

INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DELLA DIGA DROVE DI CEPPARELLO



PROGETTO DEFINITIVO

Codice elaborato:	Nome Elaborato:	Scala:
ET01	RELAZIONE GENERALE	-
		Data:
		30/10/2020

Settore:



Sede Firenze Via de Sanctis, 49 Cod. Fiscale e P.I. 06111950488

Organizzazione dotata di Sistema di Gestione Integrato certificato in conformità alla normativa ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000

PROGETTAZIONE :

PROGETTISTA :

ING. GIOVANNI SIMONELLI

GEOLOGO :

GEOL. FILIPPO LANDINI

ESPROPRI :

GEOM. ANDREA PATRIARCHI

COLLABORATORI :

GEOL. CARLO FERRI

PER. AGR. DAVIDE MORETTI

GEOM. ANDREA BERNARDINI

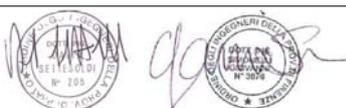
CONSULENTI TECNICI :



PROGETTISTA OPERE IDRAULICHE E STRUTTURALI :ING. DAVID SETTESOLDI

COMMESSA I.T. :

INGT-TPLPD-ACQAC159



RESPONSABILE COMMITTENTE :

GEOM. ALESSANDRO PIOLI

DELEGATO DEL DIRETTORE TECNICO :

ING. GIOVANNI SIMONELLI

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :



ING. ROBERTO CECCHINI

Rev.	Data	Descrizione / Motivo della revisione	Redatto	Controllato / Approvato
02	30 / 10 / 2020	Seconda Emissione (Richieste pervenute e revisione costi)	Settesoldi	Settesoldi
01	18 / 04 / 2019	Prima Emissione	Settesoldi	Settesoldi

INDICE

1	PREMESSA	1
2	OSSERVAZIONI E CHIARIMENTI	3
2.1	OSSERVAZIONI DELLA RELAZIONE ISTRUTTORIA PROGETTO PRELIMINARE	3
2.1.1	<i>Osservazioni di competenza specifica.....</i>	3
2.1.1.1	Osservazione 1.....	3
2.1.1.2	Osservazione 2.....	3
2.1.1.3	Osservazione 3.....	3
2.1.1.4	Osservazione 4.....	4
2.1.1.5	Osservazione 5.....	4
2.1.1.6	Osservazione 6.....	4
2.1.1.7	Osservazione 7.....	4
2.1.1.8	Osservazione 8.....	4
2.1.1.9	Osservazione 9.....	5
2.1.1.10	Osservazione 10.....	6
2.1.1.11	Osservazione 11.....	6
2.1.1.12	Osservazione 12.....	6
2.1.1.13	Osservazione 13.....	7
2.1.1.14	Osservazione 14.....	7
2.1.1.15	Osservazione 15.....	8
2.1.1.16	Osservazione 16.....	8
2.1.1.17	Osservazione 17.....	9
2.1.1.18	Osservazione 18.....	9
2.1.1.19	Osservazione 19.....	10
2.1.1.20	Osservazione 20.....	11
2.1.1.21	Osservazione 21.....	11
2.1.1.22	Osservazione 22.....	11
2.1.2	<i>Coerenza con la scheda di accordo</i>	12
2.1.2.1	Osservazione 23.....	12
2.1.2.2	Osservazione 24.....	12
2.1.2.3	Osservazione 25.....	12
2.1.3	<i>Aspetti suscettibili di miglioramento</i>	13
2.1.3.1	Osservazione 1.....	13
2.1.3.2	Osservazione 2.....	13
2.1.3.3	Osservazione 3.....	14
2.1.3.4	Osservazione 4.....	14
2.1.3.5	Osservazione 5.....	14
2.1.3.6	Osservazione 6.....	15
2.1.3.7	Osservazione 6.....	15
2.1.3.8	Osservazione 6.....	15
2.1.3.9	Osservazione 6.....	15
2.1.3.10	Osservazione 6.....	16
2.2	CHIARIMENTI RICHIESTI DAL CONSIGLIO SUPERIORE DEL LAVORI PUBBLICI	16
2.2.1	<i>Nota M_INF.CSLP.REGISTRO UFFICIALE.U.0011221.23-12-2019</i>	16
2.2.1.1	Aspetti geotecnici	16
2.2.1.1.1	Punto A) Definizione delle opere Geotecniche	17
2.2.1.1.2	Punto B) Definizione del modello geotecnico	18

2.2.1.1.3	Punto C) Sintesi delle analisi.....	18
2.2.1.1.4	Punto D) Verifiche di stabilità dei pendii.....	19
2.2.1.2	Aspetti idraulici.....	20
2.2.1.2.1	Punto A) Estensione del tratto di studio.....	20
2.2.1.2.2	Punto B) Scarico a gravità della vasca di dissipazione.....	20
2.2.1.2.3	Punto C) Orientamento profili.....	21
2.2.1.3	Ulteriori raccomandazioni.....	21
2.2.1.3.1	Punto A) Piani di fondazione dei rilevati.....	21
2.2.1.3.2	Punto B) Filtrazione nel corpo diga.....	22
2.2.1.3.3	Punto C) Tipologia a becco d'anatra.....	22
2.2.1.3.4	Punto D) Asimmetria dei canali di scarico.....	22
2.2.1.3.5	Punto E) Vasche di dissipazione.....	23
2.2.1.3.6	Punto F) Scostamento dei costi.....	23
2.2.2	<i>Nota M_INF.CSLP.REGISTRO UFFICIALE.U.0000187.09-01-2020</i>	23
2.2.2.1	Aspetti strutturali.....	23
2.2.2.1.1	Punto A) Relazione strutturale.....	24
2.2.2.1.2	Punto B) Elaborati grafici.....	24
3	INQUADRAMENTO GENERALE.....	25
3.1	DESCRIZIONE GENERALE.....	25
3.2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	27
3.3	CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO ALLO STATO ATTUALE.....	28
3.3.1	<i>Limitazioni di invaso.....</i>	29
3.3.2	<i>Altezza della diga.....</i>	30
3.3.3	<i>Paramenti della diga.....</i>	30
3.3.4	<i>Franco di sicurezza.....</i>	34
3.3.5	<i>Soglie sfioranti e canali fugatori.....</i>	34
3.3.6	<i>Opera di presa.....</i>	34
3.3.7	<i>Scarico di fondo.....</i>	35
3.3.8	<i>Scaricatori a sifone.....</i>	35
3.4	ANALISI DELLE CRITICITÀ.....	36
3.5	LE ATTIVITÀ DI PROGETTAZIONE.....	37
4	DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	42
4.1	INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO.....	42
4.1.1	<i>Caratteristiche dei terreni di rinfianco.....</i>	43
4.1.2	<i>Messa in opera del terreno di rinfianco.....</i>	43
4.1.3	<i>La protezione del rilevato a lavori ultimati.....</i>	43
4.2	INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO IDRAULICO.....	44
4.2.1	<i>Interventi di adeguamento dello scarico di superficie.....</i>	44
4.2.1.1	Adeguamento scolmatore sinistro.....	48
4.2.1.2	Spostamento viabilità.....	49
4.2.1.3	Sostituzione condotte.....	49
4.2.1.4	Adeguamento scolmatore destro.....	50
4.2.1.5	Setti impermeabili.....	51
4.2.1.6	Nuove passerelle.....	52
4.2.1.7	Adeguamento della vasca di dissipazione.....	52

4.2.2	<i>Interventi di adeguamento dello scarico di fondo</i>	53
4.2.2.1	Lo SCARICO DI FONDO	54
4.2.2.2	L'opera di DERIVAZIONE	54
4.2.3	<i>Il pozzetto di controllo delle perdite</i>	55
4.2.4	<i>Gli impianti elettrici</i>	55
4.2.5	<i>Opere per il monitoraggio</i>	56
5	QUADRO ECONOMICO	57

ELENCO FIGURE

Figura 2-1 – Confronto curve di invaso attuale progetto	6
Figura 2-2 – Profilo superfici libere nello stato di progetto	9
Tabella 2-3 – Parametri geotecnici caratteristici.....	18
Tabella 2-4 – Tabella valori di F_s minimi calcolati dal software per ogni sezione di studio nelle condizioni attuali e di progetto.....	19
Figura 3-1 – Ortofoto 1954 (Volo GAI) dello stato dei luoghi prima della costruzione della diga Drove di Cepparello (base RT-OFC 10k54). La sagoma attuale della diga è rappresentata dalle linee di colore rosso.	26
Figura 3-2 – Ortofoto 1965 della Diga Drove di Cepparello (base RT-OFC 10k65).....	26
Figura 3-3 – Ortofoto 2013 della Diga Drove di Cepparello (base RT-OFC 10k13).....	27
Figura 3-4 – Inquadramento bacino idrografico sotteso alla diga di Cepparello (base RT-topogr. 50k).	28
Figura 3-5 – Vista aerea della diga di Cepparello con limitazione di invaso alla quota di 177.0 m s.l.m..	30
Figura 3-6 – Planimetria della diga Drove di Cepparello allo stato attuale (le quote sono riferite al F.C.E.M).	32
Figura 3-7 – Sezione trasversale della diga Drove di Cepparello allo stato attuale (le quote sono riferite al F.C.E.M.).	33
Figura 3-8 – Opera di presa esistente (estate 2003).	35
Figura 4-1 – Planimetria della diga Drove di Cepparello nello stato di progetto.	46
Figura 4-2 – Sezione trasversale della diga Drove di Cepparello nello stato di progetto.	47
Figura 4-3 – Schema di funzionamento delle condotte afferenti all'invaso.....	50
Figura 4-4 – Sezione del nuovo scarico di fondo.	54

ELENCO TABELLE

Tabella 2-1 – Combinazioni di carico verifiche di stabilità.	10
Tabella 3-1 – Dati caratteristici dello sbarramento allo stato attuale.....	29
Tabella 3-2 – Dati caratteristici del serbatoio allo stato attuale.	29

1 PREMESSA

La società Ingegnerie Toscane S.r.l. ha incaricato la società West Systems S.r.l. per la progettazione per la realizzazione degli interventi di miglioramento della diga di Cepparello ubicata nel Comune di Poggibonsi (Prov. SI) sul Borro di Cepparello.

Gli interventi di miglioramento sono finalizzati ad aumentare la sicurezza attuale della diga ai sensi del cap. H.2.2 del D.M. del 26 giugno 2014 “*Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)*”.

Secondo quanto riportato al cap. H.2.2. del D.M. 26/06/2014 per la diga di Cepparello risulta necessario procedere sia ad interventi di miglioramento idraulico sia ad interventi di miglioramento sismico:

[...]

È fatto obbligo di procedere almeno ad interventi di miglioramento idraulico, in conseguenza alla valutazione della sicurezza idraulica in base ai criteri di cui al cap. H.3.4., se il tempo di ritorno della portata di piena scaricabile rispettando il franco idraulico indicato al cap. C.1 risulti inferiore a 500 anni per le dighe in calcestruzzo e a 1000 anni per le dighe in materiali sciolti.

È fatto obbligo di procedere almeno ad interventi di miglioramento sismico quando le analisi svolte come prescritto ai capp. H3 e H4 per valutare la verifica sismica lascino prevedere il raggiungimento di uno SLU (SLV/SLC).

[...]

Nel **marzo 2017** è stato redatto il **Progetto Preliminare**.

Tale progetto è stato sottoposto al parere preliminare del *Ministero delle Infrastrutture e Trasporti – Dipartimento per le infrastrutture i sistemi informativi e statistici – Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche – Ufficio tecnico per le dighe di Firenze* con **nota prot. 28481 del 18/04/2017**. L’*Ufficio tecnico per le dighe di Firenze* ha trasmesso al concessionario la propria relazione istruttoria che in data 24-10-2017 prot. 23805.

Nel contempo è stata avviata la procedura per la verifica di assoggettabilità a VIA. Acque s.p.a. ha presentato l’istanza di verifica di assoggettabilità con nota prot. 79588 del 10/07/2017 successivamente perfezionata in con nota prot. 85140 del 25/08/2017. In data 28/09/2017 prot. 22208 il Ministero ha comunicato la procedibilità dell’istanza.

In data 07/11/2017 la Regione Toscana trasmetteva il parere di propria competenza. Con nota del 1127 del 17/01/2018 il Ministero inoltrava una richiesta di integrazioni. Nell’ottobre 2018 venivano completate le indagini e le elaborazioni integrative e le stesse erano trasmesse al Ministro dell’Ambiente.

La verifica di assoggettabilità si è conclusa con esito negativo e rinvio del Progetto a Valutazione di Impatto Ambientale.

La procedura di VIA, avviata sul Progetto Definitivo redatto nell'Aprile 2019, risulta ad oggi in corso di istruttoria.

Il presente aggiornamento del Progetto Definitivo viene predisposto in seguito delle indicazioni del *Ministero delle Infrastrutture e Trasporti*, di AIT e del Gestore, al fine di ridurre i costi degli interventi definiti nel progetto.

Le modifiche progettuali individuate per l'abbattimento dei costi sono riferite a:

- *sistema di scarico di superficie*: modifica della configurazione della vasca di dissipazione a valle dei canali fugatori;
- *viabilità interna*: modifica alla strada che consente l'accesso al coronamento posizionata in adiacenza al canale fugatore sinistro.

Nella redazione dell'aggiornamento si è tenuto conto anche delle note del *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Seconda Sezione* pervenute in data 23/12/2019 prot. n. 11221 e 09/01/2020 prot. n. 187.

La presente relazione generale (art. 25 del D.P.R. 207/2010) riferisce in merito alle caratteristiche principali dell'opera e alle problematiche di carattere tecnico ed operativo rimandando per gli aspetti di dettaglio alle specifiche relazioni tecniche.

2 OSSERVAZIONI E CHIARIMENTI

2.1 OSSERVAZIONI DELLA RELAZIONE ISTRUTTORIA PROGETTO PRELIMINARE

La relazione istruttoria dell'Ufficio tecnico per le dighe di Firenze riporta le seguenti osservazioni delle quali si è tenuto conto nella redazione del Progetto Definitivo consegnato nell'aprile 2019.

2.1.1 OSSERVAZIONI DI COMPETENZA SPECIFICA

Per quanto riguarda gli aspetti tecnici di competenza specifica (ai sensi dell'art. 1 del DPR 1363/59) le osservazioni sono riportate si seguito.

2.1.1.1 OSSERVAZIONE 1

1. presentare una descrizione degli impianti previsti, i.e. illuminazione e valvole

Il progetto prevede la sostituzione dell'impianto di illuminazione della diga e della viabilità di accesso al coronamento. Inoltre come meglio specificato in seguito è prevista la realizzazione di un nuovo scarico di fondo e di un nuovo sistema di derivazione delle acque dal lago.

2.1.1.2 OSSERVAZIONE 2

2. presentare una specifica relazione geotecnica

E' stata redatta una relazione geotecnica per le verifiche di stabilità della diga e una relazione geotecnica per le strutture. Le relazioni geotecniche sono state redatte sulla base delle indagini geotecniche disponibili e delle ulteriori analisi finalizzate alla valutazione della risposta simica locale.

2.1.1.3 OSSERVAZIONE 3

3. presentare una planimetria ubicativa dei siti di cava e di deposito, estesa alle eventuali aree di cava e deposito poste al di fuori dell'invaso

Il progetto prevede di approvvigionare il materiale per la realizzazione del rilevato all'interno dell'area dell'invaso. Non si prevede pertanto di attivare cave al di fuori dell'area dell'invaso. Per quanto riguarda i siti di deposito, con particolare riferimento alla sistemazione del materiale accumulatosi nel corso degli anni immediatamente a monte della diga, sono anch'essi ricompresi nell'area dell'invaso. Nel presente progetto definitivo tali aree sono state esplicitamente individuate.

2.1.1.4 OSSERVAZIONE 4

4. descrizione dello sbarramento allo stato attuale: si richiedono delucidazioni circa le discrepanze rilevate tra quanto riportato nella relazione illustrativa del progetto e quanto agli atti dell'Ufficio dighe, circa le quote di funzionamento dei sifoni e la quota di sfioro in sinistra (rif. prot. n. 12536 del 09/06/2016)

I due sifoni attualmente installati nello sfioratore di sinistra hanno la presa a quota inferiore a 174.20 m s.l.m. e sommità a quota superiore a 186.70 m s.l.m.. La quota minima per l'innesco "naturale" dei due sifoni è 181.57 m s.l.m., mentre con riempimento forzato delle canne è possibile innescare i due sifoni fino alla quota minima di 178.20 m s.l.m.. Le operazioni di adescamento forzate sono condotte utilizzando una linea di approvvigionamento derivata dalla tubazione di adduzione all'impianto di potabilizzazione. Al disotto di tale quota lo svuotamento del lago viene effettuato con le pompe di derivazione.

2.1.1.5 OSSERVAZIONE 5

5. cartografia di base: si richiede la specificazione della base cartografica utilizzata al di fuori dell'area del rilievo eseguito nel 2016

Il rilievo del 2016 riguarda la zona del lago al disotto della quota del coronamento. Esternamente a tale area è stata utilizzata la cartografia scala 1:10000.

2.1.1.6 OSSERVAZIONE 6

6. rilievi topografici: Si richiede di riportare indicazioni di dettaglio circa le caratteristiche dei rilievi eseguiti nel 2002 e 2016, posti alla base della progettazione (e. g. modalità di rilievo, scala, precisione, condizioni dell'invaso al momento del rilievo ...)

I rilievi eseguiti nel 2002 e nel 2016 sono rilievi locali riferiti alla quota del coronamento della diga assunto pari a 189 m s.l.m.. Per la redazione del presente progetto definitivo, nel novembre 2018, è stato eseguito un nuovo rilievo con strumentazione GPS. Tale rilievo ha rivelato che la sommità della diga si trova a una quota assoluta di circa 189.7 m s.l.m.. Tale discrepanza non influisce in alcun modo con le elaborazioni condotte nel progetto preliminare. Pertanto nel presente progetto definitivo si farà riferimento al rilievo del 2018.

2.1.1.7 OSSERVAZIONE 7

7. caratteristiche idrauliche degli scarichi superficiali: si evidenzia che la scelta tipologica degli scarichi di superficie (a soglia libera) costituisce elemento distintivo della impostazione progettuale adottata

La scelta di sfioratori a soglia libera è dettata dalla volontà di minimizzare l'intervento degli operatori durante gli eventi critici come fortemente consigliato dai tecnici del Servizio Dighe. Come vedremo meglio in seguito tale scelta assieme alla forma a becco d'anatra delle soglie sfioranti ha reso necessaria l'implementazione di un modello fisico.

2.1.1.8 OSSERVAZIONE 8

8. portata di progetto millenaria: in presenza, per la diga di Drove di Cepparello, di una portata di progetto millenaria convalidata dall'Ufficio idraulica (prot. n. 2127 del 12/02/2013), si ritiene di poter accettare la nuova portata di progetto millenaria in quanto superiore a quella fino ad ora presa in considerazione. Tuttavia, si richiede che il progetto definitivo integri le valutazioni con analisi dirette basate su metodi di regionalizzazione (tenendo conto anche degli afflussi alla diga nel corso di eventi di piena durante gli invasi sperimentali)

La portata millenaria era stata calcolata nei progetti precedenti al preliminare in circa 190 mc/s. Tale portata era stata validata dall'Ufficio Idraulica. Nella redazione del progetto preliminare tale portata è stata ricalcolata con lo stesso modello idrologico utilizzando le curve di possibilità pluviometrica aggiornate al 2012 in circa 210 mc/s. Nel presente progetto definitivo tale portata è stata confermata sulla base di un modello idrologico di maggiore dettaglio che utilizza oltre alle curve di possibilità pluviometrica aggiornate al 2012 anche le caratteristiche idrologiche dei suoli fornite della Regione Toscana. Tale modello è stato tarato sulla base di alcuni eventi significati registrati alla diga di Cepparello provvedendo a calcolare sulla base della equazione di continuità l'afflusso all'invaso e con l'acquisizione dei dati pluviometrici del Servizio Idrografico Regionale.

