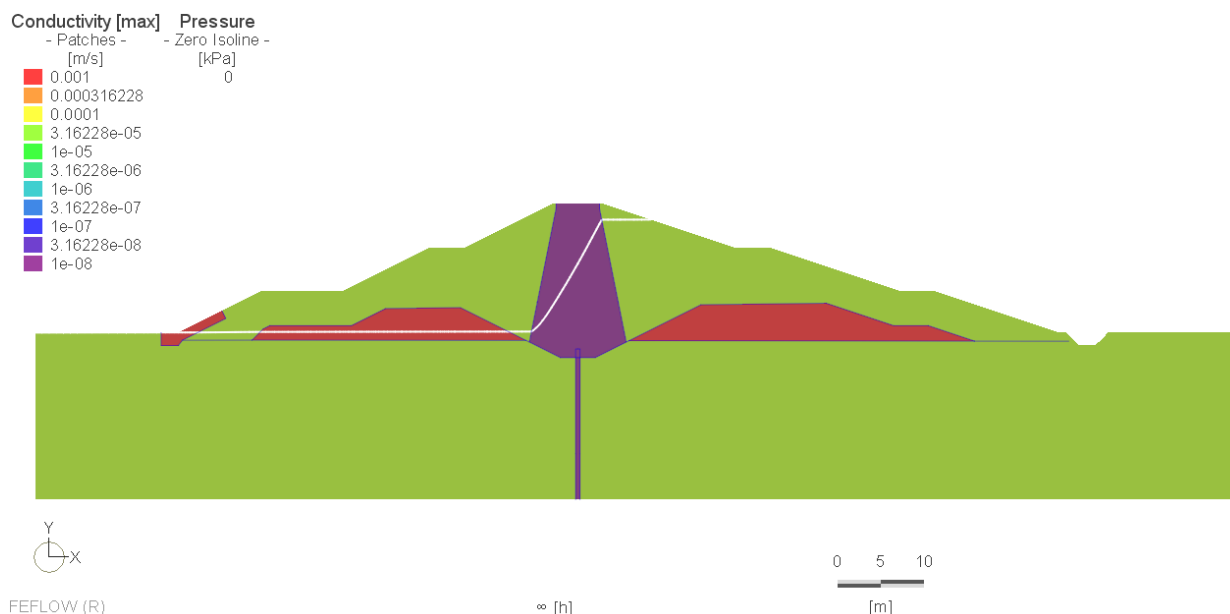


Figura 1 – Sezione 7, verifica di filtrazione

Le verifiche sono riportate nel dettaglio nella relazione BAG3_07_ARG_R_RE_01 - Relazione arginature - Verifiche filtrazione e sifonamento.

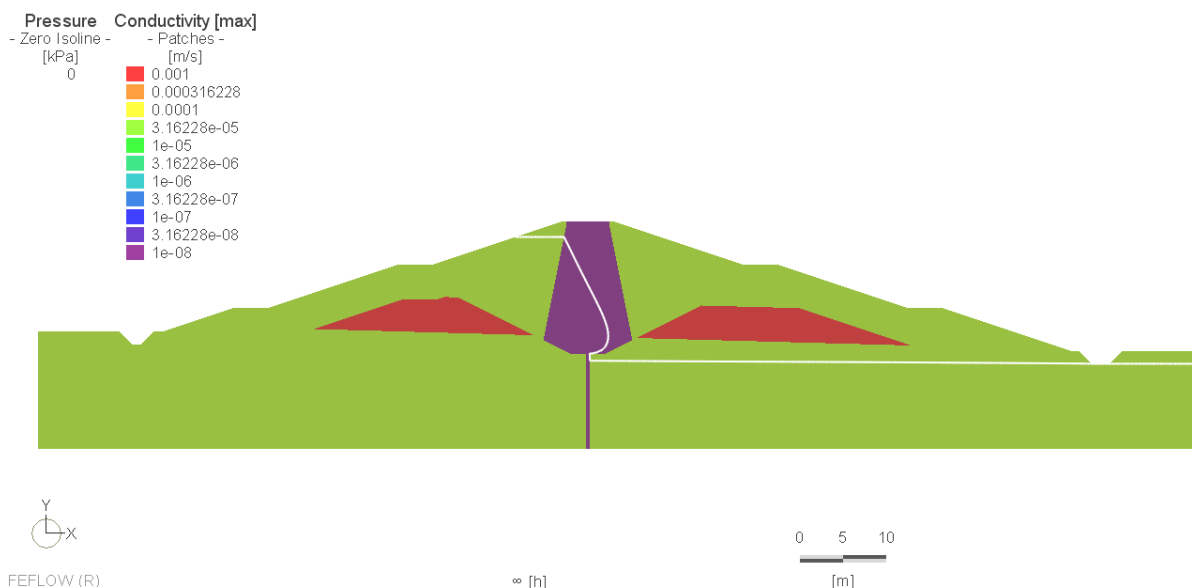
Circa le analisi filtrazione (finalizzate alle verifiche di stabilità) si formulano le seguenti osservazioni sui riflessi progettuali delle stesse, da recepire in coordinamento con le osservazioni di cui al punto precedente:

