

INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELLA DIGA DI GIUDEA  
 A GELLO NEL COMUNE DI PISTOIA (PT)


Elaborato	Nome Elaborato:	Scala:
<b>AM 06</b>	<b>PRESCRIZIONI DEL CSLP SUL PROGETTO ESECUTIVO</b>	-
		Data:
		08/03/2023

Settore:


**INGEGNERIE TOSCANE**

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 - PROJECT MANAGER :

ING. GIOVANNI SIMONELLI

**VALUTAZIONE AMBIENTALE:**

COORDINAMENTO SCIENTIFICO:

ING. FABRIZIO MANCUSO

**COLLABORATORI :**

VALUTAZIONI IDROGEOLOGICHE:

DOTT. CARLO FERRI

**CONSULENTI TECNICI :**

REDAZIONE ELABORATI E COORDINAMENTO TECNICO:

DOTT.SSA ANTONELLA GRAZZINI

VALUTAZIONI IDROLOGICHE-IDRAULICHE E COLLABORAZIONE REDAZIONE:

DOTT. STEFANO LORENZINI

VALUTAZIONE TRAFFICO:

ING. SILVIA MERCOLEDI'

VALUTAZIONE FAUNA ITTICA ED ECOLOGIA FLUVIALE:

HYDROSYNERGY

VALUTAZIONI AVIFAUNISTICHE:

DOTT. LUCA PUGLISI

VALUTAZIONI FISIONOMIE VEGETALI:

DOTT. CLAUDIO LORENZONI

DOTT. STEFANO DI NATALE

**COMMESSA I.T. :**

INGT-TPLPD-PBAAC252

**RESPONSABILE COMMITTENTE :**

ING. CRISTIANO AGOSTINI

**DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANE :**

ING. GIOVANNI SIMONELLI

**RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :**

ING. LEONARDO ROSSI

Rev.	Data	Descrizione / Motivo della revisione	Redatto	Controllato / Approvato
0	08/03/2023	Prima emissione	Franchini	Simonelli



## INDICE

1. PREMESSA .....	1
2. PARERI E NOTE ISTRUTTORIE .....	2
2.1. PARERE ISTRUTTORIO DELLA DIVISIONE 4 – COORDINAMENTO ISTRUTTORIE PROGETTI E VIGILANZA LAVORI .....	2
2.1.1. ASPETTI IDROLOGICI E IDRAULICI .....	2
2.1.2. RISPOSTA ASPETTI IDROLOGICI E IDRAULICI .....	2
2.1.3. ASPETTI GEOLOGICI, SISMOTETTONICI E SISMICI .....	2
2.1.4. RISPOSTA ASPETTI GEOLOGICI, SISMOTETTONICI E SISMICI .....	3
2.1.5. ASPETTI STRUTTURALI E GEOTECNICI .....	3
2.1.6. RISPOSTA ASPETTI STRUTTURALI E GEOTECNICI .....	5
2.1.7. STABILITÀ DELLE SPONDE .....	7
2.1.8. RISPOSTA STABILITÀ DELLE SPONDE .....	8
2.1.9. MONITORAGGIO .....	10
2.1.10. RISPOSTA MONITORAGGIO .....	11
2.2. PARERE DEL CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI – SEZIONE SECONDA .....	12
2.2.1. ASPETTI GENERALI .....	12
2.2.2. RISPOSTA ASPETTI GENERALI .....	12
2.2.3. ASPETTI IDROLOGICI E IDRAULICI .....	12
2.2.4. RISPOSTA ASPETTI IDROLOGICI E IDRAULICI .....	13
2.2.5. ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI .....	13
2.2.6. RISPOSTA ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI .....	14
2.2.7. ASPETTI STRUTTURALI .....	14
2.2.8. RISPOSTA ASPETTI STRUTTURALI .....	14
2.2.9. SERVIZIO ANTINCENDIO .....	14
2.2.10. RISPOSTA SERVIZIO ANTINCENDIO .....	14

## 1. PREMESSA

La presente relazione è finalizzata a rispondere alle richiesta di integrazioni del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica 1020 del 31-01-2023 in riferimento ai seguenti punti:

### **Aspetti progettuali**

.....

*2. non è chiaro se il progetto presentato in sede della procedura di VIA tiene conto o meno del parere del CSLP del 2021; sarebbe stato utile non solo citare il voto del CSLP del 2021 ma anche:*

- *Allegare il voto n. 39/2021 del CSLP reso dalla Seconda Sezione nella adunanza del 23 giugno 2021.*
- *Dimostrare/evidenziare che le osservazioni di tale voto, da recepire comunque nel progetto esecutivo, non compromettono gli studi effettuati oggetto della procedura di VIA;*

Per completezza si riporta oltre alle osservazioni del CSLP anche quelle alla relazione istruttoria del MIT che ne richiama i contenuti.

Per pertanto i pareri richiamati nella presente relazione sono i seguenti:

- A.** relazione istruttoria ai sensi ex art. 5 del D.P.R. 1363/59 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Dipartimento per le Infrastrutture, i Sistemi Informativi e Statistici - Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche - Divisione 4 - Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori prot. 2327 del 03-02-2021 relativa all'aggiornamento del progetto definitivo dell'ottobre 2020.
- B.** parere ex art. 5 del D.P.R. 1363/1959 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Sezione Seconda, prot. 7152 del 16-07-2021, voto n.39/2021, adunanza del 23 giugno 2021, relativo all'aggiornamento del progetto definitivo dell'ottobre 2020.

Nella risposta a ciascuna richiesta e osservazione, da recepire in fase di progettazione esecutiva, sono state inserite anche le necessarie considerazioni a dimostrazione del fatto che tali richieste non hanno effetti sugli studi effettuati oggetto della procedura di VIA

## 2. PARERI E NOTE ISTRUTTORIE

Si riporta di seguito:

- sintesi delle richieste di integrazione di cui alla relazione istruttoria ai sensi ex art. 5 del D.P.R. 1363/59 prot. 2327 del 3/2/2021 della *Divisione 4 – Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori* e relative risposte (paragrafo 2.1);
- sintesi delle richieste di integrazione di cui al parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Sezione Seconda, prot. 7152 del 16-07-2021, voto n.39/2021, adunanza del 23 giugno 2021 e relative risposte (paragrafo 2.2).

### 2.1. PARERE ISTRUTTORIO DELLA DIVISIONE 4 – COORDINAMENTO ISTRUTTORIE PROGETTI E VIGILANZA LAVORI

#### 2.1.1. ASPETTI IDROLOGICI E IDRAULICI

La relazione istruttoria ai sensi ex art. 5 del D.P.R. 1363/59 della *Divisione 4 – Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori*, per gli **aspetti idrologici e idraulici**, formula le seguenti osservazioni:

- a) *“Per quanto concerne lo scarico di fondo, allo stato attuale trattasi di una condotta in pressione sottopassante in fondazione il corpo diga, annegata in un getto di calcestruzzo unitamente alla presa. In progetto sono previsti i seguenti interventi:*
- *realizzazione di un pozzetto a monte con sommità alla quota di 128.0 m s.l.m. protetto con grigliato in acciaio;*
  - *prolungamento delle tubazioni a valle, previo raccordo con la condotta attuale, e spostamento delle valvole nel nuovo locale di manovra.*

*Al riguardo, tenendo conto che trattasi comunque di “diga esistente” ancorché interessata da interventi di adeguamento, si osserva che, in assenza di alternative sostenibili che consentano di delocalizzare lo scarico di fondo, in sede di **progettazione esecutiva** dovranno essere effettuate prove di tenuta ed ispezioni con videocamera, per valutare le condizioni e, se necessario, prevedere almeno interventi di relining della condotta o di intercettazione anche a monte.”*

#### 2.1.2. RISPOSTA ASPETTI IDROLOGICI E IDRAULICI

In riferimento alla richiesta di chiarimento sugli **aspetti idrologici e idraulici** si riporta quanto segue:

- a) In sede di **progettazione esecutiva** saranno effettuate ulteriori valutazioni per garantire il corretto funzionamento dello scarico di fondo. Il progetto prevede comunque il relining dello scarico di fondo e opera di presa nel quadro economico dei lavori (punto b2.1).
- b) **La video ispezione e se del caso l'intervento di relining, non hanno nessuna ricaduta dal punto di vista ambientale in quanto si localizzano esclusivamente sulla condotta di scarico interrata.**

#### 2.1.3. ASPETTI GEOLOGICI, SISMOTETTONICI E SISMICI

La relazione istruttoria ai sensi ex art. 5 del D.P.R. 1363/59 della *Divisione 4 – Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori*, per gli **aspetti geologici, sismotettonici e sismici**, formula le seguenti osservazioni:

- a) *“Per ciò che concerne la Risposta Sismica Locale (RSL) lo studio contiene un’analisi che tiene conto in particolare dei fattori correttivi per la litologia, come imposti dalle NTC 18 (la categoria T1 per la topografia non richiede fattori correttivi a riguardo); i fattori per la correzione stratigrafica sono stati utilizzati secondo un approccio di tipo lineare equivalente, utilizzando un modello costitutivo del terreno di tipo Kelvin – Voigt. Si ritiene l’analisi RSL correttamente impostata, pur ritenendo necessario acquisire in sede di progettazione esecutiva un coordinamento formale del testo in relazione a carenze documentali e l’allegazione di informazioni aggiuntive relative ai codici di calcolo utilizzati e ai connessi parametri.”*

---

#### 2.1.4. RISPOSTA ASPETTI GEOLOGICI, SISMOTETTONICI E SISMICI

In riferimento alla richiesta di chiarimento sugli **aspetti geologici, sismotettonici e sismici** si riporta quanto segue:

- a) In sede di **progettazione esecutiva** sarà effettuato un coordinamento formale del testo e allegate informazioni aggiuntive.
- b) **Si tratta di una richiesta di informazioni dei calcoli eseguiti per la risposta sismica locale pertanto non ha nessuna ricaduta ambientale.**

---

#### 2.1.5. ASPETTI STRUTTURALI E GEOTECNICI

##### 2.1.5.1. CARATTERIZZAZIONE E MODELLO GEOTECNICO

La relazione istruttoria ai sensi ex art. 5 del D.P.R. 1363/59 della *Divisione 4 – Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori*, per gli aspetti su **caratterizzazione e modello geotecnico**, formula le seguenti osservazioni:

- a) *“Le sub-unità LA1, AL e LA2 risultano molto simili tra loro, almeno quanto a granulometria. Tale similitudine è confermata dal fatto che i parametri di resistenza adottati dai Progettisti sono anche molto simili tra loro, come risulta dalla tabella seguente, estratta dalla Relazione geotecnica. Detti parametri peraltro derivano, dalla semplice media aritmetica dei risultati dei singoli campioni sottoposti a prove di laboratorio Stante quanto sopra si ritiene poco significativo differenziare in maniera così puntuale le diverse unità litotecniche elementari, favorendo la definizione di un modello geotecnico più schematico e basato su un approccio più ingegneristico. Circa la significatività dei valori medi presi a riferimento per la caratterizzazione di dette unità, viste le tabelle che elencano, nella Relazione geotecnica di progetto, i risultati delle prove di laboratorio sui campioni prelevati dalle diverse unità, pur non ritenendosi invalidate le scelte progettuali conseguenti 14 (dati i margini di sicurezza conseguiti), si ritiene necessario, dal punto di vista geotecnico, procedere in sede di progettazione esecutiva alla revisione del citato modello geotecnico, non solo con l’omogeneizzazione dei materiali di simili caratteristiche, ma anche adottando, per i materiali stessi, valori caratteristici ponderati e sufficientemente cautelativi (tenendo conto della storia dello sbarramento e delle back-analysis dell’instabilità occorsa), non meramente desunti dai loro valori medi (stante anche l’elevata variabilità dei parametri di resistenza misurati in termini di coesione efficace e non drenata). Analoghe considerazioni valgono per le sezioni geotecniche utilizzate nelle verifiche di stabilità.”*
- b) *“Le seguenti figure illustrano la sezione di verifica denominata CR\_08, nella condizione attuale (Fig.1) e di progetto (Fig. 2). Allo stato di progetto i paramenti del rilevato conseguono pendenze molto più basse rispetto a quelle attuali. Pur tenendo conto della diversa geometria delle due sezioni, non risulta motivata dal punto di vista geotecnico la diversa distribuzione dell’unità litotecnica LA1 (limo debolmente argilloso, rappresentata in marrone scuro). Mentre la stratigrafia dello stato di fatto prevede una ragionevole stratificazione sub-orizzontale, quella dello stato di*

*progetto prevede una distribuzione dell'unità LA1 ingegneristicamente poco significativa, tenuto anche conto che la bonifica per sostituzione deve riguardare tutto il materiale coinvolto dall'instabilità del paramento di monte della diga."*

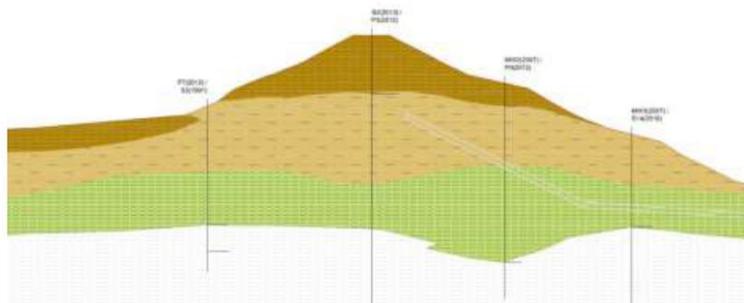


Figura 1 - Sezione CR\_08 allo stato di fatto

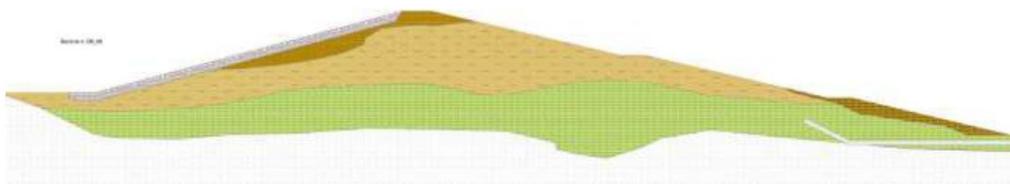


Figura 2 - Sezione CR\_08 allo stato di progetto

- c) *"Inoltre, dato l'eccessivo dettaglio della predetta ricostruzione dei materiali e stratigrafica, che in parte deriva da assunzioni su dati puntuali non estendibili alle sezioni tipo, si ritiene necessario che anche le verifiche di stabilità si basino sul richiesto "modello geotecnico", rappresentativo, in maniera schematica, sia delle condizioni stratigrafiche che della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni compresi nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa delle specifiche verifiche di sicurezza."*

#### 2.1.5.2. VERIFICHE DI STABILITÀ DEL CORPO DIGA

La relazione istruttoria ai sensi ex art. 5 del D.P.R. 1363/59 della *Divisione 4 – Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori*, per gli aspetti sulle **verifiche di stabilità del corpo diga**, formula le seguenti osservazioni:

- a) *"Si rileva inoltre che le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte esclusivamente in termini di tensioni totali, adottando per i materiali valori medi di coesione non drenata. Al riguardo, tenuto conto che per l'analisi in termini di tensioni totali il valore della resistenza non drenata dovrebbe essere opportunamente ridotto rispetto al caso statico per tener conto della degradazione conseguente al carattere ciclico delle sollecitazioni sismiche, si ritiene che il valore adottato dai progettisti (unico e corrispondente al valore medio per ciascuna unità litotecnica, pari a circa 75 kPa) debba essere oggetto di ulteriori valutazioni."*

#### 2.1.5.3. VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE IDRAULICI

La relazione istruttoria ai sensi ex art. 5 del D.P.R. 1363/59 della *Divisione 4 – Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori*, per gli aspetti sulle **verifiche nei confronti degli stati limite idraulici**, formula le seguenti osservazioni:

- a) *"Al riguardo si evidenzia che ha poco significato eseguire una verifica alla filtrazione in regime variabile, assumendo per i materiali parametri fisici estremamente aleatori o empirici (risalita capillare, grado di umidità residuo, ecc.). Si ritiene pertanto molto più ragionevole e cautelativo*

*eseguire una verifica di filtrazione dei rilevati arginali in regime permanente, ipotizzando un flusso continuo nel canale di scarico e la presenza di terreni saturi.”*

#### 2.1.5.4. ASPETTI STRUTTURALI

La relazione istruttoria ai sensi ex art. 5 del D.P.R. 1363/59 della *Divisione 4 – Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori*, per gli **aspetti strutturali**, formula le seguenti osservazioni:

- a) *“Per quanto riguarda le altre opere (canali, impalcati, scatolari, manufatto valvole) si evidenzia che le relazioni progettuali presentate sono costituiti essenzialmente dai tabulati di calcolo e riepilogo prodotti dal software, con l’inserimento, nelle relazioni di calcolo o nella relazione di ottemperanza, di esplicite dichiarazioni che confermerebbero la validità delle scelte fatte, dei risultati conseguiti e l’esito positivo delle verifiche di sicurezza, senza comprovarne la correttezza. [...]*

*Ai sensi e per gli effetti dell’art.1, co.7bis, del D.L. 507/1994 conv. L.584/1994 il **Progetto esecutivo** deve pertanto essere integrato con relazioni revisionate in tal senso ed elaborati grafici comprensivi dei dettagli esecutivi.”*

#### 2.1.5.5. MODALITÀ ESECUTIVE

La relazione istruttoria ai sensi ex art. 5 del D.P.R. 1363/59 della *Divisione 4 – Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori*, per le **modalità esecutive**, formula le seguenti osservazioni:

- a) *“Devono essere definite in dettaglio, con il **progetto esecutivo** e in particolare nel CSA e con verifiche geotecniche, le modalità di esecuzione della bonifica del paramento di monte della diga e della realizzazione e compattazione dei nuovi rin fianchi, nonché le modalità e la stabilità a breve termine di tutti i fronti di scavo.”*
- b) *“Per quanto riguarda la protezione del paramento di monte della diga, occorre in **sede esecutiva** una migliore definizione delle caratteristiche dimensionali e geometriche degli elementi costituenti lo strato esterno della “scogliera”, delle modalità della posa in opera e dei materiali di intasamento degli elementi.”*
- c) *“Devono essere altresì meglio indicate le caratteristiche granulometriche, geometriche e di messa in opera del c.d. “strato di transizione sabbio-ghiaiosa”. Per mantenersi inalterato nel tempo, lo “strato di transizione” sul quale verrà allocata la scogliera di protezione deve essere realizzato posando diversi strati di materiale con granulometria opportunamente decrescente, passando dallo strato esterno che costituisce la scogliera allo strato più interno costituente il paramento di monte della diga. È importante assicurare che la distribuzione granulometrica dello strato di transizione sia idonea ad impedire che il materiale venga asportato dalle variazioni di pressione che possono verificarsi durante le oscillazioni del livello di invaso ed in particolare durante lo svasso rapido.”*
- d) *“Deve essere infine definito in **fase esecutiva** un piano di gestione delle piene nel corso dei lavori, rivolto alla sicurezza della diga nelle sue configurazioni transitorie oltre che alla sicurezza del cantiere.”*

---

#### 2.1.6. RISPOSTA ASPETTI STRUTTURALI E GEOTECNICI

##### 2.1.6.1. CARATTERIZZAZIONE E MODELLO GEOTECNICO

In riferimento alla richiesta di chiarimento sugli aspetti della **caratterizzazione e modello geotecnico**, sismotettonici e sismici si riporta quanto segue:

- a) In sede di **progettazione esecutiva** sarà effettuata una revisione del modello geotecnico.
- b) La distribuzione delle diverse sub-unità nella sezione di progetto CR\_08 tiene conto delle zone di scavo e riporto rispetto alla sezione attuale. Si precisa che è stato assunto come terreno di riporto quello della sub-unità LA1 rimosso dal coronamento. Per maggiori dettagli sugli scavi e riporti nella suddetta sezione del corpo diga si rimanda all’elaborato EG17b.

- c) In sede di **progettazione esecutiva** sarà effettuata una revisione delle verifiche di stabilità con il richiesto "modello geotecnico";
- d) **Si tratta di un approfondimento sui calcoli di stabilità del corpo diga che non ha nessuna ricaduta dal punto di vista ambientale.**

#### 2.1.6.2. VERIFICHE DI STABILITÀ DEL CORPO DIGA

In riferimento alla richiesta di chiarimento sulle **verifiche di stabilità del corpo diga**, si riporta quanto segue:

- a) Nel modello completo implementato mediante l'ausilio del codice agli elementi finiti Code\_Aster e descritto nell'elaborato *ET09 – Relazione verifiche di stabilità sismiche modello completo corpo diga* si tiene conto del decadimento adottando un valore delle caratteristiche di resistenza pari all'85% di quelle originarie.

Nel modello semplificato, descritto nell'elaborato *ET08- Relazione verifiche di stabilità statiche e sismiche corpo diga*, si ritiene invece di averne tenuto conto implicitamente in quanto tali verifiche sono state effettuate ai sensi delle N.T.C. 2008. Infatti, come indicato al punto 7.11.1 delle N.T.C. 2008, le verifiche agli stati limite ultimi devono essere effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto. Viceversa, le N.T.C. 2018 al punto 7.11.1 indicano che le verifiche agli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche devono essere eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici.

- b) **Si tratta di un approfondimento sui calcoli di stabilità del corpo diga che non ha nessuna ricaduta dal punto di vista ambientale**

#### 2.1.6.3. VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE IDRAULICI

In riferimento alla richiesta di chiarimento sulle **verifiche nei confronti degli stati limite idraulici**, si riporta quanto segue:

- a) Si ritiene opportuno progettare le opere arginali per resistere in regime transitorio in quanto soggette a carico d'acqua soltanto durante le piene. Tali opere arginali infatti non sono dotate di drenaggio in corrispondenza del piede del paramento di valle.

Al contrario per effettuare le verifiche in moto permanente si necessiterebbe di fissare una condizione di valle assolutamente arbitraria. Tale assunzione porterebbe comunque ad una rappresentazione estremamente cautelativa che si ritiene non rappresenti adeguatamente tale fenomeno.

A tal proposito si cita quanto riportato da G. Supino nel libro "Le reti idrauliche" riguardo le arginature fluviali a confronto con le dighe in terra:

*"Ma la situazione delle arginature fluviali è assai differente. Queste sono soggette a carico d'acqua soltanto durante le piene e perciò devono essere proporzionate in base a relazioni dedotte dall'equazione del moto vario".*

- b) **Si tratta di un approfondimento sui calcoli di stabilità del corpo diga che non ha nessuna ricaduta dal punto di vista ambientale.**

#### 2.1.6.4. ASPETTI STRUTTURALI

In riferimento alla richiesta di chiarimento sugli **aspetti strutturali**, si riporta quanto segue:

- a) In sede di **progettazione esecutiva** le relazioni di calcolo saranno integrate in maniera tale da garantirne la verifica dei calcoli. Saranno inoltre predisposti i dettagli esecutivi delle strutture.
- b) **Si tratta di un approfondimento sui calcoli strutturali che non ha nessuna ricaduta dal punto di vista ambientale.**

#### 2.1.6.5. MODALITÀ ESECUTIVE

In riferimento alla richiesta di chiarimento sulle **modalità esecutive**, si riporta quanto segue:

- a) In sede di **progettazione esecutiva**, e in particolare nel CSA e con verifiche geotecniche, saranno definite nel dettaglio le modalità di esecuzione della bonifica del paramento di monte della diga e della realizzazione e compattazione dei nuovi rin fianchi, nonché le modalità e la stabilità a breve termine di tutti i fronti di scavo.
  - a. **Si tratta di definire le modalità di formazione dei rilevati, non vi sono ricadute ambientali.**
- b) In sede di **progettazione esecutiva**, per quanto riguarda la protezione del paramento di monte della diga, saranno definite nel dettaglio le caratteristiche dimensionali e geometriche degli elementi costituenti lo strato esterno della "scogliera", delle modalità della posa in opera e dei materiali di intasamento degli elementi.
  - a. **Si tratta di definire le modalità di formazione delle scogliere senza modificarne le caratteristiche, non vi sono ricadute ambientali.**
  - b. In sede di **progettazione esecutiva** saranno definite nel dettaglio le caratteristiche granulometriche, geometriche e di messa in opera del c.d. "strato di transizione sabbio-ghiaiosa"
  - c. **Si tratta di definire le caratteristiche merceologiche dello strato di transizione, non vi sono ricadute ambientali.**
- c) In sede di **progettazione esecutiva** sarà definito un piano di gestione delle piene nel corso dei lavori, rivolto alla sicurezza della diga nelle sue configurazioni transitorie oltre che alla sicurezza del cantiere.
  - a. **Si tratta di definire un piano di emergenza in caso di piena, nessuna ricaduta dal punto di vista ambientale.**

---

#### 2.1.7. STABILITÀ DELLE SPONDE

La relazione istruttoria ai sensi ex art. 5 del D.P.R. 1363/59 della *Divisione 4 – Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori*, per la **stabilità delle sponde**, formula le seguenti osservazioni:

- a) *"La "carta geomorfologica" presentata (GEO03) riporta unicamente la posizione di alcuni corpi di frana individuati sulla sponda sinistra a seguito del rilevamento sul terreno e della analisi delle foto aeree (rif. ET04a). Ai fini di completezza documentale è opportuno che sia integrata in **fase esecutiva**, anche ai fini del controllo in esercizio dell'invaso, con indicazioni relative alla tipologia dei fenomeni franosi, alla ubicazione, per i fenomeni censiti, delle corone di frana e di eventuali zone di richiamo, e dei fenomeni di erosione diffusa ed incanalata, questi ultimi comunque segnalati come presenti ed attivi sulla sponda destra nella relazione geologico-geomorfologica di accompagnamento."*
- b) *"Relativamente alla stabilizzazione della frana superficiale in sponda sinistra si ritengono gli interventi in progetto, pur ammissibili in linea di principio, non motivati nel caso specifico con un approccio ingegneristico al problema."*
- c) *"Le superfici critiche, con coefficiente di sicurezza minimo, individuate per lo stato attuale, non sono state oggetto di verifica nelle condizioni di progetto, per il quale le superfici di verifica sono differenti. Non è quindi possibile valutare l'efficacia dell'intervento proposto."*

- d) *“Per lo stato attuale in condizioni statiche, è stata presentata per ogni sezione esaminata, la sola superficie avente  $F_s$  minimo  $\ll 1$ : tale superficie coinvolgerebbe un limitato spessore di terreno nella porzione superiore del versante sottostante la strada di accesso e non risulta estendibile all'intera area oggetto dell'intervento. Non risultano riportate, negli elaborati delle verifiche, tutte le altre possibili superfici di scorrimento che, coinvolgendo volumi e superfici superiori a quella indicata, giustificerebbero l'intervento di stabilizzazione proposto, altrimenti non motivato rispetto al volume instabile così individuato.”*
- e) *“Le verifiche effettuate nelle condizioni sismiche, che evidenziano  $F_s \gg 1$  post operam, presentano superfici non verosimili in quanto molto profonde, con sviluppo circolare e con coinvolgimento di ampi volumi del substrato. Si ritiene invece che dovrebbe essere favorita l'analisi delle porzioni più superficiali del terreno, con lo studio delle superfici critiche che potrebbero svilupparsi prevalentemente all'interno della fascia corticale o di alterazione del substrato, secondo superfici di scorrimento preesistenti e di neo-formazione ma ad andamento planare e tenendo conto del campo di pressioni interstiziali nelle diverse condizioni di invaso e svaso.”*
- f) *“La gradonatura proposta per l'ammorsamento del materiale di riporto sul versante nello stato di progetto prevede scavi, da effettuare nella porzione superiore del versante, dell'ordine dei 6-7 m (sez. VS02- Elaborato EG52), che richiederebbero l'esecuzione di specifiche verifiche di stabilità localizzate al singolo gradone, non rinvenute nel progetto, oltre a rischi di destabilizzazione ulteriore del pendio.”*
- g) *“Il materiale che dovrebbe essere riportato sui gradoni previsti per la riprofilatura del versante è stato caratterizzato, nelle verifiche di stabilità, con i parametri geotecnici del terreno “AL” (argillelimi) costituente la porzione centrale dell'attuale corpo diga, in ragione della prevista esecuzione di una “opportuna costipazione” che renderebbe “presumibile che il terreno possa raggiungere le stesse caratteristiche rilevate per il terreno della sub-unità AL”. Si ritiene che tale caratterizzazione non risulti assicurata a meno di specifiche operazioni di compattazione del terreno posto in opera di dubbia realizzabilità e/o convenienza tecnica-economica.”*
- h) *“In linea generale, in considerazione dello stato dei luoghi, stante le carenze sopra esposte circa le verifiche di stabilità eseguite, si ritiene che l'intervento proposto per la stabilizzazione della sponda sinistra (invasivo ed oneroso) non sia sufficientemente ed ingegneristicamente motivato.”*

#### 2.1.8. RISPOSTA STABILITÀ DELLE SPONDE

In riferimento alla richiesta di chiarimento sulla **stabilità delle sponde**, si riporta quanto segue:

- a) In sede di **progettazione esecutiva** la “carta geomorfologica” sarà integrata con indicazioni relative alla tipologia dei fenomeni franosi, alla ubicazione, per i fenomeni censiti, delle corone di frana e di eventuali zone di richiamo, e dei fenomeni di erosione diffusa ed incanalata.
- a. Si tratta di integrare la “carta geomorfologica”, nessuna ricaduta dal punto di vista ambientale.**
- b) Gli interventi di stabilizzazione della frana superficiale in sponda sinistra sono stati revisionati rispetto al progetto definitivo dell'ottobre 2020.