2.1.1.9 OSSERVAZIONE 9

9. franco della diga: si richiede di esplicitare, nella descrizione del calcolo per il franco della diga associato all'evento millenario, se il volume invasato è calcolato sullo stato attuale o sullo stato di progetto dell'invaso e della diga; da quanto riportato nella relazione si evince solamente che il rilievo di base è quello effettuato nel 2016. Per completezza, si richiede anche di rappresentare graficamente la curva di invaso di progetto e la curva di invaso allo stato attuale

Il calcolo del franco della diga nel progetto preliminare era stato condotto con il rilievo del 2016 per quanto riguarda il volume invasabile al disopra della quota di massima ritenuta. Nello stato di progetto al disopra di tale quota viene modificata la sola geometria della diga la cui influenza sul volume invasato risulta trascurabile. Cosa diversa per quanto riguarda la curva di invaso complessiva che risulta modificata a seguito della movimentazione di materiale all'interno dell'invaso. Nella Figura 2-1 si riporta il confronto fra la curva di invaso attuale (utilizzata nel progetto preliminare) e quella di progetto del presente progetto definitivo.

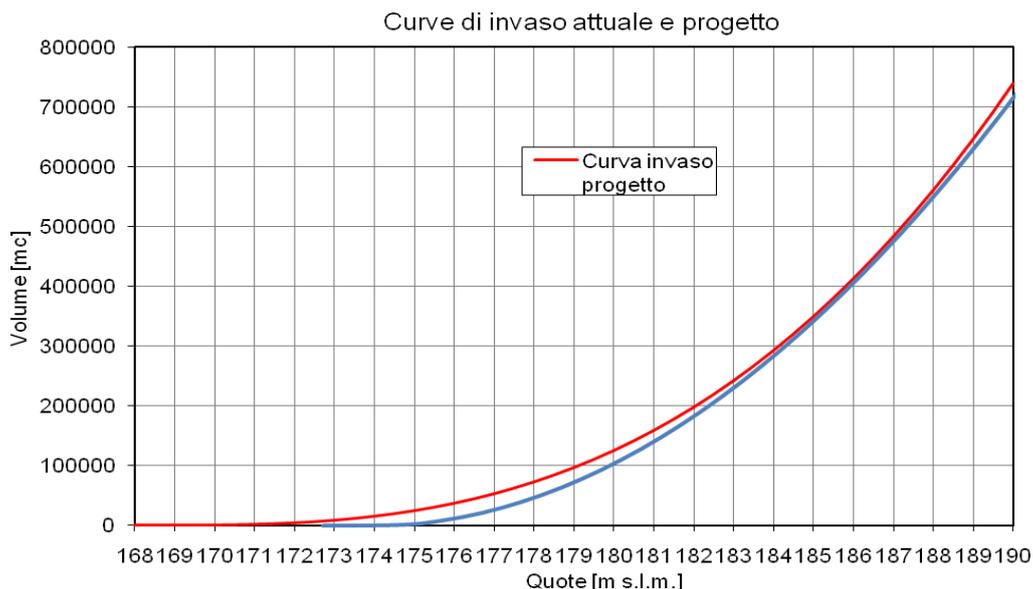


Figura 2-1 – Confronto curve di invaso attuale progetto

2.1.1.10 OSSERVAZIONE 10

10. modellazione idraulica: si richiede che alla modellazione numerica presentata, sia integrata da una modellazione preferibilmente fisica del sistema, riproducendo la diga con i n. 2 sfioratori e la vasca di dissipazione a valle

Per il sistema di scarico di superficie della diga è stato predisposto presso il laboratorio della Università degli Studi di Padova uno specifico modello fisico. Nella fase di predisposizione del modello fisico sono state introdotte alcune modifiche sostanziali per quanto riguarda i canali fugaratori e la vasca di dissipazione della diga. Non sono stati invece modificate le soglie sfioranti. Il modello fisico ha di fatto confermato la scala di deflusso delle soglie sfioranti come calcolato nel preliminare con un modesto aumento dei livelli di invaso a cui si è fatto fronte con un aumento della quota di coronamento di 30cm. Per maggiori dettagli sul modello fisico si rimanda alla specifica relazione.

2.1.1.11 OSSERVAZIONE 11

11. franco idraulico degli sfioratori e della vasca di dissipazione: si ritengono accettabili i valori dei franchi determinati dal Gestore in 0,60 m e 0,70 m rispettivamente per gli sfioratori destro e sinistro ed in 0,70 m per la vasca di dissipazione, da confermare eventualmente a seguito degli approfondimenti sulle verifiche relative alle scale di deflusso (cfr. p.to 10 che precede)

Sulla base del modello fisico sono state rivalutati i livelli nei canali fugaratori e nella vasca di dissipazione adottando un franco minimo di 1.0m.

2.1.1.12 OSSERVAZIONE 12

12. geomorfologia e verifiche dei versanti: si richiede una caratterizzazione dal punto di vista geologico e geotecnica del versante destro facendo in parte anche riferimento a quanto presentato con la versione progettuale del 2007 (prot. n. RIDFV1697 del 04/12/2007). Per entrambi i versanti, destro e sinistro, in

corrispondenza degli sfioratori, effettuare una restituzione di sezioni geologiche e geotecniche e relative verifiche di stabilità al fine di dimostrare la fattibilità delle opere ed individuare le eventuali opere di stabilizzazione da prevedere. Riguardo al fenomeno di instabilità sul versante destro, sulla destra poco a valle della vasca di dissipazione dello scarico superficiale, annotato durante le visite di vigilanza presso lo sbarramento, si richiede di ottemperare alla prescrizione impartita in ultimo con nota prot. n. 6098 del 07/03/2017 ed inserire quanto richiesto nella relazione geologica del progetto al fine di scongiurare effetti di tale fenomeno sul cantiere

Per tutti i fenomeni di versante sopra indicati è stata effettuata una specifica caratterizzazione geologica e geotecnica e sono state condotte le verifiche di stabilità in condizioni sismiche su 7 sezioni. Si tratta in ogni caso di fenomeni superficiali come meglio specificato negli elaborati geologici e geotecnici.

2.1.1.13 OSSERVAZIONE 13

13. campagne geognostiche - caratterizzazione geologico-tecnica: si richiede di allegare alla relazione geologico-tecnica la planimetria con l'ubicazione dei sondaggi della campagna del 2016. Non si concorda a pieno con la definizione delle caratteristiche dei materiali del rilevato, considerato come unica unità omogenea, in relazione agli esiti delle campagne geognostiche eseguite e ai fini della modellazione geotecnica dell'opera, come evidenziato al p.to 15 che segue. L'argomento in ogni caso deve essere affrontato tramite una specifica Relazione geotecnica, che espliciti anche il modello geotecnica di riferimento ed affronti gli argomenti geotecnici indicati nei precedenti paragrafi;

Le caratteristiche del rilevato sono state oggetto di una rivisitazione sulla base dei sondaggi del 2005-2016 e 2016, delle prove Lefranc, delle indagini geoelettriche e della prova down-hole. Sono stati infine definite nella diga attuale due orizzonti distinti dal punto di vista granulometrico in funzione della percentuale prevalente di ghiaie e sabbia o di limo e argilla. A questi due orizzonti si aggiunge lo strato di fondazione e il materiale di rinfiacco della diga attuale. Per una trattazione completa si rimanda alla relazione geotecnica a supporto delle verifiche di stabilità.

2.1.1.14 OSSERVAZIONE 14

14. materiale di rinfiacco: il materiale di rinfiacco, qualsiasi ne sia la provenienza, deve essere caratterizzato dal punto di vista geotecnica mediante prelievo di un numero congruo di campioni da sottoporre ad adeguate analisi di laboratorio

Il materiale da utilizzare per il rinfiacco della diga attuale sarà prelevato all'interno dell'invaso. A tale proposito sono stati effettuati 7 prelievi di materiale con escavatore da sottoporre alle seguenti prove di laboratorio:

- Analisi granulometrica completa;
- Prova di costipamento proctor standard e modificata;
- Limiti di Atterberg;
- contenuto d'acqua, peso di volume naturale, peso di volume saturo;
- prova di taglio triassiale all'optimum proctor standard e all'optimum proctor modificata;
- prova edometrica con determinazione di permeabilità ai campioni ricostituiti dall'optimum proctor standard e all'optimum proctor modificata.

2.1.1.15 OSSERVAZIONE 15

15. modellazione del corpo diga e della fondazione: la modellazione del corpo diga come unità omogenea di caratteristiche pari alla media dei valori ottenuti dalle analisi dei campioni prelevati durante la campagna geognostica del 2016, in relazione alla significativa variabilità riscontrata dai risultati delle prove sui campioni, non risulta adeguatamente supportata ed appare scarsamente cautelativa. Si richiede una rivalutazione motivata di tale ipotesi di modellazione, considerando più unità costitutive (almeno due) per il rilevato. Si richiede inoltre di esplicitare come sono stati ricavati i parametri caratteristici della fondazione. Infine si richiede una caratterizzazione del materiale di rinfiacco basata anch'essa sui risultati di analisi di provini prelevati dal sito di cava previsto come indicato al p.to 14 che precede

Come già anticipato per l'Osservazione 13 e 14 il corpo attuale della diga è stato suddiviso in due strati come evidenziato anche dalla indagine geoelettrica mentre per il materiale di rinfiacco sono stati utilizzati i parametri dedotti dalle analisi condotte sui campioni prelevati in sito. Per quanto riguarda i parametri utilizzati per la fondazione essi sono stati dedotti dai campioni prelevati nel sondaggio del 2006 e da una specifica analisi geomeccanica.

2.1.1.16 OSSERVAZIONE 16

16. sezioni della diga sottoposte a verifica: nelle verifiche di stabilità del corpo diga deve tenersi conto della variabilità riscontrata per le caratteristiche meccaniche dei materiali che lo costituiscono (parte esistente) e delle caratteristiche meccaniche effettivamente raggiungibili con i materiali di cava da porre in opera per la riprofilatura dei paramenti, tenendo conto del rimaneggiamento subito dai materiali ($c'=0$) e dell'intervallo di tensioni presenti nel corpo diga. Nelle verifiche che coinvolgono il terreno di fondazione non è giustificato adottare parametri di resistenza residua coincidenti con quelli di picco. La forte variabilità riscontrata dalle indagini per il coefficiente di permeabilità all'interno del corpo diga necessita di approfondimenti al fine di poter adottare l'ipotesi di Casagrande per il profilo della superficie libera del moto di filtrazione ipotizzato nel corpo diga e alla base dei calcoli di stabilità

I materiali utilizzati per il rinfiacco del corpo diga attuale sono stati sottoposti a prove di costipazione Proctor e successivamente a prove triassiali per ricavarne i parametri di resistenza in termini di tensioni efficaci e di tensioni totali. Durante la posa in opera del materiali lo stesso sarà costipato in modo da ricostruire valori dei parametri prossimi a quelli ricavati in laboratorio. Per il materiale di rinfiacco sono stati adottati i seguenti parametri in termini di tensioni efficaci f 28 e c' 10 kPa e i seguenti parametri in termini di tensioni totali c_u 65kPa. Sulla base delle prove condotte sui materiali reperibili all'interno dell'invaso è possibile affermare che tali parametri risultano cautelativi.

Per quanto riguarda la permeabilità del corpo diga sono stati adottati per la diga esistente i valori ricavati dalle prove Lefranc e per il rinfiacco un valore cautelativo di $1e-6$ m/s. La ricostruzione della curva di filtrazione all'interno della diga con un modello agli elementi finiti ha evidenziato che la linea di filtrazione ha un andamento più depresso rispetto a quello desumibile dall'ipotesi di Casagrande come evidenziato nella Figura 2-2. Peraltro nelle verifiche di stabilità è stata comunque utilizzata in via cautelativa la linea di filtrazione ricavata con le ipotesi di Casagrande.

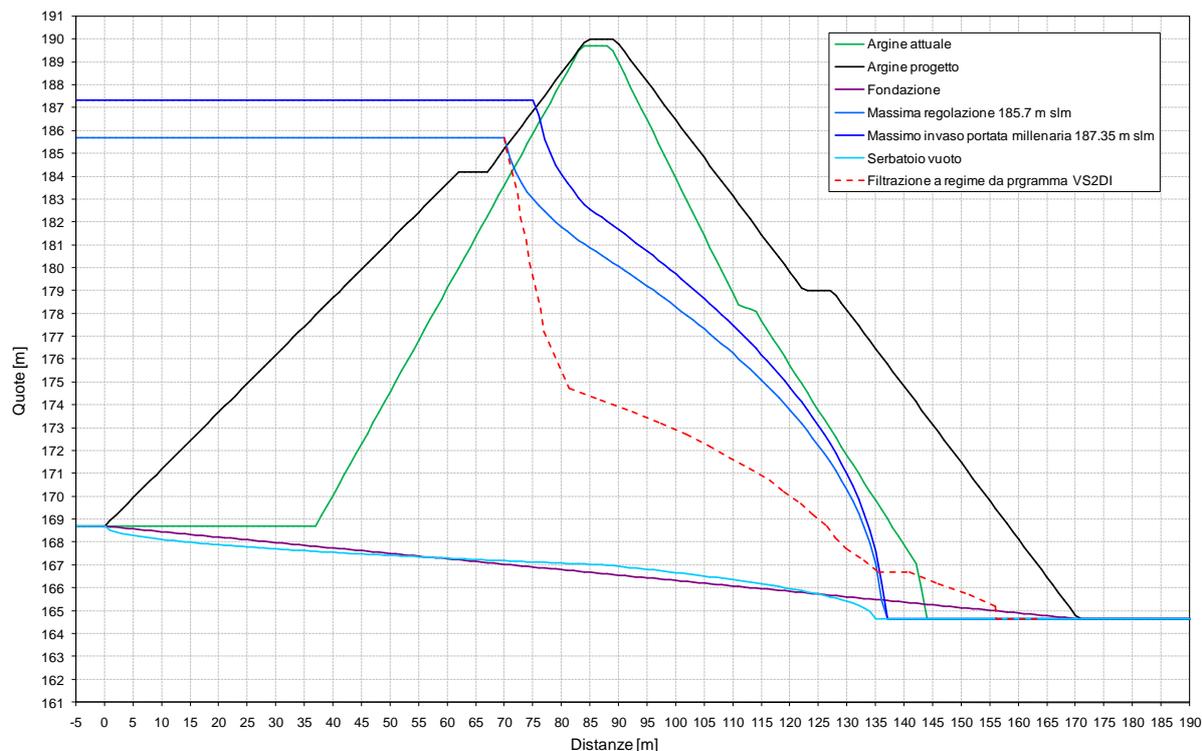


Figura 2-2 – Profilo superfici libere nello stato di progetto

2.1.1.17 OSSERVAZIONE 17

17. azioni sismiche: le verifiche devono essere rielaborate in funzione della caratterizzazione geotecnica e tener conto delle allegate "Note esplicative sulle verifiche sismiche delle grandi dighe - Marzo 2017". In caso di analisi dinamica si richiede di esplicitare il numero degli accelerogrammi generati ed utilizzati nei calcoli, che, secondo il p.to E.6 delle NTD2014 devono essere almeno in numero di 5

Le verifiche dinamiche finalizzate a valutare lo spostamento in caso di sisma sono state condotte con 7 accelerogrammi reali scalati secondo il punto III.2.5. delle "Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26.06.2014 (NTD14) e al D.M. 17.01.2018 (NTC18)" ricavati nell'ambito dello studio di risposta sismica locale.

2.1.1.18 OSSERVAZIONE 18

18. condizioni di verifica e di carico: si richiede di estendere le verifiche alle seguenti combinazioni di carico: combinazione fondamentale al massimo in vaso e combinazione sismica a serbatoio vuoto. Inoltre, dovranno essere incluse e soddisfatte le seguenti verifiche: liquefazione, erosione interna o sifonamento, spostamenti attesi agli stati limite di esercizio, cedimenti a lungo termine (con particolare attenzione alla zona di maggior spessore del riporto sui paramenti pari a circa 7 m), stabilità del rivestimento del paramento di monte, stati limite delle opere accessorie in corpo diga e fuori corpo diga, con particolare attenzione agli scarichi di superficie e ai versanti sovrastanti

Le verifiche di stabilità del rilevato sono state condotte per le combinazioni di carico riportate nella Tabella 2-1.

Azioni	Combinazioni fondamentali			Eccezionale	Combinazioni sismiche ¹			
	Serbatoio vuoto	Rapido svaso	Esercizio normale	Massima piena	SLO	SLD	SLV	SLC
Peso proprio	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Spinta idrostatica			SI ²	SI ³	SI	SI	SI	SI
Sovraccarico sommità 2'000 kg/m ²	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Azione sismica					SI	SI	SI	SI

Tabella 2-1 – Combinazioni di carico verifiche di stabilità.

Sono state inoltre effettuate le seguenti verifiche:

- Verifica alla liquefazione (ET.10 - Relazione geotecnica verifiche stabilità e filtrazione);
- Verifica alla sifonamento (ET.11 - Relazione sulle verifiche di stabilità e filtrazione).

Verifiche SLE (ET.11 - Relazione sulle verifiche di stabilità e filtrazione)

- Verifica cedimenti a lungo termine (ET.10 - Relazione geotecnica verifiche stabilità e filtrazione);
- Verifica del rivestimento di monte (ET.11 - Relazione sulle verifiche di stabilità e filtrazione);
- Verifiche opere di scarico (ET.09 Relazione strutture);
- Verifiche versanti (ET.06.06 Verifiche di stabilità lungo i versanti prospicienti l'invaso antropico e il corpo diga).

Si rimanda alle specifiche relazioni per maggiori dettagli.

2.1.1.19 OSSERVAZIONE 19

19. metodologie di analisi di stabilità: la scelta dell'applicazione del metodo di Newmark (metodo dinamico semplificato) appare condivisibile in relazione alle dimensioni dell'opera ed alla sismicità dell'area, fatti salvi gli ulteriori approfondimenti richiesti per gli aspetti geotecnici e la necessità di una giustificazione della scelta, sulla base di un'attenta analisi del comportamento della diga nel corso degli invasi sperimentali e sulla base delle misure di controllo e delle evidenze acquisite. Si ritiene necessario inoltre prevedere adeguate e/o ulteriori metodologie di analisi, che prendano in considerazione le verifiche relative alla liquefazione, alla erosione interna o al sifonamento, come esplicitamente richiesto al p.to E.3 delle NTD2014;

Le verifiche di stabilità sono state condotte con il metodo di Newmark che si ritiene essere adeguato alla sismicità dell'area e alle dimensioni dell'opera. Si osserva inoltre che le verifiche sismiche sono stata condotte in ottemperanza alle NTC 2008 applicando i coefficienti parziali sulle caratteristiche geotecniche

¹ Eseguite nei casi di serbatoio pieno, serbatoio vuoto e rapido svaso (solo per il paramento di monte).

² Quota di massima regolazione pari a 185.7 m s.l.m..

³ Quota di massimo invaso per la portata di piena millenaria pari a 187.35 m s.l.m. (solo per il paramento di valle).

M2 di cui alla tabella 6.2. Il in quanto si è assunto che le norme tecniche a cui fanno riferimento le NTD2014 siano le NTC2008 (vigenti al momento della emanazione) e non le NTC2018.

Le verifiche sismiche di stabilità sono state condotte in condizioni pseudo-statiche quindi i cedimenti del corpo diga sono stati condotti con il metodo di Newmark. Le verifiche sismiche sono state condotte nelle seguenti due condizioni:

- in condizione non drenate;
- in condizioni drenate con il calcolo dell'incremento delle pressioni interstiziali a seguito del sisma.

In entrambi i casi sono stati calcolati gli spostamenti con il metodo di Newmark. Nel secondo caso sono state inoltre effettuate anche delle verifiche post-sisma. Le verifiche sismiche in condizioni drenate sono state condotte per lo stato limite ultimo di collasso per la combinazione invasivo pieno in esercizio e rapido svasso per la sezione CO_05 in asse alla diga.

Sono state inoltre condotte verifiche al sifonamento e alla liquefazione.