- per il rilevato tipo 1 (Relazione geotecnica) le analisi indicano un abbattimento della superficie piezometrica in corrispondenza dei materiali drenanti posti in fondazione in corrispondenza del paramento di valle; a tale proposito si evidenzia che detto dispositivo per esercitare correttamente la sua azione drenante deve avere la possibilità di recapitare all'esterno le portate intercettate; possibilità che al momento non appare definita e pertanto dovranno essere adottati gli opportuni accorgimenti;
- per il rilevato schematizzato con la sezione 7A si evidenzia che le analisi di filtrazione indicano una piezometrica emergente sul paramento di valle, il quale tuttavia non risulta presidiato da una specifica unghia/strato di valle drenante, adeguatamente protetta da appositi elementi di transizione/filtro; anche in questo caso dovranno pertanto essere definiti gli opportuni accorgimenti e particolari esecutivi; inoltre appare opportuno prevedere una più efficace protezione da effetti erosivi e di scalzamento in relazione al deflusso del T. Baganza al piede di valle, anche in funzione degli esiti delle previste prove su modello fisico idraulico.

Come già descritto nel p.to precedente, tutte le sezioni tipologiche sono state totalmente riprogettate al fine di garantire la dissipazione dei carichi nel nucleo semipermeabile ($K 10^{-7} \div 10^{-8}$). Più in dettaglio:

- nel rilevato tipo 1, dove i materiali posti in fondazione in corrispondenza del paramento di valle hanno una permeabilità $K \approx 10^{-3}$ m/s, si ripropone una situazione analoga a quella rappresentata nella precedente Figura 1, pertanto non viene più attribuita una funzione drenante al materiale di fondazione. La figura seguente

mostra la configurazione della filtrazione della sezione tipo 1, con invaso 1 in condizioni di piena e invaso 2 vuoto, in regime stazionario



- nel rilevato tipo 7, rappresentata nella precedente *Figura 1*, si evidenzia che non è più presente una piezometrica emergente sul paramento di valle, grazie all'inserimento del nucleo centrale che modifica sostanzialmente il comportamento del rilevato arginale.

Le verifiche sono riportate nel dettaglio nella relazione BAG3_07_ARG_R_RE_01 - Relazione arginature - Verifiche filtrazione e sifonamento.

Relativamente alle "Arginature: valutazione dei cedimenti" si osserva che il progettista ha svolto gli approfondimenti richiesti fornendo una valutazione sulla ammissibilità dei cedimenti differenziali indotti dalla realizzazione del rilevato arginale. In proposito, si suggerisce che tali valutazioni vengano inserite nell'elaborato di progetto esecutivo, allegando una planimetria di dettaglio della zona, comprensiva di rilevato arginale e fabbricati, nonché una sezione trasversale rilevato-fabbricato-isolinee cedimenti.

È stato redatto un elaborato planimetrico specifico (BAG3_03_GEO_D_PL_04) contenente le informazioni richieste (curve di isocedimento totali) da cui si evince che i cedimenti differenziali sulle preesistenze più vicine sono del tutto trascurabili.

Il Progettista prevede la messa in opera di diaframmi con funzione di taglione idraulico al piede delle opere di sostegno (rilevati e manufatti) laddove il gradiente idraulico tra monte e valle risulti significativo, ed in particolare quando la differenza tra il livello idrico di monte e la quota del piano campagna a valle dell'opera risulta maggiore di 9-10 m. Si raccomanda di assicurare nel successivo sviluppo progettuale il raggiungimento, ove possibile, dello strato limo-argilloso a minore permeabilità.