Gli interventi proposti nel progetto definitivo dell'ottobre 2020 prevedevano di:

- asportare il residuo stabilizzato del corpo frana;
- realizzare degli ammorsamenti a gradoni;
- riprofilare la sponda mediante scavo e riporto di materiale idoneo, con riduzione e regolarizzazione della pendenza del versante.

Gli interventi in sponda sinistra previsti invece nella presente revisione consistono in:

- realizzare due scogliere longitudinali che sostengono terrazzamenti finalizzati a stabilizzare la sponda;
- asportare il residuo stabilizzato del corpo di frana al di sopra della scogliera di monte, in corrispondenza della strada;
- riprofilare la sponda al di sopra della scogliera di monte, in corrispondenza della strada, mediante scavo e riporto di materiale idoneo.
- riprofilare la sponda al di sotto della scogliera di monte mediante scavo e riporto con riduzione e regolarizzazione della pendenza del versante. Non si prevede quindi al di sotto della scogliera di monte una rimozione del residuo stabilizzato del corpo di frana.

Tali interventi, così come previsti, risultano meno invasivi e richiedono una movimentazione significativamente minore di terra rispetto a quanto previsto nel progetto definitivo dell'ottobre 2020. Per quanto riguarda invece l'onerosità di tale intervento di stabilizzazione emerge che, nonostante il computo delle lavorazioni necessarie per la realizzazione dell'intervento risulta inferiore, tuttavia tale risparmio è in parte compensato dalla necessità di mandare a recupero un quantitativo superiore di terre. Si ritiene comunque preferibile la nuova soluzione nell'ottica di valutare in sede di **progettazione esecutiva** un eventuale riutilizzo di delle terre provenienti da scavi in altri cantieri limitrofi ove sia richiesto l'approvvigionamento esterno di terra.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato *ET12 – Relazione interventi stabilizzazione sponda sinistra* e all'elaborato *ET12a – Tabulati verifiche stabilizzazione sponda sinistra*.

- c) Per quanto riguarda le verifiche di stabilità degli interventi in sponda sinistra, le superfici critiche con coefficiente di sicurezza minimo individuate per lo stato attuale sono state oggetto di verifica nelle condizioni di progetto. Infatti il software utilizzato (*STAP 14.0* prodotto dalla Aztec Informatica) esamina una serie di superfici di rottura che dipende dalle impostazioni fornite (impostazione delle superfici di rottura, condizioni di esclusione, numero di superfici analizzate); il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate e di individuare la superficie con coefficiente di sicurezza minimo.

Si specifica che nell'elaborato *ET12a – Tabulati verifiche stabilizzazione sponda sinistra* sono riportate in generale per ogni scenario di verifica la superficie con coefficiente di sicurezza minimo.

Nella presente revisione progettuale è inserita comunque per le verifiche statiche dello stato attuale la rappresentazione di ulteriori superfici di rottura con coefficiente di sicurezza minore di 1 che interessano una porzione significativa del versante e giustificano quindi l'efficacia dell'intervento proposto.

- d) Si rimanda a quanto già specificato nel punto precedente.
- e) Dai risultati delle indagini sismiche a rifrazione condotte nella campagna di indagine 2019 (elaborato ET.04g) sulla sponda sinistra dell'invaso si evince che le onde di taglio  $Sh$  raggiungono la velocità di 800 m/s a una quota di circa 120 m s.l.m. Di conseguenza nella presente revisione progettuale si assume come condizione limite sulla profondità per i cerchi di rottura la quota di 120 m s.l.m.. Tale condizione di esclusione determina quindi per le verifiche sismiche superfici di rottura meno profonde rispetto a quelle del progetto definitivo dell'ottobre 2020, ma che comunque coinvolgono in parte il substrato.

- f) Nella presente revisione progettuale è riportata la verifica dei fronti di scavo degli interventi in sponda sinistra negli elaborati *ET11 – Relazione verifiche di stabilità fronti di scavo* e *ET11a – Allegati relazione verifiche di stabilità fronti di scavo*.
- g) Il terreno di riporto al di sopra della scogliera longitudinale di monte è stato considerato con i parametri geotecnici del terreno "AL". Tenuto anche conto che tale volume di riporto è limitato e in misura significativamente minore rispetto a quanto previsto nel progetto definitivo dell'ottobre 2020, si ritiene opportuno continuare ad adottare tali parametri in ragione della prevista esecuzione di una opportuna costipazione.
- h) Si rimanda a quanto già esposto al punto b).

---

#### 2.1.9. MONITORAGGIO

In riferimento alla richiesta di chiarimento sul **monitoraggio**, si riporta quanto segue:

- a) *"Si rileva che la planimetria del sistema di monitoraggio riportata nell'elaborato EG49 deve essere resa congruente con la relazione tecnica descrittiva del sistema di monitoraggio riportata in ET27 Relazione Monitoraggio. In particolare, risultano difformità relative alla tipologia di strumentazione prevista in progetto da installare sulla sponda sinistra (nella relazione si indicano n.6 punti di controllo topografico, mentre nella planimetria sono indicati n.6 inclinometri) ed incongruenza nella descrizione delle basi dei punti di controllo topografici (nella planimetria sono indicati blocchetti in cls 40x40x40 cm, mentre nella relazione sono indicate basi su micropali)."*
- b) *"Piezometri: nel rappresentare che la scelta della tipologia della strumentazione piezometrica deve essere effettuata in funzione della permeabilità dei terreni, si ritiene che debbano essere installati esclusivamente piezometri di tipo Casagrande (in luogo dei piezometri a tubo aperto) per il monitoraggio in più punti indipendenti del terreno di fondazione e del rilevato arginale. Nei piezometri Casagrande il monitoraggio della superficie piezometrica dovrà essere possibile anche manualmente con sonda."*
- c) *"Caposaldi per il controllo topografico: la distribuzione può considerarsi idonea in linea generale. Non se ne condivide tuttavia il posizionamento ai bordi del coronamento, in quanto gli stessi sono generalmente esposti a movimenti superficiali non rilevanti ai fini del monitoraggio dello sbarramento. Si ritiene che la materializzazione dei punti di misura debba essere meglio definita in sede esecutiva in modo da garantirne la stabilità e la solidarizzazione al rilevato o terreno. Si rileva inoltre che la planimetria non riporta la disposizione in sponda sinistra dei punti di controllo topografico del versante, nonostante gli stessi siano stati indicati nella relazione in un apposito paragrafo dedicato alla sponda."*
- d) *"Inclinometri in sponda sinistra: la planimetria EG49 (non la relazione tecnica, come già osservato) prevede l'installazione, in sponda sinistra, di n.6 inclinometri per il controllo dei movimenti del versante, senza indicazioni sulla loro profondità. Gli inclinometri sono stati posizionati in modo tale da tenere sotto controllo le sezioni del versante ove ha attualmente sede il fenomeno di instabilità che, secondo il progetto, sarà oggetto di stabilizzazione mediante rimozione con successiva risagomatura del versante. In proposito si ritiene che, indipendentemente dall'intervento (per il quale si rimanda alle precedenti osservazioni), il numero di inclinometri può essere ridotto sostituendo alcune verticali di misura con alcune ulteriori misure topografiche di superficie."*

- e) *“Asta idrometrica: Dalla tavola EG49 risulta la presenza di un’asta idrometrica inclinata sul paramento di monte della diga. La legenda riporta anche la presenza di un “idrometro a pressione”, del quale non è stata rinvenuta la presenza nella planimetria. La Relazione Monitoraggio ET27 non indica l’asta idrometrica e l’idrometro a pressione, ma segnala la presenza di un idrometro a ultrasuoni senza indicarne la postazione.”*
- f) *“Locale di guardia o presidio: Per quanto riguarda la disponibilità di un idoneo “locale di presidio”, nella Relazione ET01A è indicato che “per quanto riguarda la guardiania dell’impianto i locali adibiti si trovano presso il vicino impianto di potabilizzazione. In tal senso si rimanda alla tavola EG.49 Planimetria e particolare sistema di monitoraggio”. Dalla tavola EG49 risulta che il locale di presidio, diverso dall’originaria casa di guardia, è ubicato in corrispondenza di un edificio di civile abitazione, abbandonato da anni, che si trova a pochi metri dall’adiacente impianto di potabilizzazione. Il progetto non prevede alcun intervento di ripristino del citato edificio, che pure risulta necessario anche qualora la guardiania fosse non residenziale, né riporta alcun elaborato, sulla consistenza del locale da adibirsi a casa di guardia a servizio della diga. Il progetto deve pertanto essere integrato con la definizione degli interventi necessari a rendere utilizzabile una idonea casa di guardia.”*

---

#### 2.1.10. RISPOSTA MONITORAGGIO

In riferimento alla richiesta di chiarimento sul **monitoraggio**, si riporta quanto segue:

- a) Gli elaborati EG49 – *Planimetria strumenti monitoraggio diga* e ET27 – *Relazione monitoraggio* sono state resi congruenti.
- b) Nella presente revisione progettuale sono previsti esclusivamente piezometri di tipo Casagrande in luogo dei piezometri a tubo aperto. Nello specifico si prevedono n° 6 coppie di piezometri tipo Casagrande; ogni coppia di piezometri sarà costituita da piezometri installati a diverse profondità.
- c) In sede di **progettazione esecutiva** saranno effettuate ulteriori valutazioni sulla materializzazione dei punti di misura in modo da garantirne la stabilità e la solidarizzazione al rilevato o terreno. Per quanto riguarda invece l’elaborato EG49 – *Planimetria strumenti monitoraggio diga*, nella presente revisione progettuale è riportata la disposizione in sponda sinistra dei punti di controllo topografico del versante.
- a. Si tratta di definire i punti di monitoraggio, nessuna ricaduta ambientale.**
- d) Nella presente revisione progettuale sono riportate nell’elaborato ET27 – *Relazione monitoraggio* le indicazioni sulla profondità degli inclinometri in sponda sinistra. Inoltre sono stati ridotti il numero di inclinometri sostituendo alcune verticali di misura con alcune ulteriori misure topografiche di superficie.
- e) Nella presente revisione progettuale si riporta nell’elaborato EG49 – *Planimetria strumenti monitoraggio diga* la localizzazione dell’idrometro a pressione in corrispondenza dei pozzetti di derivazione e scarico di fondo. Nell’elaborato ET27 – *Relazione monitoraggio* sono stati invece corretti i refusi presenti.
- f) In sede di **progettazione esecutiva** si prevede la definizione degli interventi necessari a rendere utilizzabile la casa di guardia.
- a. Si tratta di definire gli interventi di recupero della casa di guardia, nessuna ricaduta ambientale**

## 2.2. PARERE DEL CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI – SEZIONE SECONDA

### 2.2.1. ASPETTI GENERALI

In riferimento alla richiesta di chiarimento sugli **aspetti generali**, si riporta quanto segue:

- a) *“Ciò premesso, pur esulando la questione dalle tematiche di cui all’art. 5 del D.P.R. 1363/1959, considerata la natura pubblica delle fonti di finanziamento, questo Consesso ritiene doveroso evidenziare la necessità di un preventivo accertamento della convenienza economica degli interventi previsti nel progetto, mediante una specifica analisi costi-benefici che tenga conto, tra l’altro, della modesta capacità d’invaso residua a seguito dei lavori, delle prevedibili maggiori perdite per evaporazione per metro cubo di acqua invasata, dell’effettivo beneficio nei confronti del soddisfacimento dei fabbisogni idrici locali (a trenta anni dal sostanziale “fuori servizio” dell’invaso), del rilevante costo dello scavo, carico e smaltimento delle terre risultanti dalla riduzione delle dimensioni della diga (che condiziona “pesantemente” l’intero importo dei lavori) e dalla realizzazione del nuovo scarico di superficie, della gestione e della manutenzione dello sbarramento e della condotta di alimentazione ecc.. Infatti, soltanto in base all’esito della suddetta analisi potrà essere correttamente individuata, tra diverse alternative, la soluzione progettuale più rispondente alle esigenze della collettività.”*
- b) *“Sul punto, concordando con il giudizio complessivo espresso dalla Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche in merito alla qualità redazionale del progetto che presenta “una serie di carenze a livello, in particolare, di coordinamento progettuale tra elaborati e di impostazione redazionale”, la Sezione evidenzia anche alcuni passaggi della Relazione generale del progetto che appaio discordanti con la documentazione agli atti.”*

### 2.2.2. RISPOSTA ASPETTI GENERALI

In riferimento alla richiesta di chiarimento sugli **aspetti generali**, si riporta quanto segue:

- a) Nella presente revisione progettuale è riportata una specifica analisi costi-benefici che confronta le diverse soluzioni progettuali in modo da individuare quella più rispondente alle esigenze della collettività. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati AE01 – *Relazione illustrativa sulle alternative progettuali* e AE02 – *Analisi costi-benefici*.
  - a. **Nessuna ricaduta ambientale**
- b) Nella presente revisione progettuale sono stati corretti nell’elaborato ET01 – *Relazione generale* i refusi indicati dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Sezione Seconda.
  - a. **Nessuna ricaduta ambientale**

### 2.2.3. ASPETTI IDROLOGICI E IDRAULICI

In riferimento alla richiesta di chiarimento sugli **aspetti idrologici e idraulici**, si riporta quanto segue:

- a) *“Per quanto riguarda la protezione del paramento di monte della diga, la Sezione rileva l’assenza di dimensionamento degli elementi costituenti lo strato esterno della scogliera.”*

- b) *“Si raccomanda, inoltre, che il **progetto esecutivo** contenga un’adeguata definizione della gestione delle piene nel corso dei lavori, sia per la sicurezza della diga nelle configurazioni transitorie sia per la sicurezza del cantiere.”*
- c) *“In merito al sistema di monitoraggio, si osserva che sono incomplete le informazioni in merito al posizionamento e alla tipologia di idrometri previsti.”*
- d) *“La Sezione osserva che nel progetto definitivo esaminato non è presente la simulazione dell’onda di piena conseguente ad ipotetico collasso della struttura di sbarramento (dam break), con l’individuazione delle aree potenzialmente interessate, e raccomanda l’elaborazione di tale modellazione idraulica nel successivo livello progettuale.”*
- e) *“Infine, in considerazione della modesta entità dei volumi invasati e delle portate in ingresso nonché dell’incidenza dell’evapotraspirazione, la Sezione raccomanda l’elaborazione di un idoneo piano di gestione dell’invaso, prevedendo anche monitoraggi periodici sui parametri qualitativi delle acque, al fine di evitare il graduale peggioramento della qualità e lo sviluppo di fenomeni di eutrofizzazione lacustre.”*

---

#### 2.2.4. RISPOSTA ASPETTI IDROLOGICI E IDRAULICI

In riferimento alla richiesta di chiarimento sugli **aspetti idrologici e idraulici**, si riporta quanto segue:

- a) In sede di **progettazione esecutiva**, come indicato al paragrafo 2.1.5.5, saranno definite nel dettaglio le caratteristiche dimensionali e geometriche degli elementi costituenti lo strato esterno della “scogliera”, delle modalità della posa in opera e dei materiali di intasamento degli elementi.
  - a. **Si tratta di definire le modalità di formazione delle scogliere senza modificarne le caratteristiche, non vi sono ricadute ambientali**
- b) In sede di **progettazione esecutiva**, come indicato al paragrafo 2.1.5.5, sarà definito un piano di gestione delle piene nel corso dei lavori, rivolto alla sicurezza della diga nelle sue configurazioni transitorie oltre che alla sicurezza del cantiere.
  - a. **Si tratta di definire un piano di emergenza in caso di piena, nessuna ricaduta dal punto di vista ambientale**
- c) Nella presente revisione progettuale sono state chiarite e rese congruenti le informazioni in merito al posizionamento e alla tipologia di idrometri previsti negli elaborati *ET27 – Relazione monitoraggio* e *EG49 – Planimetria strumenti monitoraggio diga*.
- d) In sede di **progettazione esecutiva** si prevede l’implementazione della simulazione dell’onda di piena conseguente ad ipotetico collasso della struttura di sbarramento (dam break) con l’individuazione delle aree potenzialmente interessate.
  - a. **Si tratta di elaborare il documento previsto dalla Circolare P.C.M. 13 dicembre 1995, n. DSTN/2/22806, nessuna ricaduta ambientale.**
- e) In sede di **progettazione esecutiva** si prevede l’elaborazione di un idoneo piano di gestione dell’invaso.
  - a. **Il piano di gestione dell’invaso previsto all’articolo 114 del D.Lgs. n.152/2006 sarà oggetto di una specifica procedura indipendente dalla procedura di VIA secondo le specifiche del DM 205/2022.**

---

#### 2.2.5. ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI

In riferimento agli **aspetti geologici e geotecnici**, il *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Sezione Seconda* concorda in generale con la Relazione Istruttoria della *Divisione 4 – Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori* (paragrafi 2.1.3 e 2.1.5).

---

#### 2.2.6. RISPOSTA ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI

In riferimento agli **aspetti geologici e geotecnici**, dato che il *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Sezione Seconda* concorda in generale con la Relazione Istruttoria della *Divisione 4 – Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori*, si rimanda alle considerazioni riportate nei paragrafi 2.1.4 e 2.1.6.

---

#### 2.2.7. ASPETTI STRUTTURALI

In riferimento agli **aspetti strutturali**, il *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Sezione Seconda* concorda in generale con la Relazione Istruttoria della *Divisione 4 – Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori* (paragrafo 2.1.6.4).

---

#### 2.2.8. RISPOSTA ASPETTI STRUTTURALI

In riferimento agli **aspetti strutturali**, dato che il *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Sezione Seconda* concorda in generale con la Relazione Istruttoria della *Divisione 4 – Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori*, si rimanda alle considerazioni riportate nel paragrafo 2.1.6.5.

---

#### 2.2.9. SERVIZIO ANTINCENDIO

In riferimento alla richiesta di chiarimento sulla **sicurezza antincendio**, si riporta quanto segue:

- a) *“Per gli aspetti della sicurezza antincendio, si ritiene di evidenziare che ove fossero presenti e/o previsti nell’ambito del complesso, attività e/o infrastrutture riconducibili a quelle di cui all’Allegato I del D.P.R. 151/2011, dovranno essere osservati, per le stesse, i disposti delle specifiche norme di prevenzione incendi e le procedure fissate con D.M. 7/8/2012 del Ministero dell’Interno, con particolare riguardo alle centrali di generazione e/o di trasformazione elettrica, di produzione di energia termica, sala di comando e controllo, per vie di esodo e fuga e impianti di protezione attiva e passiva.”*

---

#### 2.2.10. RISPOSTA SERVIZIO ANTINCENDIO

In riferimento alla richiesta di chiarimento sulla **sicurezza antincendio**, si riporta quanto segue:

- a) Il progetto prevede interventi di adeguamento della diga ma non ricomprende lavorazioni all’interno dell’impianto di potabilizzazione.  
Pertanto le opere previste all’interno del presente progetto definitivo non sono riconducibili a quelle di cui all’Allegato I del D.P.R. 151/2011.



ROMA  
Viale del Policlinico, 2 - 00161 – tel:06\989532889  
PEC: dg.digheidrel@pec.mit.gov.it

*Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili*

Dipartimento per le opere pubbliche, le risorse umane e strumentali  
Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche  
Div.4 – Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori

Publiacqua S.p.A.  
[protocollo.publiacqua@legalmail.it](mailto:protocollo.publiacqua@legalmail.it)

Comune di Pistoia  
[comune.pistoia@postacert.toscana.it](mailto:comune.pistoia@postacert.toscana.it)

p.c. Autorità Idrica Toscana  
[protocollo@pec.autoritaidrica.toscana.it](mailto:protocollo@pec.autoritaidrica.toscana.it)

Ufficio tecnico per le dighe di Firenze  
[dighefi@pec.mit.gov.it](mailto:dighefi@pec.mit.gov.it)

**Oggetto: Diga Giudea a Gello n. arch. 1183 – Progetto definitivo “Interventi di adeguamento della diga di Giudea a Gello” rev. Ottobre 2020 – Parere del Consiglio Superiore dei LL.PP. ai sensi della art.5 del DPR 1363/1959 – Esigenza di revisione del progetto ai fini dell’approvazione tecnica dell’art.1, co.5, del D.L. 507/1994 convertito con L. 584/1994.**

Codesta società Publiacqua, in qualità di Gestore per il Comune di Pistoia della diga Giudea a Gello nell’ambito del Servizio idrico integrato (la diga è ad uso idropotabile), ha presentato con nota prot. n. 57485/20 del 29.10.2020, il progetto definitivo “Interventi di adeguamento della diga Giudea a Gello” rev. Ottobre 2020 datato 09.10.2020, per approvazione tecnica ai sensi dell’art.1, co.5, del D.L. 507/1994 conv. L. 584/1994.

L’intervento è allo stato in parte finanziato dal MATTM mediante Accordo di Programma con le amministrazioni territoriali (finanziamento prevalente) e in termini minoritari da questa Amministrazione mediante il Piano operativo infrastrutture – FSC 2014-20 (Del. CIPE n.54/2016 per 5 M€).

L’impianto di ritenuta in oggetto è da tempo fuori esercizio (a parte limitati invasi stagionali a monte di una tura provvisoria) a seguito di un fenomeno di instabilità del fianco di monte della diga (di materiali sciolti) occorso nel 1990 in fase di svaso.

Dopo il dissesto del 1990 il Concessionario ha presentato nell’arco di quasi trenta anni diversi progetti di recupero (non realizzati), inizialmente volti al ripristino della diga e dell’invaso nelle sue attuali caratteristiche dimensionali, poi rivolti al ripristino parziale della diga con altezza e volume ridotti, ma con contestuale utilizzo delle terre da scavo per la realizzazione sinergica di casse di espansione sul T. Ombrone Pistoiese, ed infine indirizzate al solo parziale recupero funzionale della diga con riduzione di altezza, stralciando la realizzazione delle citate casse in ragione delle complesse valutazioni ambientali richieste, degli espropri necessari e della diversa tempistica degli interventi.

A seguito dell’esame tecnico condotto, con nota prot. n. 2327 del 03.02.2021 il progetto in argomento, corredato della relativa relazione istruttoria in data 27.01.2021, è stato trasmesso dalla Direzione generale al Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per esame e parere ai sensi dell’art.5 del D.P.R.1363/1959.