2.1.1.20 OSSERVAZIONE 20

20. esito delle verifiche: deve essere esplicitato il giudizio di accettabilità sugli esiti delle verifiche da parte del progettista, risultato mancante, e considerazioni sulle conseguenze ed accettabilità degli spostamenti residui, alla luce dei calcoli effettuati secondo quanto richiesto al p.to 19 che precede e tenendo presente quanto riportato al p.to H.3.4.1 delle NTD2014

Le verifiche sismiche condotte in condizioni drenate e quelle condotte in condizioni non drenate hanno evidenziato che i movimenti che si potrebbero sviluppare in caso di sisma nel corpo diga risultano compatibili con la tenuta idraulica della struttura e non pregiudicano in modo irreparabile le strutture murarie della diga e le opere accessorie.

Si ritiene pertanto di poter esprimere un giudizio di accettabilità positivo.

2.1.1.21 OSSERVAZIONE 21

21. scavo in destra dell'invaso: si richiede di specificare la destinazione dei materiali di scavo provenienti dalla zona in adiacenza al paramento di monte, sul lato destro

Le terre rimosse immediatamente a monte del paramento della diga saranno stoccate nell'area posta sulla destra dell'invaso oltre la coronella provvisoria realizzata allo scopo.

2.1.1.22 OSSERVAZIONE 22

22. riporto in destra dell'invaso: si richiede di specificare la destinazione dei materiali di scavo provenienti dalla zona destinata al riporto dei sedimenti rimossi dall'invaso a tergo del paramento di monte e di descrivere la sistemazione finale della zona di riporto

I materiali scavati nell'area ove è previsto lo stoccaggio del materiale rimosso dall'area a monte della diga saranno utilizzati in parte per la realizzazione a confinamento dell'area di stoccaggio e in parte per il rinfianco della diga. Il materiale per il rinfianco della diga sarà stoccato nell'area denominata (Area 3) ove

sarà opportunamente selezionato e miscelato prima della sua messa in opera previa verifica di laboratorio delle sue caratteristiche geotecniche.

La zona di riporto, posta alla quota **di 183.7 m s.l.m.**, sarà normalmente sommersa dalle acque dell'invaso. La stessa si presenterà come una zona pianeggiante con una modesta pendenza verso l'invaso in modo da essere naturalmente drenata nei momenti di basso livello del lago.

2.1.2 COERENZA CON LA SCHEDA DI ACCORDO

Per quanto riguarda gli aspetti attinenti alla verifica di coerenza con la scheda Accordo prot. n. 17667/RU del 01/08/2017 le osservazioni sono riportate di seguito.

2.1.2.1 OSSERVAZIONE 23

23. presentare il riepilogo degli aspetti finanziari del progetto ed, in particolare, la sintesi delle forme e delle fonti di finanziamento per la copertura della spesa ed il quadro riepilogativo delle autorizzazioni/atti di assenso da attenersi

Il progetto è finanziato in parte dal Fondo Sviluppo e Coesione e in parte dal Gestore attraverso il proprio Piano degli Investimenti approvato dall'Autorità Idrica Toscana.

Il totale dei lavori del presente progetto definitivo ammonta a € 12'392'399,85 per un totale di quadro economico di € 17'850'000,00.

Gli Enti che dovranno esprimere parere e le Autorizzazioni / Atti di assenso sono i seguenti:

- Ministero dell'Ambiente – Decreto verifica di Assoggettabilità;
- Ministero delle Infrastrutture e Trasporti – Parere sul progetto definitivo e sul progetto esecutivo;
- Regione Toscana – Omologa e Autorizzazioni opere idrauliche a valle della diga;
- Soprintendenza archeologica, belle arti e paesaggio – Parere paesaggistico e Nulla Osta Archeologico;
- Comune di Poggibonsi - Permesso di costruire;
- Comune di Tavarnelle – Barberino Valdelsa – Permesso di costruire.

2.1.2.2 OSSERVAZIONE 24

24. presentare la planimetria catastale, non pervenuta, ma indicata nell'elenco degli elaborati

Il progetto definitivo prevede il Piano Particellare e la planimetria catastale con indicate le aree oggetto di esproprio e di occupazione. E'previsto, ove non già nella disponibilità dei comuni, l'esproprio di tutte le aree sottese all'invaso e delle aree interessate dalle strutture.

2.1.2.3 OSSERVAZIONE 25

25. scelta delle alternative: è presente in progetto un riepilogo delle versioni progettuali tramesse nel corso degli anni, da integrare, oltre alle valutazioni alternative richieste per lo scarico di fondo, con le motivazioni che hanno portato ad escludere la dismissione dell'opera, necessarie in relazione al valore economico degli interventi in rapporto al volume di invaso.

La scelta delle alternative si riduce in sostanza alle seguenti:

- dismissione dell'invaso;
- miglioramento dell'invaso.

Il costo della dismissione dell'invaso è risultato dello stesso ordine di grandezza dell'intervento di miglioramento. Il Gestore, assieme ad AIT, ha pertanto optato per il mantenimento dell'invaso che costituisce un'opera strategica per l'approvvigionamento idrico della città di Poggibonsi.

Per quanto riguarda lo scarico di fondo il presente progetto preliminare prevede infine lo spostamento dello scarico di fondo al di fuori del corpo diga e la messa fuori servizio di quello attuale.

2.1.3 ASPETTI SUSCETTIBILI DI MIGLIORAMENTO

Dall'istruttoria effettuata sono risultate inoltre le seguenti osservazioni in merito ad aspetti suscettibili di miglioramento e/o demandabili per loro natura, alle successive fasi di progettazione.

2.1.3.1 OSSERVAZIONE 1

1. risanamento strutturale dello scarico di fondo: in considerazione di quanto precedentemente esposto con la presente istruttoria è auspicabile valutare la possibilità di realizzare un nuovo scarico di fondo non attraversante il corpo diga ovvero prevedere l'installazione di un organo di intercettazione all'imbocco dello scarico di fondo. Ove confermato l'intervento di "relining", a livello di progetto definitivo dovranno essere forniti tutti i dettagli fino alle esatte specifiche tecniche e di installazione della calza, insieme ad una analisi delle possibili problematiche connesse con il fatto che l'operazione di "relining" interesserà anche il tratto della tubazione dello scarico di fondo che attraversa il taglione e il diaframma di iniezioni cementizie, previa video-ispezione della tubazione. Al riguardo si richiama l'attenzione sulla circostanza che risulta necessario effettuare, preliminarmente all'operazione di "relining", una ulteriore verifica degli eventuali fenomeni di corrosione presenti nella tubazione e della adeguatezza del sistema complessivo (tubazione esistente, getto di calcestruzzo di rinfiango e calza di progetto) rispetto ai fenomeni di rottura anche localizzata ed ostruzione della tubazione.

Le tratte della tubazione che costituiscono prolungamento della esistente lato monte e lato valle dovranno essere annegate in un getto di calcestruzzo di rinfiango in analogia alla tubazione esistente ai fini della sicurezza statica e della protezione. Si ritiene inoltre opportuno valutare le modalità e le caratteristiche di un intervento di consolidamento del terreno di fondazione della tubazione dello scarico di fondo, lungo entrambe le tratte in prolungamento, ed in parte anche lungo quelle esistenti, mediante interventi tipo "jet-grouting" o "deep-mixing". Si reputa infine necessario riportare il calcolo aggiornato della portata dello scarico di fondo in funzione dei livelli di invaso

Il presente progetto preliminare prevede lo spostamento dello scarico di fondo al di fuori del corpo diga. Per la realizzazione del nuovo scarico di fondo sarà realizzato un microtunneling in calcestruzzo del diametro di 2.0 m. All'interno di tale condotta sarà alloggiata sul fondo l'opera di derivazione costituita da una condotta in acciaio inox DN300.

2.1.3.2 OSSERVAZIONE 2

2. relazione strutture: si riportano alcuni esempi di aspetti di dettaglio non definiti nel progetto di fattibilità e da definire nel successivo livello definitivo della progettazione: non si citano nella relazione i micropali di

fondazione dei nuovi muri della vasca di dissipazione, nella descrizione si parla di pali armati uno si e due no, mentre nel disegno, più realisticamente si parla di pali armati uno si e uno no, non è chiaro se sulla parete laterale sinistra il nuovo muro realizzato in adiacenza all'esistente sarà tirantato o meno (i tiranti sono indicati nella descrizione ma non rappresentati nell'elaborato grafico). La progettazione definitiva (anche in relazione a quanto previsto dall'art. 1, co. 7 bis, del D.L. 507/94 conv. L. 584/94) nello sviluppare il progetto strutturale, come previsto dalla normativa, dovrà definire con esattezza le diverse opere strutturali su ciascuna sezione indagata ed accertare lo stato di quelle esistenti che permangono anche parzialmente in opera. Si ricorda inoltre che dovrà essere presa in considerazione la verifica a galleggiamento degli sfioratori.

A seguito delle variazioni introdotte nel presente progetto definitivo rispetto al progetto preliminare le opere strutturali sono state completamente riprogettate pur mantenendo la stessa tipologia di intervento. Nel presente progetto definitivo le opere strutturali esistenti sono state completamente demolite e/o inglobate nelle nuove strutture.

Il progetto definitivo prevede la valutazione delle sottospinte in corrispondenza degli sfioratori e la verifica al galleggiamento.

2.1.3.3 OSSERVAZIONE 3

3. corografia: la corografia deve riportare anche i bacini idrografici presi in considerazione alla base delle analisi idrologico-idrauliche rappresentati ad una scala opportuna

La corografia generale riporta anche il bacino idrografico afferente all'invaso considerato ai fini delle valutazioni idrologiche.

2.1.3.4 OSSERVAZIONE 4

4. planimetrie diga: in relazione ai drenaggi, si sottolinea l'opportunità di convogliare le acque di drenaggi al di sotto dei canali fuggatori sul lato opposto del muro in destra e sul lato della strada in sinistra, contrariamente a quanto sembra essere attualmente previsto. Si sottolinea inoltre come anche la condotta di troppo pieno con scarico nel lago debba passare sotto la soletta dello sfioratore sinistro, come nell'elaborato EGO-d, ma contrariamente indicato nell'elaborato DG09

I drenaggi sono stati posizionati al disotto degli sfioratori e dei canali fuggatori. I drenaggi scaricano direttamente nella vasca di dissipazione. Sono stati previsti inoltre dei drenaggi sub-orizzontali ai lati della vasca di dissipazione.

La condotta di adduzione delle acque del fiume Elsa corre nello stradello limitrofo allo sfioratore sinistro e non interessa lo sfioratore.

2.1.3.5 OSSERVAZIONE 5

5. sezioni sullo scarico di superficie: le sezioni dei canali fuggatori dovranno essere estese fino a comprendere anche la rappresentazione della zona dell'imbocco e dello sfioratore

I canali fuggatori e la vasca di dissipazione sono completamente rappresentati sia con sezioni trasversali che longitudinali.

2.1.3.6 OSSERVAZIONE 6

6. organizzazione fasi di lavoro: la progettazione definitiva, nel dettagliare le fasi di lavoro, dovrà definire con maggior chiarezza alcune fasi, attualmente diversamente esplicitate nel cronoprogramma e nell'elaborato della cantierizzazione, i.e. completamento del rivestimento del rilevato, realizzazione e smobilitazione della banca intermedia a quota 186,00 m s.l.m. e realizzazione della banca definitiva a quota 183,50 m s.l.m.

Il crono programma è stato completamente aggiornato anche in ragione della realizzazione dello scarico di fondo fuori dal corpo diga. Ogni fase è dettagliatamente descritta nella relazione di cantierizzazione nelle tavole ad essa riferite.

2.1.3.7 OSSERVAZIONE 6

7. lavorazioni all'interno dell'invaso: il progetto, nelle successive fasi di approfondimento dovrà comprendere un "Piano di gestione delle piene in corso d'opera" con la chiara indicazione di come l'invaso a monte dell'avandiga, dove sono previste lavorazioni, venga mantenuto vuoto, e di come si intende deviare le acque del Borro di Cepparello a valle. Inoltre dovrà tenere conto, anche a livello quantitativo, del rischio idraulico dell'intera area e darne evidenza nella scelta delle quote definitive all'interno del piano di sicurezza.

La relazione di cantierizzazione contiene anche il "Piano di Gestione delle Piene in Corso d'Opera". Lo smaltimento delle acque afferenti all'invaso durante le lavorazioni è previsto in due modalità. In una prima fase sarà installata una stazione di sollevamento a monte della coronella provvisoria prevista a protezione dell'area di rimozione dei sedimenti. In una seconda fase le acque saranno convogliate all'interno del nuovo scarico di fondo per tutta la rimanente durata dei lavori. L'impianto di sollevamento sarà in grado di smaltire le portate fino alla durata di circa 100 giorni corrispondenti a circa 120 l/s. Lo scarico di fondo è in grado di smaltire la portata con tempo di ritorno di poco inferiore 5 anni, corrispondenza a circa 45.0 mc/s , con un livello nell'invaso di 179.00 m s.l.m. che corrisponde alla quota della pista di accesso al coronamento.

Il cantiere a monte dell'invaso è comunque posto in corrispondenza della viabilità di accesso in condizioni di assoluta sicurezza.

2.1.3.8 OSSERVAZIONE 6

8. smobilizzo cantiere: inserire nell'elaborato EG 16 la fase di smobilizzo cantiere; in particolare in relazione alla destinazione finale della pista di accesso alla diga in destra e all'avandiga.

Il progetto prevede la demolizione dell'avandiga e delle piste secondarie mentre si prevede di mantenere la pista di accesso al coronamento.

2.1.3.9 OSSERVAZIONE 6

9. monitoraggio durante i lavori e a fine lavori: prevedere nel progetto indicazioni sul monitoraggio dell'opera e dei lavori e come l'attuale sistema di monitoraggio dello sbarramento sarà ripristinato o modificato/integrato a fine lavori.

Il progetto prevede una specifica relazione di monitoraggio.

Durante i lavori saranno monitorati i seguenti parametri:

- portate evacuate dal lago;
- cedimenti dei costruendi rilevati;
- livelli piezometrici nei piezometri attuali.

A fine lavori sarà ripristinato completamente il sistema di monitoraggio e in particolare:

- sistema di capisaldi e basette per la verifica degli spostamenti;
- n. 2 piezometri sul coronamento e n. 1 piezometro sulla banca intermedi dotati entrambi di due celle di Casagrande;
- sistema per il monitoraggio dei livelli nel lago;
- sistema per il monitoraggio delle perdite.

2.1.3.10 OSSERVAZIONE 6

10. progetto di gestione: ai fini della cantierabilità delle opere oggetto di intervento, il Gestore dovrà presentare un Progetto di gestione, ovvero se consentito dalla Regione, un Piano Operativo (nota Acque S.p.A. prot. n. 35062/2016 del 14/07/2016), da sottoporre a parere obbligatorio di questo Ufficio per gli aspetti di sicurezza e all'approvazione della Regione.

Il progetto definitivo prevede il Piano di Gestione da sottoporre al parere dell'Ufficio Dighe di Firenze e alla approvazione della Regione Toscana.

2.2 CHIARIMENTI RICHIESTI DAL CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI

Con nota **M_INF.CSLP.REGISTRO UFFICIALE.U.0011221.23-12-2019** e nota **M_INF.CSLP.REGISTRO UFFICIALE.U.0000187.09-01-2020** il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Seconda Sezione ha richiesto chiarimenti in merito ad aspetti geotecnici e geologici. Nella redazione del presente Progetto Definitivo si è tenuto conto di queste richieste.

2.2.1 NOTA M_INF.CSLP.REGISTRO UFFICIALE.U.0011221.23-12-2019

Le richieste contenute nella nota di dicembre 2019 hanno riguardato

- Aspetti Geotecnici.
- Aspetti Idraulici.
- Ulteriori raccomandazioni.

Nei paragrafi seguenti si riportano i chiarimenti richiesti.

2.2.1.1 ASPETTI GEOTECNICI

In aderenza con quanto espresso dalle NTC2018 e al punto C.6.2.2.5 della relativa Circolare esplicativa, la relazione geotecnica deve illustrare in modo chiaro:

- tutte le opere geotecniche in progetto;*
- il modello geotecnico (o i modelli geotecnici) impiegato per il progetto/verifica di ciascuna delle opere geotecniche in progetto, con riferimento altrettanto chiaro alla stratigrafia adottata per le opere o per ciascuna opera (ove non fosse unica) derivata sulla base delle campagne di prove*

condotte in sito e di laboratorio, nonché la giustificazione delle scelte effettuate per giungere alla definizione dei parametri caratteristici;

- C. la sintesi delle analisi finalizzate alle verifiche SLE/SLU (in condizioni statiche e sismiche) per ciascuna opera;*
- D. le verifiche di stabilità dei pendii; al riguardo si evidenzia che la specifica relazione allegata al progetto, oltre a non riportare alcun commento, consiste – sostanzialmente in elaborazioni numeriche di significato talvolta difficilmente interpretabile.*

2.2.1.1.1 Punto A) Definizione delle opere Geotecniche

I chiarimenti richiesti sono forniti nella relazione *ET.08 Relazione Geotecnica Strutture*.

Nella relazione si riportano tutte le opere geotecniche di seguito e elencate:

- PARATIA CANALE CON PALI DI GRANDE DIAMETRO TIRANTATA – LATO CAMPAGNA
- PARATIA CANALE CON PALI DI GRANDE DIAMETRO SU DUE FILE (A CAVALLETTO) – LATO DIGA
- PARATIA CANALE - MICROPALI CON 3 ORDINI DI TIRANTI
- PARATIA CANALE - MICROPALI CON 2 ORDINI DI TIRANTI
- PARATIA CANALE - MICROPALI CON 1 ORDINE DI TIRANTI
- PARATIA STRADA - MICROPALI CON 1 ORDINE DI TIRANTI
- PARATIA STRADA - MICROPALI SENZA TIRANTI
- PARATIA VASCA DISSIPAZIONE - MICROPALI CON 4 ORDINI DI TIRANTI
- PARATIA VASCA DISSIPAZIONE - MICROPALI CON 3 ORDINI DI TIRANTI
- PARATIA VASCA DISSIPAZIONE - MICROPALI CON 1 ORDINE DI TIRANTI
- PARATIA POZZETTO DI COMANDO SCARICO DI FONDO - MICROPALI CON 2 ORDINE DI TIRANTI
- CANALE FUGATORE: MANUFATTO A C CON FONDAZIONE SUPERFICIALE
- CANALE FUGATORE: MANUFATTO A C CON FONDAZIONE SU MICROPALI
- VASCA DI DISSIPAZIONE: MANUFATTO A C, FONDAZIONE SUPERFICIALE
- POZZETTO PERDITE
- OPERA DI PRESA SCARICO
- POZZETTO DI COMANDO SCARICO DI FONDO
- MURO DI CONTROSPINTA MICROTUNNELING

Per ciascuna delle opere sopra elencate sono fornite:

- **DESCRIZIONE:** breve descrizione dell'opera.
- **UBICAZIONE:** individuazione dell'ubicazione dell'opera.
- **NOTE:** note esplicative sulle assunzioni fatte per le verifiche geotecniche.
- **CALCOLO PER FASI REALIZZATIVE:** per alcune opere i calcoli sono stati effettuati per le diverse fasi di realizzazione. In questo paragrafo si riportano le fasi inserite nel programma di calcolo.
- **VERIFICHE GEOTECNICHE:** Risultati delle verifiche geotecniche.

2.2.1.1.2 Punto B) Definizione del modello geotecnico

I chiarimenti richiesti sono forniti nella relazione *ET.08 Relazione Geotecnica Strutture Integrazione*.

Nella Relazione *ET.08 Relazione Geotecnica Strutture Integrazione* si riporta un riepilogo dei parametri geotecnici desunti dalle indagini geognostiche effettuate, per l'intervento in progetto, in situ e in laboratorio

Lo sbarramento della diga nello stato di progetto è stato suddiviso nelle seguenti sub-unità:

- **sub-unità 1a:** corpo diga, costituita da limi argillosi e argille limose, debolmente sabbiose o sabbiose, con diffusi clasti di ghiaia fine;
- **sub-unità 1b:** corpo diga, costituita da ghiaia eterometrica in matrice limoso-argillosa con sabbia;
- **sub-unità 2:** basamento del corpo diga caratterizzato dalla presenza di siltiti scure alternate a Pietraforte;
- **sub-unità 3** – terreno di rinfianco.

I parametri geotecnici caratteristici dei materiali utilizzati sono riassunti nella tabella seguente.