Il diaframma risulta sempre immerso nello strato limo-argilloso a minore permeabilità; a tale riguardo si rimanda in particolare alle verifiche in corrispondenza dei manufatti A, B e C svolte nella relazione BAG3_07_ARG_R_RE_01. Fa eccezione parte del rilevato Est, vasca 2, dove la differenza tra il livello idrico di monte e la quota del piano campagna a valle dell'opera risulta comunque di circa 7.5 m e non si riscontra, mantenendo comunque una sezione tipo con nucleo semipermeabile, alcuna problematica da verifiche di filtrazione e sifonamento.

Relativamente alle "Arginature: Verifiche al sifonamento e campi prova jet-grouting", in merito alle sezioni 4 e 5 anche in presenza di tiranti idraulici massimi di 3 m si richiede comunque di effettuare le verifiche a sifonamento da inserire nell'elaborato di progetto esecutivo.

Sono state eseguite le verifiche a sifonamento per tutte le sezioni tipologiche, comprese le sezioni tipo 4 e tipo 5, con l'inserimento del nucleo di materiale semipermeabile; la descrizione dei modelli di flusso utilizzati, nonché i risultati delle simulazioni e delle verifiche al sifonamento sono riportati nella relazione BAG3_07_ARG_R_RE_01 - Relazione arginature - Verifiche filtrazione e sifonamento.

La realizzazione dei diaframmi in fondazione è prevista con colonne di terreno consolidato con tecnologia jet-grouting; detta tecnologia, certamente attuabile in materiali granulari come quelli rinvenuti nell'impronta della fondazione delle opere in progetto, dovrà essere accuratamente sperimentata in fase esecutiva, previa esecuzione di specifici campi prova (art. 10 DPR 1363/1959), con obblighi da recepire nel C.S.A. e nel Foglio di condizioni per la costruzione (art. 6 DPR 1363/1959). In particolare, per quanto riguarda l'esecuzione del taglione idraulico in colonne di jet-grouting, si conferma la necessità di un campo prove per i trattamenti in jet-grouting al fine di valutare la corretta compenetrazione delle colonne realizzate. Si ritiene che gli specifici elaborati di progetto esecutivo ne debbano tener conto con riferimento alla relativa disciplina contrattuale.

In progetto esecutivo è stato previsto un elaborato specifico (BAG3_07_ARG_R_RE_03) in cui sono descritti i campi prova jet grouting da eseguire in corso d'opera prima della realizzazione del taglione, finalizzato alla verifica della corretta compenetrazione e delle caratteristiche meccaniche.

Sussiste l'esigenza di assicurare la continuità – nei tratti ove è prevista - dello schermo in fondazione che non appare correttamente indicata planimetricamente in alcune tavole di progetto (al piede di monte dei manufatti principali e al centro del rilevato arginale tipo 1).

Tale continuità è rappresentata correttamente nei seguenti elaborati grafici:

BAG3 07 ARG D PL 04 - Setti in jet grouting - Intervento tipo 1 - Planimetria e sezioni tav. 1/2

BAG3 07 ARG D PL 05 - Setti in jet grouting - Intervento tipo 1 - Planimetria e sezioni tav. 2/2

BAG3 07 ARG D PL 06 - Setti in jet grouting - Intervento tipo 2 - Planimetria e sezioni tav. 1/2

BAG3 07 ARG D PL 07 - Setti in jet grouting - Intervento tipo 2 - Planimetria e sezioni tav. 2/2

BAG3 07 ARG D SZ 14 - Setti in jet grouting - Sviluppate

Come anticipato nell'ambito delle osservazioni sugli aspetti geologici, si raccomanda di valutare la necessità di estendere lo schermo anche nella zona di collegamento tra la briglia di ingresso e la cassa (allo stato è previsto un diaframma per uno sviluppo di 50 m) nonché eventualmente nella zona adiacente di monte (lato Sud della vasca del comparto 1), a seguito di approfondimenti con il prosieguo della progettazione.