Con nota prot. n. 7152 del 16.07.2021 il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha trasmesso a questa Direzione generale il parere - voto n. 39/2021 reso dalla Seconda Sezione nella adunanza del 23 giugno 2021 (**All. 1**). Detto parere conclude che il progetto debba essere rivisto, modificato e completato nella medesima fase progettuale e, comunque, prima dell’esperimento delle procedure di scelta del contraente per l’esecuzione dei lavori, nel rispetto delle raccomandazioni, osservazioni e prescrizioni nello

stesso indicate, oltre a quelle formulate in sede istruttoria da questa Amministrazione e riportate in premessa anche nel parere stesso.

Conseguentemente questa Divisione di coordinamento, sulla base del parere reso dal Consiglio Superiore dei LL.PP. e dell'istruttoria tecnica già condotta sui predetti elaborati progettuali ai sensi dell'art. 5 del D.P.R. 1363/59, comunica la necessità di una revisione del progetto definitivo, tenendo conto delle osservazioni formulate nel parere stesso (**all.1**) e nella relazione istruttoria di accompagnamento alla richiesta di parere (**all.2** – relazione che, pur riportata per esteso nella premessa del parere del CSLLPP, si allega anche autonomamente).

Rimandando per necessaria completezza espositiva a detti atti e in particolare al voto del CSLLPP, che ha ritenuto non sufficientemente dimostrate e motivate alcune scelte proprie della fase preliminare di fattibilità, si ritiene che il progetto definitivo, debba essere ulteriormente motivato, sviluppato e integrato, in primis, per aspetti generali relativi alla sostenibilità dell'intervento, alla dimostrazione della stessa mediante analisi costi-benefici, alla conferma della effettiva aderenza del progetto all'accordo di programma di cui al finanziamento MATTM (con particolare riferimento alla onerosa gestione delle terre e rocce da scavo).

Ulteriori osservazioni, in parte relative agli elaborati nell'attuale livello progettuale definitivo, in parte riferibili alla loro successiva definizione esecutiva, riguardano gli aspetti idraulici, geologici e geotecnici<sup>1</sup>, nonché delle modalità esecutive, del monitoraggio e della sicurezza antincendio. Per essi si rimanda agli atti allegati.

Sussistono infine esigenze di coordinamento redazionale del progetto, da risolvere secondo quanto parimenti indicato negli atti allegati, nonché di motivazione ed esplicitazione dei criteri che hanno portato alla quantificazione delle voci afferenti alle somme a disposizione.

Questa Amministrazione resta pertanto in attesa di presentazione da parte di codesto Gestore del progetto revisionato, per gli atti di competenza, ivi compresa la verifica del recepimento delle prescrizioni e delle osservazioni formulate.

Detta presentazione e la conclusione coordinata dei paralleli iter autorizzativi (in particolare ambientali) devono avvenire nel rispetto del termine per l'assunzione dell'obbligazione giuridicamente vincolante (allo stato differita al 31.12.2022).

IL DIRIGENTE  
ing. Vincenzo CHIEPPA

---

<sup>1</sup> relativamente agli aspetti geotecnici, in correlazione alle osservazioni formulate negli atti allegati, si rileva anche l'esigenza di chiarire le motivazioni che hanno portato a concentrare la demolizione – scavo del corpo diga sul fianco di valle, con creazione di una dissimmetria di tenuta in fondazione tramite il taglione esistente, e non simmetrica sul fianco di monte, già composto da terre in parte allentate per il fenomeno di instabilità occorso



*Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti*

*Dipartimento per le infrastrutture, i sistemi informativi e statistici*

*Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche*

*Div. 4 - Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori*

**Diga di Giudea a Gello (n. arch. 1183)**

**Concessionario: Comune di Pistoia**

**Gestore: Publicacqua S.p.A.**

**Progetto Definitivo “Interventi di adeguamento della diga di Giudea a Gello”**

Relazione istruttoria ai sensi ex art. 5 del D.P.R. 1363/59

## Sommario

1. PREMESSA.....	3
2. DESCRIZIONE DELL'OPERA ATTUALE .....	4
3. ITER TECNICO-AMMINISTRATIVO (progetti e lavori).....	4
4. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO .....	5
5. OSSERVAZIONI ISTRUTTORIE .....	9
6. CONCLUSIONI .....	13

## 1. PREMESSA

La diga Giudea a Gello (n. arch. 1183), ubicata in località Gello nel comune di Pistoia, è stata progettata negli anni '60 per l'accumulo e la modulazione, ad uso idropotabile, delle portate addotte con una condotta proveniente da una presa dal "Torrente Vincio di Brandeglio"<sup>1</sup> (con un bacino imbrifero allacciato di circa 13 km<sup>2</sup>) e, in subordine, delle portate direttamente affluenti dal corso d'acqua sbarrato denominato "Fosso Fontanacci" (con un modesto bacino imbrifero di 0,15 km<sup>2</sup>)

Lo sbarramento di ritenuta è classificato come diga in terra omogenea di altezza pari a 31,90 m ai sensi della L. 584/94 e volume di invaso pari a circa 850.000 m<sup>3</sup>, recentemente rivalutati dal Gestore in 755.000 m<sup>3</sup>.

Il Concessionario di derivazione è il Comune di Pistoia, mentre il Gestore è attualmente Publiacqua S.p.A., in qualità di gestore del Servizio idrico integrato.

La diga, costruita tra il 1968 e il 1970 e collaudata alla fine del 1973, è stata esercitata regolarmente fino al 1990, anno in cui si verificò un fenomeno di instabilità sul fianco di monte della diga per svasso rapido, cui seguì, dal 1990 stesso, la sostanziale messa fuori esercizio dell'opera.<sup>2</sup>

Nel 1993 venne costruito un banchinamento per stabilizzare provvisoriamente il paramento di monte della diga, denominato in alcuni atti "tura", al piede di monte del rilevato, con sommità posta a quota 138 m s.m., ottenuta per rimodellamento del materiale accumulatosi al piede del movimento franoso occorso. Dopo questo intervento, il fenomeno franoso che ha interessato il corpo diga si è praticamente esaurito, seppure in assenza di significativi invasi.

In assenza di iniziative concrete per il suo recupero, con atto di ricognizione prot. n.DG/89 del 21.03.2013, la diga è stata inserita, ai sensi dell'art.43, co.7, del D.L. 201/2011 conv. in L. 214/2011, nell'elenco delle opere necessitanti di interventi per il miglioramento della sicurezza strutturale ed idraulica. In attesa della realizzazione di tali interventi, per la diga è stato confermato l'assoggettamento a limitazioni di invaso. La disposizione vigente è l'atto n.977 del 29.06.2012, con il competente Ufficio tecnico per le dighe di Firenze ha confermato lo svasso totale del serbatoio nel periodo 1 novembre – 30 aprile, consentendo un limitato invaso parziale nel restante periodo dell'anno, a monte del banchinamento realizzato al piede di monte (fino a quota 134,5 m s.m. – pari a 5,5 m dell'asta idrometrica con un invaso di 65.000 m<sup>3</sup>).

Al fine del recupero funzionale dello sbarramento, dopo un lungo e articolato iter progettuale (v. Appendice 2) comprendente in precedenza anche la sinergica realizzazione di casse di espansione sul T. Ombrone Pistoiese nel medesimo comune, è stato predisposto dal Gestore – soggetto attuatore il progetto in argomento, relativo al solo recupero parziale della diga e finanziato in parte tramite il Fondo sviluppo e coesione 2014-2020 - Piano operativo infrastrutture (Delibera CIPE n. 54/2016) per un importo di 5M€ (su complessivi 11M€ coperti per la prevalente parte tramite fondi di competenza del MATTM).

L'intervento di ristrutturazione in progetto prevede di abbassare la quota del coronamento della diga di circa 7 m (dalla quota attuale di 150,06 m s.m. alla quota di 143,30 m s.m.) e di ridimensionare l'intero corpo del rilevato, eliminando la "tura" attualmente esistente al piede del paramento di monte. Conseguentemente, verrà risagomato l'intero scarico di superficie fino al suo ricongiungimento con il T. Tazzera, modificando la quota della soglia di sfioro da 147,76 m s.m. a 140,00 m s.m.

La diga nella sua configurazione di progetto avrà altezza di 25,10 m e volume di invaso ai fini idropotabili ridotto a 281.300 m<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Bacino Ombrone Pistoiese - Arno

<sup>2</sup> V. anche Appendice 2 per la ricostruzione storica; inoltre nel documento "All\_L1\_STORICHE", che si allega a corredo del progetto, sono riportate le indagini storiche e le back analysis condotte per definire il fenomeno di instabilità verificatosi sul paramento di monte.

## 2. DESCRIZIONE DELL'OPERA ATTUALE

Si tratta di uno sbarramento di materiali sciolti dotato di un bacino proprio estremamente modesto (0,15 km<sup>2</sup>); l'invaso viene alimentato, per il tramite di condotta di adduzione, dai contributi idrici derivati da una presa sul Torrente Vincio di Brandeglio che sottende un bacino imbrifero allacciato di circa 13 km<sup>2</sup>.

Il corpo del rilevato è del tipo sostanzialmente omogeneo, di altezza pari a 31,9 m, sagomato con paramento di monte con pendenza non uniforme, rivestito con elementi lapidei tipo scogliera, e da un paramento di valle a pendenza uniforme di circa 2/1, intervallato da 3 banche a quota 143 m s.m., 135 m s.m. e 127 m s.m.

Lo scarico di superficie, ubicato in sponda destra del serbatoio, è del tipo a soglia libera, di larghezza di 10,5 m, con recapito per ruscellamento nel torrente Tazzera.

Lo scarico di fondo è costituito da una tubazione, con quota di imbocco a 126.26 m s.m., che attraversa la fondazione della diga (annegato in un blocco lineare di calcestruzzo) di diametro nominale DN=450 mm. Lo scarico è chiuso a valle da saracinesca DN 450 e susseguente valvola a farfalla DN450, con bypass tra la due a sua volta regolato da saracinesca. Tutte gli organi sono manovrabili da apposita cabina di manovra ubicata a valle del corpo diga.

Per una descrizione più dettagliata dell'opera e delle sue grandezze principali si rimanda all'Appendice 1 e alla Relazione generale di progetto (Elaborato ET01).

## 3. ITER TECNICO-AMMINISTRATIVO (progetti e lavori)

Di seguito si riassume l'iter più recente del presente progetto. Il lungo e travagliato iter tecnico amministrativo che ha accompagnato la diga, fin dalla sua costruzione, ed in particolare dalla manifestazione dei citati dissesti che hanno condotto allo svuotamento del serbatoio e alla necessità di redazione del presente progetto, viene riportato in Appendice 2.

Dopo il dissesto del 1990 il Concessionario ha presentato nell'arco di quasi trenta anni diversi progetti di recupero (non realizzati presumibilmente per carenze finanziarie), inizialmente volti al ripristino della diga e dell'invaso nelle sue attuali caratteristiche dimensionali, poi rivolti al ripristino parziale della diga con altezza e volume ridotti, ma con contestuale utilizzo delle terre da scavo per la realizzazione sinergica di casse di espansione sul T. Ombrone Pistoiese, ed infine indirizzate al solo parziale recupero funzionale della diga, stralciando la realizzazione delle citate casse in ragione delle complesse valutazioni ambientali richieste, degli espropri necessari e della diversa tempistica degli interventi.

Con nota prot. n. 57485/20 del 29.10.2020 Il Gestore della diga e Soggetto attuatore degli interventi ha presentato il presente Progetto definitivo "Interventi di adeguamento della diga di Giudea a Gello" (Rev.2), datato 09.10.2020 ed a firma dell'ing. Giovanni Simonelli, con la consulenza delle Società West Systems, Tree ed Idrogeo.

Detto progetto è stato redatto a seguito delle prescrizioni emesse con nota n. 30394 del 28.12.2018 da questa Amministrazione sulla precedente revisione progettuale "Interventi per l'incremento della sicurezza della diga di Giudea a Gello – Maggio 2018", oltre ad altre richieste di integrazioni sulla revisione 1 (27.12.2019) del progetto, rilasciate dalla Divisione di coordinamento con nota n.12592 del 19.06.2020 sulla base dell'istruttoria dell'Ufficio tecnico per le dighe di Firenze e delle divisioni specialistiche della Direzione generale.

Contestualmente il Gestore ha in corso il procedimento di verifica di assoggettabilità a VIA dell'intervento, di competenza del MATTM.

#### 4. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Il progetto definitivo “Interventi di adeguamento della diga Giudea a Gello”, datato 9.10.2020, è finalizzato ad un incremento delle condizioni di sicurezza della diga, sia dal punto di vista idraulico che della stabilità, mediante la realizzazione di una serie di interventi consistenti fondamentalmente in:

- abbassamento della quota di coronamento e quindi dell'altezza della diga;
- rinfianco e riprofilatura del corpo diga previa bonifica per sostituzione della porzione franata o allentata del fianco di monte della diga;
- rifacimento di tutto il sistema dello scarico di superficie (soglia, canale fagatore, vasca di dissipazione e restituzione in alveo).

L'intervento è classificato come “adeguamento” ai sensi del p.to H.2.1 delle NTD in quanto insieme di interventi strutturali e geotecnici finalizzati a trasformare la diga (resta escluso dall'adeguamento l'assetto originario dello scarico di fondo).

A seguito degli interventi lo sbarramento presenterà le seguenti caratteristiche (per le caratteristiche dello sbarramento nella configurazione originaria si rimanda anche all'Appendice 1):

Dati principali della diga		
	Invaso Attuale	Invaso di progetto
Classificazione tipologica della diga ai Diga sensi del D.M. 24/03/82 / D.M 24/06/201	Diga in materiali sciolti con terra omogenea	Diga in materiali sciolti con terra omogenea
Altezza della diga ex L. 584/1994 / D.M 24/06/2014 [m]	31,9	25,1 (143,3-118,2)
Altezza massima ritenuta [m]	23,26	12,33 (140.33 - 128.00)
Quota del coronamento [m s.m.]	150,06	143,30
Larghezza del coronamento [m]	6	5,50
Franco disponibile [DM 1982] DM 2014 [m]	[1,80]	2,97
Franco netto richiesto [DM 1982] DM 2014 [m]	[2,59+cedimenti]	2,11 <sup>3</sup>
Franco netto disponibile [DM 1982] DM 2014 [m]	[1,48]	2,67
Sviluppo del coronamento [m]	293,50	205,00
Volume della diga [m <sup>3</sup> ]	260000	170000
Dati principali del serbatoio		
Quota massimo invaso T <sub>R</sub> 3000 anni [m s.m.]	---	140,33
Quota di invaso T <sub>R</sub> 1000 anni [m s.m.]	148,26	140,29
Quota massima regolazione [m s.m.]	147,76	140,00
Quota minima regolazione [m s.m.]	134,00	130,00
Quota minima al piede diga lato monte [m s.m.]	125,00	128,00
Quota minima al piede diga lato valle [m s.m.]	118,20	118,20
Volume totale invaso [m <sup>3</sup> ]	754600	297430
Volume utile di regolazione [m <sup>3</sup> ]	759534	268297
Volume morto [m <sup>3</sup> ]	44000	13002
Bacino direttamente imbrifero sotteso [km <sup>2</sup> ]	0,15	0,15
Superficie del bacino imbrifero allacciato tramite derivazione dal T. Vincio [km <sup>2</sup> ]	13,00	13,00
Portata di massima piena di progetto [m <sup>3</sup> /s]	6,8 (6,0+0,8)	3,60 (portata T <sub>R</sub> 3000 anni laminata)
Portata massima derivazione dal T. Vincio [m <sup>3</sup> /s]	0,80	0,80
Superficie dello specchio liquido alla quota di :		
massimo invaso [km <sup>2</sup> ]	0,0773	0,0492
massima regolazione [km <sup>2</sup> ]	0,0734	0,0479
minima regolazione [km <sup>2</sup> ]	0,0170	0,0107
Pendenze paramento di monte	2/1, 2.5/1, 3.2/1, 5/1	3.75/1
Pendenza paramento di valle	2/1	4.25/1

<sup>3</sup> Calcolato con i cedimenti assunti dal progettista pari a 0,34 m. Secondo quanto stabilito dalle NTD14 i cedimenti, in assenza di specifici calcoli, possono essere assunti pari a 0,5 cm per ogni m di altezza della diga, pertanto il franco netto minimo richiesto risulterebbe pari a 1,90 m.

<b>Dati principali dello scarico di superficie</b>		
Caratteristiche tipologiche	soglia libera in spalla destra	soglia libera in spalla destra
Quota di soglia [m s.m.]	147,76	140,00
Sviluppo della soglia [m]	10,80	10,00
Portata esitata [m <sup>3</sup> /s]	6,80	3,60
Tirante sulla soglia in corrispondenza della portata di progetto [m]	0,50	0,33
Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata di progetto [mslm]	148,26	140,33
<b>Dati principali dello scarico di fondo</b>		
Caratteristiche tipologiche	Tubazione in acciaio Ø450	Tubazione in acciaio Ø450
Quota dell'imbocco [m s.m.]	126,26	126,26 (128,0)
Portata esitata [m <sup>3</sup> /s]	1,23	0,85
Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata [m s.m.]	147,76	140,00

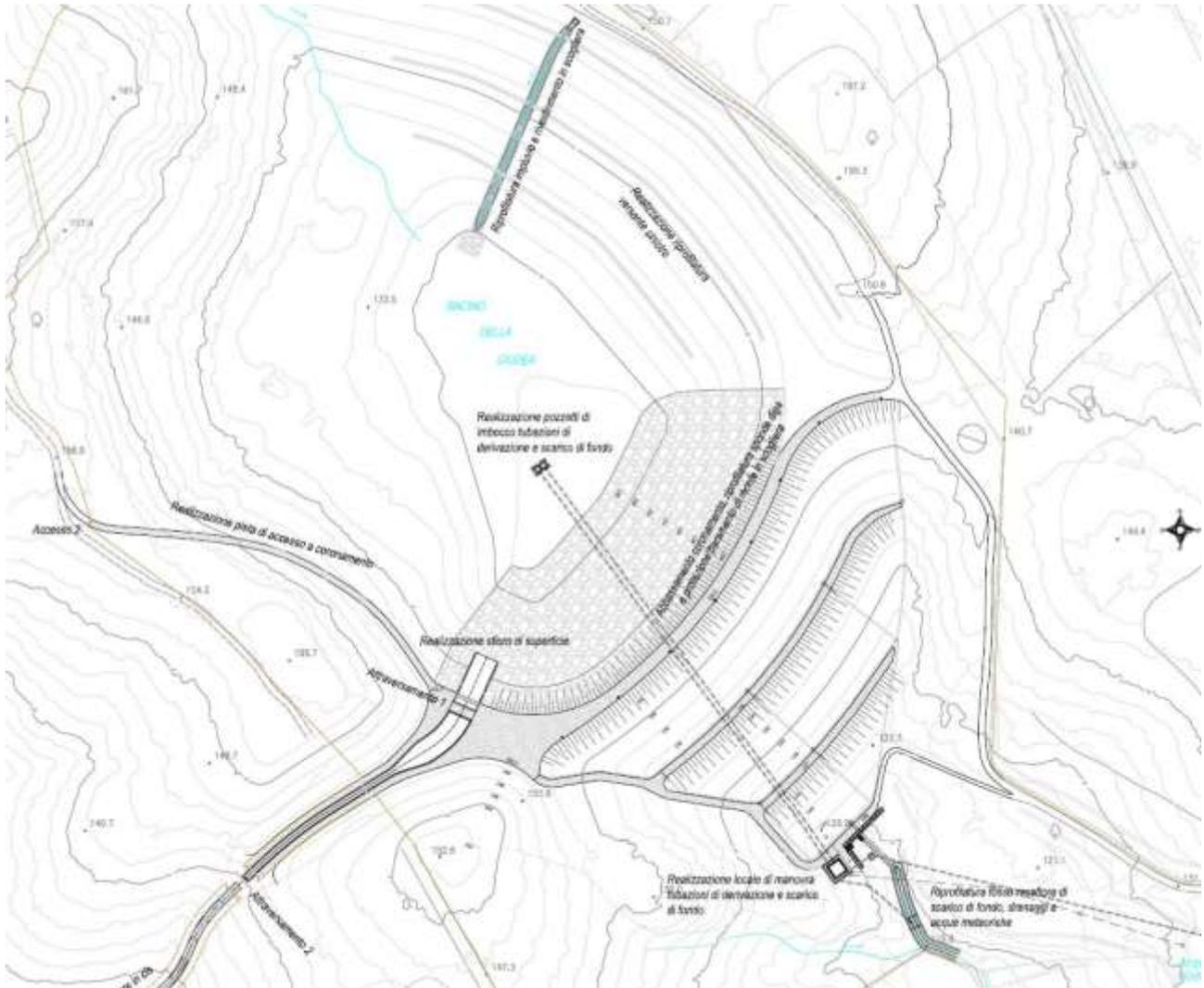
Il Progettista, in continuità con il precedente progetto che prevedeva una diversa utilizzazione delle terre e rocce da scavo per rilevati arginali, ha previsto di abbassare la quota del coronamento di 7 m e di riprofilare il paramento di monte della diga previa rimozione della banchina-tura attualmente esistente.

Le pendenze di progetto dei paramenti di monte e di valle sono rispettivamente 1:3,75 e 1:4,25, il coronamento è lungo circa 205 m e largo 5,50 m, la quota al piede del paramento di valle rimane 118,20 m s.m.; la diga nella nuova configurazione avrà quindi un'altezza pari a 25,10 m (attualmente l'altezza è pari a 31,90 m). Alla quota massima di regolazione corrisponde un volume d'invaso di circa 281.300 m<sup>3</sup>. Il volume utile per la derivazione dalla condotta di alimentazione dell'acquedotto è quindi pari a circa 268.300 m<sup>3</sup> (in linea, secondo quanto esposto in progetto, con le esigenze del Gestore del Servizio Idrico).

Con questa configurazione di progetto e con le movimentazioni di terra previste per la realizzazione degli interventi, il volume complessivo di scavo, che il Progettista intende conferire a recupero/smaltimento, è di circa 185.000 m<sup>3</sup>, con costi che allo stato superano la metà dell'importo lavori ancorché suscettibili di revisione in fase esecutiva in caso di possibilità di riutilizzo delle terre.

Oltre agli interventi di riprofilatura del corpo diga sono previsti inoltre:

- rifacimento di tutto il sistema dello scarico di superficie (soglia, canale fugatore con relativi 6 attraversamenti, vasca di dissipazione e restituzione nel torrente Tazzera a valle);
- sistemazione dell'imbocco e sbocco scarico di fondo;
- risistemazione del fondo invaso in corrispondenza in prossimità del piede di monte dello sbarramento;
- sistemazione delle sponde del lago in corrispondenza dell'imbocco dello scarico di superficie e della sponda sinistra interessata in passato da movimenti franosi;
- installazione strumentazione di monitoraggio diga.



Per quanto riguarda gli interventi sul corpo diga, il Progettista ha definito quanto segue.

- Il piede del paramento di valle, posto alla quota di 118,2 m s.m. come quello attuale, è definito mediante la realizzazione di un muro a gravità in massi ciclopici di lunghezza pari a 20 m e altezza di circa 1,8 m fuori terra. La realizzazione del muro prevede due ordini di gradoni di massi ciclopici. Sul paramento di valle saranno realizzate due banche per la manutenzione dell'opera, poste alla quota di 135 m s.m. e 127 m s.m. di larghezza utile di 3,5 m oltre ad una canaletta larga 1 m per la raccolta delle acque meteoriche. Al termine dei lavori il paramento di valle sarà ricoperto con terreno vegetale per uno spessore di 30 cm e successivamente interessato da seminazione.
- Alla quota 119 m s.m. circa sarà realizzato/esteso un piano drenante sub-orizzontale. Il dreno sarà costituito da pietrisco di media pezzatura 40-70 mm e rivestito inferiormente e superiormente con tessuto non tessuto. Una condotta in PE Ø315 microfessurata raccoglierà le acque provenienti dal dreno che successivamente saranno convogliate in un pozzetto di misura prima di scaricare nel reticolo idraulico superficiale a valle diga.
- Per il paramento di monte è previsto un rivestimento con massi di media pezzatura per lo spessore di 60 cm sino al piede e oltre per circa 5 m, al di sotto di tale rivestimento sarà realizzato uno strato di transizione sabbio-ghiaiosa dello spessore di 90 cm.
- Sul coronamento sarà realizzato un pacchetto stradale con stabilizzato per un'altezza di 30 cm.

Si prevedono inoltre interventi di risagomatura delle sponde del lago in corrispondenza dello scarico di superficie e della sponda sinistra, interessata in passato da un movimento franoso superficiale.

Lo scarico di superficie di progetto (posto a quota 140,0 m s.m.) è costituito da una soglia sfiorante e un canale fuggatore che recapita nel torrente Tazzera. La soglia di sfioro è prevista nella stessa posizione

dell'attuale con un abbassamento di circa 7 m, mantenendo la larghezza 10,50 m. Il suo funzionamento è stato verificato per una portata di progetto con  $T_R$  3000 anni laminata dall'invaso. Il canale fugatore, a valle della soglia di sfioro, può essere suddiviso in tratti omogenei. La sezione dello canale fugatore è di tipo a C con apertura rivolta verso l'alto, con base da 10,50 m a 2,50 m e muri laterali di altezza pari a 4,5 m. Il primo tratto, ubicato immediatamente a valle dello sfioro, è costituito da un canale rettangolare largo 10,5 m con una pendenza dello 0.5% (tra sez. SF005 e sez. SF008). Tale tratto è delimitato, a valle, da un canale convergente (secondo tratto) dove avviene la riduzione della larghezza della sezione da 10,5 m a 2,50 m, prima del transito attraverso una forra (tra sez. SF008 e sez. SF012). Il tratto convergente è lungo 18,50 m. La larghezza di 2,50 m è mantenuta inalterata fino al termine della vasca di dissipazione.