Parametri geotecnici	Unità di misura	Sub-unità 1a Corpo diga	Sub-unità 1b Corpo diga	Sub-unità 2 Fondazione	Sub-unità 3 Rinfianco
<i>Peso di volume</i>	kg/m ³	2025	2063	2400	2000
<i>Peso di volume saturo</i>	kg/m ³	2069	2115	2450	2100
ϕ'	°	26.4	29.9	35.9	28.0
c'	kPa	12.4	3.4	2320	10.0
c_u	kPa	67.3	70.2	50'000	65
k	m/s	1.10E-05	1.46E-04	1.00E-07	1.10E-05

Tabella 2-3 – Parametri geotecnici caratteristici

2.2.1.1.3 Punto C) Sintesi delle analisi

I chiarimenti richiesti sono forniti nella relazione *ET.08 Relazione Geotecnica Strutture* e nella relazione *ET.06.08 Relazione geologica, geologico-tecnica sulle indagini e sismica integrativa* dove si riportano i risultati delle campagne condotte fra il 2005 e il 2018.

Il riepilogo delle **indagini dirette** effettuate è il seguente:

- Nel **2005** sono stati eseguiti **n. 2 carotaggi continui con aste e carotiere**, di cui uno (sondaggio S1) nel **coronamento** della diga e uno (sondaggio S2) nella **banca intermedia del paramento di valle**.
- Nel **2006** sono stati eseguiti **n. 2 carotaggi continui a rotazione** ubicati entrambi sul **coronamento** della diga. Sono stati prelevati dal sondaggio S1 **n. 7 campioni**, di cui n. 2 indisturbati e n. 5 semidisturbati, nel secondo punto S2 sono stati prelevati **n. 2 campioni**, di cui n. 1 campione indisturbato e n. 1 campione semidisturbato.

Inoltre nel sondaggio S1 è stata eseguita prova **penetrometrica SPT**.

I fori di sondaggio sono stati attrezzati con **piezometri**, il foro S2 con piezometro di tipo Casagrande.

- Nel **2016** sono stati eseguiti **n. 5 carotaggi continui**, di cui n. 3 sul **coronamento** (sondaggi: S3; S4; S5) e n. 2 (sondaggi: S6; S7) sulla **banca intermedia del paramento di valle**. Sono stati prelevati **n. 34 campioni**, di cui n. 32 indisturbati e n. 2 disturbati.

Nei sondaggi S3, S4, S5 sono state eseguite prove **penetrometriche SPT e prove Lefranc a carico variabile e costante**. Al termine della perforazione il foro i sondaggi sono stati attrezzati con due piezometri di Casagrande a doppio tubo.

Il foro del sondaggio S6 è stato attrezzato con due piezometri di Casagrande a doppio tubo.

Il foro del sondaggio S7 è stato è stato riempito con malta cementizia.

- Nel **2018** in sponda sinistra in prossimità della vasca di dissipazione è stato effettuato un sondaggio geognostico (S1).

Il riepilogo delle **indagini indirette** effettuate è il seguente:

- Nel **2006** sono state eseguite **n.1 indagine** mediante **sismica down-hole** all'interno del foro di sondaggio S1 (**coronamento diga**) e **n.1 indagine** mediante **sismica a rifrazione** con onde P nella **porzione posta a monte della strada di accesso al corpo diga**, mediante l'esecuzione n. 5 profili di sismica a rifrazione superficiale (di lunghezza pari a 46 m ciascuno) con una spaziatura di 2 m, per un totale di 230 m di stendimenti.
- Nel **2016** è stata eseguita un'**indagine geoelettrica tridimensionale** in due fasi del corpo diga: **tomografia geoelettrica in 3D** sull'intero rilevato (metodo *cross-cable*) e **tomografia geoelettrica in 2D** sulla linea del **coronamento**.
- Nel **2018** è stata eseguita **n.1 indagine** mediante **sismica down-hole** all'interno del foro di sondaggio S1.

2.2.1.1.4 Punto D) Verifiche di stabilità dei pendii

I chiarimenti richiesti sono forniti nella relazione *ET.06.06 Verifiche di stabilità lungo i versanti prospicienti l'invaso antropico e il corpo diga*.

In particolare sono state effettuate **14 verifiche di stabilità** (stato attuale e stato di progetto) in corrispondenza di **7 sezioni geologiche rilevate sui versanti**, in corrispondenza della sezione 4 si interseca anche il corpo di frana quiescente posto sulla sponda destra dell'invaso, si veda tavola *GEO.04* per l'ubicazione delle sezioni.

Le verifiche hanno ottenuto i seguenti risultati:

Sezione	Sez.1 - Stato attuale	Sez.1 - Stato di progetto	Sez.2 - Stato attuale	Sez.2 - Stato di progetto	Sez.3 - Stato attuale	Sez.3 - Stato di progetto	Sez.4 - Stato attuale
FS	1.2117	1.2342	1.1977	1.2036	1.4879	1.4715	1.1764
FS (limite)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Sezione	Sez.4 - Stato di progetto	Sez.5 - Stato attuale	Sez.5 - Stato di progetto	Sez.6 - Stato attuale	Sez.6 - Stato di progetto	Sez.7 - Stato attuale	Sez.7 - Stato di progetto
FS	1.297	1.0915	1.2378	1.2771	1.3157	1.2896	1.327
FS (limite)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1

Tabella 2-4 – Tabella valori di Fs minimi calcolati dal software per ogni sezione di studio nelle condizioni attuali e di progetto

Le sezioni su cui sono state effettuate le verifiche di stabilità presentano fattori di sicurezza minimi sempre superiori al valore minimo di sicurezza previsto dalla normativa vigente (**FS = 1,1**) tranne in un caso in cui è leggermente inferiore (**Sez. 5 – stato attuale con FS minimo pari a 1,09**).

Tale sezione corrisponde alla sezione posta lungo la frana attiva cartografata e rilevata sulla sponda sinistra. In questo caso, come anche lungo la sezione n.4 (stato attuale), è stato scelto, per la sicurezza dell'opera e delle maestranze impiegate nella realizzazione degli interventi, che dovranno essere realizzate, **lungo le porzioni di versante, caratterizzate dalle maggiori criticità morfologiche**, opere di ingegneria ambientale (palificate e/o viminate in legname) corredate da sistemi di regimazione delle acque superficiali. Tali interventi saranno realizzati propedeuticamente al cantiere di progetto.

Per la loro ubicazione si rimanda alla Tav. *GEO.15* allegata al progetto.

2.2.1.2 ASPETTI IDRAULICI

- A. *con riguardo al sistema di scarico di superficie, si chiede di verificare, in base alle reali caratteristiche morfologiche, altimetriche e di scabrezza di un tratto sufficientemente esteso (almeno 1.000 m) del corso d'acqua a valle della restituzione, la effettiva sussistenza della condizione idraulica di valle di "corrente critica" (con velocità di 6-8 m/s) assunta sia nelle verifiche numeriche sia nel modello fisico;*
- B. *occorre prevedere accorgimenti costruttivi che garantiscano lo svuotamento "a gravità" della vasca di dissipazione;*
- C. *per un'agevole comprensione del progetto, è opportuno orientare nel medesimo verso le piante e i profili longitudinali sovrapposti di una medesima porzione di opera.*

2.2.1.2.1 Punto A) Estensione del tratto di studio

I chiarimenti richiesti sono forniti nella relazione *ET.04 Relazione Idraulica*.

In particolare è stato eseguito un rilievo topografico del corso d'acqua a valle della restituzione. Le sezioni trasversali rilevate sono state inserite nel modello numerico implementato in modo da valutare le condizioni idrodinamiche che si instaurano nell'alveo in prossimità della restituzione.

Dalla verifica effettuata emerge che immediatamente a valle della seconda vasca di dissipazione non si registrano sostanziali variazioni nelle velocità di deflusso rispetto alla precedente versione del progetto definitivo (aprile 2019), in cui non era stato modellato il tratto di valle e la prima vasca di dissipazione aveva una diversa quota di fondo.

Occorre osservare che in questo caso, così come nelle verifiche idrauliche senza il tratto di valle, la corrente immediatamente a valle della restituzione è di tipo **supercritico** con valori del numero di Froude di circa **2**.

2.2.1.2.2 Punto B) Scarico a gravità della vasca di dissipazione

La soluzione progettuale sviluppata nel presente progetto definitivo consente lo svuotamento della vasca di dissipazione a gravità in quanto la stessa non risulta depressa rispetto al fondo alveo a valle dell'opera di dissipazione.

2.2.1.2.3 Punto C) Orientamento profili

I profili sono orientati come visti da un osservatore che si trova al centro dei canali e si rivolge verso la sponda destra e la sponda sinistra.

Per una migliore comprensione della tavola sono state inserite le tracce delle viste riferite ai profili e sono state pertanto aggiornate le tavole dalla EG.08 alla EG.16.

2.2.1.3 ULTERIORI RACCOMANDAZIONI

- A. *approfondire lo studio dei piani di fondazione dei rilevati;*
- B. *approfondire lo studio della filtrazione in corpo diga e al contatto con le strutture rigide (muri, pali, etc.);*
- C. *esplicitare i motivi che hanno indotto a preferire, tra quelle indagate, la soluzione con sfioratori "a becco d'anatra" anziché con sfioratori laterali/frontali; ciò in considerazione della migliore regolarità ed efficienza idraulica che quest'ultima soluzione – in linea teorica – assicurerebbe;*
- D. *prevedere accorgimenti costruttivi per "accompagnare" la corrente idrica ed attenuare i disturbi sulla regolarità del deflusso dovuti alla asimmetria dei due canali di scarico;*
- E. *esplicitare la funzione delle due vasche previste a valle di quella di dissipazione, non contemplate nel modello fisico;*
- F. *evidenziare a motivare eventuali scostamenti del costo dell'intervento rispetto alle precedenti fasi progettuali, già approvate ai fini de finanziamento pubblico.*

2.2.1.3.1 Punto A) Piani di fondazione dei rilevati

I chiarimenti richiesti sono forniti nella relazione ET.06.08 *Relazione geologica, geologico-tecnica sulle indagini e sismica integrativa*.

Le indagini, eseguite nel corso degli anni, hanno mostrato, in più punti del comparto d'intervento un assetto geologico caratterizzato da un rilevato antropico (*corpo diga*) incassato e poggiante su un substrato geologico rappresentato da unità litotecniche facenti parte della formazione della Pietraforte.

L'unità litologica della *Pietraforte (PTF)* è caratterizzata da alternanze di arenarie quarzoso-calcaree e di argilloscisti grigio-scuri. La formazione rocciosa della Pietraforte, pur essendo interessata da numerose superfici di discontinuità (in prevalenza giunti di strato), è stata considerata nel suo insieme come un mezzo isotropo (*mezzo continuo equivalente*) e quindi, ai fini della valutazione delle sue caratteristiche, valutato nella sua globalità senza distinzione tra matrice rocciosa e discontinuità.

Nella relazione ET.06.08, a cui si rimanda per i dettagli, l'ammasso roccioso è stato caratterizzato utilizzando i metodi di *Bieniawski (1976)* e di *Barton (1979)*.

I parametri caratteristici definiti per il substrato roccioso sono i seguenti:

Parametri geotecnici	Unità di misura	Substrato
Peso di volume	kg/m ³	2400
Peso di volume saturo	kg/m ³	2450
ϕ'	(°)	35,9
c'	kPa	2320,0
c_u	kPa	50000,0
κ	m/s	1,00E-07

2.2.1.3.2 Punto B) Filtrazione nel corpo diga

I chiarimenti richiesti sono forniti nella relazione *ET.11 Relazione sulle verifiche di stabilità e filtrazione*.

In particolare si è proceduto a verificare la filtrazione in corrispondenza della paratia di pali realizzati in destra ed in sinistra idraulica costituenti le sponde dei canali fugatori. In tal senso è stata ipotizzata all'interfaccia struttura-terreno una permeabilità di un ordine di grandezza superiore nell'ipotesi che si instaurino delle vie preferenziali per la filtrazione.

Le verifiche hanno evidenziato che la linea di filtrazione (zona satura) a regime, anche con l'inserimento della discontinuità creata dai pali, **non interessa il piede esterno del paramento di valle della diga.**

L'andamento della linea di filtrazione calcolata risente della presenza di orizzonti a differente permeabilità.

2.2.1.3.3 Punto C) Tipologia a becco d'anatra

La geometria degli sfioratori superficiali è stata scelta di una tipologia a "becco d'anatra", in quanto consente di garantire, grazie alla sua configurazione geometrica, un notevole sviluppo della lunghezza della soglia sfiorante rimanendo entro gli ingombri di strutture di contenimento limitate. Tale configurazione permette di operare all'interno degli spazi esistenti senza dover demolire ulteriori porzioni di versanti, contenendo i costi di realizzazione e riducendo gli impatti ambientali.

La possibilità di utilizzare altre configurazioni geometriche delle opere di sfioro è stata presa in considerazione dai progettisti nel corso della progettazione.

Infatti le configurazioni verificate con il modello fisico sono state **3**:

1. sfioratoi a becco d'anatra;
2. sfioratori laterali con andamento curvilineo disposti in posizione arretrata rispetto ai primi;
3. sfioratore laterale in sinistra ad andamento curvilineo disposto in posizione arretrata rispetto allo sfioratore della soluzione1, in destra lo sfioratore è sostituito da una paratoia a ventola.

I risultati forniti dal modello fisico per la prima configurazione sono stati ritenuti soddisfacenti ed in linea con le analisi condotte con i modelli numerici e, pertanto, è stato ritenuto corretto procedere con tale ipotesi risultando più vantaggiosa per il rapporto ingombri/lunghezza soglia sfiorante.

2.2.1.3.4 Punto D) Asimmetria dei canali di scarico

Per ridurre i disturbi sulla regolarità del deflusso dovuti all'asimmetria dei due canali di scarico è stato ipotizzato di modificare l'ingresso dei due canali fugatori nella vasca di dissipazione con il prolungamento

delle pareti interne dei fugatori fino a raccordarsi più a valle all'interno della vasca realizzando un profilo in grado di accompagnare la corrente.

Tale configurazione è stata verificata con successo con ulteriori prove su modello fisico. Peraltro si è ritenuto di non dare seguito a tale modifica progettuale che avrebbe comportato un aumento dei costi.

2.2.1.3.5 Punto E) Vasche di dissipazione

Nel presente progetto definitivo la vasca di dissipazione è suddivisa in tre parti:

- vasca di dissipazione principale a monte;
- vasca di dissipazione secondaria dove recapita anche lo scarico di fondo;
- platea di raccordo all'alveo naturale

Le vasche di dissipazione sono state verificate in modo da garantire l'effetto di dissipazione della corrente proveniente dai canali fugatori.

2.2.1.3.6 Punto F) Scostamento dei costi

Il progetto preliminare aveva un totale di quadro economico di 10.300.000,00 euro. Il progetto definitivo aprile 2019 aveva un totale di quadro economico di 14.800.000,00 euro.

L'incremento di costi è dovuto principalmente alle seguenti lavorazioni:

- diversa configurazione della vasca di dissipazione e dei canali fugatori a seguito delle prove su modello fisico;
- realizzazione di un nuovo scarico di fondo esterno al corpo diga al fine di ottemperare alle prescrizioni delle NTD2014.

Il presente progetto definitivo al fine di ridurre i costi dell'intervento prevede:

- una diversa configurazione della vasca di dissipazione non più depressa;
- una riduzione delle dimensioni della viabilità di accesso al coronamento.

In ragione di tali modifiche il totale di quadro economico si riduce a 14'300'000,00. euro.

2.2.2 NOTA M_INF.CSLP.REGISTRO UFFICIALE.U.0000187.09-01-2020

Le richieste contenute nella nota di gennaio 2020 sono relative ad *Aspetti Strutturali*. Nei paragrafi seguenti si riportano i chiarimenti richiesti.

2.2.2.1 ASPETTI STRUTTURALI

A. Relazione strutture ET09.01

- la normativa di riferimento include sia il DM 2008 che il DM2018 con le relative circolari. E' necessario chiarire il motivo del doppio riferimento alle NTC del DM 2008 e a quelle del DM 2018;*
- gli spettri di accelerazione orizzontale indicati nelle figure 5.1, 5.2 e 5.3 appaiono identici. E' necessario verificare se ciò non abbia determinato errori nelle calcolazioni;*

- c. i diagrammi della figura 6.4 sono incomprensibili e privi di legenda;*
- d. dalla figura 6.79 sembrerebbe che i collegamenti dei profili siano in parte saldati. E' necessario illustrare le caratteristiche dei collegamenti saldati (tipologia di saldature, classe, etc.);*
- e. le informazioni riportate nella figura 6.82 non sono comprensibili;*
- f. in generale sarebbe opportuno che in relazione alle dimensioni adottate per gli elementi strutturali ed al quantitativo di armatura, i confronti tra domansa e capacità riportati dei tabulati di disagiata lettura siano espressi in forma sintetica nella relazione;*

B. Elaborati grafici

- a. i disegni fanno riferimento al DM 2008 anziché al DM 2018;*
- b. mancano informazioni sui collegamenti tipo tra le parti strutturali, gli ancoraggi delle armature etc.. Tali informazioni sono necessarie per la verifica della eseguibilità dell'opera anche in relazione alla stima dei costi in coerenza con l'opera progettata.*

2.2.2.1.1 Punto A) Relazione strutturale

La relazione *ET.09.01 Relazione sulle Strutture*, a cui si rimanda, è stata aggiornata secondo quanto segnalato dalla nota e sono stati sinteticamente inseriti i confronti tra *domansa e capacità*.

2.2.2.1.2 Punto B) Elaborati grafici

Sono stati aggiornati gli elaborati dal *STR01* a *STR14* per quanto riguarda il riferimento normativo e sono stati inseriti i particolari relativi al collegamento tra i vari elementi.

3 INQUADRAMENTO GENERALE

3.1 DESCRIZIONE GENERALE

La diga Dovre di Cepparello (n. arch. 766), ubicata nel Comune di Poggibonsi (Prov. SI), è classificata come diga in terra omogenea ai sensi del D.M. 24/03/1982 (B.a).

La diga presenta un'altezza di **28.0 m ai sensi del D.M. 24/03/1982** e di **25.17 m ai sensi della L. 584/94**. Avendo un'altezza maggiore di 15 m lo sbarramento è classificato come "grande diga" e soggetto alla vigilanza statale per quanto attiene alla sicurezza.

Il proprietario della diga è il Comune di Poggibonsi con sede in Piazza Cavour 2, 53036 Poggibonsi (Prov. SI). Il soggetto gestore è la società Acque S.p.A., con sede in via Bellaria 1, 56121 Spedaletto (Prov. PI), che utilizza l'invaso a scopo idropotabile.

La concessione alla derivazione è stata rinnovata con Del. Reg. n. 1230 del 14/02/1994. Ad oggi la diga è gestita con vaso limitato e con collaudo ex art. 14 del D.P.R. 1363/59 in corso.

Il progetto originario della diga risale al 1957 e fu assentito dalla IV Sezione del Consiglio LL.PP. (nota prot. n. 977 del 26/06/1959). I lavori di costruzione sono stati terminati nel 1962 (Figura 3-1 e Figura 3-2). Nel 1967 è stato realizzato un diaframma impermeabilizzante nella porzione di monte del paramento, adiacente all'ammorsatura, con lo scopo di eliminare le sensibili perdite manifestatesi dopo il primo vaso. Nella seconda metà degli anni '80 sono stati eseguiti dei lavori di ripristino del canale fuggatore destro della diga e, contestualmente, è stata realizzata la vasca di dissipazione che raccoglie entrambi gli scarichi dei canali scolmatori destro e sinistro (Figura 3-3).



Figura 3-1 – Ortofotografia 1954 (Volo GAI) dello stato dei luoghi prima della costruzione della diga Drove di Cepparello (base RT-OFC 10k54). La sagoma attuale della diga è rappresentata dalle linee di colore rosso.



Figura 3-2 – Ortofotografia 1965 della Diga Drove di Cepparello (base RT-OFC 10k65).



Figura 3-3 – Ortofoto 2013 della Diga Drove di Cepparello (base RT-OFC 10k13).