È stato valutato che tale estensione dello schermo, nella zona di collegamento tra la briglia di ingresso e la cassa non fosse necessaria né per motivi geotecnici né per motivi idraulici.

Per quanto riguarda le verifiche stabilità, in condizioni di invaso pieno, si rileva che le stesse risultano tutte soddisfatte tranne quella della sezione tipo 7A (paramento di valle - coefficiente di sicurezza globale 1.107). In proposito in sede di progettazione esecutiva dovranno pertanto essere adottati gli opportuni accorgimenti costruttivi per ricondurre tale valori ai minimi di norma (1,2). A tale proposito si segnalano inoltre leggere differenze tra i risultati esposti nella Relazione geotecnica dell'Ottobre 2016 e quella integrativa del Giugno 2017, presumibilmente dovute ad una diversa impostazione numerica dei limiti dei cerchi di scorrimento; ancorché non incidenti sulle scelte di progetto, dovranno pertanto essere effettuate le opportune verifiche di riscontro, da eseguire anche nei casi di assenza/presenza dei diaframmi di tenuta in fondazione.

Le verifiche, effettuate in condizioni di invaso pieno, sono state effettuate tenendo conto della nuova configurazione granulometrica del rilevato che presenta il nucleo argilloso e i paramenti relativamente più permeabili (vedere elaborato BAG3 07 ARG RE 02). Le verifiche risultano tutte soddisfatte, con i valori superiori i valori minimi di norma.

Per quanto riguarda le verifiche di stabilità del fronte di scavo del lato Sud (monte) della cassa (comparto 1), nel prendere atto dei positivi risultati ottenuti con le verifiche, si ritiene necessario comunque proteggere il profilo delle scarpate da fenomeni di ruscellamento/filtrazione, prevedendo la messa in opera di opportuni presidi.

Per tale aspetto si rimanda al precedente p.to 3.2

Circa il previsto piano di monitoraggio, atteso che la definizione degli strumenti sarà meglio precisata nel progetto esecutivo, si raccomanda di avere cura di collocare postazioni piezometriche (a risposta rapida) oltre che nei terreni di fondazione anche nel corpo del rilevato per la verifica dei processi di filtrazione attraverso gli stessi, nonché di prevedere almeno una postazione inclinometrica nel rilevato tipo 1 (di separazione tra il comparto 1 ed il comparto 2) nonché sul paramento di valle della sez. tipo 7 (di separazione tra il torrente ed il comparto 2). Dovrà inoltre essere

installata la strumentazione idrometrica raccomandata da ARPA E.R., di interesse anche per gli aspetti di sicurezza idraulica dello sbarramento.

È stato previsto un piano di monitoraggio che recepisce quanto previsto avendo predisposto molteplici sezioni rappresentative e relative postazioni che tengono sotto controllo “real time” l'andamento delle pressioni idrauliche sia in fondazione che all'interno del corpo del rilevato, nelle sue differenti porzioni (nucleo e paramenti); in ogni sezione è prevista la strumentazione inclinometrica.

3.7 PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI SUGLI ASPETTI STRUTTURALI

Essendo previsti per i manufatti diga e di scarico anche getti di calcestruzzo massivi, dovranno essere definiti in sede di progettazione esecutiva e poi essere oggetto della sperimentazione preliminare di cui all'art.10 del DPR 1363/1959 il mix-design del calcestruzzo, i cementi a basso calore di idratazione da utilizzarsi, gli inerti, gli additivi e le modalità di confezionamento e getto con i relativi accorgimenti.

Le prescrizioni esecutive relative ai getti massivi vengono riportate nel Capitolato Speciale d'Appalto – Norme tecniche (elaborato BAG3 15 DTE R RE 09); più in particolare, la qualità e la provenienza dei materiali costituenti i calcestruzzi sono riportate nell'Art.4, le norme per l'esecuzione delle opere sono riportate nell'Art. 31. In entrambi gli articoli è riportata la prescrizione relativa alla sperimentazione preliminare di cui all'art.10 del DPR 1363/1959. Si precisa che i calcestruzzi delle opere in progetto vengono prescritti a prestazione garantita, in accordo con le norme UNI EN 206-1 e UNI11104, e che la definizione del mix-design sarà fornita dall'Appaltatore in fase esecutiva; tale prescrizione è riportata all'art.31 del Capitolato.