Le portate scaricate nelle condizioni di massimo invaso per il tempo di ritorno di 3000 anni transitano a valle dello sfioratore con un franco idraulico minimo di circa 1 m.

La vasca di dissipazione è caratterizzata da una quota di fondo pari a 105.70 m s.m. e una lunghezza pari a 10,0 m (dalla sezione SF041 alla soglia di stramazzo a valle). È in asse al canale fugatore ed è costituita da una sezione rettangolare larga 2,50 m e alta circa 2,60 m; la vasca risulta depressa e delimitata a valle da un setto in c.a. con soglia di stramazzo. Il franco di sicurezza nella vasca di dissipazione è di 100 cm per lo smaltimento della portata con  $T_R = 3000$  anni.

A valle della vasca di dissipazione le portate scaricate vengono convogliate, attraverso un canale in terra a sezione variabile, all'immissione nel rio Tazzera. Detto canale è intervallato da salti e vasche di dissipazione (realizzate mediante scatolari in c.a.) per ridurre ulteriormente l'energia cinetica della corrente.

Per quanto concerne scarico di fondo sono previsti i seguenti interventi:

- realizzazione di un pozzetto a monte con sommità alla quota di 128,0 m s.m. protetto con grigliato in acciaio (passo 20 cm);
- prolungamento delle tubazioni a valle, previo raccordo con la condotta attuale, e spostamento delle valvole nel nuovo locale di manovra.

È previsto inoltre un prolungamento della condotta di presa fino a un pozzetto posto in adiacenza a quello di fondo con sommità alla quota di 130,0 m s.m. anch'essa dotata di una griglia con passo di 20 cm, con una protezione in testa alla presa per impedire l'ingresso di materiale nella condotta.

L'attuale locale di manovra che contiene le saracinesche dello scarico di fondo e della derivazione sarà demolito per ricostruire un nuovo manufatto (dimensioni in pianta 5,4 m x 5,4 m) più a valle, al piede della diga, ove sarà allocato anche un impianto di sollevamento (con una capacità circa doppia rispetto alle necessità attuali in previsione di futuri potenziamenti dell'impianto). A tergo della cabina è stato progettato un muro a retta al fine di contenere la scarpata.

Riguardo alle condizioni delle sponde dell'invaso, si rappresenta che in sponda sinistra è presente un fenomeno franoso superficiale (di tipo roto-traslativo, con uno spessore medio di circa 3 m per un volume di circa 20.000 m<sup>3</sup>) già oggetto di pregressi interventi di sistemazione (di ingegneria naturalistica). In questa sede progettuale, il Progettista ha proposto i seguenti interventi volti a garantire la stabilità della sponda stessa:

- asportazione del materiale residuo stabilizzato del corpo di frana, per rimuovere tutta la porzione di terreno le cui caratteristiche meccaniche sono degradate;
- realizzazione degli ammorsamenti a gradoni, propedeutica alla successiva stesura del terreno di riporto;
- riprofilatura della sponda mediante scavo.

Il materiale per la realizzazione della riprofilatura viene recuperato dagli interventi di abbassamento del piano di coronamento. Per contrastare fenomeni di erosione legati alle acque meteoriche, provenienti anche dalla strada presente sulla sommità della sponda, è stata ipotizzata una sistemazione idraulica mediante regimazione delle acque. Tale sistemazione prevede la messa in opera di tre ordini di canalette che convogliano le acque meteoriche verso il canale di impluvio realizzato in massi. La sponda così sistemata sarà rifinita mediante inerbimento. Al fine di monitorare la stabilità della sponda è prevista l'installazione di 6 inclinometri.

Infine, per quel che riguarda la strumentazione di monitoraggio dello sbarramento, per il controllo degli spostamenti verticali e orizzontali del corpo diga il Progettista ha previsto la realizzazione di una rete di monitoraggio composta da:

- n. 4 caposaldi di riferimento topografico fondati su palo alla profondità di 10 m e posti esternamente al corpo diga;
- n. 23 punti di misura fondati su blocco di calcestruzzo di dimensioni 40x40x40 cm posti sul paramento di monte (n. 7) e sul paramento di valle (n. 16);
- n. 1 postazione di misura (stazione del cannocchiale e della mira fissa) posta su un'opportuna piattaforma in calcestruzzo, fondata su pali, ai lati del coronamento della diga;
- n. 6 piezometri tipo Casagrande e n. 6 piezometri a tubo aperto posti in parallelo rispetto ai precedenti di cui n. 3 +3 sul coronamento e n. 3 +3 sulle banchine di valle;
- sistema di misurazione idrometrico del livello del lago (asta idrometrica e misuratore a pressione);
- sistema di raccolta e di misurazione delle perdite dal corpo diga attraverso i drenaggi.

## 5. OSSERVAZIONI ISTRUTTORIE

Come descritto nei paragrafi precedenti il progetto di adeguamento in esame prevede la significativa riduzione dell'altezza e la risagomatura dei paramenti del corpo diga ai fini di stabilizzazione<sup>4</sup>.

La risagomatura del paramento di monte è prevista assicurando la completa asportazione del materiale a suo tempo mobilitatosi in occasione del citato dissesto, materiale peraltro già in parte asportato / sistemato in occasione dei lavori di rimodellamento della parte interna della diga eseguiti per la creazione del banchinamento al piede di monte.

Gli interventi prevedono anche il conseguente completo rifacimento dello scarico di superficie (con soglia a quota più bassa), nonché articolate opere per la restituzione nel torrente Tazzera, compresa la vasca di dissipazione.

Con gli interventi proposti il livello di sicurezza della diga conseguirà certamente un significativo incremento e gli stessi, per come individuati, si ritengono ammissibili per tipologia dati gli obiettivi di adeguamento dell'opera anche alle norme tecniche intervenute (ad eccezione dello scarico di fondo).

Nello specifico dei singoli elaborati, nonostante le numerose iterazioni istruttorie, è stato comunque rilevato il permanere di una serie di carenze a livello in particolare di coordinamento progettuale tra elaborati e di impostazione redazionale, già ravvisate nel corso della stesura delle precedenti revisioni progettuali, cui non è stata data ancora completa o esauriente risposta. Tuttavia, nel ritenere le stesse non pregiudiziali ai fini della definizione delle scelte progettuali proposte – anche in relazione al carattere conservativo delle scelte stesse - si ritiene comunque opportuno promuovere la richiesta di parere del Consiglio Superiore dei LL.PP., ai sensi dell'art.5 del Regolamento approvato con DPR n.1363/1959, stante l'urgenza di portare a conclusione nei tempi tecnici strettamente necessari l'iter progettuale, anche in considerazione del fatto che gli interventi risultano già beneficiari di finanziamenti per la realizzazione.

Nel seguito della presente istruttoria, a tali fini, si riportano le osservazioni istruttorie di questa Div. di coordinamento, suddivise per argomenti, formulate sulla base della relazione dell'U.T.D. di Firenze e dei pareri delle divisioni specialistiche "Strutture e Geotecnica" e "Idraulica e Geologia Applicata".

### 5.1 Aspetti idrologici e idraulici

Lo studio idrologico di progetto utilizza un modello afflussi-deflussi a parametri distribuiti, basato sull'informazione idrologica resa disponibile dalla Regione Toscana, comprendente le curve di possibilità pluviometrica aggiornate al 2012.

Con le analisi idrologiche, il Progettista conferma sostanzialmente i valori delle portate stimati con le precedenti revisioni progettuali. Il Progettista giunge alla stima di un valore di portata in afflusso  $Q_{CT3000}$  pari a  $8,4 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $q=56 \text{ m}^3/\text{s km}^2$ ) e  $Q_{CT1000}$  pari a  $6,3 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $q=42 \text{ m}^3/\text{s km}^2$ ) comprensivo del modesto contributo

<sup>4</sup> La riduzione di altezza e di volume dello sbarramento era stata in precedenza motivata anche dal sinergico uso delle terre da scavo per realizzazione di una cassa di espansione nel medesimo comune, intervento poi stralciato.

del bacino allacciato ("a bocca tarata") e in leggero incremento rispetto alle valutazioni dello studio del 2018.

Il dimensionamento dello scarico di superficie è stato effettuato tenendo conto dell'effetto di laminazione del serbatoio (apprezzabile in relazione al rapporto tra volume di piena e volume di laminazione) sulla base di  $Q_{lam\ 3000} = 3,6\ m^3/s$  (nello specifico, la portata di  $8,4\ m^3/s$  è il colmo massimo prevedibile della piena in afflusso con durata delle piogge di 20 min. Tuttavia, sulla base del volume del serbatoio, delle caratteristiche di efflusso dello scarico di superficie e dell'estensione del bacino imbrifero sotteso allo sbarramento, l'evento critico che massimizza il volume con il raggiungimento del massimo livello di invaso è quello con durata delle piogge di 2 h, con corrispondente idrogramma caratterizzato da una portata al colmo di  $4,5\ m^3/s$  (comprensivo dell'apporto di  $0,8\ m^3/s$  del bacino allacciato), che laminata si riduce a  $3,6\ m^3/s$ .

Si rimanda in merito (compresi l'idrogramma di progetto) alla relazione idrologica di progetto.

Le stime delle suddette portate risultano cautelative, come confermato con valutazioni speditive, elaborate a titolo di confronto dalla Divisione specialistica delle Direzione generale.

La verifica del franco idraulico è stata eseguita considerando l'effetto di laminazione, esercitato dal serbatoio, con il contributo del solo scarico di superficie di progetto. L'idrogramma di piena in ingresso, con tempo di ritorno 3000 anni, che determina la massima portata sfiorata è, come sopra indicato, quello relativo alla pioggia di durata di 2 ore. Il franco netto, calcolato pari a 2,67 m, è risultato pienamente sufficiente a confronto del valore minimo richiesto da norma, pari a 2,11 m, che risulta rispettato anche senza portare in conto la modesta laminazione offerta dall'invaso al di sopra della soglia sfiorante.

Per quel che concerne gli interventi idraulici, questi consistono fondamentalmente nella realizzazione di un nuovo sfioratore in calcestruzzo con profilo Creager Scimemi con quota di sfioro a 140,00 m s.m. (quota attuale 147,76 m s.m.), conseguente all'abbassamento del corpo diga e necessario ai fini del miglioramento della sicurezza idraulica, e del relativo sistema di allontanamento e scarico nel recettore finale. Per la verifica dello sfioratore e del relativo canale fugatore il Concessionario ha presentato uno studio idraulico basato sull'utilizzo del codice di calcolo HEC-RAS (elaborato ET03\_Relazione\_idraulica). A valle del canale fugatore è stata progettata una vasca di dissipazione lunga 10,0 m e larga 2,50 m.

La soglia e il canale fugatore sono stati definiti con completezza e con criteri conservativi. La soglia di sfioro è stata disegnata con profilo Creager Scimemi di luce pari a 10 m. Il canale fugatore è stato progettato in calcestruzzo, a sezione rettangolare. Il tracciato si mantiene generalmente lungo la linea d'impiuvio del versante con un franco generalmente maggiore di 1 m per T 3000 anni. Nei tratti curvilinei maggiormente pendenti, per tenere conto degli aspetti di carattere bidimensionale del moto legati al cambio di direzione della corrente, è stata stimata l'entità dei sopralzi per cui il franco si riduce al più a 0,73 m per T 3000 anni. Al termine del canale fugatore (tratto a forte pendenza lungo il crinale) è stata inserita una vasca di dissipazione in grado di contenere il risalto idraulico. La zona di confluenza è stata addolcita inserendo un tratto canalizzato curvilineo e il fosso esistente è stato adeguato nelle dimensioni e nel tracciato. La pendenza del canale di restituzione esistente, a valle del canale fugatore, è stata diminuita con l'introduzione di 3 salti di fondo. Infine l'opera di immissione finale nel torrente Tazzera è stata progettata inserendo una scogliera nel fiume Tazzera a protezione del fondo e delle sponde. Le raccomandazioni e le richieste indicate nei precedenti pareri specialistici sono state recepite, ancorché le opere di restituzione appaiano caratterizzate da dimensionamenti molto cautelativi.

Con riferimento agli aspetti idrologici e idraulici, si può pertanto concludere che questi risultavano già sostanzialmente definiti nella precedente versione progettuale "*maggio 2020*", sulla quale la Divisione specialistica "Idraulica e Geologia applicata" aveva osservato che la soluzione progettuale dello scarico di superficie e del canale fugatore, pur comportando scavi rilevanti, ha sostanzialmente tenuto conto delle precedenti osservazioni istruttorie, con approssimazioni dipendenti dallo strumento di calcolo utilizzato.

La relazione idraulica *ET.03*, tenendo conto di osservazioni del predetto Ufficio, è stata altresì integrata con considerazioni circa le velocità della corrente nel canale di valle e con verifiche della compatibilità della

corrente stessa con la tipologia di opera prevista anche per eventi estremi; è stata poi inserita una valutazione relativa alla massima portata transitabile nel recettore finale, Torrente Tazzera.

Ponendo attenzione alla sostenibilità degli interventi in termini di costi/benefici, con riferimento ai rilevanti scavi per l'adeguamento dello scarico di superficie (conseguente soprattutto alla riduzione di altezza della diga), si rileva anche l'onerosità dello smaltimento del materiale sbancato (tra conferimento a discarica e smaltimento presso impianti autorizzati al recupero), risultando quindi necessarie ulteriori valutazioni per possibili utilizzazioni del materiale stesso secondo le procedure del D. Lgs. 50/2016 e del D. Lgs 152/2006.

Come richiesto in sede di interlocuzione istruttoria, data l'onerosità tecnica ed economica della soluzione, il Progettista ha prodotto un'analisi comparativa con altre soluzioni tecniche per la realizzazione dello scarico di superficie (diverso tracciato di recapito – realizzazione di uno scarico in galleria), addivenendo alla conferma della soluzione progettuale prescelta, di cui si è preso atto.

Per quanto concerne lo scarico di fondo, allo stato attuale trattasi di una condotta in pressione sottopassante in fondazione il corpo diga, annessa in un getto di calcestruzzo unitamente alla presa. In progetto sono previsti i seguenti interventi:

- realizzazione di un pozzetto a monte con sommità alla quota di 128.0 m s.l.m. protetto con grigliato in acciaio;
- prolungamento delle tubazioni a valle, previo raccordo con la condotta attuale, e spostamento delle valvole nel nuovo locale di manovra.

Al riguardo, tenendo conto che trattasi comunque di "diga esistente" ancorché interessata da interventi di adeguamento, si osserva che, in assenza di alternative sostenibili che consentano di delocalizzare lo scarico di fondo, in sede di progettazione esecutiva dovranno essere effettuate prove di tenuta ed ispezioni con videocamera, per valutare le condizioni e, se necessario, prevedere almeno interventi di relining della condotta o di intercettazione anche a monte.

## **5.2 Aspetti geologici, sismotettonici e sismici**

La ricostruzione dell'assetto geologico e geomorfologico dell'area interessata dagli interventi è descritta nell'elaborato tecnico "ET04a – *relazione geologica, geologica-tecnica e sismica*".

Il contesto in esame è posto nella zona di passaggio fra i rilievi collinari cretacico-paleogenici (zona pedemontana) e la piana lacustre villafranchiana Firenze-Prato-Pistoia. La successione stratigrafica dell'area in esame risulta costituita dall'alto verso il basso in ordine cronologico dalle seguenti unità litologiche (vedi Tav. GEO.04):

- Depositi alluvionali recenti (b) – Pliocene
- Marne di Marmoreto (MMA) – Ruperliano p.p. – Chattiano p.p
- Formazione di Sillano (SIL) – Cretacico sup. - Paleocene

In particolare, in corrispondenza dell'invaso affiora la Formazione del Sillano (SIL), caratterizzata da argilliti e argilliti marnose (da grigie a grigio-scure, grigio-verdi e grigio-marroni) a cui si alternano strati medi e spessi di calcari marnosi e strati sottili di calcareniti, arenarie fini e siltiti.

L'inquadramento geologico del sito è risultato nella sostanza esaustivo, ferme restando le osservazioni sulla stabilità delle sponde esposte al § 5.4.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici il progettista ha sviluppato uno studio sismotettonico di dettaglio del sito in base al criterio stabilito al § C.7.7.1 delle NTD in quanto l'azione sismica di progetto relativa ad un periodo di ritorno TR = 475 anni risulta maggiore di 0,15g (0.169g per il sito della diga).

Nell'elaborazione dello studio sono stati presi in considerazione i dati relativi alle zone sismogenetiche ZS9 posti a base della vigente mappa di pericolosità, i dati di sismicità storica, in un intervallo temporale dal 1005 fino al 2008, e i dati di sismicità strumentale per gli anni compresi tra il 1985 ed il 2019.

Per l'analisi della sismicità è stato consultato il portale INGV-Centro Nazionale Terremoti; per quanto riguarda la ricerca dell'eventuale presenza, in un'area prossima alla diga, di faglie capaci e sorgenti sismogeniche, così come descritte e definite rispettivamente dal sito dell'ISPRA e dal sito dell'INGV, sono state consultate le banche dati ITHACA e DISS, nonché pubblicazioni scientifiche più recenti e relative alla pericolosità sismica dell'Appennino settentrionale (Mantovani et al., 2012; Martelli et al., 2017).

Infine negli ultimi capitoli dello studio sismotettonico (6 ÷ 10 dell'elab. ET.04 B) è stata affrontata l'analisi di risposta sismica locale, dettagliando i dati utilizzati e le procedure utilizzate, oltre a fornire i risultati dei calcoli eseguiti.

Sulla base di tali approfondimenti i progettisti concludono che: *“benché siano trascorsi più di 10 anni dalla zonazione ZS9 e dalla mappa di pericolosità sismica nazionale MPS04 e studi più recenti ne abbiano proposto modifiche ed aggiornamenti, per quanto riguarda l'area oggetto del presente studio non si sono riscontrati elementi di novità tali da rendere la MPS04 non adeguata a rappresentare la pericolosità sismica di base dell'area in cui è ubicata la diga della Giudea ..... In ragione di quanto emerso dalla consultazione dei lavori di Martelli et al. (2017) e Mantovani et al.(2012), non si è ritenuto di procedere con l'elaborazione di un ulteriore modello sismotettonico e di studio di pericolosità sismica ad hoc, in quanto si sarebbe necessariamente basato sulle stesse informazioni e sui dati alla base degli approcci precedentemente descritti, e sostanzialmente concordi tra loro almeno per l'area in studio, con l'unica variante del margine di discrezionalità per le scelte basate sul giudizio esperto dello scrivente.*

Inoltre, per quanto riguarda la possibilità di fagliazione superficiale ad opera di Faglie Attive e Capaci censite in zona gli stessi progettisti asseriscono che: *“..... non ci sono elementi tali da poter ritenere la faglia di Pistoia e quella di Pistoia – Firenze, in grado di generare fenomeni di fagliazione superficiale tali da dover richiedere una apposita modellazione ai fini della risposta sismica locale”.*

Preso atto di tali conclusioni, sulla base del parere della Div. specialistica della DGDighe, si ritiene che i progettisti abbiano compiuto un sufficiente esame dei dati sismotettonici, includendo anche i dati della sismicità storica disponibili allo stato attuale. Analizzando alcuni significativi studi sismotettonici regionali recenti, inoltre, si sono aggiunte informazioni a carattere locale utili a definire un'eventuale divergenza in termini di potenziale sismico di base, rispetto a quanto definito dall'MPS04 e dalle NTC in termini di accelerazioni attese e spettri elastici a pericolosità uniforme, per i vari stati limite presi in considerazione.

Si prende pertanto atto della scelta dei progettisti di non approfondire ulteriormente lo studio sismotettonico del sito e di assumere come pericolosità sismica di base quella prevista dalle NTC (MPS04), in quanto gli studi recenti di carattere locale non hanno fornito sostanziali novità rispetto a tale zonazione. Pur risultando allo stato disponibili aggiornamenti scientifici della mappa di pericolosità sismica nazionale, in corso di redazione o già disponibili - ad esempio il progetto ESHM13-SHARE (Giardini, 2013), si ritiene quindi, nel caso specifico, l'assunzione della ZS9 accettabile per la definizione della pericolosità sismica di base.

Per ciò che concerne la Risposta Sismica Locale (RSL) lo studio contiene un'analisi che tiene conto in particolare dei fattori correttivi per la litologia, come imposti dalle NTC 18 (la categoria T1 per la topografia non richiede fattori correttivi a riguardo); i fattori per la correzione stratigrafica sono stati utilizzati secondo un approccio di tipo lineare equivalente, utilizzando un modello costitutivo del terreno di tipo Kelvin – Voigt. Si ritiene l'analisi RSL correttamente impostata, pur ritenendo necessario acquisire in sede di progettazione esecutiva un coordinamento formale del testo in relazione a carenze documentali e l'allegazione di informazioni aggiuntive relative ai codici di calcolo utilizzati e ai connessi parametri.

La scelta degli accelerogrammi da utilizzare per l'input sismico delle azioni di progetto è stata portata a termine tramite il codice di calcolo REXEL 3.5, che provvede alla loro selezione una volta impostati i criteri di ricerca di partenza nei principali database disponibili. Tale scelta, peraltro largamente

adottata in ambito progettuale, è sostanzialmente condivisibile nella selezione delle tracce accelerometriche e negli spettri elastici di riferimento da utilizzare nelle verifiche. Gli spettri elastici sono stati confrontati con quelli da normativa relativi a categorie di sottosuolo di tipo B e C, come del resto confermato dall'unica sismostratigrafia disponibile (Down Hole del sondaggio S1 del 2007), 23 in cui le Vs30 sono compatibili con tali ipotesi stratigrafiche. Occorre inoltre osservare come nella serie delle 7 tracce accelerometriche selezionate figurino eventi distanti dalla serie dei sismi italiani e differenti per contesto tettonico di riferimento. La necessità di ridurre il numero di vincoli nei criteri di ricerca, al fine di ottenere comunque una serie di accelerogrammi significativi, probabilmente ha indotto i progettisti a utilizzare tali criteri, al fine di ottenere comunque uno spettro elastico compatibile, da utilizzare nelle verifiche sismiche, pertanto non si hanno obiezioni rispetto alla scelta alla base del criterio di selezione.

Per gli aspetti relativi alla stabilità delle sponde si rimanda al § 5.4.

### **5.3 Aspetti strutturali e geotecnici**

#### **A. Caratterizzazione e modello geotecnico**

Sulla base del complesso delle indagini eseguite, i terreni di fondazione, costituiti da una formazione di argille scagliose inglobante arenarie e calcari grigi fortemente rimaneggiati e fratturati, e i materiali costituenti il corpo diga sono stati suddivisi, dal punto di vista tecnico (v. elab. ET04a) in quattro "unità litologiche":

- **sub-unità LA1:** corpo diga costituito da limi debolmente argillosi con clasti (MD1);
- **sub-unità AL:** corpo diga formato da argille debolmente limose con clasti (MD2);
- **sub-unità LA2:** corpo diga composto da limi argillosi con clasti (MD3);
- **sub-unità SUB:** substrato corpo diga caratterizzato dalla presenza di argillite con livello marnoso (SUBSTRATO).

Le sub-unità LA1, AL e LA2 risultano molto simili tra loro, almeno quanto a granulometria. Tale similitudine è confermata dal fatto che i parametri di resistenza adottati dai Progettisti sono anche molto simili tra loro, come risulta dalla tabella seguente, estratta dalla Relazione geotecnica. Detti parametri peraltro derivano, dalla semplice media aritmetica dei risultati dei singoli campioni sottoposti a prove di laboratorio.

Parametri geotecnici	Unità di misura	Sub-unità LA1	Sub-unità AL	Sub-unità LA2	Sub-unità SUB
Peso di volume	kg/m <sup>3</sup>	2045	1936	2109	2169
Peso di volume saturo	kg/m <sup>3</sup>	2045	1936	2109	2169
$\phi'$	°	21.6	24.2	23.4	23.6
$c'$	kPa	24.0	23.0	22.0	24.0
$\phi_u$	°	–	–	–	–
$c_u$	kPa	74.0	76.0	73.0	146.0

Stante quanto sopra si ritiene poco significativo differenziare in maniera così puntuale le diverse unità litotecniche elementari, favorendo la definizione di un modello geotecnico più schematico e basato su un approccio più ingegneristico.

Circa la significatività dei valori medi presi a riferimento per la caratterizzazione di dette unità, viste le tabelle che elencano, nella Relazione geotecnica di progetto, i risultati delle prove di laboratorio sui campioni prelevati dalle diverse unità, pur non ritenendosi invalidate le scelte progettuali conseguenti

(dati i margini di sicurezza conseguiti), si ritiene necessario, dal punto di vista geotecnico, procedere in sede di progettazione esecutiva alla revisione del citato modello geotecnico, non solo con l'omogeneizzazione dei materiali di simili caratteristiche, ma anche adottando, per i materiali stessi, valori caratteristici ponderati e sufficientemente cautelativi (tenendo conto della storia dello sbarramento e delle back-analysis dell'instabilità occorsa), non meramente desunti dai loro valori medi (stante anche l'elevata variabilità dei parametri di resistenza misurati in termini di coesione efficace e non drenata).

Analoghe considerazioni valgono per le sezioni geotecniche utilizzate nelle verifiche di stabilità.

Le seguenti figure illustrano la sezione di verifica denominata CR\_08, nella condizione attuale (Fig.1) e di progetto (Fig. 2). Allo stato di progetto i paramenti del rilevato conseguono pendenze molto più basse rispetto a quelle attuali.

Pur tenendo conto della diversa geometria delle due sezioni, non risulta motivata dal punto di vista geotecnico la diversa distribuzione dell'unità litotecnica LA1 (limo debolmente argilloso, rappresentata in marrone scuro).