3.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La diga Drove di Cepparello sbarra il corso del Borro di Cepparello e quello del Borro di Granaio, che confluisce nel Cepparello poco a monte dello sbarramento (Figura 3-4). La corografia generale è riportata nell'elaborato *EG.01*.

Il Borro di Cepparello drena un bacino che in corrispondenza dello sbarramento si estende per una superficie di circa 11.36 km². L'area collinare drenata dal reticolo idrografico si trova a quote comprese fra 580 m s.l.m. e 165 m s.l.m. in corrispondenza dello sbarramento.

A valle della diga il Borro di Cepparello confluisce nel Torrente Drove di Tattera, il quale si immette nel Torrente Staggia dopo 5.6 km, immediatamente a valle dell'abitato di Poggibonsi. Prima dell'immissione nello Staggia il Torrente Drove di Tattera riceve le acque del Torrente Drove di Cinciano, sottendendo congiuntamente un bacino di circa 60 km².

Il Torrente Staggia, a monte dell'immissione, sottende un area di circa 180 km². Circa 1.5 km a valle della confluenza con il Torrente Drove, il Torrente Staggia si immette nel Fiume Elsa che a monte della confluenza sottende un bacino di 188 km².

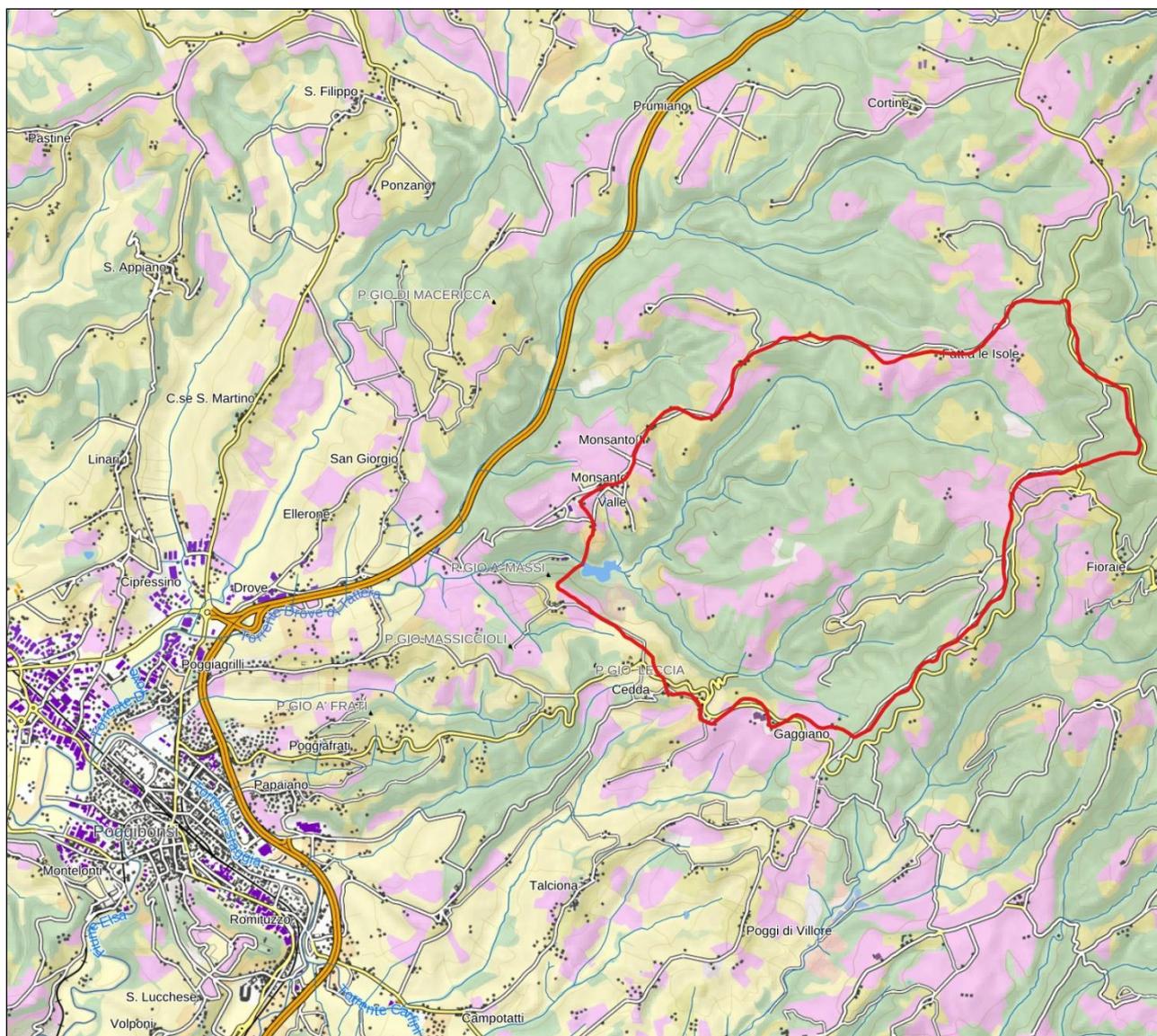


Figura 3-4 – Inquadramento bacino idrografico sotteso alla diga di Cepparello (base RT-topogr. 50k).

3.3 CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO ALLO STATO ATTUALE

Lo sbarramento è costituito da un rilevato in terra omogenea le cui caratteristiche geometriche sono ricavate dal rilievo topografico condotto nel novembre 2002, nel dicembre 2016 e successivamente nel novembre 2018 (Figura 3-6 e Figura 3-7).

I rilievi eseguiti nel 2002 e nel 2016 sono rilievi locali riferiti alla quota del coronamento della diga assunto pari a 189 m s.l.m.. Per la redazione del presente progetto definitivo, nel novembre 2018, è stato eseguito un nuovo rilievo con strumentazione GPS. Tale rilievo ha rivelato che la sommità della diga si trova a una quota assoluta di circa 189.7 m s.l.m.. Tale discrepanza non influisce in alcun modo con le elaborazioni condotte nel progetto preliminare.

Pertanto nel presente progetto definitivo si farà riferimento alle quote assolute del rilievo del 2018.

La planimetria dello sbarramento allo stato attuale è riportata nell'elaborato EG.02, le sezioni trasversali dello corpo diga allo stato attuale sono rappresentate nell'elaborato EG.27, mentre negli elaborati EG.30 e EG.33 sono riportate le sezioni trasversali attuali dei canali fuggatori sinistro e destro.

I dati caratteristici dello sbarramento sono riportati nella Tabella 3-1, mentre nella Tabella 3-2 si riportano i principali dati del serbatoio.

Descrizione	Valori
Quota del coronamento Hc (da rilievo del novembre 2018)	189.7 m s.l.m.
Quota di fondo dell'invaso Ho (desunto da progetto originale)	166.7 m s.l.m.
Quota di fondo dell'invaso Ho (da rilievo del dicembre 2016)	174.7 m s.l.m.
Quota delle soglie sfioranti (da rilievo del novembre 2018)	186.7 m s.l.m.
Larghezza delle soglie sfioranti (desunta da progetto originale)	31.0 m
Larghezza del coronamento (da rilievo del novembre 2002)	5.0 m
Quota media del piede di valle dello sbarramento (da rilievo del novembre 2018)	164.66 m s.l.m.
Larghezza sbarramento in sommità (da rilievo del novembre 2002)	68.0 m
Larghezza dello sbarramento al fondo dell'invaso (da rilievo del novembre 2002)	11.0 m
Bacino imbrifero sotteso	11.25 km ²
Diametro scaricatore di fondo	400 mm
Quota di presa dello scaricatore di fondo (desunta da progetto originale)	169.7 m s.l.m.
Portata massima in uscita dallo scaricatore di fondo	0.74 m ³ /s
Pendenza paramento di valle tratto coronamento – banca	1:2.10
Pendenza paramento di valle tratto banca – piede	1:2.39
Pendenza paramento di monte	1:2.21
Franco lordo (ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/1982) per evento con Tr = 1000 anni	trascurabile
Franco netto (ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/1982) per evento con Tr = 1000 anni	trascurabile
Franco lordo (ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/1982) per evento con Tr < 30 anni	1.50 m

Tabella 3-1 – Dati caratteristici dello sbarramento allo stato attuale.

Descrizione	Valori
Bacino imbrifero sotteso	11.25 km ²
Volume invasato alla soglia dello sfioratore (186.7 m s.l.m.)	520'000 m ³
Volume invasato al coronamento (189.7 m s.l.m.)	830'000 m ³
Quota di massimo invaso (limitata con nota prot. UTDFI/919 del 27/06/2013)	186.7 m s.l.m.
Quota di massima di regolazione (limitata con nota prot. UTDFI/919 del 27/06/2013)	177.7 m s.l.m.
Quota di minima di regolazione	172.7 m s.l.m.

Tabella 3-2 – Dati caratteristici del serbatoio allo stato attuale.

A valle della diga in sponda sinistra sono collocati i manufatti civili a servizio dell'impianto di potabilizzazione e i locali adibiti a foresteria.

3.3.1 LIMITAZIONI DI INVASO

Con le note n. 360 del 22/03/2002 e n. 679 del 05/06/2003 erano state imposte le seguenti limitazioni di invaso:

- quota di massima di regolazione (limitata) 183.7 m s.l.m. in condizioni ordinarie di esercizio;
- quota di massimo invaso 187.2 m s.l.m. in occasione di eventi di piena eccezionali.



Figura 3-5 – Vista aerea della diga di Cepparello con limitazione di invaso alla quota di 177.0 m s.l.m..

Successivamente, con nota prot. UTDFI/919 del 27/06/2013, il Ministero delle Infrastrutture e trasporti ha modificato le precedenti limitazioni come segue:

- **quota di massima di regolazione (limitata) 177.7 m s.l.m.** in condizioni ordinarie di esercizio (Figura 3-5);
- **quota di massimo invaso 186.7 m s.l.m.** in occasione di eventi di piena eccezionali.

3.3.2 ALTEZZA DELLA DIGA

L'altezza dello sbarramento è di 28.0 m (ai sensi del punto A.2 del D.M. 24.03.1982 - dislivello tra la quota del piano di coronamento e quella del punto più basso della superficie di fondazione) e 25.17 m (ai sensi dell'art. 1 comma 4 della L.584/94 - dislivello tra la quota del piano di coronamento e quella del punto più depresso dei paramenti) come desumibili dal F.C.E.M.

Per il calcolo dell'altezza ai sensi del D.M. 24/03/1982 è stato preso come punto più depresso del piano di fondazione il piano di imposta del taglione di ammorsatura che risulta da progetto estendersi per 2.0 m di larghezza e per 3.0 m di profondità ovvero fino alla quota di 161.7 m s.l.m..

3.3.3 PARAMENTI DELLA DIGA

Il paramento lato monte della diga ha una pendenza pari a 1:2.21.

Il paramento lato valle della diga ha una pendenza nel tratto compreso tra il coronamento e la banca intermedia pari a 1:2.10, mentre nel tratto tra la banca ed il piede del rilevato pari a 1:2.39.

La berma sul paramento di valle ha una larghezza di circa 3.0 m e si trova ad una distanza di 25.0 m dal coronamento ad un'altezza di circa 178.7 m s.l.m..

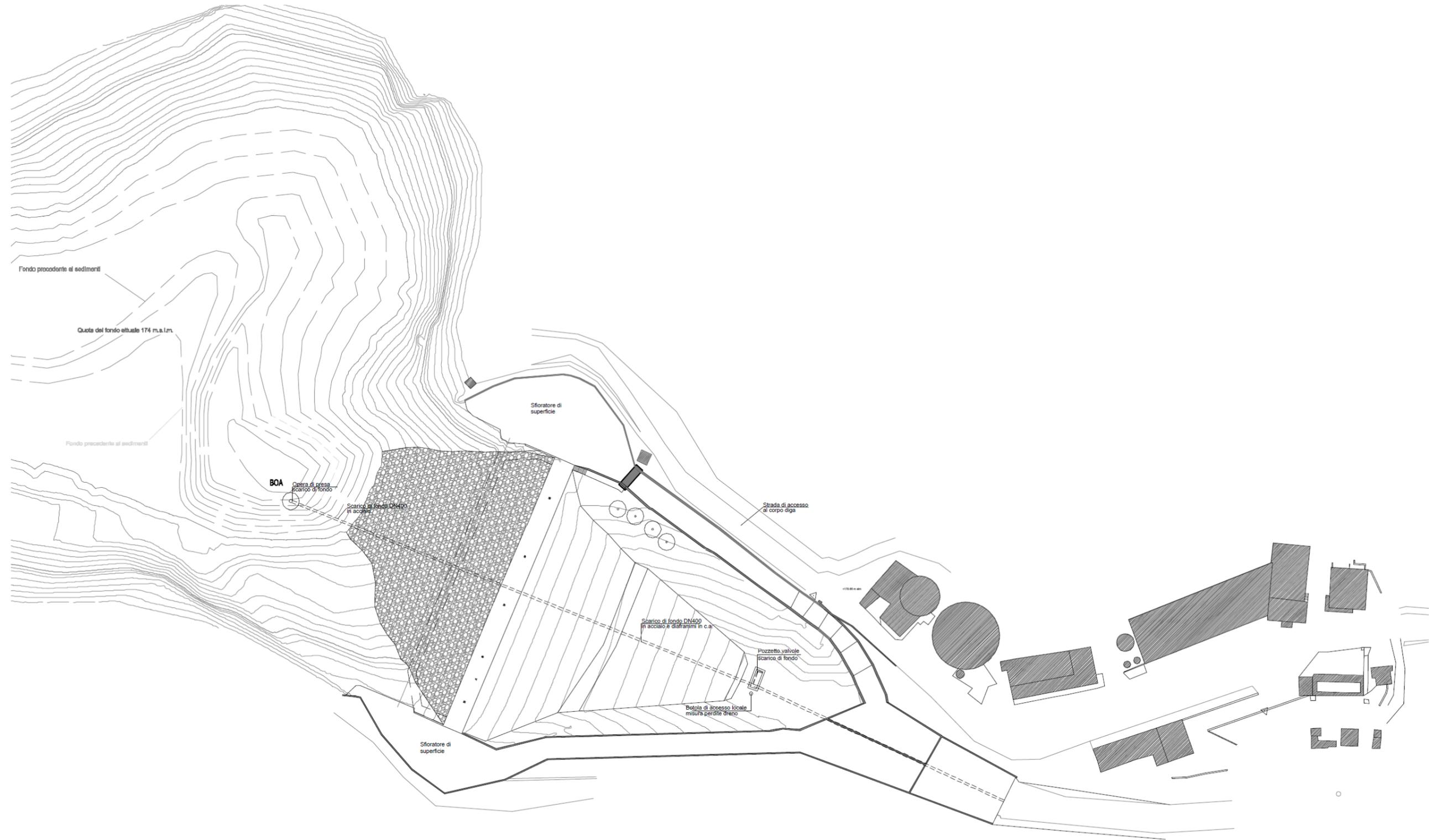


Figura 3-6 – Planimetria della diga Drove di Cepparello allo stato attuale (le quote sono riferite al F.C.E.M).

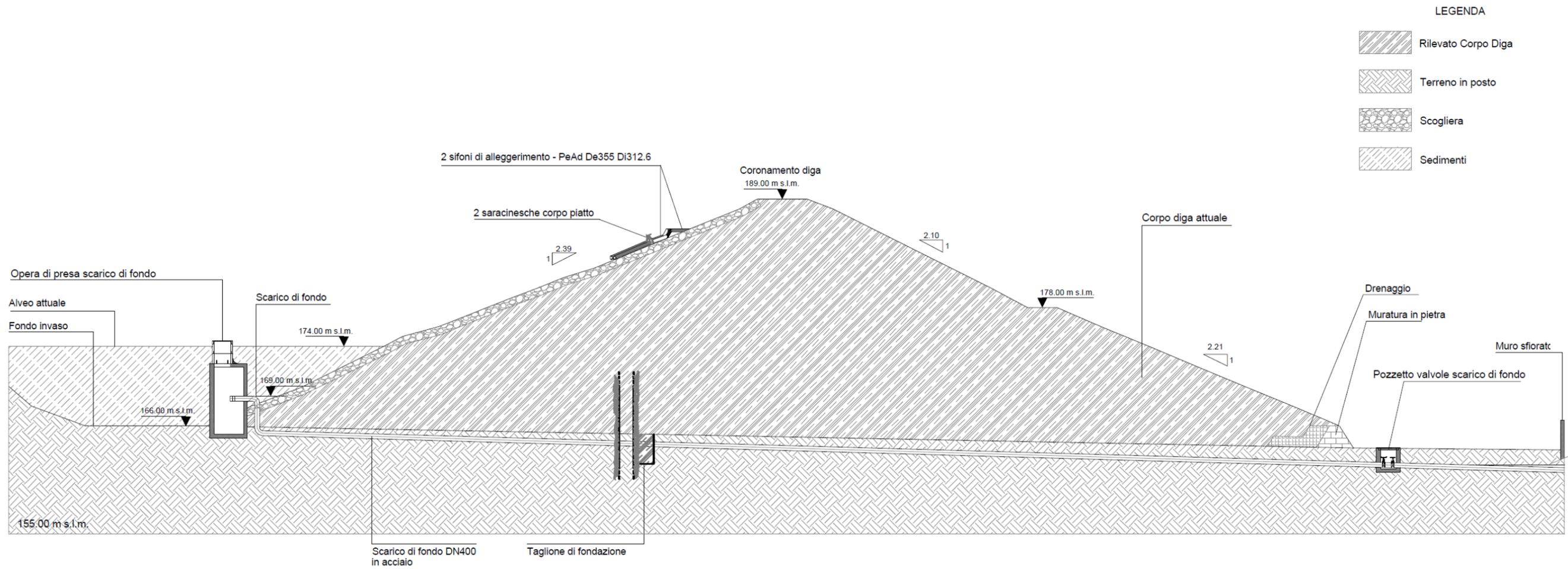


Figura 3-7 – Sezione trasversale della diga Drove di Cepparello allo stato attuale (le quote sono riferite al F.C.E.M.).

3.3.4 FRANCO DI SICUREZZA

La diga è stata progettata nel 1957. Il progettista ing. Ernesto Cornieri aveva adottato un franco di 2.5 m a partire dalla quota della soglia di sfioro (citata come quota di massimo invaso). Tale franco includeva 1.5 m di minimo e un'ampiezza d'onda pari a 0.79 m.

Il suddetto calcolo era stato condotto in ottemperanza alla normativa vigente all'epoca ovvero il Regio Decreto n. 1370 del 1 ottobre 1931, che recitava all'art. 52 del capitolo VI: *"Il franco del coronamento, da stabilirsi sopra la massima ritenuta possibile, sarà tale da contenere con margine di sicurezza di almeno mt. 1.50, la massima altezza d'onda che può aversi nel lago"*. La quota del coronamento di progetto era pertanto fissata a 189.2 m s.l.m. data la quota delle soglie sfioranti a 186.7 m s.l.m..

Dai calcoli condotti dallo stesso progettista la massima piena (stimata in 167 m³/s tenendo conto della laminazione dell'invaso) sarebbe stata smaltita con una battente di 1.5 m sulla soglia di sfioro (indicata nel Regio Decreto n. 1370 del 1 ottobre 1931 come massima ritenuta possibile) e quindi con un franco residuo di 1.0 m nella sezione della soglia di sfioro.

Successivamente la quota di coronamento della diga fu modificata a seguito del voto del C.S. dei LL.PP. Il Sezione Servizio Dighe n. 977 del 26/06/1959 e portata a 189.7 m s.l.m.. Pertanto il franco residuo veniva aumentato a 1.5 m nella sezione della soglia di sfioro.

Con nota prot. n. 2127 del 12/02/2013, l'Ufficio Idraulica – Div. 7 della Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche ha trasmesso la relazione istruttoria relativa alla rivalutazione della sicurezza idrologica-idraulica della diga in oggetto. Da tale relazione emerge che il rispetto del franco lordo originariamente previsto (pari a 1.5 m) è garantito al più per un evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni qualora il livello di invaso è limitato alla quota di 177.7 m s.l.m..