Le verifiche sismiche dei manufatti di ritenuta in calcestruzzo/acciaio dovranno essere ulteriormente sviluppate nell'ambito del prosieguo della progettazione, in relazione al parere del CCSSLPP sulla quota idrica di riferimento, integrando le verifiche, per gli S.L. competenti, anche con il calcolo delle tensioni.

Come indicato nella relazione generale, per le verifiche statiche dei manufatti A e B, costituenti i manufatti di regolazione di monte della cassa di espansione, sono stati creati modelli FEM tridimensionali non lineari con elementi finiti solidi a 6 o 8 nodi.

Il comportamento del calcestruzzo è stato simulato mediante un legame costitutivo non lineare tipo Mohr-Coulomb: $c=0.40$ MPa e $\phi=35.0^\circ$. Per la valutazione dei parametri adottati per il calcestruzzo si è fatto riferimento al paragrafo 6.2.5 dell'eurocodice 2 (superficie scabra). In ogni caso, al fine di trascurare la resistenza a trazione del conglomerato, la coesione ($c=0.40$ MPa) è stata assunta nulla.

Il comportamento del terreno è stato simulato mediante un letto di molle non lineari (reagenti solo a compressione). Il valore della costante di Winkler è stato calibrato sulla base dei cedimenti valutati con il modello geotecnico in condizioni di esercizio ($k_w = 7500$ kN/m³). Oltre alle molle in direzione verticale, i nodi appartenenti al piano di fondazione sono stati bloccati alle traslazioni sul piano orizzontale.

I carichi sono stati applicati agli elementi finiti mediante “pressure load” e “hydrostatic pressure”.

L'analisi non lineare, svolta per ogni combinazione di carico, è stata risolta con il metodo di Newton-Raphson adottando un criterio di convergenza basato sulla norma dello spostamento (0.005).

Il tipo di modellazione adottato ha quindi permesso di ottenere, per ciascuno dei conci i cui sono suddivisi i manufatti A e B, lo stato tensionale completo con valori tensionali in corrispondenza di ciascun nodo degli N elementi finiti con cui sono stati discretizzati gli elementi strutturali della diga.

Essendo inoltre l'analisi di tipo non lineare, il raggiungimento delle condizioni di equilibrio, congruenza, e quindi il soddisfacimento della convergenza, implicano che la verifica a scorrimento all'interno del corpo diga è automaticamente soddisfatta. La modellazione ad elementi finiti permette inoltre di determinare direttamente le reazioni vincolari su tutta la base dei conci rendendo immediatamente visibile il soddisfacimento delle verifiche a ribaltamento e sollevamento.

Per le verifiche tensionali e per ogni dettaglio si rimanda alle seguenti relazioni:

BAG3_08_MRA_R_RE_01 – Manufatto regolatore A – Relazione di calcolo

BAG3_09_MRB_R_RE_01 – Manufatto regolatore B – Relazione di calcolo

Per quanto concerne i ponti a coronamento realizzati con travi in c.a.p., si osserva che nella progettazione esecutiva e costruttiva di dettaglio le verifiche strutturali dovranno tenere conto anche delle forze orizzontali per frenatura, della componente orizzontale del sisma e delle azioni da vento secondo quanto previsto dalle NTC 2008.

Per quanto riguarda le azioni di calcolo utilizzate per il dimensionamento e la verifica degli impalcati del ponte stradale a servizio dei manufatti A e C della cassa si conferma che il progetto rispetta integralmente quanto richiesto dalla NTC 2008 e che in particolare si è tenuto conto delle azioni longitudinali di frenamento o di accelerazione dei mezzi motorizzati, delle azioni dovute alla componente orizzontale del sisma e delle azioni del vento così come previsto dalla normativa e come è possibile riscontrare dalla relazione di calcolo e dagli elaborati grafici di progetto.

In particolare per il manufatto A si rimanda alla relazione BAG3_10_MRA_R_RE_01, per il manufatto C si rimanda alla relazione BAG3_10_MRC_R_RE_01 – Allegato 3.

Il progetto strutturale delle paratoie metalliche e quello dei relativi impianti elettromeccanici dovranno far parte del Progetto esecutivo dell'opera.

Per tale aspetto si rimanda al precedente p.to 3.1