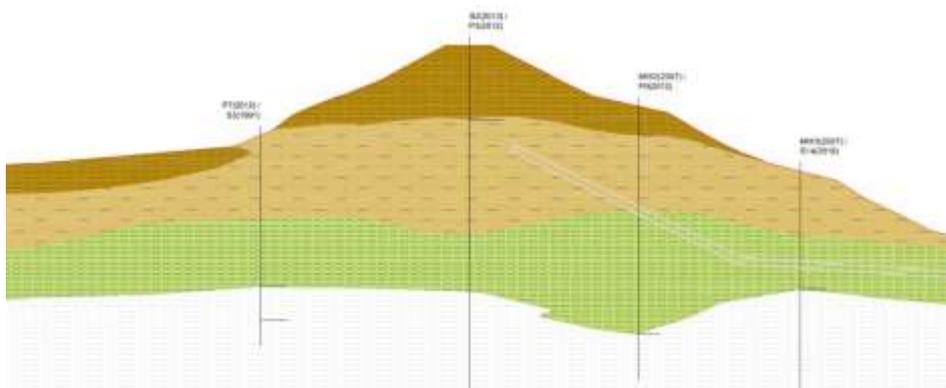


Figura 1 - Sezione CR\_08 allo stato di fatto

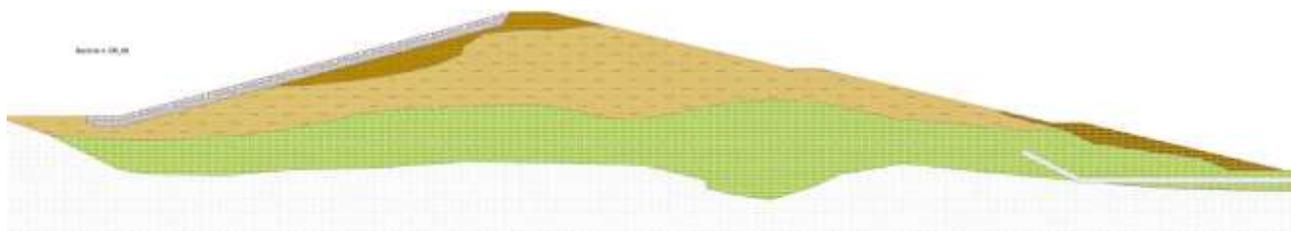


Figura 2 - Sezione CR\_08 allo stato di progetto

Mentre la stratigrafia dello stato di fatto prevede una ragionevole stratificazione sub-orizzontale, quella dello stato di progetto prevede una distribuzione dell'unità LA1 ingegneristicamente poco significativa, tenuto anche conto che la bonifica per sostituzione deve riguardare tutto il materiale coinvolto dall'instabilità del paramento di monte della diga.

Inoltre, dato l'eccessivo dettaglio della predetta ricostruzione dei materiali e stratigrafica, che in parte deriva da assunzioni su dati puntuali non estendibili alle sezioni tipo, si ritiene necessario che anche le verifiche di stabilità si basino sul richiesto "modello geotecnico", rappresentativo, in maniera schematica, sia delle condizioni stratigrafiche che della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni compresi nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa delle specifiche verifiche di sicurezza.

## B. Verifiche di stabilità del corpo diga

Per quanto riguarda lo studio del fenomeno di instabilità che ha interessato il paramento di monte della diga, si rimanda alle back analysis condotte nei primi anni '90, a seguito della manifestazione del fenomeno, raccolte nel documento "All\_L1\_STORICHE", che si allega a corredo del progetto (il documento fa parte

degli elaborati presentati in occasione del progetto definitivo versione 2018, ma trattandosi di indagini e analisi storiche può ritenersi comunque valido).

Le verifiche geotecniche di stabilità sono state condotte in accordo con il capitolo E.5.1 delle NTD effettuando le verifiche allo SLU con riferimento all'Approccio 1, Combinazione 2 delle NTC. Per i relativi coefficienti i progettisti fanno riferimento alle tabelle riportate nelle NTC 2008 (a tale riguardo si evidenzia che queste sono state aggiornate nelle NTC 2018, per i coefficienti da assegnare ai carichi permanenti non strutturali, ancorché non incidenti nel caso specifico; osservazione analoga vale per le tabelle applicabili per le verifiche agli stati limite ultimi idraulici).

Le verifiche di stabilità del corpo diga sono state eseguite nelle varie situazioni progettuali e combinazioni indicate nelle NTD. Nello specifico, i progettisti hanno condotto le verifiche statiche del corpo diga in termini di tensioni efficaci e totali, con risultati superiori ai limiti normativi ( $\gamma_R > 1,2$ ). Le verifiche in condizioni sismiche sono state eseguite solamente in termini di tensioni totali e sono state condotte con riferimento al metodo di Newmark (tabelle 8.1-8.4 dell'elaborato *ET.08 Relazione verifiche stabilità*).

E' stata inoltre effettuata un'analisi dinamica FEM con il codice Code/Aster utilizzato per valutare la stabilità della diga in condizioni sismiche e i relativi spostamenti nonché per valutare la stabilità in condizioni post-sisma.

I risultati sono accettabili in termini di raggiungimento degli obiettivi di stabilizzazione della diga; risulta tuttavia necessaria, anche per chiarezza espositiva ed esecutiva, una riorganizzazione delle relazioni nell'ambito di un approccio metodologico che esponga i risultati delle verifiche in condizioni statiche e in presenza di azioni sismiche (partendo dalle preliminari analisi semplificate) in cui siano chiaramente indicate anche le ipotesi sottese alla scelta delle superfici di scorrimento prese in considerazione, le accelerazioni/accelerogrammi assunti tenendo conto della analisi della risposta sismica locale, i modelli di calcolo e le tecniche di modellazione utilizzate, la congruenza tra verifiche di stabilità e analisi di filtrazione, le modalità di considerazione della degradazione ciclica dei materiali e i fattori di sicurezza ricavati.

Si rileva inoltre che le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte esclusivamente in termini di tensioni totali, adottando per i materiali valori medi di coesione non drenata. Al riguardo, tenuto conto che per l'analisi in termini di tensioni totali il valore della resistenza non drenata  $c_u$  dovrebbe essere opportunamente ridotto rispetto al caso statico per tener conto della degradazione conseguente al carattere ciclico delle sollecitazioni sismiche, si ritiene che il valore adottato dai progettisti (unico e corrispondente al valore medio per ciascuna unità litotecnica, pari a circa 75 kPa) debba essere oggetto di ulteriori valutazioni.

### **C. Verifiche nei confronti degli stati limite idraulici**

La verifica del rilevato diga nei confronti degli stati limiti idraulici è stata preceduta da un'analisi di filtrazione in regime dichiarato "di moto vario", con il codice di calcolo "VS2DI" che studia il processo in mezzi porosi insaturi. La verifica è stata tuttavia estesa per un tempo indefinito per cui il modello, di fatto, ha riprodotto un processo di filtrazione in regime permanente. Da tale analisi risultano largamente soddisfatti i limiti normativi di cui alle NTC.

In proposito si prende atto dei predetti risultati soddisfacenti, risultando tuttavia necessarie l'esplicitazione dei relativi calcoli e delle condizioni al contorno (compreso le superfici - linee drenanti presenti nel corpo diga).

Per quanto riguarda la parte di canale fugatore arginato, il progettista esegue anche in questo caso una verifica di filtrazione in regime di moto vario, non studiando il fenomeno per un tempo indefinito, ma ipotizzando l'ingresso nel serbatoio di un idrogramma di piena con tempo di ritorno pari a  $T_R=3000$  anni, schematizzato con un diagramma rettangolare esteso per un tempo di 5,5 ore. Con questa assunzione il progettista individua una linea di filtrazione durante il predetto transitorio che non va ad interessare il piede di valle del rilevato; inoltre, con riferimento alle NTC 2008, esegue la verifica al sifonamento, valutando il rapporto con il gradiente idraulico con quello critico; verifiche risultate soddisfatte.

Al riguardo si evidenzia che ha poco significato eseguire una verifica alla filtrazione in regime variabile, assumendo per i materiali parametri fisici estremamente aleatori o empirici (risalita capillare, grado di umidità residuo, ecc.). Si ritiene pertanto molto più ragionevole e cautelativo eseguire una verifica di filtrazione dei rilevati arginali in regime permanente, ipotizzando un flusso continuo nel canale di scarico e la presenza di terreni saturi.

#### **D. Aspetti strutturali**

Per quanto riguarda le altre opere (canali, impalcati, scapolari, manufatto valvole) si evidenzia che le relazioni progettuali presentate sono costituiti essenzialmente dai tabulati di calcolo e riepilogo prodotti dal software, con l'inserimento, nelle relazioni di calcolo o nella relazione di ottemperanza, di esplicite dichiarazioni che confermerebbero la validità delle scelte fatte, dei risultati conseguiti e l'esito positivo delle verifiche di sicurezza, senza comprovarne la correttezza.

Al riguardo, nel prendere atto dei risultati conseguiti, si ritiene che le relazioni di calcolo, secondo le NTC, debbano rispondere a precisi requisiti al fine di facilitare la verifica dei calcoli e di garantirne la riproducibilità; si riportano a tale riguardo alcuni estratti significativi delle NTC: *particolare cura andrà posta nello sviluppare le relazioni di calcolo, con riferimento alle analisi svolte con l'ausilio del calcolo automatico, sia ai fini di facilitare l'interpretazione e la verifica dei calcoli, sia ai fini di consentire elaborazioni indipendenti da parte di soggetti diversi dal redattore del documento. La quantità di informazioni che usualmente accompagna l'utilizzo di procedure di calcolo automatico richiede un'attenzione particolare alle modalità di presentazione dei risultati, in modo che questi riassumano, in una sintesi completa ed efficace, il comportamento della struttura per quel particolare tipo di analisi sviluppata.*

Ai sensi e per gli effetti dell'art.1, co.7bis, del D.L. 507/1994 conv. L.584/1994 il Progetto esecutivo deve pertanto essere integrato con relazioni revisionate in tal senso ed elaborati grafici comprensivi dei dettagli esecutivi.

#### **E. Modalità esecutive**

Devono essere definite in dettaglio, con il progetto esecutivo e in particolare nel CSA e con verifiche geotecniche, le modalità di esecuzione della bonifica del paramento di monte della diga e della realizzazione e compattazione dei nuovi rinfianchi, nonché le modalità e la stabilità a breve termine di tutti i fronti di scavo.

Per quanto riguarda la protezione del paramento di monte della diga, occorre in sede esecutiva una migliore definizione delle caratteristiche dimensionali e geometriche degli elementi costituenti lo strato esterno della "scogliera", delle modalità della posa in opera e dei materiali di intasamento degli elementi.

Devono essere altresì meglio indicate le caratteristiche granulometriche, geometriche e di messa in opera del c.d. "strato di transizione sabbio-ghiaiosa". Per mantenersi inalterato nel tempo, lo "strato di transizione" sul quale verrà allocata la scogliera di protezione deve essere realizzato posando diversi strati di materiale con granulometria opportunamente decrescente, passando dallo strato esterno che costituisce la scogliera allo strato più interno costituente il paramento di monte della diga. È importante assicurare che la distribuzione granulometrica dello strato di transizione sia idonea ad impedire che il materiale venga asportato dalle variazioni di pressione che possono verificarsi durante le oscillazioni del livello di invaso ed in particolare durante lo svasso rapido.

Deve essere infine definito in fase esecutiva un piano di gestione delle piene nel corso dei lavori, rivolto alla sicurezza delle diga nelle sue configurazioni transitorie oltre che alla sicurezza del cantiere.

#### 5.4 Stabilità delle sponde

Per quanto riguarda la stabilità delle sponde dell'invaso, preliminarmente si rappresenta che trattasi di aspetto non condizionante nel caso specifico la sicurezza dell'impianto di ritenuta, ma avente influenza su aspetti di funzionalità dell'invaso e di gestione dell'interrimento, trattandosi di sponde localmente interessate da fenomeni corticali.

Trattasi comunque di aspetti oggetto di attenzione già dall'originario collaudo dell'opera, tanto che già nella "Relazione, verbale di visita e certificato di collaudo" della diga (1974), viene riportato che il Servizio Dighe, in fase progettuale, aveva richiesto di esaminare in modo approfondito *"la stabilità delle pendici in sinistra ove erano presenti manifestazioni sorgentizie e franose"*.

In sponda sinistra è stata individuata, all'attualità, la presenza di tre movimenti franosi superficiali, due dei quali sono stati classificati come "quiescenti" ed uno come "attivo". Trattasi di un movimento di tipo roto-traslattivo per uno spessore medio di circa 2-3 m e un volume di circa 20.000 m<sup>3</sup> che ha coinvolto, riattivatosi nel 2007-2009, la viabilità interna circumlacuale, motivo per cui è stato effettuato un intervento di riprofilatura e contenimento mediante fascinate, completato nel 2014.



Il Progettista ha individuato i seguenti interventi (classificabili come bonifica per asportazione) volti a migliorare la stabilità della sponda:

- asportazione del materiale residuo stabilizzato del corpo di frana, per rimuovere tutta la porzione di terreno le cui caratteristiche meccaniche sono degradate;
- realizzazione di ammorsamenti a gradoni, propedeutici alla successiva stesa del terreno di riporto;
- riprofilatura della sponda mediante scavo e riporto di materiale idoneo, con riduzione e regolarizzazione della pendenza del versante.

Il materiale per la realizzazione della riprofilatura viene reperito dall'abbassamento del piano di coronamento della diga. Il riporto, opportunamente costipato e ammorsato, è stato ipotizzato che raggiunga le stesse caratteristiche rilevate per il terreno della sub-unità AL del corpo diga; motivo per cui nelle verifiche di stabilità per i parametri geotecnici del terreno di riprofilatura sono stati adottati parametri pari a quelli della sub-unità AL.

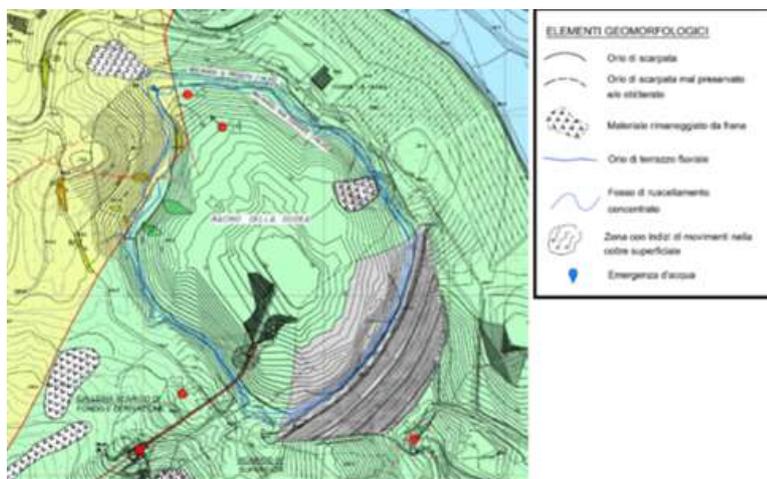
Al fine di scongiurare fenomeni di erosione legati alle acque meteoriche, provenienti anche dalla strada presente sulla sommità della sponda, è stata prevista una sistemazione idraulica mediante regimazione delle acque. Tale sistemazione prevede la messa in opera di tre ordini di canalette che convogliano le acque meteoriche verso il canale di impluvio realizzato in massi. La sponda così sistemata sarà rifinita mediante inerbimento.

Nelle fasi interlocutorie di esame dell'attuale progetto di adeguamento dello sbarramento, è stato chiesto di integrare il progetto con apposita cartografia geomorfologica. A seguito di dette osservazioni, il Progettista ha provveduto ad eseguire un rilievo geomorfologico di dettaglio sull'area, confrontandolo con la cartografia geomorfologica presentata in allegato alle precedenti versioni del progetto. Il rilievo è stato effettuato nel Settembre 2020 ed il risultato è stato riportato in una carta geomorfologica a scala 1:1000 (elaborato *GEO.03*).

Sulla base di tale rilievo e delle risultanze delle indagini geofisiche e geotecniche condotte sulla sponda sinistra il Progettista ha ricostruito il profilo di 3 sezioni significative della sponda, sulle quali sono state condotte le verifiche di stabilità secondo le NTC 2018.

Il profilo del versante è stato suddiviso in 3 unità principali con andamento parallelo alla superficie, costituite, dall'alto, dallo strato corticale giudicato instabile (circa 3 m di spessore massimo, ricavabile dalla sezione VS03), dalla fascia di alterazione del substrato (mediamente circa 6 m di spessore, risultante dalle indagini condotte su tutto il bacino di invaso, fino a 15 m in sponda sinistra in corrispondenza della sezione VS03) e dal substrato. Dal punto di vista delle condizioni idrauliche della sponda sinistra, la carta idrogeologica indica su questa sponda, come per tutto il resto dell'invaso, la presenza di un substrato caratterizzato da "permeabilità mista prevalentemente secondaria da bassa a molto bassa" (*GEO.07*), con valori di permeabilità dell'ordine di  $1E-8$  m/s.

Riguardo la situazione del versante settentrionale in coda dell'invaso, non si fa alcun riferimento alla presenza o meno di un localizzato movimento franoso indicato nelle cartografie allegate alle precedenti versioni del progetto. Si rileva che, comunque, il piede del fenomeno, che nelle precedenti cartografie risulterebbe presente nella citata area settentrionale dell'invaso, si troverebbe a quota 149,65 m s.m., quindi ben al di sopra della quota di massimo invaso del progetto attuale, in posizione non interferente con l'invaso.



Per quel che concerne infine il percorso dello sfioratore di progetto, il Progettista ha indicato espressamente che non sono stati riconosciuti movimenti franosi.

Al riguardo si osserva quanto segue:

La "carta geomorfologica" presentata (*GEO03*) riporta unicamente la posizione di alcuni corpi di frana individuati sulla sponda sinistra a seguito del rilevamento sul terreno e della analisi delle foto aeree (rif. *ET04a*). Ai fini di completezza documentale è opportuno che sia integrata in fase esecutiva, anche ai fini del controllo in esercizio dell'invaso, con indicazioni relative alla tipologia dei fenomeni franosi, alla ubicazione, per i fenomeni censiti, delle corone di frana e di eventuali zone di richiamo, e dei fenomeni di erosione diffusa ed incanalata, questi ultimi comunque segnalati come presenti ed attivi sulla sponda destra nella relazione geologico-geomorfologica di accompagnamento.

Relativamente alla stabilizzazione della frana superficiale in sponda sinistra si ritengono gli interventi in progetto, pur ammissibili in linea di principio, non motivati nel caso specifico con un approccio ingegneristico al problema.

Le verifiche di stabilità di progetto non partono da un'analisi a ritroso del fenomeno osservato e non consentono di valutare come incida il campo di pressioni interstiziali nel pendio sulla sua stabilità ante e post operam e come gli interventi di stabilizzazione contribuiscano al miglioramento del coefficiente di sicurezza del pendio.

Le superfici critiche, con coefficiente di sicurezza minimo, individuate per lo stato attuale, non sono state oggetto di verifica nelle condizioni di progetto, per il quale le superfici di verifica sono differenti. Non è quindi possibile valutare l'efficacia dell'intervento proposto.

Per lo stato attuale in condizioni statiche, è stata presentata per ogni sezione esaminata, la sola superficie avente  $F_s$  minimo  $\ll 1$ : tale superficie coinvolgerebbe un limitato spessore di terreno nella porzione superiore del versante sottostante la strada di accesso e non risulta estendibile all'intera area oggetto dell'intervento. Non risultano riportate, negli elaborati delle verifiche, tutte le altre possibili superfici di scorrimento che, coinvolgendo volumi e superfici superiori a quella indicata, giustificherebbero l'intervento di stabilizzazione proposto, altrimenti non motivato rispetto al volume instabile così individuato.

Le verifiche effettuate nelle condizioni sismiche, che evidenziano  $F_s \gg 1$  post operam, presentano superfici non verosimili in quanto molto profonde, con sviluppo circolare e con coinvolgimento di ampi volumi del substrato. Si ritiene invece che dovrebbe essere favorita l'analisi delle porzioni più superficiali del terreno, con lo studio delle superfici critiche che potrebbero svilupparsi prevalentemente all'interno della fascia corticale o di alterazione del substrato, secondo superfici di scorrimento preesistenti e di neo-formazione ma ad andamento planare e tenendo conto del campo di pressioni interstiziali nelle diverse condizioni di invaso e svaso.

La gradonatura proposta per l'ammorsamento del materiale di riporto sul versante nello stato di progetto prevede scavi, da effettuare nella porzione superiore del versante, dell'ordine dei 6-7 m (sez. VS02-Elaborato EG52), che richiederebbero l'esecuzione di specifiche verifiche di stabilità localizzate al singolo gradone, non rinvenute nel progetto, oltre a rischi di destabilizzazione ulteriore del pendio.

Il materiale che dovrebbe essere riportato sui gradoni previsti per la riprofilatura del versante è stato caratterizzato, nelle verifiche di stabilità, con i parametri geotecnici del terreno "AL" (argille-limi) costituente la porzione centrale dell'attuale corpo diga, in ragione della prevista esecuzione di una "opportuna costipazione" che renderebbe "presumibile che il terreno possa raggiungere le stesse caratteristiche rilevate per il terreno della sub-unità AL". Si ritiene che tale caratterizzazione non risulti assicurata a meno di specifiche operazioni di compattazione del terreno posto in opera di dubbia realizzabilità e/o convenienza tecnica-economica.

In linea generale, in considerazione dello stato dei luoghi, stante le carenze sopra esposte circa le verifiche di stabilità eseguite, si ritiene che l'intervento proposto per la stabilizzazione della sponda sinistra (invasivo ed oneroso) non sia sufficientemente ed ingegneristicamente motivato.

## **5.5 Monitoraggio**

Con riferimento al monitoraggio e alla sorveglianza dello sbarramento, gli elaborati dedicati alla descrizione del sistema di monitoraggio ed alla individuazione della postazione della casa di guardia o di un locale di presidio sono la *Relazione Monitoraggio ET27* e la *planimetria del sistema di monitoraggio EG49*.

In sintesi, il Progettista propone una rete di monitoraggio per il controllo del comportamento della diga e della sponda sinistra costituita da caposaldi di controllo topografico (n. 24 ubicati fra coronamento e paramento di valle), piezometri (6 del tipo Casagrande e 6 a tubo aperto, posizionati in fori accoppiati, avendo motivato l'adozione delle due diverse tipologie per migliorare l'accuratezza della misura e garantire la ridondanza della strumentazione), inclinometri (in sponda sinistra), sistemi di rilevamento del livello di invaso, delle perdite (vasca di raccolta munita di stramazzo per il rilievo anche della relativa torbidità) e delle condizioni meteorologiche. Per quanto riguarda la casa di guardia o locale di presidio, lo stesso è stato individuato presso un edificio già presente all'ingresso dell'area recintata ove sono collocate la diga e l'impianto di potabilizzazione.

Si rileva che la *planimetria del sistema di monitoraggio* riportata nell'elaborato *EG49* deve essere resa congruente con la relazione tecnica descrittiva del sistema di monitoraggio riportata in *ET27 Relazione Monitoraggio*. In particolare, risultano difformità relative alla tipologia di strumentazione prevista in progetto da installare sulla sponda sinistra (nella relazione si indicano n.6 punti di controllo topografico, mentre nella planimetria sono indicati n.6 inclinometri) ed incongruenza nella descrizione delle basi dei punti di controllo topografici (nella planimetria sono indicati blocchetti in cls 40x40x40 cm, mentre nella relazione sono indicate basi su micropali).

Di seguito si formulano alcune osservazioni specifiche sulla strumentazione, precisandosi che la frequenza delle misure sarà definita e stabilita in sede di revisione del FCEM:

Piezometri: nel rappresentare che la scelta della tipologia della strumentazione piezometrica deve essere effettuata in funzione della permeabilità dei terreni, si ritiene che debbano essere installati esclusivamente piezometri di tipo Casagrande (in luogo dei piezometri a tubo aperto) per il monitoraggio in più punti indipendenti del terreno di fondazione e del rilevato arginale. Nei piezometri Casagrande il monitoraggio della superficie piezometrica dovrà essere possibile anche manualmente con sonda.

Caposaldi per il controllo topografico: la distribuzione può considerarsi idonea in linea generale. Non se ne condivide tuttavia il posizionamento ai bordi del coronamento, in quanto gli stessi sono generalmente esposti a movimenti superficiali non rilevanti ai fini del monitoraggio dello sbarramento. Si ritiene che la materializzazione dei punti di misura debba essere meglio definita in sede esecutiva in modo da garantirne la stabilità e la solidarizzazione al rilevato o terreno. Si rileva inoltre che la planimetria non riporta la disposizione in sponda sinistra dei punti di controllo topografico del versante, nonostante gli stessi siano stati indicati nella relazione in un apposito paragrafo dedicato alla sponda.

Inclinometri in sponda sinistra: la planimetria *EG49* (non la relazione tecnica, come già osservato) prevede l'installazione, in sponda sinistra, di n.6 inclinometri per il controllo dei movimenti del versante, senza indicazioni sulla loro profondità. Gli inclinometri sono stati posizionati in modo tale da tenere sotto controllo le sezioni del versante ove ha attualmente sede il fenomeno di instabilità che, secondo il progetto, sarà oggetto di stabilizzazione mediante rimozione con successiva risagomatura del versante. In proposito si ritiene che, indipendentemente dall'intervento (per il quale si rimanda alle precedenti osservazioni), il numero di inclinometri può essere ridotto sostituendo alcune verticali di misura con alcune ulteriori misure topografiche di superficie.

Asta idrometrica: Dalla tavola *EG49* risulta la presenza di un'asta idrometrica inclinata sul paramento di monte della diga. La legenda riporta anche la presenza di un "idrometro a pressione", del quale non è stata rinvenuta la presenza nella planimetria. La *Relazione Monitoraggio ET27* non indica l'asta idrometrica e l'idrometro a pressione, ma segnala la presenza di un idrometro a ultrasuoni senza indicarne la postazione.