3.3.5 SOGLIE SFIORANTI E CANALI FUGATORI

Lo scarico di superficie è costituito da n. 2 soglie libere fisse, rivestite in calcestruzzo, poste ai lati delle spalle della diga ed alimentano ciascuna un canale fugatore, destro e sinistro, che convergono in un'unica vasca di dissipazione posta a valle del piede diga.

Le soglie di sfioro si trovano alla quota di 186.7 m s.l.m. ed hanno una larghezza totale di circa 31.0 m (nella loro parte iniziale).

Le soglie hanno entrambe una forma irregolare del tutto singolare, procedendo con un primo allargamento per poi avere una larghezza progressivamente decrescente, fino a raggiungere in destra i 7.15 m mentre in sinistra i 4.85 m nel punto in cui cambia la pendenza.

Complessivamente i canali fugatori sono lunghi rispettivamente circa 119.70 m in destra (quota monte ultimo salto di fondo 165.36 m s.l.m.) e circa 104.30 m in sinistra (quota vasca 163.75 m s.l.m.).

3.3.6 OPERA DI PRESA

L'opera di presa è costituita da un fabbricato in c.a. di dimensioni in pianta di circa 3.80 x 3.80 m per 5.80 m di altezza, sovrastato da una struttura costituita da scatolari in calcestruzzo di pianta 2.0 x 2.0 m e di altezza 2.30 m presidiata da una griglia che funziona sia da passo d'uomo che da opera di presa per l'acqua. L'intera struttura è normalmente sommersa.

La sommità del torrino di accesso è sopraelevata di circa 60 cm rispetto al piano dei sedimenti depositatesi sul fondo lago.



Figura 3-8 – Opera di presa esistente (estate 2003).

3.3.7 SCARICO DI FONDO

Lo scarico è realizzato con una condotta di acciaio del diametro di 400 mm sottopassante il corpo diga a circa 1.5 ÷ 2.0 m dal piano di fondazione, annegato in un getto di calcestruzzo diaframmato ogni 5 metri con uno sviluppo in lunghezza pari a 122.0 m.

Lo scarico è regolato da due valvole a farfalla poste alle estremità di monte e di valle della condotta. La valvola a farfalla in testa alla tubazione è comandata da un circuito oleodinamico collegato ad un compressore posto in sponda sinistra in corrispondenza dello scarico di superficie. Allo stato attuale il circuito oleodinamico non è funzionante (comunicazioni del Gestore con note prot. n. 50931 del 26/09/2012 e prot. n. 54685 del 16/10/2012).

La portata smaltita alla massima ritenuta (186.7 m s.l.m.) dallo scarico di fondo allo stato attuale è di circa 740 l/s.

Nel 2003, a seguito dello svuotamento dell'invaso, è stata eseguita la revisione della valvola a farfalla di monte, il ripristino della prima parte della condotta di scarico e la sostituzione della valvola di valle.

Inoltre, è stata tamponata la principale infiltrazione presente nella condotta posta circa 60.0 m a monte dalla valvola di valle, precedentemente identificata con una telecamera mobile.

Ad oggi non è stato fatto alcun intervento risolutivo per garantire la tenuta di tutta la condotta, pertanto, le manovre dello scarico di fondo sono limitate dalla non perfetta tenuta della condotta di scarico.

3.3.8 SCARICATORI A SIFONE

In attesa del completo ripristino dello scarico di fondo sono stati messi in opera n. 2 sifoni di alleggerimento disposti a cavaliere dell'incile del canale fugatore di sinistra.

Si tratta di due condotte in PEAD De355 Di312.6 dotate di quattro valvole necessarie per le operazioni di adescamento.

Le due tubazioni, realizzate nel 2003, sono state prolungate a più riprese, l'ultima delle quali nel mese di ottobre 2014. La quota di imbocco di entrambe le condotte è 174.20 m s.l.m..

La quota minima per l'innesco "naturale" dei due sifoni è 181.57 m s.l.m., mentre con riempimento forzato delle canne è possibile innescare i due sifoni fino alla quota minima di 178.20 m s.l.m.. Le operazioni di adescamento forzate sono condotte utilizzando una linea di approvvigionamento derivata dalla tubazione di adduzione all'impianto di potabilizzazione.

I due scaricatori sono in grado di smaltire complessivamente una portata di 800 l/s pari a quella dello scarico di fondo.

3.4 ANALISI DELLE CRITICITÀ

Risulta ormai assodato che la diga Dovre di Cepparello presenta allo stato attuale carenze strutturali che non garantiscono le minime condizioni di sicurezza idraulica e geotecnica previste dalle norme del D.M. del 26 giugno 2014 per le nuove realizzazioni.

La relazione istruttoria relativa alla rivalutazione della sicurezza idrologica-idraulica della diga, redatta dall'Ufficio Idraulica – Div. 7 della Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche (trasmessa con nota prot. n. 2127 del 12/02/2013 e prot. UTDFI/919), rimarca che lo scarico di superficie è insufficiente a garantire condizioni, seppur minimali e provvisorie, di sicurezza idraulica della diga.

In particolare, il succitato Ufficio, allo stato dell'informazione idrologica disponibile all'epoca, conferma in 190 m³/s la portata al colmo millenaria e afferma che, al verificarsi di tale evento, la diga sarebbe tracimata (o comunque a rischio tracimazione) anche qualora l'invaso fosse limitato o addirittura pressoché vuoto ad inizio evento.

Da tale relazione emerge che l'attuale limitazione alla quota di 177.7 m s.l.m. riesce a garantire il rispetto del franco lordo originariamente previsto per la diga (pari a 1.5 m) al più per un evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni.

Le verifiche di stabilità condotte nel progetto preliminare sulla base dei parametri geotecnici risultanti dalle indagini geognostiche condotte sul corpo diga nel corso del 2016, nonché secondo i criteri di cui alle N.T.C. 2008 e i criteri di cui al D.M. del 26/06/2014 hanno messo in evidenza che:

- il paramento di valle nelle verifiche a lungo termine non raggiunge il coefficiente di sicurezza di 1.2 previsto dalla normativa e nelle verifiche a breve termine con sisma (SLV e SLC) presenta coefficienti di sicurezza inferiori a 0.6 con spostamenti inammissibili dell'ordine di 2 metri;
- il paramento di monte, in condizioni di vaso pieno, nelle verifiche a lungo termine raggiunge un coefficiente di sicurezza maggiore di 1.2 (limite normativo) e in condizioni a breve termine con sisma (SLV e SLC) mostra coefficienti di sicurezza inferiori a 0.8 con spostamenti di lieve entità (dell'ordine

dei millimetri). Le criticità maggiori per il paramento di monte si evidenziano nelle condizioni di svaso rapido per cui i coefficienti di sicurezza risultano inferiori a 0.9.

3.5 LE ATTIVITÀ DI PROGETTAZIONE

Gli interventi di miglioramento idraulico e sismico della diga di Cepparello individuati nel presente progetto definitivo rappresentano la sintesi di varie soluzioni progettuali redatte per soddisfare le diverse esigenze manifestate dai vari Enti coinvolti nel corso delle vari fasi progettuali fin qui svolte.

Nel presente paragrafo si riportano tutti i dati e le considerazioni sulla base delle quali si è giunti alla determinazione della soluzione progettuale scelta.

L'illustrazione delle ragioni della soluzione selezionata sotto il profilo funzionale ed economico, nonché delle problematiche connesse al suo inserimento nella situazione complessiva della diga viene condotta illustrando in modo dettagliato tutte le attività svolte dagli scriventi fino alla data di redazione del presente progetto preliminare.

L'invaso di Cepparello è stato oggetto in passato di numerosi studi e progetti finalizzati ad adeguare o ripristinare le condizioni di sicurezza e di operatività previste nel progetto originario.

Nel **dicembre del 2002**, a seguito della nota n. 679/766 del 05/06/2002 trasmessa dal Servizio Nazionale Dighe - Ufficio Periferico di Firenze è stato predisposto uno "*Studio della diga di Drove di Cepparello*", per la redazione del Foglio Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione (FCEM) della stessa come richiesto dalla sede centrale del SND (prot. n. SD I/1464/UPCL del 11/03/2002).

In tale studio venivano forniti i seguenti dati e condotte le seguenti elaborazioni:

- a) Calcolo delle altezze dello sbarramento ai sensi del DM 24/03/82 e L.584/94;
- b) Planimetria generale del serbatoio con l'ubicazione dei locali dell'impianto di potabilizzazione adibiti a foresteria;
- c) Sezione dello sbarramento;
- d) Disegni degli scarichi superficiali e profondi;
- e) Localizzazione dei punti di misura delle perdite;
- f) Diagrammi dei tempi di svuotamento dell'invaso;
- g) Curva di deflusso degli scarichi in funzione del livello nel serbatoio;
- h) Piano di monitoraggio per il controllo degli spostamenti altimetrici dello sbarramento tramite livellazione topografica di capisaldi da ubicare sul coronamento.

Per quanto riguarda il punto g), in riferimento anche a quanto già riportato in calce alla precedente nota del 05/06/2002, oltre alla verifica della capacità di smaltimento attuale era stata anche verificata un'ipotesi progettuale finalizzata a ripristinare la capacità di deflusso degli scarichi come da progetto originario.

In riferimento alla nota prot. n. SDI/1246/UCPL del 01/03/2002 del Servizio Nazionale Dighe era stata anche condotta una verifica di stabilità ai sensi del D.M. del 24/03/1982 utilizzando le caratteristiche geotecniche desunte dal progetto originario sia dello stato attuale che di quello di progetto.

Nel **marzo 2006** è stato redatto il “*Progetto definitivo adeguamento scaricatori della diga Drove di Cepparello nel Comune di Poggibonsi*”, elaborato a partire dalle analisi condotte nello studio del dicembre 2002, e relativo all'adeguamento della capacità di smaltimento degli sfioratori di superficie e alla realizzazione delle necessarie opere accessorie.

In particolare il suddetto progetto mirava ad adeguare gli scaricatori in funzione della normativa vigente al momento del progetto (1958) (R.D. 01/10/1931 n. 1370) e delle prescrizioni imposte dal C.S. dei LL.PP. II Sezione Servizio Dighe con voto n. 977 del 26/06/1959 (precedente al D.P.R. n. 1363 del 01/11/1959).

In particolare le lavorazioni previste erano le seguenti:

- adeguamento dello sfioratore di sinistra con soglia di sfioro a quota 184.6 m.s.l.m. contro i 186.0 m.s.l.m. attuali;
- posa in opera di una paratoia a ventola metallica associata a una struttura tubolare flessibile con funzione di sostegno per il ripristino della quota di massima regolazione a 186.0 m s.l.m. e lunghezza di 12.5 m;
- spostamento verso monte della viabilità in sinistra dello sfioratore per l'accesso alla cabina di manovra dello scarico di fondo;
- sostituzione delle condotte presenti al disotto della suddetta viabilità (i.e. condotta di alimentazione della centrale; condotta di troppo pieno; condotta di alimentazione dall'Elsa);
- demolizione e rifacimento della passerella di accesso al coronamento della diga;
- adeguamento dello sfioratore di destra con soglia di sfioro a quota 186.4 m s.l.m. contro i 186.0 m s.l.m. attuali;
- posa in opera di una paratoia a ventola metallica associata a una struttura tubolare flessibile con funzione di sostegno per il ripristino della quota di massima regolazione a 186.0 m s.l.m. e lunghezza di 10.5 m;
- sbassamento di circa 60 cm delle soglie di sfioro della vasca di dissipazione a valle dei canali di scarico.

Lo sbassamento delle soglie di sfioro necessitava dell'adeguamento degli sfioratori a valle. In particolare lo sfioratore sinistro veniva adeguato per circa 60 m (fino al secondo salto) e lo sfioratore destro per circa 50 m a valle delle paratoie.

Il progetto conseguì parere favorevole dall'Ufficio di coordinamento con nota prot. n. 7437 del 18/09/06, trasmessa al Gestore con nota UPFI n. 1568 del 31/10/06.

Successivamente, al fine di ottenere un adeguato quadro conoscitivo della diga e del substrato su cui l'opera idraulica insiste, sono stati realizzati una serie di *sondaggi geognostici a carotaggio continuo* sul corpo diga (**luglio 2005** e **ottobre 2006**), e una campagna di indagini mediante sismica *down-hole* con onde P e SH.

Il sondaggio sismico *down-hole* è stato eseguito nel corpo diga mentre la sismica a rifrazione è stata eseguita, nella parte a monte della strada di accesso al corpo diga (lato sinistro lago).

Tali indagini hanno permesso di definire un assetto litostratigrafico aggiornato del corpo diga determinando dei parametri geotecnici differenti da quelli riportati nel progetto definitivo del marzo 2006.

Nel **novembre 2007** è stato redatto un “*Aggiornamento del progetto di adeguamento degli scarichi di superficie*” che recepiva le nuove informazioni sui parametri geotecnici dei terreni nel lato sinistro del lago

e aggiornava i calcoli strutturali degli scatolari e dei muri in base al Testo Unico - Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni.

Lo studio del dicembre 2002 aveva verificato la stabilità della diga con i parametri di progetto. Sulla base delle succitate campagne di indagini geotecniche sono state condotte, ai sensi del D.M. 24/03/1982, altre verifiche che hanno evidenziato alcune criticità in merito alle verifiche sismiche del paramento di valle.

Tale progetto fu esaminato dall'UPFI che si espresse con nota n. 44 del 13/02/08 richiedendo integrazioni.

Nel **gennaio 2008** sono state emanate le nuove "*Norme tecniche per le costruzioni*" (D.M. 14/01/2008)

Nel **luglio 2011** è stato redatto il "*Progetto definitivo degli interventi di ripristino dello scarico di fondo*" della diga di Cepparello, in merito al quale la Divisione di coordinamento si è espressa in via interlocutoria con nota n. 12410 del 29/10/12 richiedendone integrazioni.

Nel **maggio 2013** è stato redatto il "*Progetto esecutivo per il ripristino dello scarico di fondo*" della diga di Cepparello.

Il progetto prevedeva di risanare lo scarico esistente mediante l'inserimento all'interno della tubazione in acciaio esistente, una tubazione in polietilene di opportuno diametro. Contemporaneamente si prevedeva di realizzare una nuova opera di presa che consentiva una più agevole manutenzione dello scarico e una migliore operatività con lo spostamento della valvola di controllo dello scarico di fondo nella sua sezione terminale.

Il progetto fu esaminato dall'UPFI che si espresse con nota n. 44 del 13/02/08 richiedendo integrazioni.

Con nota del **27 giugno 2013** il Ministero delle Infrastrutture e trasporti fissava le seguenti *limitazioni di invaso* nell'ambito della rivalutazione della sicurezza idrologica-idraulica:

- livello di invaso a 177.0 m s. l.m. in condizioni ordinarie;
- livello temporaneo di invaso a 186.0 m s.l.m. in condizioni di piena.

Nel **giugno 2014** sono state emanate le nuove "*Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta*" (D.M. 26/06/2014).

Nel **luglio 2014** veniva redatto uno "*Studio per la stagionalizzazione dei livelli di invaso*". Tale studio non è stato condiviso dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti che ha ritenuto di dover confermare le limitazioni di invaso individuata della nota del giugno 2013.

Nel **novembre 2015** veniva elaborato il "*Programma indagini geognostiche*" per la caratterizzazione dello sbarramento ai fini delle verifiche di stabilità.

Il suddetto programma veniva approvato dal Servizio Dighe con note prot. n. 166 del 05/01/2016 e prot. n. 3772 del 25/01/2016.

Tra **febbraio** e **marzo 2016** è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche secondo quanto stabilito nel "*Programma indagini geognostiche*" del 19 novembre 2015. Nel corso dell'indagine geognostica sono stati eseguiti n. 5 carotaggi continui, di cui n. 3 sul coronamento e n. 2 sulla banca intermedia del paramento di valle. Nei sondaggi sono state eseguite prove penetrometriche SPT e prove *Lefranc*. In totale sono stati prelevati n. 35 campioni, di cui n. 33 indisturbati contenuti in fustella metallica tipo *Shelby* e n. 2 disturbati contenuti in busta di cellophane sigillata. Le prove geotecniche eseguite sui campioni prelevati hanno riguardato la determinazione del peso di volume, contenuto d'acqua, analisi granulometrica, limiti di *Atterberg*, massa volumica reale, nonché l'esecuzione della prova di taglio diretto CD, di compressione ELL, triassiale UU e triassiale CIU.

Le indagini condotte hanno consentito di definire il modello dello sbarramento e l'inquadramento dei parametri geotecnici del materiale presente nell'area di intervento.

Stante le attuali limitazioni di invaso e le variate possibilità di approvvigionamento idrico per la città di Poggibonsi da parte del gestore Acque s.p.a., la funzionalità dell'invaso e degli impianti ad esso collegati risultano fortemente limitati.

In tal senso l'Autorità Idrica Toscana in accordo con il Comune di Poggibonsi, proprietario dell'invaso, hanno valutato la possibilità di una dismissione della diga ai sensi del punto H.2.5 delle norme tecniche del giugno 2014.

Visti gli ingenti costi della dismissione è stato deciso di procedere individuando i necessari interventi di miglioramento previsti al punto H.2.2. delle Norme finalizzati a mantenere in esercizio l'invaso.

Nel **marzo 2017** è stato redatto il Progetto Preliminare. Le soluzioni progettuali individuate nel progetto preliminare per gli interventi di adeguamento degli sfioratori e di recupero dello scaricatore di fondo, nonché di miglioramento sismico dello sbarramento discendono dalle soluzioni proposte nei progetti già presentati, tenendo conto delle indicazioni, integrazioni e prescrizioni richieste nel corso dei vari procedimenti autorizzativi e adeguati al nuovo quadro conoscitivo e normativo.

Tale progetto è stato sottoposto al parere preliminare del *Ministero delle Infrastrutture e Trasporti – Dipartimento per le infrastrutture i sistemi informativi e statistici – Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche – Ufficio tecnico per le dighe di Firenze* con nota prot. 28481 del 18/04/2017. L'ufficio tecnico per le dighe di Firenze ha trasmesso al concessionario la propria relazione istruttoria che in data 24-10-2017 prot. 23805.

Nel contempo è stata avviata la procedura per la verifica di assoggettabilità a VIA. Acque s.p.a. ha presentato l'istanza di verifica di assoggettabilità con nota prot. 79588 del 10/07/2017 successivamente perfezionata in con nota prot. 85140 del 25/08/2017. In data 28/09/2017 prot. 22208 il Ministero ha comunicato la procedibilità dell'istanza.

In data 07/11/2017 la Regione Toscana trasmetteva il parere di propria competenza. Con nota del 1127 del 17/01/2018 il Ministero inoltrava una richiesta di integrazioni. Nell'ottobre 2018 venivano completate le indagini e le elaborazioni integrative e le stesse erano trasmesse al Ministro dell'Ambiente.

La verifica di assoggettabilità si è conclusa con esito negativo e rinvio del Progetto a Valutazione di Impatto Ambientale.

La procedura di VIA, avviata sul Progetto Definitivo redatto nell'Aprile 2019, risulta ad oggi in corso di istruttoria.

Il Progetto Definitivo, presentato nell'aprile 2019, ha introdotto modifiche al Progetto Preliminare, sia a seguito del suddetto parere preliminare che della verifica delle opere su modello fisico, tra cui le principali sono le seguenti:

- diversa configurazione dei canali fugatori che sono stati regolarizzati;
- diversa configurazione della vasca di dissipazione che è stata depressa e allungata;
- realizzazione di un nuovo scarico di fondo.

Il presente aggiornamento individua le seguenti modifiche al Progetto Definitivo aprile 2019 al fine di ottenere una riduzione dei costi:

- modifica della configurazione della vasca di dissipazione a valle dei canali fugatori *nel sistema di scarico di superficie*;
- modifica alla strada che consente l'accesso al coronamento posizionata in adiacenza al canale fugatore sinistro *nella viabilità interna*.

4 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Gli interventi previsti nel presente progetto ricadono in parte nel Comune di Poggibonsi (Prov. SI) e in parte nel Comune di Barberino Tavarnelle(Prov. FI).

La planimetria degli interventi di progetto è riportata nell'elaborato *EG.06* (Figura 4-1), le sezioni trasversali dello corpo diga di progetto sono rappresentate nell'elaborato *EG.28* (Figura 4-2), mentre negli elaborati *EG.31*, *EG.034* e *EG.37* sono riportate le sezioni trasversali di progetto dei canali fugatori sinistro e destro, nonché della vasca di dissipazione.