Locale di guardia o presidio: Per quanto riguarda la disponibilità di un idoneo "locale di presidio", nella *Relazione ET01A* è indicato che "per quanto riguarda la guardiania dell'impianto i locali adibiti si trovano presso il vicino impianto di potabilizzazione. In tal senso si rimanda alla tavola *EG.49 Planimetria e particolare sistema di monitoraggio*". Dalla tavola *EG49* risulta che il locale di presidio, diverso dall'originaria casa di guardia, è ubicato in corrispondenza di un edificio di civile abitazione, abbandonato da anni, che si trova a pochi metri dall'adiacente impianto di potabilizzazione. Il progetto non prevede alcun intervento di ripristino del citato edificio, che pure risulta necessario anche qualora la guardiania fosse non residenziale, né riporta alcun elaborato, sulla consistenza del locale da adibirsi a casa di guardia a servizio della diga. Il progetto deve pertanto essere integrato con la definizione degli interventi necessari a rendere utilizzabile una idonea casa di guardia.

## 6. CONCLUSIONI

Alla luce delle considerazioni precedenti si ritiene che il Progetto definitivo "*Interventi di adeguamento della diga di Giudea a Gello*" (datato 9.10.2020) abbia adeguatamente individuato gli interventi da eseguirsi per l'incremento delle condizioni di sicurezza della diga sia dal punto di vista della stabilità che idraulico.

Detti interventi, ad eccezione di quelli di stabilizzazione della frana corticale in sponda sinistra che il progettista dovrà rivalutare, conducono ad un adeguamento delle condizioni di sicurezza della diga (configurazione del corpo diga e dello scarico di superficie, restando escluso dall'adeguamento l'assetto lo scarico di fondo) sulla base delle scelte poste a base della progettazione<sup>5</sup>.

Il progetto necessita tuttavia di approfondimenti ed integrazioni (documentali, di rielaborazione e coordinamento delle relazioni e degli elaborati), acquisibili, per celerità, direttamente in fase di progettazione esecutiva (escludendosi il ricorso all'appalto c.d. integrato).

Nello specifico aspetto dei singoli elaborati a corredo della progettazione presentata è stato infatti rilevato il permanere di una serie di carenze a livello in particolare di coordinamento ed organizzazione degli elaborati, già ravvisate nel corso della stesura delle precedenti revisioni progettuali, cui non è stata data ancora completa o esauriente risposta da parte del Proponente nonostante le iterazioni istruttorie.

Inoltre con questa configurazione di progetto e con le movimentazioni di terra previste per la realizzazione degli interventi, il volume complessivo di scavo, che il Progettista intende conferire a recupero/smaltimento, è di circa 185.000 m<sup>3</sup>, con costi che allo stato supererebbero la metà dell'importo dei lavori ancorché suscettibili di revisione in fase esecutiva in caso di possibilità di riutilizzo delle terre. Anche su tale aspetto – pur non riguardante la sicurezza dello sbarramento - risultano quindi necessarie ulteriori valutazioni per possibili utilizzazioni del materiale stesso secondo le procedure del D. Lgs. 50/2016 e del D. Lgs 152/2006.

Nel ritenere le richiamate carenze non pregiudiziali ai fini della compiuta definizione delle scelte progettuali relative all'impianto di ritenuta – anche in relazione al carattere conservativo di alcune di esse - si ritiene comunque opportuno promuovere la richiesta di parere del Consiglio Superiore dei LL.PP., ai sensi dell'art.5 del DPR n.1363/1959, stante l'urgenza di portare a conclusione nei tempi tecnici strettamente necessari l'iter progettuale, anche in considerazione del fatto che gli interventi risultano già beneficiari di finanziamenti per la realizzazione.

Roma, 27.01.2021

Visto:

Il Dirigente Div.4  
*Ing. Vincenzo Chieppa*

Il funzionario istruttore  
*Ing. Sara Pascucci*



---

<sup>5</sup> Si evidenzia in proposito che il progetto preliminare prevedeva il riutilizzo delle terre da scavo provenienti dalla riduzione di altezza dello sbarramento per la realizzazione di argini e di una cassa di espansione in area non distante dalla diga (loc. Laghi Primavera nel comune di Pistoia). Successivamente la realizzazione della cassa di espansione è stata oggetto di stralcio su richiesta del Proponente per motivazioni connesse alla complessità dei procedimenti ambientali e di quelli relativi agli espropri.

## Appendice 1

### Descrizione della diga nella sua configurazione attuale

#### Dati principali della diga nella sua configurazione attuale:

Altezza della diga ai sensi del D.M. 24/03/82	31,90
Altezza della diga ai sensi del L.584/1994 [m]	31,90
Altezza massima ritenuta [m]	23,26
Quota del coronamento [m s.m.]	150,06
Larghezza del coronamento [m]	6,00
Franco ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/82 [m]	1,80
Franco netto ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/82 [m]	1,80
Sviluppo del coronamento [m]	293,50
Volume della diga [m <sup>3</sup> ]	260.000
Quota massimo invaso [m s.l.m.]	148,26
Quota massima regolazione [m s.l.m.]	147,76
Quota massima di regolazione limitata <sup>6</sup>	134,50
Quota minima regolazione [m s.l.m.] (quota opera di presa)	134,00
Quota minima al piede diga lato monte [m s.m.]	125,00
Quota minima al piede diga lato valle [m s.m.]	118,20
Volume di invaso [m <sup>3</sup> ]	
- da atti di collaudo	850.000
- rivalutato dal Gestore	754.600
Volume di invaso realizzato dalla tura	65.000
Volume morto [m <sup>3</sup> ]	44.000,00
Superficie bacino imbrifero direttamente sotteso [km <sup>2</sup> ]	0,15
Superficie bacino imbrifero allacciato tramite derivazione dal T.Vincio [km <sup>2</sup> ]	13,00
Portata di massima piena di progetto [m <sup>3</sup> /s] <sup>7</sup> T <sub>R</sub> = 1000 anni	6,8 (6,0+0,8)
Portata massima derivazione dal T. Vincio [m <sup>3</sup> /s]	0,8
Superficie dello specchio liquido alla quota di :	
· massimo invaso [m <sup>2</sup> ]	77.300,00
· massima regolazione [m <sup>2</sup> ]	73.400,00
· minima regolazione [m <sup>2</sup> ]	16.985,00
Pendenze paramento di monte	2/1, 2.5/1, 3.2/1, 5/1
Pendenza paramento di valle	2/1
Scarico di superficie	Soglia grossa rettilinea in sponda destra
- Quota di soglia [m s.m.]	147,76
- Sviluppo della soglia sfiorante [m]	10,80

<sup>6</sup> Livello massimo raggiungibile nel serbatoio nel periodo 01/05-31/10, dal 01/11 al 30/04 svaso totale del serbatoio con apertura dello scarico di fondo

<sup>7</sup> La portata di massima piena della diga esistente risulta dalla somma della portata indicata dal Servizio Idrografico di Pisa in sede di progettazione dell'opera originaria più la massima portata affluente dal T. Vincio attraverso l'organo di manovra (nota prot.n. 2320 in data 21/12/1963 del Servizio Idrografico di Pisa)

- Portata esitata [m <sup>3</sup> /s]	6,80
- Tirante sulla soglia in corrispondenza della portata esitata [m] T <sub>R</sub> 1000 anni	0,50
Scarico di fondo	Tubazione in acciaio Ø450
- Quota dell'imbocco [m s.m.]	126,26
- Portata esitata [m <sup>3</sup> /s]	1,23
Utilizzazione	idropotabile
Concessionario	Comune di Pistoia
Gestore	Publiacqua S.p.A.

Il Serbatoio di Giudea a Gello è stato realizzato ad uso acquedottistico municipale.

L'invaso ricade in una formazione di argille scagliose inglobante arenarie e calcari grigi fortemente rimaneggiati e fratturati. La deformabilità dei terreni presenti nella sezione di sbarramento, insieme alla disponibilità di materiali semi-permeabili nelle immediate adiacenze, orientarono il Progettista Ing. V. Uzzani verso una diga in materiali sciolti di tipo omogeneo. L'opera fu costruita tra Maggio 1965 e Novembre 1970.

Il bacino imbrifero sotteso e ridottissimo e il serbatoio, di fatto "fuori alveo", è alimentato da una adduzione tarata proveniente dal Torrente Vincio di Brandeglio, che può far affluire nel serbatoio una portata massima non superiore a 0,80 m<sup>3</sup>/s. Il bacino imbrifero proprio sotteso alla diga, costituito dal Rio Fontanacci, risulta di minima estensione (circa 0.15 km<sup>2</sup>).

La diga fu progettata come diga in terra omogenea a bassa permeabilità, con iniziale previsione di un elemento di protezione sul paramento di monte del rilevato costituito da lastre in materiale bituminoso. Detto elemento di protezione, tuttavia, non venne mai realizzato e venne sostituito in fase di costruzione da una scogliera.

Il corpo dello sbarramento, di altezza pari a 31,90 m, venne interamente realizzato con argille scagliose compatte e fu protetto sul paramento di monte con il citato manto di scogliera e al piede di valle con un tappeto filtrante che risale inclinato nel corpo diga. Il coronamento, largo 6,00 m e lungo 293,50 m, è posto alla quota 150,06 m s.m., con massima regolazione a 147,76 m s.m.. Il franco netto di progetto è pari a 1,80 m. Essendo l'invaso di fatto "fuori alveo", lo scarico di superficie era dimensionato per portate relativamente modeste. Costituito da una soglia sfiorante in sponda destra dello sviluppo di 10,80 m, con un sovrizzo di 0,50 m era in grado di evacuare una portata di 6,80 m<sup>3</sup>/s. Il canale di scarico, poi non realizzato, era previsto ricavato in un'incisione del versante sinistro dell'adiacente valle del Rio Tazzera. Lo scarico di fondo e la derivazione sono costituiti da due tubazioni di acciaio affiancate, rispettivamente del diametro Ø 450 e Ø 400, che sottopassano l'imposta della diga all'interno di un apposito incasso in calcestruzzo.

L'impianto, collaudato alla fine del 1973, ha funzionato regolarmente fino al 1990, anno in cui si verificarono importanti dissesti, in particolare sul rinfianco di monte della diga, per i quali fu ordinato lo svaso del serbatoio.

Il dissesto del corpo diga, manifestatosi con come scivolamento rotazionale - in fase di svaso - per uno spessore di alcuni metri, ha riguardato il paramento di monte, con formazione di più nicchie, con un generale abbassamento del profilo dal ciglio di monte del coronamento fino a 137 m s.m. circa (quindi per i 13 m di sommità), e con un rigonfiamento alle quote inferiori. Movimenti sul paramento sono progrediti anche in seguito.

Nella configurazione attuale, a seguito del fenomeno di instabilità, è stata realizzata un banchinamento al piede del rilevato all'interno del bacino, con sommità posta ad una quota pari a circa 138 m s.m., ottenuta per rimodellamento del materiale accumulatosi al piede del movimento franoso. Mediante la detta tura è

stato possibile esercire un limitato uso provvisorio del bacino a fini idropotabili con un volume di invaso pari a circa 65.000 m<sup>3</sup>, sino alla quota massima di 134.5 m s.m..

Tale intervento fu realizzato nel 1993 a seguito dell'aggravarsi del fenomeno di dissesto del corpo del rilevato, al fine di stabilizzare il piede di frana e consentire il suddetto limitato utilizzo della capacità di stoccaggio del serbatoio, che venne assentita successivamente con nota del Servizio Nazionale Dighe prot. n. 1837, in data 23/03/2000.

Dal punto di vista della gestione e dell'esercizio, l'invaso resta tuttavia assoggettato ad un provvedimento di svasso permanente emanato dal Servizio Dighe con nota prot.n. 881 del 01/12/1990, poi parzialmente rimodulato consentendo, sotto determinate condizioni, un utilizzo stagionale dell' *"invaso provvisorio"* sopra descritto.

## Appendice 2

### Iter realizzativo e progettuale

In base alla documentazione agli atti, la diga fu progettata dall'ing. Vittorio Uzzani, con progetto datato 26/6/1963, approvato dalla IV Sezione del Consiglio Superiore dei LL.PP. con voto n.437 in data 17/03/1966, e fu costruita negli anni 1968-1970 dall'Impresa Costruzioni Idrauliche Stradali SNC di Firenze. A seguito della ultimazione dei lavori, avvenuta in data 13/11/1970, e dei primi invasi, in data 15/10/1973 fu eseguito il collaudo "ai sensi del Regolamento dighe" con emissione del relativo certificato.

La L. 1684/1962, vigente all'epoca della progettazione, non prevedeva alcuna classificazione di sismicità sul territorio della diga. I successivi aggiornamenti, emessi a mezzo dei decreti ministeriali degli anni '80 ai sensi della normativa sismica, classificarono invece la zona suddetta come zona sismica di II categoria, avente grado di sismicità  $S=9$ . Attualmente il comune di Pistoia permane classificato in zona 2.

L'impianto di ritenuta ha funzionato fino al 1990, anno in cui si verificarono sul rinfianco di monte della diga un importante dissesto, a causa del quale fu ordinato il vuotamento del lago e la messa fuori esercizio della diga stessa. Il fenomeno aveva coinvolto gran parte del paramento di monte della diga. Altri dissesti minori si sono successivamente verificati anche in sponda sinistra.

Dagli atti di collaudo datati 1973, con riferimento allo svolgimento dei lavori si evince quanto segue:

- i lavori hanno avuto inizio nel maggio 1968; con nota prot. n. 9375 del 10/11/1970 l'Ufficio del Genio Civile di Pistoia comunicava che l'Ente concessionario, tenuto conto che i lavori di costruzione dello sbarramento erano stati ultimati, chiedeva di invasare il serbatoio per un'altezza di circa 8 m, corrispondente alla quota di 134,26 m sul livello del mare. Il Servizio Dighe, considerate le favorevoli risultanze del sopralluogo effettuato dall'Ufficio del Genio Civile in data 28/11/1971 ed il buon comportamento dell'opera, rilasciava il proprio nulla-osta al raggiungimento della quota di invaso di 146,76 m sul livello del mare, pari ad 1,00 m al di sotto di quella del ciglio sfiorante dello scarico di superficie.
- *"...durante il gennaio 1972 a seguito di piogge intense si verificò un modesto smottamento della pendice a monte dell'invaso ed al di sopra del pelo liquido". Inoltre, "nel gennaio 1973 si verificò un modesto smottamento nella parte superiore del paramento di valle lato sinistro, in concomitanza di intense piogge e dell'imbibimento superficiale del paramento medesimo"; al fine di appurare con certezza la provenienza delle infiltrazioni, furono eseguite alla base dello smottamento delle trincee e fu possibile accertare una leggera filtrazione di acqua nel terreno in posto ed a quota superiore a quella del livello di invaso, da attribuirsi ad una falda acquifera in spalla sinistra; in conseguenza di ciò fu ritenuto opportuno prolungare drenaggi esistenti fino alla detta infiltrazione.*
- La Commissione di collaudo, durante la visita effettuata il 22 settembre 1973, durante l'esame di dettaglio del rilevato, ebbe inoltre a constatare che *"presso l'imposta sinistra è [...] è avvenuto uno scoscendimento superficiale sul paramento di valle che ha interessato anche il ciglio del coronamento per una larghezza di circa 1 m e per uno sviluppo di circa 30 m. Allo scopo di risanare la zona interessata [...] è stata effettuata una accurata risarcitura con imbottimento di pietrame e con ricopertura terrosa. Inoltre è stato provveduto a ricostruire la pavimentazione bituminosa del coronamento"*.

Dette annotazioni evidenziano la sussistenza di problemi di stabilità del corpo diga, seppur corticali e limitati ai paramenti, fin dai primi invasi.

Dopo circa 20 anni di esercizio, nell'estate del 1990, durante uno svuotamento, come risulta da una relazione tecnica datata 5/12/1990 facente parte di uno dei primi progetti di massima presentati per il consolidamento della diga<sup>8</sup>, il fianco di monte, a partire dal bordo interno del coronamento alla quota di 150,06 m s.l.m., ha manifestato dei cedimenti che si sono accentuati progressivamente al proseguire dello

---

<sup>8</sup> "Progetto di massima per il consolidamento della diga sul fosso Giudea a Gello in Comune di Pistoia" datato 05/12/1990 a firma di: dott. Albizo Berti, prof. Pietro Colombo, ing. Francesco Uzzani, ing. Vittorio Uzzani.

svuotamento del serbatoio con la formazione di alcune lesioni longitudinali lungo l'asse del coronamento, sul manto bituminoso.

In base a quanto riportato nella suddetta relazione, il movimento gravitativo aveva interessato tutto il paramento di monte della diga per una lunghezza di circa 260 m a fronte di una lunghezza totale del coronamento di 296 m. Si era creata quindi una nicchia a partire dall'alto, mentre al piede del paramento interno, in prossimità della quota di minimo invaso (utile), si era manifestato un ampio rigonfiamento alla quota di circa 134 m s.l.m.; in prossimità di quest'ultimo rigonfiamento la lunghezza orizzontale del movimento risultava essere di circa 138 m.

Il fenomeno di instabilità era chiaramente ascrivibile a instabilità del paramento di monte in condizioni di svaso rapido. Ad avviso dei tecnici incaricati dal Concessionario, *“durante il riempimento dell'invaso si era manifestata la spinta idrostatica stabilizzante del paramento di monte, mentre, in fase di svuotamento, essendo bassissima la velocità di filtrazione del materiale di cui è costruita la diga, il paramento medesimo risultava appesantito dall'acqua di saturazione, che non riusciva a sgorgare ed a seguire l'abbassamento di invaso, perché troppo rapido per le possibilità di esaurimento dell'acqua di saturazione”*.

Altra relazione tecnica<sup>9</sup> indica che *“le condizioni di instabilità verificate appaiono dipendenti dal materiale prevalentemente argilloso che forma il rilevato, materiale che sotto l'azione degli agenti atmosferici e delle operazioni di svaso ed invaso ha subito una diminuzione di resistenza ed un peggioramento delle condizioni di filtrazione e delle pressioni neutre specialmente per la fascia relativamente superficiale [di spessore inferiore ai 10 m rispetto alla superficie del pendio di monte]”*.

Altre relazioni tecniche in atti indicano come concausa il decadimento delle caratteristiche meccaniche dello strato superficiale di terra costituente il paramento di monte della diga, dovuto ad alterazioni chimico-fisiche delle argille scagliose con le quali è stato realizzato il corpo diga poste direttamente a contatto con l'acqua (fenomeno di dissoluzione o *softening* delle argille scagliose innescato dai cicli di svaso e reinvaso); ciò è stato messo in relazione con fenomeni di rottura progressiva dello strato superficiale del paramento di monte della diga a causa di una modifica più o meno marcata delle proprietà e della costituzione del materiale.

La ristrutturazione della diga di Giudea a Gello nel passato è stata già oggetto, a più riprese, di progettazioni di riparazione o nuova costruzione, per rimediare al dissesto del rilevato e recuperare l'uso idropotabile considerato di significativa rilevanza.

Nessuna delle progettazioni predisposte è stata, però, mai avviata (presumibilmente per carenze di finanziamento), e ciò nonostante che alcune dei suddetti progetti avessero conseguito le autorizzazioni ed approvazioni di legge. Tali progettazioni prevedevano la semplice riparazione del danno causato dal dissesto con il rifacimento di porzioni dell'opera (cfr. progetto di massima per il consolidamento della diga di Giudea a Gello, datato 05/12/1990) oppure il completo rifacimento dell'opera di sbarramento (cfr. progetto datato 2005 che adottava una sezione zonata).

Nel 2009 diverse Amministrazioni (MATTM, Regione Toscana, Autorità di Bacino del fiume Arno, Comune di Pistoia, Provincia di Pistoia, Autorità di Ambito Territoriale Medio Valdarno, Consorzio di Bonifica Ombrone Pistoiese – Bisenzio) hanno sottoscritto un Accordo di Programma che prevedeva, tra gli altri, il finanziamento dei seguenti interventi:

- ripristino funzionale e adeguamento sismico della diga dei Giudea a Gello con riduzione di altezza della diga e volume di invaso,
- realizzazione di casse di espansione in località “Laghi Primavera” nel contesto della messa in sicurezza idraulica del T. Ombrone Pistoiese, anche mediante l'utilizzo delle terre rese disponibili dalle operazioni di rimodellamento della diga di Giudea a Gello.

---

<sup>9</sup> Studio Italgoe datato agosto 1990 a firma del Prof. P. Colombo per sondaggi, certificati di prove geotecniche e verifiche di stabilità, richiamato nella relazione tecnica allegata al progetto *“Interventi per il ripristino funzionale, per l'aumento della capacità e per l'adeguamento al D.M. 24/03/1982 n.44 – Intervento di prima fase”*, a firma dell'ing. G. Baldovin, datato maggio 1992.

Il progetto, redatto a seguito dell'Accordo di Programma, modificava radicalmente le precedenti impostazioni progettuali e prevedeva l'abbassamento di circa 7 m dell'altezza dello sbarramento esistente, portandolo dagli attuali 32 m, a circa 25 m di altezza, nonché una riduzione della capacità di invaso, portandola dagli attuali circa 850.000 m<sup>3</sup> a circa 250/300.000 m<sup>3</sup>, ferma restando la destinazione ad uso di approvvigionamento idropotabile della zona di Pistoia.

L'Ente responsabile della attuazione dell'Accordo di programma, il Comune di Pistoia, d'intesa con il Gestore della diga, Publiacqua S.p.A., ha quindi presentato all'Ufficio tecnico per le dighe di Firenze il progetto preliminare dell'intervento di ristrutturazione della diga di Giudea a Gello. In funzione dei finanziamenti disponibili e di esigenze di cantierizzazione il Progetto preliminare prevedeva l'esecuzione dell'intervento in due fasi esecutive coincidenti con due stralci funzionali; di essi il primo era relativo alla risagomatura del corpo diga con riduzione di altezza e con utilizzo delle terre per la realizzazione dei rilevati arginali nell'area prevista per le casse di espansione sul t. Ombrone Pistoiese e il secondo era relativo al completamento del sistema di scarico della diga e delle opere accessorie.

La presentazione degli elaborati progettuali è avvenuta a più riprese tra il 2013 e il 2014, a seguito di successive richieste di modifica e/o integrazione degli elaborati progettuali avanzate dal medesimo Ufficio Tecnico in sede di esame istruttorio. La versione finale del progetto preliminare è stata istruita dall'Ufficio Tecnico che ha espresso il proprio parere favorevole con condizioni con nota prot. n. 11532 del 10.06.2014.

Con nota prot. n. 92731 del 17.12.2014 il Comune di Pistoia ha presentato il progetto definitivo dell'intervento di ristrutturazione della diga, in merito al quale questa Amministrazione, dopo varie interlocuzioni istruttorie si esprimeva con nota Div.4 prot. n. 324 del 11.01.2016, richiedendo integrazioni e il perfezionamento degli elaborati progettuali presentati. Stante la rilevata perdurante incertezza sui tempi di intervento indicati con l'Accordo di programma denominato "Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in località Gello e Laghi Primavera", la Divisione di coordinamento comunicava la sussistenza di motivi ostativi alla divisibilità dell'intervento in due stralci funzionali non consecutivi e in particolare all'eseguibilità del primo stralcio in pendenza dell'approvazione tecnica del complessivo progetto definitivo. Con detta nota in particolare si evidenziava che gli interventi di messa in sicurezza dell'opera, ad oltre 25 anni dai fenomeni di instabilità della diga che ne avevano causato il "temporaneo" fuori esercizio, erano stati caratterizzati da successive ripetute modifiche dell'impostazione progettuale, nonostante gli atti di assenso già conseguiti dal Concessionario/proponente. Si rilevava che "dovendosi garantire la necessaria certezza realizzativa delle opere a garanzia della sicurezza, gli interventi in progetto, compresi quelli di abbassamento del rilevato diga ricompresi nel c.d. "1° stralcio", debbono essere subordinati, per quanto di competenza di questa Amministrazione, all'approvazione tecnica del progetto definitivo nella sua interezza ai sensi dell'art.1, co.5, del D.L. 507/1994 conv. con L.584/1994, alla successiva definizione del progetto esecutivo e alle conseguenti autorizzazioni propedeutiche all'avvio dei lavori stabilite dal D.P.R. 1363/1959".

Con nota n.302 del 5/1/2017 DGDighe sollecitava la definizione del progetto di recupero o, in alternativa di dismissione dell'opera, rappresentando l'avvenuto stanziamento per l'intervento di fondi nel Piano operativo infrastrutture - Fondo Sviluppo e Coesione 2014-2020, Del. CIPE 54/2016.

Il Concessionario Comune di Pistoia, con nota n.78706 del 9/8/2017 a firma del Sindaco, in considerazione di perduranti problemi da risolvere per la compatibilità ambientale e per gli espropri connessi alla realizzazione delle casse di espansione in loc. Laghi Primavera, comunicava la separazione dei due interventi (parziale recupero diga e realizzazione casse di espansione nel medesimo comune) giudicati non realizzabili contestualmente e assegnava priorità al parziale recupero della diga di Giudea a Gello, nonostante i maggiori possibili costi dovuti alla destinazione da individuare per l'eccedenza di terre da scavo provenienti dalla diga.

Il progetto definitivo dell'intervento di parziale recupero della diga veniva quindi ripresentato nel 2018, stralciando la realizzazione di casse di espansione in località "Laghi Primavera". In particolare in data 20.06.2018 Publiacqua S.p.A., quale Gestore della diga e Soggetto attuatore, provvedeva a trasmettere il progetto definitivo "Interventi per l'incremento della sicurezza della diga di Giudea a Gello – Maggio 2018", stralciando da esso la parte relativa alla realizzazione delle citate casse di espansione. Su tale progetto

L'Ufficio tecnico per le dighe di Firenze ha condotto la pre-istruttoria di competenza (nota prot. n. 17336 del 26.07.2018), confermando alcune richieste di approfondimento già in precedenza indicate in sede di esame del progetto preliminare e formulando ulteriori osservazioni. In considerazione di quanto osservato dall'Ufficio Tecnico nonché della rilevanza degli interventi in progetto la Divisione di coordinamento, con nota prot. n. 19999 del 04.09.2018, ha richiesto parere specialistico alle Divisioni "Strutture e Geotecnica" e "Idraulica e Geologia Applicata" per gli aspetti di competenza. Acquisiti detti contributi istruttori, con nota prot. n. 30394 del 28.12.2018, la Divisione di coordinamento ha comunicato al Concessionario e al Gestore che, sulla base di quanto emerso in sede di istruttoria, il Progetto presentato non raggiungeva i requisiti di completezza richiesti per un progetto definitivo e che fosse quindi necessario integrare e modificare il progetto stesso, ripresentandolo in maniera organica sulla base di quanto osservato nelle relazioni istruttorie specialistiche allegate alla nota stessa, con riferimento in particolare agli aspetti idraulici, geotecnici e sismici.

A seguire, con nota prot. n. 5756/20 del 30.01.2020, acquisita agli atti da questa Direzione Generale con nota prot. n. 3020 del 13.02.2020, il Gestore ha nuovamente presentato il progetto definitivo "*Interventi di adeguamento della diga di Giudea a Gello*". L'Ufficio Tecnico per le Dighe di Firenze ha provveduto all'esame istruttorio di competenza della documentazione presentata (rielaborata sulla base delle indicazioni impartite con la citata nota prot. n. 30394 del 28.12.2018), rilevando tuttavia il permanere di una serie di carenze nella composizione degli elaborati progettuali, richiedendo con nota prot. n. UTDFI/5431 del 05/03/2020 il riordino della documentazione.

Il Gestore ha quindi provveduto a ripresentare gli elaborati progettuali, apportando alcune modifiche/correzioni alla documentazione, acquisita definitivamente agli atti con prot. n. 10663 del 18/05/2020. Sugli aggiornati elaborati in argomento è stata riavviata l'istruttoria di competenza, in esito alla quale, con la nota istruttoria interlocutoria prot. n. 12592 del 19.06.2020, la Divisione di coordinamento riepilogava gli aspetti su cui risultava ancora necessario acquisire chiarimenti, integrazioni e modifiche agli elaborati di progetto, permanendo carenze.

Infine, con nota prot. n. 57485/20 del 29.10.2020, acquisita agli atti con prot. n. 22990 del 30.10.2020, il Gestore della diga in oggetto e Soggetto attuatore degli interventi ha ripresentato il progetto definitivo "*Interventi di adeguamento della diga di Giudea a Gello*" datato 09.10.2020 (quarta rappresentazione), oggetto della presente istruttoria.



*Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*

*Sezione Seconda*

*Adunanza del 23 giugno 2021*

*N. del Protocollo 39/2021*

**OGGETTO:** Affare n.39/2021. Diga Giudea a Gello n. arch. 1183 – Progetto definitivo “Interventi di adeguamento della diga di Giudea a Gello” rev. ottobre 2020. Parere ex art. 5 del D.P.R. 1363/1959.

**LA SEZIONE**

**VISTA** la nota prot. 2327 del 3/2/2021 con cui la Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche ha trasmesso la documentazione relativa all’affare in oggetto, ivi inclusa la relazione istruttoria di competenza, per esame e parere ai sensi dell’art. 5 del Decreto del Presidente della Repubblica 1° novembre 1959, n. 1363;

**VISTA** la nota prot. n. 4221 del 22/4/2021 di nomina della Commissione Relatrice;

**ESAMINATI** gli atti;

**UDITA** la Commissione Relatrice (GRECO, MAZZOLA, RUSSO, COLLESELLI, SIMEONE, SAVOIA, LOMBARDO, MARTINO, OTTOLENGHI, PUGGELLI).

Per un inquadramento generale del progetto in esame, si riporta di seguito la nota di trasmissione della D.G. Dighe unitamente alla Relazione istruttoria di competenza, nelle quali si illustrano gli interventi previsti, le criticità e le corrispondenti osservazioni della D.G. medesima.

*La società Publiacqua S.p.A., in qualità di Gestore per il Comune di Pistoia della diga Giudea a Gello nell'ambito del Servizio idrico integrato (la diga è ad uso idropotabile), ha presentato a questa Direzione generale, con nota prot. n. 57485/20 del 29.10.2020, il progetto definitivo "Interventi di adeguamento della diga Giudea a Gello" datato 09.10.2020, per approvazione tecnica ai sensi dell'art.1, co.5, del D.L. 507/1994 conv. L. 584/1994. L'intervento è allo stato in parte finanziato dal MATTM mediante un Accordo di Programma con le amministrazioni territoriali (finanziamento prevalente) e in termini minoritari da questa Amministrazione mediante il Piano operativo infrastrutture – FSC 2014-20 (Del. CIPE n.54/2016 per 5 M€). L'impianto di ritenuta in oggetto è da quasi trenta anni fuori esercizio (a parte limitati invasi stagionali a monte di una tura provvisoria) a seguito di un fenomeno di instabilità generalizzato del fianco di monte della diga di materiali sciolti occorso nel 1990 in fase di svaso. Dopo il dissesto del 1990 il Concessionario ha presentato nell'arco di quasi trenta anni diversi progetti di recupero (non realizzati presumibilmente per carenze finanziarie), inizialmente volti al ripristino della diga e dell'invaso nelle sue attuali caratteristiche dimensionali, poi rivolti al ripristino parziale della diga con altezza e volume ridotti, ma con contestuale utilizzo delle terre da scavo per la realizzazione sinergica di casse di espansione sul T. Ombrone Pistoiese, ed infine indirizzate al solo parziale recupero funzionale della diga, stralciando la realizzazione delle citate casse in ragione delle complesse valutazioni ambientali richieste, degli espropri necessari e della diversa tempistica degli interventi. Ciò premesso, si trasmette a codesto Consiglio Superiore il Progetto definitivo in argomento (All. 1), corredato dalla relazione istruttoria della competente Div. di coordinamento di questa Direzione generale (All.2) 1 per il parere di competenza ai sensi dell'art.5 del Regolamento approvato con D.P.R. 1363/1959. In considerazione delle tempistiche dettate dalla linea di finanziamento FSC 2014-2020 si auspica la conclusione del procedimento nei tempi tecnici strettamente necessari, dando la disponibilità a tale fine ad eventuali collaborazioni istruttorie necessarie.*

## **ALLEGATO A**

*(integrazioni prodotte da Publiacqua spa in risposta alla nota M.I.T. n. 12592 del 19/06/2020)*

### **Integrazioni eseguite**

#### **Identificazione degli interventi - EG.01.a**

*E' stata prodotta una cartografia riassuntiva degli interventi ed aggiornata la relazione generale. Gli interventi sono stati numerati come richiesto e sono inseriti specifici riferimenti alle relazioni specialistiche di progetto che trattano ciascun argomento.*

#### **Risposta alle osservazioni e integrazioni - ET.01.a**

*E' stata redatta una specifica relazione che richiama le richieste di integrazioni presentate con nota M.I.T. n. 12592 del 19/06/2020; tale relazione risulta separata dalla relazione generale di progetto.*

#### **Motivazione delle scelte progettuali - ET.01**

*Nella relazione generale si è provveduto a motivare in maniera più dettagliata e puntuale le scelte progettuali che nel tempo si sono susseguite, facendo particolare riferimento alle scelte progettuali adottate sia per il corpo diga che per gli organi di scarico.*

#### **Relazioni geotecniche e strutturali - ET.04.b**

*Le relazioni relative all'inquadramento sismico per il corpo diga e le strutture di scarico e accessorie sono state eliminate come richiesto, rimandando direttamente alla relazione sulle valutazioni di Risposta Sismica Locale.*

*Nella relazione sulla risposta sismica locale sono stati inseriti i tabulati di calcolo del modello utilizzato e sono stati chiariti i motivi che hanno indotto a non analizzare gli spettri di accelerazione verticale (comunque considerati nelle verifiche di stabilità come una quota parte delle accelerazioni orizzontali).*

*Sono state redatte ex novo gli elaborati :*

- o Relazione unica geotecnica **ET.06***
- o Relazione unica verifiche di stabilità **ET.07***
- o Relazione unica opere strutturali. **ET.14***

*La relazione sul modello completo è stata integrata in riferimento alle caratteristiche del modello FCEM, al degrado delle caratteristiche dei materiali durante l'evento sismico e alla determinazione delle superfici di scorrimento.*

*In generale tutte le relazioni tecniche e gli elaborati sono stati verificati al fine di eliminare ogni eventuale incongruenza.*

### **Relazione idraulica - ET.03**

*La relazione idraulica è stata integrata con considerazioni circa le velocità della corrente nel canale di valle e la compatibilità della corrente stessa con la tipologia di opera prevista. Inoltre, è stata inserita una valutazione relativa alla massima portata transitabile nel recettore finale, Torrente Tazzera.*

### **Analisi della zona in frana sul corpo diga - ET.08**

*Sono state analizzate le caratteristiche della frana sul corpo diga facendo riferimento ai rilievi esistenti e alle back-analys condotte negli studi e progetti precedenti.*

*Sono state prodotte delle sezioni della diga con riportata la superficie di scivolamento allo stato attuale, in corso e post operam.*

*Negli veri elaborati di progetto sono state ulteriormente valutate e dettagliate le modalità di ammorsamento del nuovo rilevato e la completa asportazione del materiale franato.*

### **Rilievo topografico dello stato attuale - ET.05, EG.01.a, EG.02.a**

*Nonostante al momento sia presente sul corpo diga lato monte una folta vegetazione è stato condotto un rilievo topografico dello stato attuale, relativamente alle zone accessibili, con un numero limitato di punti di battuta, ma adeguato a confermare le quote contenute nei rilievi pregressi. Tutto questo senza provvedere alla rimozione della vegetazione lato monte che svolge ad oggi un effetto stabilizzante del paramento.*

### **Indagini integrative frana in sponda sinistra - ET.12 e ET.12.a**

*È stata effettuata una campagna geognostica con prelievo di campioni indisturbati da sottoporre ad analisi di laboratorio al fine di ricavare i parametri residui dei terreni della sponda sinistra, essendo in presenza di materiale rimaneggiato. Sulla base del quadro conoscitivo aggiornato sono stati rivalutati ed ulteriormente dettagliati gli interventi di stabilizzazione della sponda sinistra.*

### **Scarico di superficie - ET.01**

*Sono state esplicate le motivazioni che hanno portato alla scelta della tipologia costruttiva dello scarico di superficie, anche attraverso una analisi dei costi di eventuali tipologie alternative.*

### **Cantierizzazione – ET.18, EG.45.a, EG.45.b, Eg-45-c, EG.45.d, EG.45.e, EG.45.f**

*Per quanto il dettaglio della cantierizzazione dei lavori in oggetto risulti una fase più tipicamente relativa alla successiva fase del progetto esecutivo, sono state integrate le tavole della cantierizzazione dei lavori, esplicitando le fasi riportate nella relazione di cantierizzazione.*

### **Scarico di fondo e condotta di presa - ET.17.a, ET.17.b**

*In questa fase progettuale non è possibile effettuare indagini sulla consistenza dello scarico di fondo e dell'opera di presa. In sede di progettazione esecutiva potrà essere valutata una eventuale integrazione con la previsione di realizzazione di un relining delle due condotte, il tutto in relazione alle disponibilità residue del quadro economico oppure successivamente in relazione alle economie di appalto.*

*E' stata comunque redatta la relazione strutturale sui pozzetti dello scarico di fondo e dell'opera di presa.*

### **Monitoraggio - ET.27**

*E' stata redatta una specifica relazione inerente i sistemi di monitoraggio che andranno ad integrare la strumentazione a corredo della diga. E' stata inoltre prodotta una specifica tavola descrittiva delle strumentazioni necessarie al monitoraggio della diga e delle sponde nel tempo.*

### **Impianti elettrici e informatici - ET.19, ET.20, EG.44**

*Gli elaborati sono stati integrati con la relazione sugli impianti elettromeccanici ed elettrici, complete degli allegati e delle tavole relative.*

### **Corpo diga paramento di monte ET.01**

*In riferimento al paramento di monte del corpo diga e alla tipologia di rivestimento sono state condotte le analisi di stabilità finalizzate al dimensionamento e realizzazione del tipo di rivestimento.*

### **Casa di guardia**

*La casa di guardia coincide con i locali dell'impianto di potabilizzazione posti in prossimità della diga.*

### **Costi dell'intervento**

*I costi dell'intervento sono pesantemente condizionati dallo smaltimento delle terre derivanti dalla riduzione delle dimensioni della diga. Peraltro in questa fase non è possibile ipotizzare un diverso riutilizzo del materiale rispetto al suo conferimento ad un impianto di recupero e ripristino ambientale.*

*Nelle successive fasi progettuali o più probabilmente in sede di gara sarà possibile individuare la possibilità di beneficiare di forme di riutilizzo di tale materiale economicamente più vantaggiose, anche in relazione alla tipologia di aggiudicazione, con conseguente riduzione dei costi dell'intervento.*

*Nella relazione generale è stata dettagliata l'evoluzione del quadro economico rispetto alle varie stesure progettuali, con riferimento ai vincoli ed agli accordi che negli anni sono progressivamente venuti a mutare.*

## **ISTRUTTORIA D.G. DIGHE**

### **1. PREMESSA**

*La diga Giudea a Gello (n. arch. 1183), ubicata in località Gello nel comune di Pistoia, è stata progettata negli anni '60 per l'accumulo e la modulazione, ad uso idropotabile, delle portate addotte con una condotta proveniente da una presa dal "Torrente Vincio di Brandeglio"<sup>1</sup> (con un bacino imbrifero allacciato di circa 13 km<sup>2</sup>) e, in subordine, delle portate direttamente affluenti dal corso d'acqua sbarrato denominato "Fosso Fontanacci" (con un modesto bacino imbrifero di 0,15 km<sup>2</sup>). Lo sbarramento di ritenuta è classificato come diga in terra omogenea di altezza pari a 31,90 m ai sensi della L. 584/94 e volume di invaso pari a circa 850.000 m<sup>3</sup>, recentemente rivalutati dal Gestore in 755.000 m<sup>3</sup>. Il Concessionario di derivazione è il Comune di Pistoia, mentre il Gestore è attualmente Publicacqua S.p.A., in qualità di gestore del Servizio idrico integrato. La diga, costruita tra il 1968 e il 1970 e collaudata alla fine del 1973, è stata esercita regolarmente fino al 1990, anno in cui si verificò un fenomeno di instabilità sul fianco di monte della diga per svasso rapido, cui seguì, dal 1990 stesso, la sostanziale messa fuori esercizio dell'opera.<sup>2</sup> Nel 1993 venne costruito un banchinamento per stabilizzare provvisoriamente il paramento di monte della diga, denominato in alcuni atti "tura", al piede di monte del rilevato, con sommità posta a quota 138 m s.m., ottenuta per rimodellamento del materiale accumulatosi al piede del movimento franoso occorso. Dopo questo intervento, il fenomeno franoso che ha interessato il corpo diga si è praticamente esaurito, seppure in assenza di significativi invasi. In assenza di iniziative concrete per il suo recupero, con atto di ricognizione prot. n.DG/89 del 21.03.2013, la diga è stata inserita, ai sensi dell'art.43, co.7, del D.L. 201/2011 conv. in L. 214/2011, nell'elenco delle opere necessitanti di interventi per il miglioramento della sicurezza strutturale ed idraulica. In attesa della realizzazione di tali interventi, per la diga è stato confermato l'assoggettamento a limitazioni di invaso. La disposizione vigente è l'atto n.977 del 29.06.2012, con il competente Ufficio tecnico per le dighe di Firenze ha confermato lo svasso totale del serbatoio nel periodo 1 novembre – 30 aprile, consentendo un limitato invaso parziale nel restante periodo dell'anno, a monte del banchinamento realizzato al piede di monte (fino a quota 134,5 m s.m. – pari a 5,5 m dell'asta idrometrica con un invaso di 65.000 m<sup>3</sup>). Al fine del recupero funzionale dello sbarramento, dopo un lungo e articolato iter progettuale (v.*

Appendice 2) comprendente in precedenza anche la sinergica realizzazione di casse di espansione sul T. Ombrone Pistoiese nel medesimo comune, è stato predisposto dal Gestore – soggetto attuatore il progetto in argomento, relativo al solo recupero parziale della diga e finanziato in parte tramite il Fondo sviluppo e coesione 2014-2020 - Piano operativo infrastrutture (Delibera CIPE n. 54/2016) per un importo di 5M€ (su complessivi 11M€ coperti per la prevalente parte tramite fondi di competenza del MATTM). L'intervento di ristrutturazione in progetto prevede di abbassare la quota del coronamento della diga di circa 7 m (dalla quota attuale di 150,06 m s.m. alla quota di 143,30 m s.m.) e di ridimensionare l'intero corpo del rilevato, eliminando la "tura" attualmente esistente al piede del paramento di monte. Conseguentemente, verrà risagomato l'intero scarico di superficie fino al suo ricongiungimento con il T. Tazzera, modificando la quota della soglia di sfioro da 147,76 m s.m. a 140,00 m s.m. La diga nella sua configurazione di progetto avrà altezza di 25,10 m e volume di invaso ai fini idropotabili ridotto a 281.300 m<sup>3</sup>.

## **2. DESCRIZIONE DELL'OPERA ATTUALE**

Si tratta di uno sbarramento di materiali sciolti dotato di un bacino proprio estremamente modesto (0,15 km<sup>2</sup>); l'invaso viene alimentato, per il tramite di condotta di adduzione, dai contributi idrici derivati da una presa sul Torrente Vincio di Brandeglio che sottende un bacino imbrifero allacciato di circa 13 km<sup>2</sup>. Il corpo del rilevato è del tipo sostanzialmente omogeneo, di altezza pari a 31,9 m, sagomato con paramento di monte con pendenza non uniforme, rivestito con elementi lapidei tipo scogliera, e da un paramento di valle a pendenza uniforme di circa 2/1, intervallato da 3 banche a quota 143 m s.m., 135 m s.m. e 127 m s.m. Lo scarico di superficie, ubicato in sponda destra del serbatoio, è del tipo a soglia libera, di larghezza di 10,5 m,

*1 Bacino Ombrone Pistoiese - Arno*

*2 V. anche Appendice 2 per la ricostruzione storica; inoltre nel documento "All\_L1\_STORICHE", che si allega a corredo del progetto, sono riportate le indagini storiche e le back analysis condotte per definire il fenomeno di instabilità verificatosi sul paramento di monte.*

*con recapito per ruscellamento nel torrente Tazzera. Lo scarico di fondo è costituito da una tubazione, con quota di imbocco a 126,26 m s.m., che attraversa la fondazione della diga (annegata in un blocco lineare di calcestruzzo) di diametro nominale DN=450 mm. Lo scarico è chiuso a valle da saracinesca DN 450 e susseguente valvola a farfalla DN450, con bypass tra la due a sua volta regolato da saracinesca. Tutte gli organi sono manovrabili da apposita cabina di manovra ubicata a valle del corpo diga. Per una descrizione più dettagliata dell'opera e delle sue grandezze principali si rimanda all'Appendice 1 e alla Relazione generale di progetto (Elaborato ET01).*

## **3. ITER TECNICO-AMMINISTRATIVO (progetti e lavori)**

*Di seguito si riassume l'iter più recente del presente progetto. Il lungo e travagliato iter tecnico amministrativo che ha accompagnato la diga, fin dalla sua costruzione, ed in particolare dalla manifestazione dei citati dissesti che hanno condotto allo svuotamento del serbatoio e alla necessità di redazione del presente progetto, viene riportato in Appendice 2. Dopo il dissesto del 1990 il Concessionario ha presentato nell'arco di quasi trenta anni diversi progetti di recupero (non realizzati presumibilmente per carenze finanziarie),*

- inizialmente volti al ripristino della diga e dell'invaso nelle sue attuali caratteristiche dimensionali,*
- poi rivolti al ripristino parziale della diga con altezza e volume ridotti, ma con contestuale utilizzo delle terre da scavo per la realizzazione sinergica di casse di espansione sul T. Ombrone Pistoiese, ed*
- infine indirizzate al solo parziale recupero funzionale della diga, stralciando la realizzazione delle citate casse in ragione delle complesse valutazioni ambientali richieste, degli espropri necessari e della diversa tempistica degli interventi.*

*Con nota prot. n. 57485/20 del 29.10.2020 Il Gestore della diga e Soggetto attuatore degli interventi ha presentato il presente Progetto definitivo "Interventi di adeguamento della diga di Giudea a Gello" (Rev.2), datato 09.10.2020 ed a firma dell'ing. Giovanni Simonelli, con la consulenza delle Società West Systems, Tree ed Idrogeo. Detto progetto è stato redatto a seguito delle prescrizioni emesse con nota n. 30394 del 28.12.2018 da questa Amministrazione sulla precedente revisione progettuale "Interventi per l'incremento della sicurezza della diga di Giudea a Gello – Maggio 2018", oltre ad altre richieste di integrazioni sulla*

revisione 1 (27.12.2019) del progetto, rilasciate dalla Divisione di coordinamento con nota n.12592 del 19.06.2020 sulla base dell'istruttoria dell'Ufficio tecnico per le dighe di Firenze e delle divisioni specialistiche della Direzione generale. Contestualmente il Gestore ha in corso il procedimento di verifica di assoggettabilità a VIA dell'intervento, di competenza del MATTM.

#### 4. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Il progetto definitivo "Interventi di adeguamento della diga Giudea a Gello", datato 9.10.2020, è finalizzato ad un incremento delle condizioni di sicurezza della diga, sia dal punto di vista idraulico che della stabilità, mediante la realizzazione di una serie di interventi consistenti fondamentalmente in:

- abbassamento della quota di coronamento e quindi dell'altezza della diga;
- rinfianco e riprofilatura del corpo diga previa bonifica per sostituzione della porzione franata o allentata del fianco di monte della diga;
- rifacimento di tutto il sistema dello scarico di superficie (soglia, canale fuggatore, vasca di dissipazione e restituzione in alveo).

L'intervento è classificato come "adeguamento" ai sensi del p.to H.2.1 delle NTD in quanto insieme di interventi strutturali e geotecnici finalizzati a trasformare la diga (resta escluso dall'adeguamento l'assetto originario dello scarico di fondo). A seguito degli interventi lo sbarramento presenterà le seguenti caratteristiche (per le caratteristiche dello sbarramento nella configurazione originaria si rimanda anche all'Appendice 1):

<b>Dati principali della diga</b>	<b>Stato attuale</b>	<b>Stato di progetto</b>
Classificazione tipologica della diga ai sensi del D.M. 24/03/82 / D.M 24/06/2014	Diga in materiali sciolti con terra omogenea	IDEM
Altezza della diga ex L. 584/1994 / D.M 24/06/2014 [m]	31,9	25,1 (143,3-118,2)
Altezza massima ritenuta [m]	23,26	12,33 (140.33 - 128.00)
Quota del coronamento [m s.m.]	150,06	143,30
Larghezza del coronamento [m]	6	5,50
Franco disponibile [DM 1982] DM 2014 [m]	[1,80]	2,97
Franco netto richiesto [DM 1982] DM 2014 [m]	[2,59+cedimenti]	2,11 <sup>3</sup>
Franco netto disponibile [DM 1982] DM 2014 [m]	[1,48]	2,67
Sviluppo del coronamento [m]	293,50	205,00
Volume della diga [m <sup>3</sup> ]	260000	170000
<b>Dati principali del serbatoio</b>		
Quota massimo invaso T <sub>R</sub> 3000 anni [m s.m.]	---	140,33
Quota di invaso T <sub>R</sub> 1000 anni [m s.m.]	148,26	140,29
Quota massima regolazione [m s.m.]	147,76	140,00
Quota minima regolazione [m s.m.]	134,00	130,00
Quota minima al piede diga lato monte [m s.m.]	125,00	128,00
Quota minima al piede diga lato valle [m s.m.]	118,20	118,20
Volume totale invaso [m <sup>3</sup> ]	754600	297430
Volume utile di regolazione [m <sup>3</sup> ]	759534	268297
Volume morto [m <sup>3</sup> ]	44000	13002
Bacino direttamente imbrifero sotteso [km <sup>2</sup> ]	0,15	0,15
Superficie del bacino imbrifero allacciato tramite derivazione dal T. Vincio [km <sup>2</sup> ]	13,00	13,00
Portata di massima piena di progetto [m <sup>3</sup> /s] (portata T <sub>R</sub> 3000 anni laminata)	6,8 (6,0+0,8)	3,60
Portata massima derivazione dal T. Vincio [m <sup>3</sup> /s]	0,80	0,80
Superficie dello specchio liquido alla quota di :		
massimo invaso [km <sup>2</sup> ]	0,0773	0,0492
massima regolazione [km <sup>2</sup> ]	0,0734	0,0479
minima regolazione [km <sup>2</sup> ]	0,0170	0,0107
Pendenze paramento di monte	2/1, 2.5/1, 3.2/1,	5/1 3.75/1

<i>Pendenza paramento di valle</i>	2/1	4.25/1
<b>Dati principali dello scarico di superficie</b>		
<i>Caratteristiche tipologiche</i>	<i>soglia libera in spalla destra</i>	<i>soglia libera in spalla destra</i>
<i>Quota di soglia [m s.m.]</i>	147,76	140,00
<i>Sviluppo della soglia [m]</i>	10,80	10,00
<i>Portata esitata [m<sup>3</sup>/s] 6,80 3,60</i>		
<i>Tirante sulla soglia in corrispondenza della portata di progetto [m]</i>	0,50	0,33
<i>Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata di progetto [mslm]</i>	148,26	140,33
<b>Dati principali dello scarico di fondo</b>		
<i>Caratteristiche tipologiche</i>	<i>Tubazione in acciaio Ø450</i>	<i>Tubazione in acciaio Ø450</i>
<i>Quota dell'imbocco [m s.m.]</i>	126,26	126,26 (128,0)
<i>Portata esitata [m<sup>3</sup>/s]</i>	1,23	0,85
<i>Livello nel serbatoio in corrispondenza della portata esitata [m s.m.]</i>	147,76	140,00

<sup>3</sup> Calcolato con i cedimenti assunti dal progettista pari a 0,34 m. Secondo quanto stabilito dalle NTD14 i cedimenti, in assenza di specifici calcoli, possono essere assunti pari a 0,5 cm per ogni m di altezza della diga, pertanto il franco netto minimo richiesto risulterebbe pari a 1,90 m.