Infine negli elaborati *EG.48*, *EG.49*, *EG.50*, *EG.51* e *EG.52* sono raffigurati i tipologici strutturali e costruttivi delle opere d'arte.

Gli interventi di progetto consistono in interventi di ristrutturazione mediante lavori e opere di trasformazione atti ad aumentare la sicurezza attuale della diga, pur senza raggiungere i livelli richiesti per le nuove costruzioni, così come definito al cap. H.2 del D.M. 26/06/2014.

4.1 INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO

È necessario procedere ad interventi di miglioramento sismico secondo quanto riportato al cap. H.2.2. del D.M. 26/06/2014, in quanto le verifiche di stabilità, condotte come prescritto ai capp. H.3 e H.4, mostrano il raggiungimento per lo stato attuale di uno SLU (SLV e SLC).

I risultati delle verifiche di stabilità mettono in luce significative criticità nella stabilità del corpo diga alcune delle quali (paramento di valle) già evidenziate nelle verifiche degli studi e dei progetti precedenti, altre (paramento di monte per svaso rapido) emerse alla luce della nuova caratterizzazione geotecnica del terreno del corpo diga a seguito della campagna di indagini del 2016.

Gli interventi volti a garantire la stabilità del corpo diga prevedono un ricarico dei paramenti di monte e di valle, in modo da addolcire il pendio ed appesantire il corpo diga al piede ovvero:

- **paramento di monte:** realizzazione di un riporto con pendenza di 1:4 al disotto della banca intermedia posta alla quota di 184.2 m s.l.m. e con una pendenza di 1:3 al disopra della banca intermedia;
- **paramento di valle:** realizzazione di un riporto con pendenza di 1:4 al disotto della banca intermedia posta alla quota di 179.0 m s.l.m. e con una pendenza di 1:3 al disopra della banca intermedia.

La riduzione della pendenza della parte bassa dei paramenti al disotto delle berme di monte e di valle rispetto al progetto preliminare si è resa necessaria a causa di un più intensa sollecitazione sismica dedotta con la studio di Risposta Sismica Locale e della suddivisione del rilevato attuale in due orizzonti distinti.

Il coronamento della diga è stato alzato alla quota di 190.0 m s.l.m.

4.1.1 CARATTERISTICHE DEI TERRENI DI RINFIANCO

Il terreno utilizzato per il rinfianco della diga sarà reperito all'interno dell'invaso. Le caratteristiche del materiale sono state assunte in via cautelativa in funzione delle specifiche indagini condotte sui terreni disponibili.

In particolare, si prevede di utilizzare un terreno a grana fine ricadente nella categoria delle sabbie limo argillose che una volta messo in opera possieda le seguenti caratteristiche:

- peso insaturo di circa 2.0 t/m³;
- peso saturo di circa 2.1 t/m³;
- angolo di attrito di almeno 28.0°;
- coesione in termini di tensioni efficaci di 10.0 kPa;
- resistenza al taglio in termini di tensioni totali di 65.0 kPa

Inoltre, il rinfianco deve soddisfare alle relazioni sperimentali che correlano le dimensioni limite dei diametri caratteristici dei terreni a contatto. Basandosi sulla classificazione fornita dal AASHO i materiali che meglio interpretano le nostre esigenze, sono quelli ricadenti all'interno delle categorie **A-4, A-5, A-6 e A-7**.

Al di sopra della sommità della banca di valle è riportato uno strato di 30 cm di pietrisco misto di cava stabilizzato di pezzatura 0÷50 mm.

4.1.2 MESSA IN OPERA DEL TERRENO DI RINFIANCO

La densità relativa ottenuta in loco dovrà essere almeno il 90% di quella determinata all'ottimo delle prove Proctor standard (ASTM D-698 e AASHTO T-99) effettuate sul materiale da porre in opera.

Il costipamento deve avvenire utilizzando rulli a masse vibranti. L'effetto di costipamento del rullo vibrante risulta di maggiore efficacia a profondità variabili tra 40 cm e 80 cm, per cui si prevede di porre il materiale a strati di 40 cm.

La verifica del raggiungimento della densità relativa prevista deve essere effettuato con misure di densità in numero di almeno 1 ogni 500 m³ di materiale posto in opera.

Eventuali variazioni sulle caratteristiche del materiale devono essere opportunamente verificate attraverso nuove verifiche di stabilità del rilevato.

Il rinfianco è ammorsato nel terreno di fondazione attraverso un taglione di 1.0 m di profondità e 2.0 m di larghezza posto in corrispondenza dell'estremità di valle. L'ammorsamento nel rilevato esistente viene realizzato mediante incassi con due superfici di taglio a 45°. Il terreno di riempimento degli incassi deve avere le stesse caratteristiche del rinfianco.

4.1.3 LA PROTEZIONE DEL RILEVATO A LAVORI ULTIMATI

A ultimazione dei lavori è importante provvedere alla protezione del nuovo paramento del rinfianco, al fine di scongiurare fenomeni erosivi dovuti al dilavamento.

Per questo motivo il paramento di valle dello sbarramento è seminato a spaglio e protetto con una biostuoia composta da fibre naturali biodegradabili, opportunamente ammorsata in sommità ed alla base e picchettata per il fissaggio al paramento.

Il paramento di monte dello sbarramento è rivestito interamente con una scogliera costituita da massi naturali, non gelivi, compatti e fortemente resistenti all'abrasione, disposti per uno strato di circa 100 cm su uno strato di 30 cm pietrisco di granulometria adeguata steso su un geotessile di idonea grammatura.

4.2 INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO IDRAULICO

È necessario procedere ad interventi di miglioramento idraulico secondo quanto riportato al cap. H.2.2. del D.M. 26/06/2014, in quanto il tempo di ritorno della portata di piena scaricabile rispettando il franco idraulico indicato al cap. C.1 è inferiore a 1000 anni.

4.2.1 INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELLO SCARICO DI SUPERFICIE

Gli interventi di adeguamento previsti hanno lo scopo di ripristinare una capacità di smaltimento che migliori sensibilmente il livello di sicurezza rispetto lo stato attuale della diga.

La soluzione progettuale è sviluppata tenendo conto i seguenti vincoli:

- vincolo imposto dal regolamento dighe circa la necessità di smaltire la portata millenaria interamente con scaricatori di superficie a soglia fissa (parere espresso in via interlocutoria nel corso dell'incontro svolto presso la sede di Roma in data 17/01/2017);
- vincolo sollecitato dal Gestore di massimizzare il volume utile di regolazione;
- vincolo topografico connesso allo sviluppo trasversale dei canali fugatori destro e sinistro.

Al fine di rispettare i vincoli prima elencati sono adottati sfioratori della tipologia a "becco d'anatra".

La geometria a "becco d'anatra" è stata scelta in quanto consente di garantire, grazie alla sua configurazione geometrica, un notevole sviluppo della lunghezza della soglia sfiorante rimanendo entro gli ingombri di strutture di contenimento limitate. Tale configurazione permette di operare all'interno degli spazi esistenti senza **dover demolire ulteriori porzioni di versanti, contenendo i costi di realizzazione e riducendo gli impatti ambientali.**

L'opera di sfioro presenta una sezione trasversale sagomata secondo un profilo di *Greager-Scimeni*.

Lo stato di progetto consente alla piena con **tempo di ritorno 1000 anni** di essere evacuata con una **quota di massimo invaso di 187.35 m s.l.m.** e quindi con un **franco di 2.65 m**, superiore al franco idraulico minimo regolamentare calcolato secondo quanto riportato ai capp. C.1 e C.2 del D.M. 26/06/2014 calcolato in **circa 2.50 m**.

L'ipotesi progettuale proposta consiste nel procedere all'abbassamento della quota di stramazzo attuale di circa 1 m e all'allungamento del ciglio sfiorante per mezzo di sfioratori del tipo a "becco d'anatra", nonché alla riprofilatura del fondo e delle sezioni trasversali dei canali fugatori destro e sinistro.

In particolare sono previsti i seguenti interventi:

- adeguamento dello sfioratore di sinistra mediante la realizzazione di una soglia di sfioro fissa del tipo a "becco d'anatra" lunga complessivamente 38.0 m posta a quota 185.7 m s.l.m. contro i 186.7 m s.l.m. attuali;
- completo rifacimento del canale fugatore sinistro (nel progetto preliminare si prevedeva la riprofilatura del fondo e delle sezioni trasversali del canale fugatore sinistro nel tratto compreso tra la sezione SX-1 e la sezione SX-14°);
- spostamento verso monte della viabilità in sinistra dello sfioratore per l'accesso alla cabina di manovra dello scarico di fondo;
- sostituzione delle condotte presenti al disotto della suddetta viabilità (condotta di alimentazione della centrale, condotta di troppo pieno, condotta di alimentazione dall'Elsa);
- demolizione e rifacimento delle passerelle di accesso al coronamento e al pozzetto di manovra della diga presenti sullo canale fugatore sinistro;
- adeguamento dello sfioratore di destra tramite la realizzazione di una soglia di sfioro fissa del tipo a "becco d'anatra" lunga complessivamente 28.7 m posta a quota 185.7 m s.l.m. contro i 186.7 m s.l.m. attuali;
- completo rifacimento del canale fugatore destro (nel progetto preliminare si prevedeva la riprofilatura del fondo e delle sezioni trasversali del canale fugatore destro nel tratto compreso tra la sezione DX-1 e la sezione DX-7a);
- completo rifacimento della vasca di dissipazione, la vasca presenta una quota di fondo di 160.80 m s.l.m. e una lunghezza di circa 50 m e una soglia a valle alta 4.40 m (nel progetto preliminare si prevedeva il solo adeguamento dei muri della vasca di dissipazione a valle dei canali di scarico e la realizzazione di blocchi dissipatori sulla platea in calcestruzzo posta a valle della vasca di dissipazione prima della restituzione nell'alveo naturale, nel progetto definitivo aprile 2019 il fondo della vasca era posto a quota 158.70 m s.l.m.);
- realizzazione a valle della vasca di dissipazione di una vasca di dissipazione secondaria ove recapiterà il nuovo scarico di fondo larga circa 9.0 m e lunga circa 30.0 m con a valle una soglia alta 1.0 m ;
- risagomatura del tratto a valle della vasca di dissipazione, realizzazione di un alveo inciso in calcestruzzo e protezione delle sponde con scogliera.

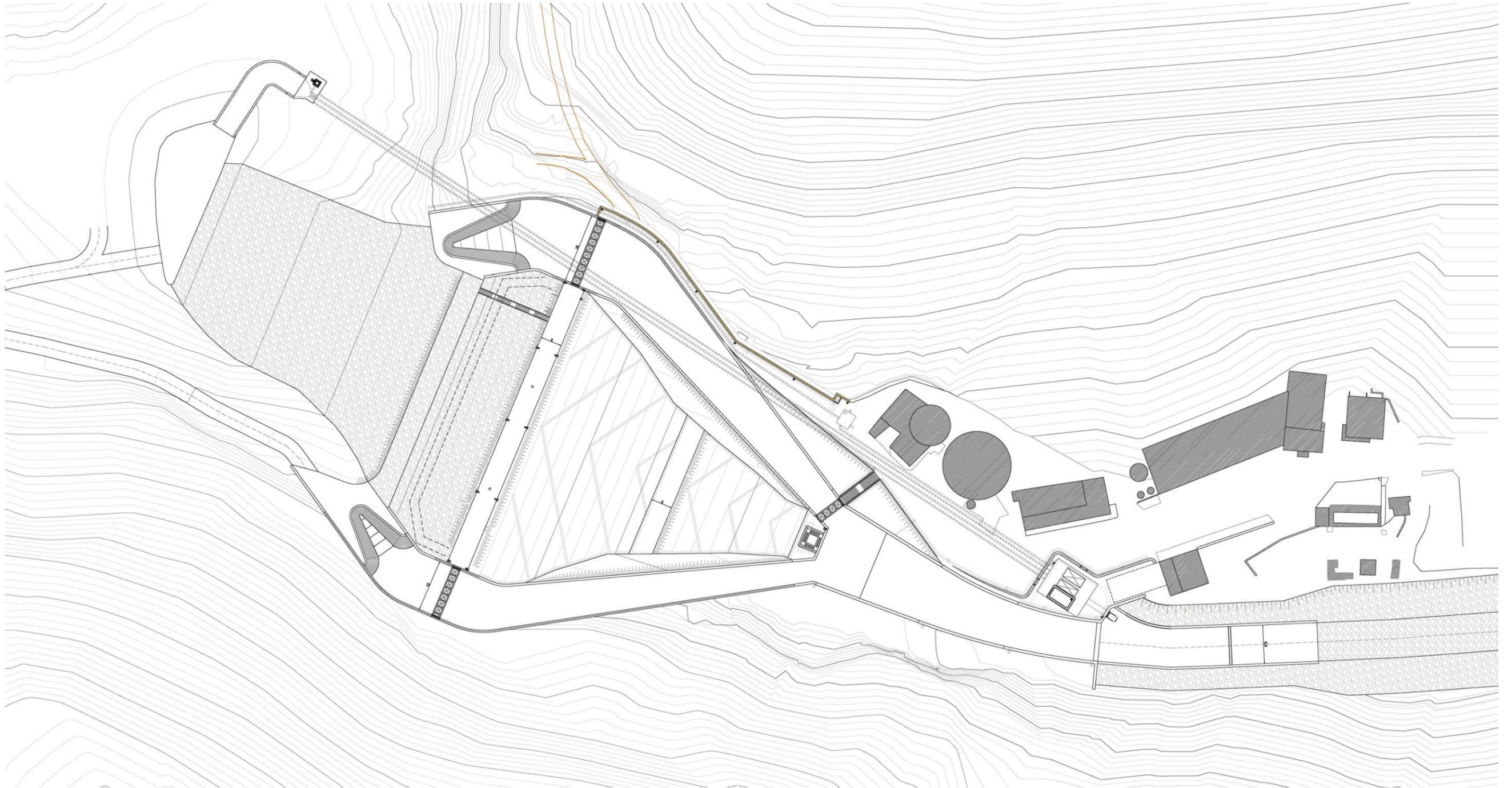


Figura 4-1 – Planimetria della diga Drove di Cepparello nello stato di progetto.



Figura 4-2 – Sezione trasversale della diga Drove di Cepparello nello stato di progetto.

4.2.1.1 ADEGUAMENTO SCOLMATORE SINISTRO

Lo sfioratore sinistro presenta attualmente una larghezza in corrispondenza dell'asse della diga di circa 18.0 m. Tale larghezza si riduce a circa 5.2 m all'imbocco del canale fugatore in corrispondenza della passerella.

Sempre in corrispondenza della passerella sulla sinistra è presente un piccolo locale per la manovra delle valvole poste sulla condotta di presa dall'invaso.

In tal senso preme ricordare che il progetto originario prevedeva la presa come derivazione dallo scarico di fondo. Attualmente la presa dal lago avviene con due pompe montate su una zattera galleggiante posta nei pressi della sponda sinistra del lago, nel punto di maggiore profondità, che recapitano attraverso due condotte flessibili nella condotta di alimentazione posta al disotto dello sfioratore di sinistra. Al disopra di certi livelli di invaso è possibile derivare le acque dal lago con un funzionamento a sifone.

Il progetto di adeguamento dello sfioratore sinistro prevede l'abbassamento della soglia sfiorante di 1.0 m con la creazione di uno sfioro del tipo a "becco d'anatra" con soglia di stramazzo lunga complessivamente 38.0 m posta a quota 185.7 m s.l.m..

A valle dell'opera di sfioro è prevista la creazione di un'ampia savanella rettangolare larga 16.0 m con quota di fondo posta a 183.7 m s.l.m.. In corrispondenza della soglia di sfioro è previsto, pertanto, un salto di 2.0 m. Intorno allo sfioratore viene realizzato un setto impermeabile in pali di grande diametro compenetrati per contrastare i fenomeni di filtrazione. Al disotto della struttura è prevista una rete drenante per annullare le sottospinte.

Lo sfioratore attuale viene completamente demolito. Il nuovo canale fugatore converge verso la vasca di dissipazione mantenendo quote di fondo sempre inferiori rispetto a quello attuale. A valle dalla sezione SX_07 il canale fugatore si pone completamente alla destra di quello esistente.

Lato diga (sponda destra) in corrispondenza della diga è prevista una paratia doppia con pali di grande diametro secanti Ø800 con passo di 70 cm, armati uno sì e due no, infissi 10.0 m dall'intradosso della fondazione delle soglie sfioranti in modo da contenere il fronte di scavo a ridosso della struttura esistente. La paratia doppia è compresa tra le sezioni SX_02 e SX_03a. Sempre lato diga tra le sezioni SX_01 e SX_02 e le sezioni SX_03a e SX_05 circa è prevista la realizzazione di una paratia singola sempre con pali di grande diametro secanti Ø800 con passo di 70 cm.

Lato versante tra le sezioni SX_01 e SX_03 è prevista una paratia con pali di grande diametro secanti Ø800 con passo di 70 cm, armati uno sì e due no, infissi 10.0 m dall'intradosso della fondazione delle soglie sfioranti con tiranti in testa con passo 2.8m.

Lato versante tra le sezioni SX_03 e SX_08 sarà realizzata una paratia di micropali con da una a tre file di tiranti. La paratia sarà costituita da micropali Ø220 (armatura con tubolare Ø139.7X10) con passo di 60 cm e infissione minima di 3.0 m con tiranti del tipo Diwidag da 32mm in foro Ø125. Fino alla sezione SX-03a i tiranti sono disposti su tre ordini, nel tratto tra le sezioni SX-03a e SX-06/SX_07 sono disposti su 2 ordini, mentre nel tratto tra le sezioni SX-06/SX07 e SX-07/SX_08 è previsto un solo ordine di tiranti.

La paratia di micropali è dotata di cordoli di testa in c.a. per tutte le file di tiranti.

Nel tratto tra la sezione SX_06/SX_07 e la sezione SX_10 il nuovo canale fugatore corre a una quota superiore rispetto al substrato roccioso pertanto è prevista la realizzazione di una struttura su micropali Ø220 (armatura con tubolare Ø139.7X10) con ancoraggio minimo in roccia di 5.0m.

I muri sono previsti dello spessore variabile da 60cm a 50 cm. Le solette di fondazione sono previste di spessore 1.0 m.

Il muro presenta altezze variabili da 6.5 m a 3.5 m nella parte finale.

A tergo dei muri lato versante è previsto un materassino drenante con alla base un tubo drenante con recapito nel sistema di drenaggio posto al disotto degli sfioratori.

4.2.1.2 SPOSTAMENTO VIABILITÀ

La soluzione proposta per l'abbattimento dei costi prevede la realizzazione di una strada di larghezza netta pari a 2 m. La strada sarà realizzata con un pacchetto stradale costituito da fondazione (spessore 20 cm), massicciata (spessore 7 cm) e binder (spessore 3 cm).

La viabilità presente a lato dello sfioratore di sinistra viene spostata lato versante mediante la realizzazione di un muro di sostegno lungo circa 75 m di cui :

- 45 m con altezza di 2.4 m, realizzato con soletta incastrata nella paratia sinistra del canale fugatore;
- circa 30 m con altezza di 2.4 m, realizzato mediante il getto di una sezione in c.a..

A tergo del muro di sostegno è posto un materassino drenante con alla base un tubo drenante che recapita nel canale fugatore.

Le acque meteoriche provenienti dal versante sono recapitate direttamente nel canale fugatore sinistro con un pozzetto posto in corrispondenza dalla sezione SX-08 tramite un tubo in CLS Ø800. La strada ha una pendenza trasversale verso monte del 2%.

La strada è dotata di n.6 punti luce posti sul muro a ridosso del versante.

La presente soluzione consente quindi l'**accesso pedonale** al coronamento; la rinuncia all'accesso carrabile al coronamento rispetto al Progetto Definitivo aprile 2019 è motivato sia dalla riduzione dei costi di intervento sia dalle effettive necessità presenti durante l'esercizio e il funzionamento della diga espresse dal gestore.

4.2.1.3 SOSTITUZIONE CONDOTTE

Al disotto della viabilità posta in sponda sinistra sono presenti oggi le seguenti condotte:

- condotta di alimentazione della centrale di potabilizzazione;
- condotta di troppo pieno;
- condotta di derivazione delle acque dell'Elsa.

Con l'inserimento della condotta di derivazione nel nuovo scarico di fondo l'unica condotta da posare nella strada è quella di derivazione delle acque dell'Elsa.

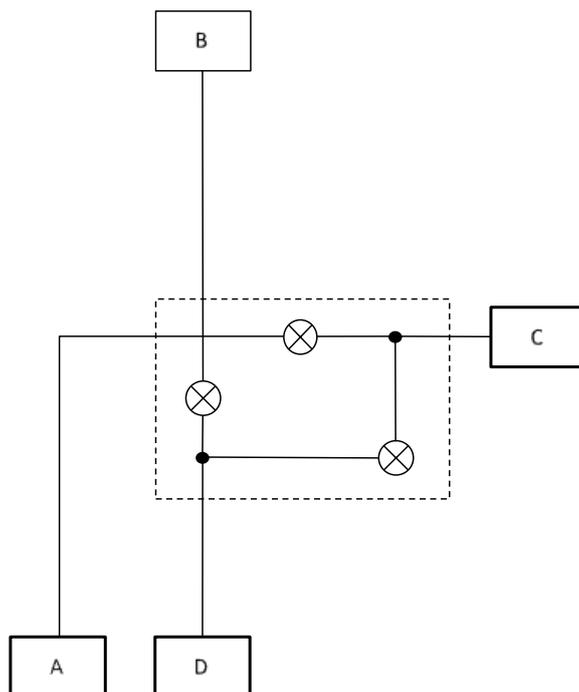


Figura 4-3 – Schema di funzionamento delle condotte afferenti all'invaso.

Lo schema di funzionamento è riportato nella Figura 4-3 in cui sono adottate le seguenti tipologie:

- A - Condotta proveniente dalle pompe poste nella cameretta dello scarico di fondo;
- B - Condotta di alimentazione del lago dall'Elsa;
- C - Condotta verso l'impianto di potabilizzazione;
- D - Condotta premente dall'Elsa.

Le condotte sono attualmente parte in acciaio e parte in polietilene. Si prevede la loro sostituzione con condotte in acciaio inox $\varnothing 300$.

Le condotte sono poste tutte al disotto della nuova sede stradale.

Il pozzetto è realizzato in prossimità della sezione SX-09 per il posizionamento delle valvole di by-pass da utilizzarsi nel caso si renda necessario alimentare l'impianto direttamente con l'acqua dell'Elsa.

4.2.1.4 ADEGUAMENTO SCOLMATORE DESTRO

Lo sfioratore destro presenta attualmente una larghezza in corrispondenza dell'asse della diga di circa 13.0 m. Tale larghezza si riduce a circa 7.2 m all'imbocco del canale fuggatore.

Il progetto di adeguamento dello sfioratore destro prevede l'abbassamento della soglia sfiorante di 0.9 m con la creazione di uno sfioro del tipo a "becco d'anatra" con soglia di stramazzo lunga complessivamente 28.7 m posta a quota 185.7 m s.l.m..

A valle dell'opera di sfioro è prevista la creazione di un'ampia savanella rettangolare larga 12.0 m con quota di fondo posta a 183.7 m s.l.m.. In corrispondenza della soglia di sfioro è previsto, pertanto, un salto di 2.0 m. Intorno allo sfioratore viene realizzato un setto impermeabile per contrastare i fenomeni di filtrazione.

Al disotto della struttura è prevista una rete drenante per annullare le sottospinte.

L'asse del nuovo canale viene spostato a destra avvicinandosi al versante per tutta la sua lunghezza.

L'abbassamento del fondo interessa il tratto compreso tra la sezione DX-01 e la sezione DX-06. A valle della sezione DX-06 il fondo alveo di progetto è più alto fino a circa 2.0m rispetto a quello attuale. In questo tratto il nuovo canale fugatore sarà realizzato con una struttura poggiante su pali.

Lato diga (sponda sinistra) tra le sezioni DX_02a e DX_03 viene realizzata una paratia doppia intorno al muro attuale. In particolare, è prevista l'esecuzione di pali secanti Ø800 con passo di 70 cm, armati uno si e due no, lunghi 10.0 m al di sotto dell'intradosso della fondazione dello sfioratore, in modo da contenere il fronte di scavo a ridosso della struttura esistente.

Nel tratto tra la sezione DX_01 e la sezione DX_04 viene realizzata una paratia singola in pali secanti Ø800 sempre con passo di 70 cm.

Lato versante il muro attuale viene demolito e viene realizzata una paratia singola in pali secanti Ø800 sempre con passo di 70 cm tra le sezioni DX_01 e DX-03 con tiranti in testa con passo 2.8m. Il muro presenta altezze variabili da 6.0 m a 5.50 m nella parte finale.

Tra le sezioni DX_03 e DX_07/DX_07a lato versante viene realizzata una paratia di micropali Ø220 con passo di 60 cm e infissione minima di 3.0 m con tiranti del tipo Diwidag da 32mm in foro Ø125 e un numero di ordini variabile a seconda dell'altezza del muro.

Nel tratto a valle della sezione DX_06 il canale è realizzato con struttura in c.a. fondata su micropali.

I muri sono previsti dello spessore di 60cm-50 cm per la parte in elevazione mentre la fondazione ha uno spessore di 1.0 m.

4.2.1.5 SETTI IMPERMEABILI

Al fine di garantire la necessaria tenuta idraulica degli scarichi di superficie destro e sinistro, è prevista la realizzazione di un diaframma impermeabile, costituito da colonne di pali di grosso diametro secanti Ø800 con passo di 70 cm, armati uno si e due no, lunghi 10.0 m al di sotto dell'intradosso della fondazione degli sfioratori.

Il tracciato del diaframma impermeabile segue quello del bordo dei due canali fugatori. La chiusura trasversale è realizzata in corrispondenza dell'estremità di monte della platea dei due canali fugatori.

Per lo sfioratore sinistro il setto impermeabile ha origine sul lato del versante in corrispondenza della sezione SX-03, posta in asse alla diga, mentre lato diga prosegue verso valle fino a raggiungere quasi la sezione SX-05.

Per lo sfioratore destro il setto impermeabile ha origine sul lato del versante in corrispondenza della sezione DX-03, posta in corrispondenza dell'asse della diga, mentre lato diga si estende fino a raggiungere quasi la sezione SX-05.

4.2.1.6 NUOVE PASSERELLE

Allo stato attuale sono presenti **n. 2 passerelle** sul canale scolmatore sinistro.

Quella più a monte è ubicata in prossimità della sezione SX-04, ove il canale subisce un marcato allargamento nello stato di progetto. La passerella attuale deve essere pertanto demolita e viene ricostruita in un'altra posizione in asse al coronamento, tra le sezioni SX-02b e SX-03.

Attualmente la passerella ha una struttura in calcestruzzo con una luce di circa 5.20 m. La nuova passerella ha una luce di 17.25 m da appoggio a appoggio ed è costruita interamente in acciaio.

La passerella ha un franco di circa 4.3 m sulla piena millenaria, l'estradosso a quota 190.0 m s.l.m. e l'intradosso a quota 189.50 m s.l.m..

La passerella ha una larghezza netta di 2.0 m, la soletta è costituita da un grigliato, le travi portanti sono due IPE450.

Sul lato di valle della passerella saranno ancorati i cavi di alimentazione dell'illuminazione presente sul coronamento della diga.

La passerella di valle è ubicata in corrispondenza della sezione di chiusura del canale scolmatore, in corrispondenza della sezione SX-10. La passerella attuale deve essere demolita in quanto i contenimenti vengono sopraelevati fino alla quota di 171.70 m s.l.m.. In questo caso la nuova passerella viene ricostruita nella medesima posizione.

Attualmente la passerella ha una struttura in acciaio con una luce di circa 4.90 m. La nuova passerella ha una luce di 6.6 m da appoggio a appoggio ed è costruita interamente in acciaio.

La passerella ha un franco di circa 2.80 m sulla piena millenaria, l'estradosso a quota 171.70 m s.l.m. e l'intradosso a quota 171.2 m s.l.m..

La passerella ha una larghezza netta di 2.0 m, la soletta è costituita da un grigliato, le travi portanti sono due IPE450.

E' stata inoltre prevista una ulteriore passerella per accedere alla sponda destra del canale fugatore di destra. La passerella ha le stesse caratteristiche di quella posta in sinistra ma una luce di circa 12.5 m.

4.2.1.7 ADEGUAMENTO DELLA VASCA DI DISSIPAZIONE

La vasca di dissipazione è oggi costituita da due parti ove recapitano rispettivamente il canale fugatore destro e quello sinistro. A monte la vasca è oggi delimitata da un muro con sommità a quota 167.7 m s.l.m., lateralmente da due muri con sommità a quota 170.5 m s.l.m. e a valle da una soglia posta a quota 167.25 m s.l.m. che si raccorda al setto centrale che la divide in due parti posto anch'esso alla quota di 167.25 m s.l.m..

Le verifiche condotte sul modello fisico hanno evidenziato che la vasca per la sua ridotta lunghezza non è in gradi di contenere efficacemente il risalto idraulico. È stata pertanto prevista una diversa configurazione che prevede un allungamento e un approfondimento della vasca.

La soluzione proposta per l'abbattimento dei costi di realizzazione dell'intervento prevede due vasche di dissipazione e una platea di raccordo; la prima è quella ove recapitano i canali fugatori destro e sinistro, mentre la seconda è quella, a valle della prima, ove recapita lo scarico di fondo.

La prima vasca di dissipazione ha **larghezza** variabile **da 18.60 m a monte a 8.90 m** a valle con una soglia in uscita **alta 4.4 m**. La **quota di fondo** della vasca risulta pari a **160.8 m s.l.m.** mentre la quota della soglia in uscita è di 165.2 m s.l.m.. La **quota dei muri laterali** a tenuta idraulica varia **da 172.7 m s.l.m. a monte a 170.7 m s.l.m. a valle**; essi sono rialzati rispetto al terreno circostante e hanno quindi funzione anche di parapetto.

Dal punto di vista strutturale le berlinesi sono caratterizzate da micropali Ø220 con passo 60 cm, ma lunghezza di 2 m minore rispetto alla soluzione individuata nel progetto definitivo. I tiranti sono del tipo Diwidag da 32 mm in foro Ø125 posti a interasse di 2.40 m.

Sono previste tre file di tiranti nella parte a monte e due file di tiranti nella parte a valle.

La vasca di valle, ove recapita lo scarico di fondo presenta a valle una soglia alta 1.0m.

La soluzione individuata consente, pur diminuendo consistentemente i franchi all'interno della prima vasca di dissipazione per la portata millenaria, di ridurre i costi di realizzazione dell'intervento. A differenza di quanto previsto nella progettazione definitiva aprile 2019, tale configurazione della vasca di dissipazione garantisce inoltre, su raccomandazione del *Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti*, **lo svuotamento "a gravità"**.

La modellazione idraulica della soluzione proposta, in linea con quanto già fatto in sede di progettazione definitiva, è stata effettuata mediante un modello di moto permanente a corrente mista con il software HEC-RAS v.5.0.6. Nel modello idraulico è stato inserito anche un tratto del corso d'acqua a valle della restituzione sufficientemente esteso. Esso consente di valutare le condizioni idrodinamiche che si instaurano nell'alveo in prossimità della restituzione.

La verifica idraulica estesa all'alveo a valle ha evidenziato che non vi sono fenomeni di rigurgito verso la vasca di dissipazione.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato *IDR.08*.

4.2.2 INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELLO SCARICO DI FONDO

Attualmente lo scarico di fondo attraversa la fondazione della diga. Nel parere preliminare del Servizio Dighe di Firenze si ipotizzava la possibilità della realizzazione di un nuovo scarico di fondo esterno al corpo diga. Tale opportunità veniva ribadita durante gli incontri intercorsi con il Servizio Dighe di Roma.

E' stato pertanto deciso di mettere fuori servizio lo scarico di fondo attuale e di realizzare un nuovo scarico di fondo fuori dal corpo diga in sponda sinistra.

Il nuovo scarico di fondo sarà realizzato con la tecnica del microtunneling. Sarà posta in opera una condotta in CLS del diametro interno di 2.0 m. All'interno della condotta sarà inoltre alloggiata la condotta per la derivazione delle acque dal lago in sostituzione della zattera galleggiante.

4.2.2.1 LO SCARICO DI FONDO

Lo scarico di fondo ha una lunghezza di circa 220 m. A monte è prevista un'opera di presa della dimensioni di 5.0m x 3.0m. L'opera di presa si raccorda alla condotta di scarico che ha un diametro di 1.2m. La sezione dello scaricatore data la presenza al suo interno della condotta di derivazione avrà una forma composta come evidenziato nella Figura 4-4. Lo scarico di fondo ha una sezione di circa 2.0 mq.

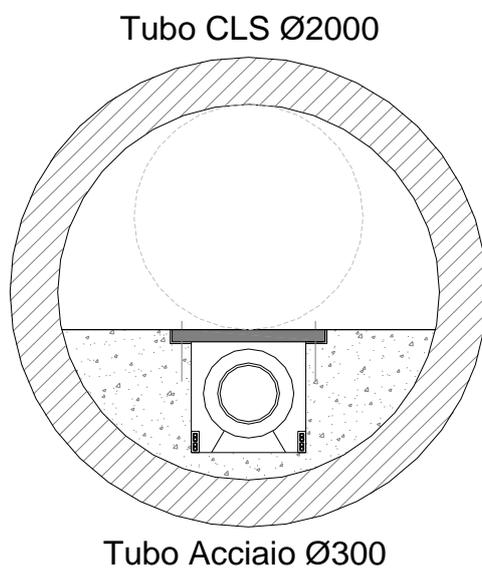


Figura 4-4 – Sezione del nuovo scarico di fondo.

A valle della condotta in CLS è prevista una cameretta di dimensioni 10.0 m x 8.0 m dove saranno alloggiare due paratoie piane a strisciamento con asservimento meccanico del DN1200 montare una condotta in acciaio inox che recapita a valle in una vasca di dissipazione.

La condotta in CLS è dimensionata per una pressione di esercizio di 3.0 bar con pressione di collaudo a 4.5 bar.

È previsto che la valvola di monte sia normalmente aperta mentre le manovre saranno effettuate di norma con la valvola di valle che potrà essere efficacemente mantenuta senza dover ricorrere allo svuotamento del lago. È previsto inoltre un by-pass della valvola di valle da utilizzarsi per il sostegno del deflusso minimo vitale e per la regolazione fine del livello dello scarico.

Lo scarico di fondo è in grado di evacuare il 75% del volume di massima ritenuta in circa 7.0 ore.

4.2.2.2 L'OPERA DI DERIVAZIONE

L'opera di derivazione è attualmente costituita da una zattera con installate due pompe sommerse e da due maniche mobili allacciate alla condotta presente in corrispondenza della soglia di sfioro.

E' previsto che la condotta di adduzione, costituita da un tubo DN300 in acciaio inox transiti nella parte inferiore dello scarico di fondo fino alla cameretta delle valvole.

Lato invaso è prevista la realizzazione di una torre in acciaio inox DN 800 con 4 punti di presa rispettivamente alle quote di 181.7 m s.l.m., 178.7 m s.l.m., 175.7 m s.l.m. e 172.7 m s.l.m. I punti di presa sono dotati di un filtro e di valvole pneumatiche. Per il loro funzionamento è stata prevista la fornitura di un compressore da alloggiarsi nel locale dello scarico di fondo. Il compressore sarà inoltre utilizzato per la pulizia periodica dei filtri posti in corrispondenza dei punti di presa attraverso l'immissione di aria in controcorrente.

La quota minima di presa è pertanto fissata in 172.7 m s.l.m., Considerando che la derivazione si interrompa per sommergente inferiori al metro della presa ne deriva un volume utile di circa 380'000 mc.

La quota di testa dell'impianto di potabilizzazione è fissata in 180.7 m s.l.m. pertanto è stata prevista l'installazione di un impianto di sollevamento della capacità di 70 l/s costituito da due gruppi di cui uno di riserva.

4.2.3 IL POZZETTO DI CONTROLLO DELLE PERDITE

Il pozzetto per il controllo delle perdite nel Progetto Preliminare svolgeva anche la funzione di alloggiamento delle valvole dello scarico di fondo.

Nel presente progetto è rimasto sostanzialmente invariato. Il pozzetto ha dimensioni interne di 4.0 mx4.0 m e profondità di 9.0 m. Al pozzetto si accede con una scala addossata alle pareti.

Il pozzetto, che sarà realizzato completamente fuori terra, è fondato su micropali Ø220 (armatura con tubolare Ø139.7X10).

Le acque provenienti dai drenaggi scaricheranno direttamente nella vasca di dissipazione. Qualora il livello nella vasca superi la quota di fondo del pozzetto è prevista una pompa di sentina per mantenerlo drenato.

4.2.4 GLI IMPIANTI ELETTRICI

Gli impianti elettrici sono relativi ai seguenti servizi:

- impianti di illuminazione esterni (corpo diga e viabilità);
- impianti di illuminazione interni (locale scarico di fondo e controllo perdite);
- asservimento valvole scarico di fondo e di derivazione;
- impianto di sollevamento della derivazione.

Gli impianti elettrico comprendono inoltre le linee di controllo del funzionamento delle varie apparecchiature.

4.2.5 OPERE PER IL MONITORAGGIO

Gli apprestamenti previsti per il monitoraggio della diga durante il suo esercizio sono i seguenti:

- sistema di capisaldi e prismi per la verifica degli spostamenti, in particolare si prevedono:
 - *un caposaldo in testa sponda sinistra e uno a valle sempre in sponda sinistra;*
 - *7 prismi sul coronamento rivolti al caposaldo di monte;*
 - *7 + 7 prismi sul coronamento rivolti a monte e a valle;*
 - *5 prismi sulla berma di valle rivolti a valle.*
- n. 2 piezometri sul coronamento e n. 1 piezometro sulla banca intermedia dotati entrambi di due celle di Casagrande;
- sistema per il monitoraggio dei livelli:
 - *livello nel lago;*
 - *livello in alveo a valle della soglia della vasca di dissipazione dello scarico di fondo;*
- sistema per il monitoraggio delle perdite.

5 QUADRO ECONOMICO

Il computo metrico estimativo è condotto utilizzando nell'ordine i seguenti prezzari:

- prezzario dei lavori pubblici della Regione Toscana (approvato con Delibera di Giunta Regionale n. 291 del 11 aprile 2016);
- prezzi unitari, relativi alla Provincia di Siena, del "bollettino degli ingegneri" redatto dal Collegio degli Ingegneri della Toscana (aggiornato a Settembre-Dicembre 2016);
- prezzario fornito dalla società Ingegnerie Toscane S.r.l.;
- analisi prezzi con i criteri del Prezzario dei Lavori Pubblici della Toscana.

Nel computo metrico i prezzi codificati TOS16 corrispondono a quelli del prezzario regionale dei Lavori Pubblici, quelli con codifica BI16 al bollettino degli Ingegneri, quelli con codifica WAI al prezzario fornito da Ingegnerie Toscane S.r.l., mentre quelli con codifica NP derivano dall'analisi prezzi.

<i>a) Lavori a base d'asta:</i>	
<i>a.1) Importo totale lavori a corpo e a misura</i>	euro 11'457'572,83
<i>a.2) Importo per l'attuazione dei Piani di Sicurezza</i>	euro 572'878,64
<i>Importo lavori a base di appalto</i>	euro 12'030'451,47
<i>b) Somme a disposizione della stazione appaltante per:</i>	
<i>b.1) Spese di progettazione, sicurezza e direzioni lavori</i>	euro 1'384'474,15
<i>b.2) Spese di collaudo</i>	euro 250'233,39
<i>b.3) Oneri per spostamento sottoservizi</i>	euro 0,00
<i>b.4) Indennizzi di esproprio e servitù</i>	euro 31'098,00
<i>b.5) Imprevisti ed arrotondamenti</i>	euro 603'742,99
<i>Sommano</i>	euro 2'269'548,53
TOTALE	euro 14'300'000,00