Il Progettista, in continuità con il precedente progetto che prevedeva una diversa utilizzazione delle terre e rocce da scavo per rilevati arginali, ha previsto di abbassare la quota del coronamento di 7 m e di riprofilare il paramento di monte della diga previa rimozione della banchina-tura attualmente esistente. Le pendenze di progetto dei paramenti di monte e di valle sono rispettivamente 1:3,75 e 1:4,25, il coronamento è lungo circa 205 m e largo 5,50 m, la quota al piede del paramento di valle rimane 118,20 m s.m.; la diga nella nuova configurazione avrà quindi un'altezza pari a 25,10 m (attualmente l'altezza è pari a 31,90 m). Alla quota massima di regolazione corrisponde un volume d'invaso di circa 281.300 m<sup>3</sup>. Il volume utile per la derivazione dalla condotta di alimentazione dell'acquedotto è quindi pari a circa 268.300 m<sup>3</sup> (in linea, secondo quanto esposto in progetto, con le esigenze del Gestore del Servizio Idrico). Con questa configurazione di progetto e con le movimentazioni di terra previste per la realizzazione degli interventi, il volume complessivo di scavo, che il Progettista intende conferire a recupero/smaltimento, è di circa 185.000 m<sup>3</sup>, con costi che allo stato superano la metà dell'importo lavori ancorché suscettibili di revisione in fase esecutiva in caso di possibilità di riutilizzo delle terre. Oltre agli interventi di riprofilatura del corpo diga sono previsti inoltre:

- rifacimento di tutto il sistema dello scarico di superficie (soglia, canale fagatore con relativi attraversamenti, vasca di dissipazione e restituzione nel torrente Tazzera a valle);
- sistemazione dell'imbocco e sbocco scarico di fondo;
- risistemazione del fondo invaso in corrispondenza in prossimità del piede di monte dello sbarramento;
- sistemazione delle sponde del lago in corrispondenza dell'imbocco dello scarico di superficie e della sponda sinistra interessata in passato da movimenti franosi;
- installazione strumentazione di monitoraggio diga.

Per quanto riguarda gli interventi sul corpo diga, il Progettista ha definito quanto segue.

- Il piede del paramento di valle, posto alla quota di 118,2 m s.m. come quello attuale, è definito mediante la realizzazione di un muro a gravità in massi ciclopici di lunghezza pari a 20 m e altezza di circa 1,8 m fuori terra. La realizzazione del muro prevede due ordini di gradoni di massi ciclopici. Sul paramento di valle saranno realizzate due banche per la manutenzione dell'opera, poste alla quota di 135 m s.m. e 127 m s.m. di larghezza utile di 3,5 m oltre ad una canaletta larga 1 m per la raccolta delle acque meteoriche. Al termine dei lavori il paramento di valle sarà ricoperto con terreno vegetale per uno spessore di 30 cm e successivamente interessato da seminagione.

- Alla quota 119 m s.m. circa sarà realizzato/esteso un piano drenante sub-orizzontale. Il dreno sarà costituito da pietrisco di media pezzatura 40-70 mm e rivestito inferiormente e superiormente con tessuto non tessuto. Una condotta in PE Ø315 microfessurata raccoglierà le acque provenienti dal dreno che

successivamente saranno convogliate in un pozzetto di misura prima di scaricare nel reticolo idraulico superficiale a valle diga.

- Per il paramento di monte è previsto un rivestimento con massi di media pezzatura per lo spessore di 60 cm sino al piede e oltre per circa 5 m, al di sotto di tale rivestimento sarà realizzato uno strato di transizione sabbio-ghiaiosa dello spessore di 90 cm.

- Sul coronamento sarà realizzato un pacchetto stradale con stabilizzato per un'altezza di 30 cm. Si prevedono inoltre interventi di risagomatura delle sponde del lago in corrispondenza dello scarico di superficie e della sponda sinistra, interessata in passato da un movimento franoso superficiale. Lo scarico di superficie di progetto (posto a quota 140,0 m s.m.) è costituito da una soglia sfiorante e un canale fagatore che recapita nel torrente Tazzera. La soglia di sfioro è prevista nella stessa posizione dell'attuale con un abbassamento di circa 7 m, mantenendo la larghezza 10,50 m. Il suo funzionamento è stato verificato per una portata di progetto con  $T_R$  3000 anni laminata dall'invaso. Il canale fagatore, a valle della soglia di sfioro, può essere suddiviso in tratti omogenei. La sezione dello canale fagatore è di tipo a C con apertura rivolta verso l'alto, con base da 10,50 m a 2,50 m e muri laterali di altezza pari a 4,5 m. Il primo tratto, ubicato immediatamente a valle dello sfioro, è costituito da un canale rettangolare largo 10,5 m con una pendenza dello 0.5% (tra sez. SF005 e sez. SF008). Tale tratto è delimitato, a valle, da un canale convergente (secondo tratto) dove avviene la riduzione della larghezza della sezione da 10,5 m a 2,50 m, prima del transito attraverso una forra (tra sez. SF008 e sez. SF012). Il tratto convergente è lungo 18,50 m. La larghezza di 2,50 m è mantenuta inalterata fino al termine della vasca di dissipazione. Le portate scaricate nelle condizioni di massimo invasore per il tempo di ritorno di 3000 anni transitano a valle dello sfioratore con un franco idraulico minimo di circa 1 m. La vasca di dissipazione è caratterizzata da una quota di fondo pari a 105.70 m s.m. e una lunghezza pari a 10,0 m (dalla sezione SF041 alla soglia di stramazzo a valle). È in asse al canale fagatore ed è costituita da una sezione rettangolare larga 2,50 m e alta circa 2,60 m; la vasca risulta depressa e delimitata a valle da un setto in c.a. con soglia di stramazzo. Il franco di sicurezza nella vasca di dissipazione è di 100 cm per lo smaltimento della portata con  $T_R = 3000$  anni. A valle della vasca di dissipazione le portate scaricate vengono convogliate, attraverso un canale in terra a sezione variabile, all'immissione nel rio Tazzera. Detto canale è intervallato da salti e vasche di dissipazione (realizzate mediante scatolari in c.a.) per ridurre ulteriormente l'energia cinetica della corrente. Per quanto concerne scarico di fondo sono previsti i seguenti interventi: - realizzazione di un pozzetto a monte con sommità alla quota di 128,0 m s.m. protetto con grigliato in acciaio (passo 20 cm);

- prolungamento delle tubazioni a valle, previo raccordo con la condotta attuale, e spostamento delle valvole nel nuovo locale di manovra. È previsto inoltre un prolungamento della condotta di presa fino a un pozzetto posto in adiacenza a quello di fondo con sommità alla quota di 130,0 m s.m. anch'essa dotata di una griglia con passo di 20 cm, con una protezione in testa alla presa per impedire l'ingresso di materiale nella condotta. L'attuale locale di manovra che contiene le saracinesche dello scarico di fondo e della derivazione sarà demolito per ricostruire un nuovo manufatto (dimensioni in pianta 5,4 m x 5,4 m) più a valle, al piede della diga, ove sarà allocato anche un impianto di sollevamento (con una capacità circa doppia rispetto alle necessità attuali in previsione di futuri potenziamenti dell'impianto). A tergo della cabina è stato progettato un muro a retta al fine di contenere la scarpata.

Riguardo alle condizioni delle sponde dell'invaso, si rappresenta che in sponda sinistra è presente un fenomeno franoso superficiale (di tipo roto-traslattivo, con uno spessore medio di circa 3 m per un volume di circa 20.000 m<sup>3</sup>) già oggetto di pregressi interventi di sistemazione (di ingegneria naturalistica). In questa sede progettuale, il Progettista ha proposto i seguenti interventi volti a garantire la stabilità della sponda stessa:

- asportazione del materiale residuo stabilizzato del corpo di frana, per rimuovere tutta la porzione di terreno le cui caratteristiche meccaniche sono degradate;

- realizzazione degli ammorsamenti a gradoni, propedeutica alla successiva stesura del terreno di riporto;

- riprofilatura della sponda mediante scavo. Il materiale per la realizzazione della riprofilatura viene recuperato dagli interventi di abbassamento del piano di coronamento. Per contrastare fenomeni di erosione

legati alle acque meteoriche, provenienti anche dalla strada presente sulla sommità della sponda, è stata ipotizzata una sistemazione idraulica mediante regimazione delle acque. Tale sistemazione prevede la messa in opera di tre ordini di canalette che convogliano le acque meteoriche verso il canale di impluvio realizzato in massi. La sponda così sistemata sarà rifinita mediante inerbimento. Al fine di monitorare la stabilità della sponda è prevista l'installazione di 6 inclinometri. Infine, per quel che riguarda la strumentazione di monitoraggio dello sbarramento, per il controllo degli spostamenti verticali e orizzontali del corpo diga il Progettista ha previsto la realizzazione di una rete di monitoraggio composta da:

- n. 4 caposaldi di riferimento topografico fondati su palo alla profondità di 10 m e posti esternamente al corpo diga;
- n. 23 punti di misura fondati su blocco di calcestruzzo di dimensioni 40x40x40 cm posti sul paramento di monte (n. 7) e sul paramento di valle (n. 16);
- n. 1 postazione di misura (stazione del cannocchiale e della mira fissa) posta su un'opportuna piattaforma in calcestruzzo, fondata su pali, ai lati del coronamento della diga;
- n. 6 piezometri tipo Casagrande e n. 6 piezometri a tubo aperto posti in parallelo rispetto ai precedenti di cui n. 3 +3 sul coronamento e n. 3 +3 sulle banchine di valle;
- sistema di misurazione idrometrico del livello del lago (asta idrometrica e misuratore a pressione);
- sistema di raccolta e di misurazione delle perdite dal corpo diga attraverso i drenaggi.

## **5. OSSERVAZIONI ISTRUTTORIE**

Come descritto nei paragrafi precedenti il progetto di adeguamento in esame prevede la significativa riduzione dell'altezza e la risagomatura dei paramenti del corpo diga ai fini di stabilizzazione<sup>4</sup>. La risagomatura del paramento di monte è prevista assicurando la completa asportazione del materiale a suo tempo mobilitatosi in occasione del citato dissesto, materiale peraltro già in parte asportato / sistemato in occasione dei lavori di rimodellamento della parte interna della diga eseguiti per la creazione del banchinamento al piede di monte. Gli interventi prevedono anche il conseguente completo rifacimento dello scarico di superficie (con soglia a quota più bassa), nonché articolate opere per la restituzione nel torrente Tazzera, compresa la vasca di dissipazione. Con gli interventi proposti il livello di sicurezza della diga conseguirà certamente un significativo incremento e gli stessi, per come individuati, si ritengono ammissibili per tipologia dati gli obiettivi di adeguamento dell'opera anche alle norme tecniche intervenute (ad eccezione dello scarico di fondo). Nello specifico dei singoli elaborati, nonostante le numerose iterazioni istruttorie, è stato comunque rilevato il permanere di una serie di carenze a livello in particolare di coordinamento progettuale tra elaborati e di impostazione redazionale, già ravvisate nel corso della stesura delle precedenti revisioni progettuali, cui non è stata data ancora completa o esauriente risposta. Tuttavia, nel ritenere le stesse non pregiudiziali ai fini della definizione delle scelte progettuali proposte – anche in relazione al carattere conservativo delle scelte stesse - si ritiene comunque opportuno promuovere la richiesta di parere del Consiglio Superiore dei LL.PP., ai sensi dell'art.5 del Regolamento approvato con DPR n.1363/1959, stante l'urgenza di portare a conclusione nei tempi tecnici strettamente necessari l'iter progettuale, anche in considerazione del fatto che gli interventi risultano già beneficiari di finanziamenti per la realizzazione. Nel seguito della presente istruttoria, a tali fini, si riportano le osservazioni istruttorie di questa Div. di coordinamento, suddivise per argomenti, formulate sulla base della relazione dell'U.T.D. di Firenze e dei pareri delle divisioni specialistiche "Strutture e Geotecnica" e "Idraulica e Geologia Applicata".

<sup>4</sup> La riduzione di altezza e di volume dello sbarramento era stata in precedenza motivata anche dal sinergico uso delle terre da scavo per realizzazione di una cassa di espansione nel medesimo comune, intervento poi stralciato.

### **5.1 Aspetti idrologici e idraulici**

Lo studio idrologico di progetto utilizza un modello afflussi-deflussi a parametri distribuiti, basato sull'informazione idrologica resa disponibile dalla Regione Toscana, comprendente le curve di possibilità pluviometrica aggiornate al 2012. Con le analisi idrologiche, il Progettista conferma sostanzialmente i valori

delle portate stimati con le precedenti revisioni progettuali. Il Progettista giunge alla stima di un valore di portata in afflusso  $Q_{cT3000}$  pari a  $8,4 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $q=56 \text{ m}^3/\text{s km}^2$ ) e  $Q_{cT1000}$  pari a  $6,3 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $q=42 \text{ m}^3/\text{s km}^2$ ) comprensivo del modesto contributo del bacino allacciato (“a bocca tarata”) e in leggero incremento rispetto alle valutazioni dello studio del 2018.

Il dimensionamento dello scarico di superficie è stato effettuato tenendo conto dell’effetto di laminazione del serbatoio (apprezzabile in relazione al rapporto tra volume di piena e volume di laminazione) sulla base di  $Q_{lam 3000} = 3,6 \text{ m}^3/\text{s}$  (nello specifico, la portata di  $8,4 \text{ m}^3/\text{s}$  è il colmo massimo prevedibile della piena in afflusso con durata delle piogge di 20 min. Tuttavia, sulla base del volume del serbatoio, delle caratteristiche di efflusso dello scarico di superficie e dell’estensione del bacino imbrifero sotteso allo sbarramento, l’evento critico che massimizza il volume con il raggiungimento del massimo livello di invaso è quello con durata delle piogge di 2 h, con corrispondente idrogramma caratterizzato da una portata al colmo di  $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$  (comprensivo dell’apporto di  $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$  del bacino allacciato), che laminata si riduce a  $3,6 \text{ m}^3/\text{s}$ . Si rimanda in merito (compresi l’idrogramma di progetto) alla relazione idrologica di progetto. Le stime delle suddette portate risultano cautelative, come confermato con valutazioni speditive, elaborate a titolo di confronto dalla Divisione specialistica delle Direzione generale. La verifica del franco idraulico è stata eseguita considerando l’effetto di laminazione, esercitato dal serbatoio, con il contributo del solo scarico di superficie di progetto. L’idrogramma di piena in ingresso, con tempo di ritorno 3000 anni, che determina la massima portata sfiorata è, come sopra indicato, quello relativo alla pioggia di durata di 2 ore. Il franco netto, calcolato pari a  $2,67 \text{ m}$ , è risultato pienamente sufficiente a confronto del valore minimo richiesto da norma, pari a  $2,11 \text{ m}$ , che risulta rispettato anche senza portare in conto la modesta laminazione offerta dall’invaso al di sopra della sogli sfiorante. Per quel che concerne gli interventi idraulici, questi consistono fondamentalmente nella realizzazione di un nuovo sfioratore in calcestruzzo con profilo Creager Scimemi con quota di sfioro a  $140,00 \text{ m s.m.}$  (quota attuale  $147,76 \text{ m s.m.}$ ), conseguente all’abbassamento del corpo diga e necessario ai fini del miglioramento della sicurezza idraulica, e del relativo sistema di allontanamento e scarico nel recettore finale. Per la verifica dello sfioratore e del relativo canale fagatore il Concessionario ha presentato uno studio idraulico basato sull’utilizzo del codice di calcolo HEC-RAS (elaborato ET03\_Relazione\_idraulica). A valle del canale fagatore è stata progettata una vasca di dissipazione lunga  $10,0 \text{ m}$  e larga  $2,50 \text{ m}$ . La soglia e il canale fagatore sono stati definiti con completezza e con criteri conservativi. La soglia di sfioro è stata disegnata con profilo Creager Scimemi di luce pari a  $10 \text{ m}$ . Il canale fagatore è stato progettato in calcestruzzo, a sezione rettangolare. Il tracciato si mantiene generalmente lungo la linea d’impluvio del versante con un franco generalmente maggiore di  $1 \text{ m}$  per T 3000 anni. Nei tratti curvilinei maggiormente pendenti, per tenere conto degli aspetti di carattere bidimensionale del moto legati al cambio di direzione della corrente, è stata stimata l’entità dei sopralzi per cui il franco si riduce al più a  $0,73 \text{ m}$  per T 3000 anni. Al termine del canale fagatore (tratto a forte pendenza lungo il crinale) è stata inserita una vasca di dissipazione in grado di contenere il risalto idraulico. La zona di confluenza è stata addolcita inserendo un tratto canalizzato curvilineo e il fosso esistente è stato adeguato nelle dimensioni e nel tracciato. La pendenza del canale di restituzione esistente, a valle del canale fagatore, è stata diminuita con l’introduzione di 3 salti di fondo. Infine l’opera di immissione finale nel torrente Tazzera è stata progettata inserendo una scogliera nel fiume Tazzera a protezione del fondo e delle sponde. Le raccomandazioni e le richieste indicate nei precedenti pareri specialistici sono state recepite, ancorché le opere di restituzione appaiano caratterizzate da dimensionamenti molto cautelativi. Con riferimento agli aspetti idrologici e idraulici, si può pertanto concludere che questi risultavano già sostanzialmente definiti nella precedente versione progettuale “maggio 2020”, sulla quale la Divisione specialistica “Idraulica e Geologia applicata” aveva osservato che la soluzione progettuale dello scarico di superficie e del canale fagatore, pur comportando scavi rilevanti, ha sostanzialmente tenuto conto delle precedenti osservazioni istruttorie, con approssimazioni dipendenti dallo strumento di calcolo utilizzato. La relazione idraulica ET.03, tenendo conto di osservazioni del predetto Ufficio, è stata altresì integrata con considerazioni circa le velocità della corrente nel canale di valle e con verifiche della compatibilità della corrente stessa con la tipologia di opera prevista anche per eventi estremi; è stata poi inserita una valutazione relativa alla

massima portata transitabile nel recettore finale, Torrente Tazzera. Ponendo attenzione alla sostenibilità degli interventi in termini di costi/benefici, con riferimento ai rilevanti scavi per l'adeguamento dello scarico di superficie (conseguente soprattutto alla riduzione di altezza della diga), si rileva anche l'onerosità dello smaltimento del materiale sbancato (tra conferimento a discarica e smaltimento presso impianti autorizzati al recupero), risultando quindi necessarie ulteriori valutazioni per possibili utilizzazioni del materiale stesso secondo le procedure del D. Lgs. 50/2016 e del D. Lgs 152/2006. Come richiesto in sede di interlocuzione istruttoria, data l'onerosità tecnica ed economica della soluzione, il Progettista ha prodotto un'analisi comparativa con altre soluzioni tecniche per la realizzazione dello scarico di superficie (diverso tracciato di recapito – realizzazione di uno scarico in galleria), addivenendo alla conferma della soluzione progettuale prescelta, di cui si è preso atto. Per quanto concerne lo scarico di fondo, allo stato attuale trattasi di una condotta in pressione sottopassante in fondazione il corpo diga, annegata in un getto di calcestruzzo unitamente alla presa. In progetto sono previsti i seguenti interventi: - realizzazione di un pozzetto a monte con sommità alla quota di 128.0 m s.l.m. protetto con grigliato in acciaio; - prolungamento delle tubazioni a valle, previo raccordo con la condotta attuale, e spostamento delle valvole nel nuovo locale di manovra. **Al riguardo, tenendo conto che trattasi comunque di “diga esistente” ancorché interessata da interventi di adeguamento, si osserva che, in assenza di alternative sostenibili che consentano di delocalizzare lo scarico di fondo, in sede di progettazione esecutiva dovranno essere effettuate prove di tenuta ed ispezioni con videocamera, per valutare le condizioni e, se necessario, prevedere almeno interventi di relining della condotta o di intercettazione anche a monte.**

## **5.2 Aspetti geologici, sismotettonici e sismici**

La ricostruzione dell'assetto geologico e geomorfologico dell'area interessata dagli interventi è descritta nell'elaborato tecnico “ET04a – “relazione geologica, geologica-tecnica e sismica”. Il contesto in esame è posto nella zona di passaggio fra i rilievi collinari cretacico-paleogenici (zona pedemontana) e la piana lacustre villafranchiana Firenze-Prato-Pistoia. La successione stratigrafica dell'area in esame risulta costituita dall'alto verso il basso in ordine cronologico dalle seguenti unità litologiche (vedi Tav. GEO.04): - Depositi alluvionali recenti (b) – Pliocene

- Marne di Marmoreto (MMA) – Ruperliano p.p. – Chattiano p.p

- Formazione di Sillano (SIL) – Cretacico sup. - Paleocene

In particolare, in corrispondenza dell'invaso affiora la Formazione del Sillano (SIL), caratterizzata da argilliti e argilliti marnose (da grigie a grigio-scure, grigio-verdi e grigio-marroni) a cui si alternano strati medi e spessi di calcari marnosi e strati sottili di calcareniti, arenarie fini e siltiti. L'inquadramento geologico del sito è risultato nella sostanza esaustivo, ferme restando le osservazioni sulla stabilità delle sponde esposte al § 5.4. Per quanto riguarda gli aspetti sismici il progettista ha sviluppato uno studio sismotettonico di dettaglio del sito in base al criterio stabilito al § C.7.7.1 delle NTD in quanto l'azione sismica di progetto relativa ad un periodo di ritorno  $TR = 475$  anni risulta maggiore di 0,15g (0.169g per il sito della diga). Nell'elaborazione dello studio sono stati presi in considerazione i dati relativi alle zone sismogenetiche ZS9 posti a base della vigente mappa di pericolosità, i dati di sismicità storica, in un intervallo temporale dal 1005 fino al 2008, e i dati di sismicità strumentale per gli anni compresi tra il 1985 ed il 2019. Per l'analisi della sismicità è stato consultato il portale INGV-Centro Nazionale Terremoti; per quanto riguarda la ricerca dell'eventuale presenza, in un'area prossima alla diga, di faglie capaci e sorgenti sismogeniche, così come descritte e definite rispettivamente dal sito dell'ISPRA e dal sito dell'INGV, sono state consultate le banche dati ITHACA e DISS, nonché pubblicazioni scientifiche più recenti e relative alla pericolosità sismica dell'Appennino settentrionale (Mantovani et al., 2012; Martelli et al., 2017). Infine negli ultimi capitoli dello studio sismotettonico (6 ÷ 10 dell'elab. ET.04 B) è stata affrontata l'analisi di risposta sismica locale, dettagliando i dati utilizzati e le procedure utilizzate, oltre a fornire i risultati dei calcoli eseguiti. Sulla base di tali approfondimenti i progettisti concludono che: “benché siano trascorsi più di 10 anni dalla zonazione ZS9 e dalla mappa di pericolosità sismica nazionale MPS04 e studi più recenti ne abbiano proposto modifiche ed aggiornamenti, per quanto riguarda l'area oggetto del presente studio non si sono

*riscontrati elementi di novità tali da rendere la MPS04 non adeguata a rappresentare la pericolosità sismica di base dell'area in cui è ubicata la diga della Giudea ..... In ragione di quanto emerso dalla consultazione dei lavori di Martelli et al. (2017) e Mantovani et al.(2012), non si è ritenuto di procedere con l'elaborazione di un ulteriore modello sismotettonico e di studio di pericolosità sismica ad hoc, in quanto si sarebbe necessariamente basato sulle stesse informazioni e sui dati alla base degli approcci precedentemente descritti, e sostanzialmente concordi tra loro almeno per l'area in studio, con l'unica variante del margine di discrezionalità per le scelte basate sul giudizio esperto dello scrivente. Inoltre, per quanto riguarda la possibilità di fagliazione superficiale ad opera di Faglie Attive e Capaci censite in zona gli stessi progettisti asseriscono che: "..... non ci sono elementi tali da poter ritenere la faglia di Pistoia e quella di Pistoia – Firenze, in grado di generare fenomeni di fagliazione superficiale tali da dover richiedere una apposita modellazione ai fini della risposta sismica locale". Preso atto di tali conclusioni, sulla base del parere della Div. specialistica della DGDighe, si ritiene che i progettisti abbiano compiuto un sufficiente esame dei dati sismotettonici, includendo anche i dati della sismicità storica disponibili allo stato attuale. Analizzando alcuni significativi studi sismotettonici regionali recenti, inoltre, si sono aggiunte informazioni a carattere locale utili a definire un'eventuale divergenza in termini di potenziale sismico di base, rispetto a quanto definito dall'MPS04 e dalle NTC in termini di accelerazioni attese e spettri elastici a pericolosità uniforme, per i vari stati limite presi in considerazione. Si prende pertanto atto pertanto della scelta dei progettisti di non approfondire ulteriormente lo studio sismotettonico del sito e di assumere come pericolosità sismica di base quella prevista dalle NTC (MPS04), in quanto gli studi recenti di carattere locale non hanno fornito sostanziali novità rispetto a tale zonazione. Pur risultando allo stato disponibili aggiornamenti scientifici della mappa di pericolosità sismica nazionale, in corso di redazione o già disponibili - ad esempio il progetto ESHM13- SHARE (Giardini, 2013), si ritiene quindi, nel caso specifico, l'assunzione della ZS9 accettabile per la definizione della pericolosità sismica di base. Per ciò che concerne la Risposta Sismica Locale (RSL) lo studio contiene un'analisi che tiene conto in particolare dei fattori correttivi per la litologia, come imposti dalle NTC 18 (la categoria T1 per la topografia non richiede fattori correttivi a riguardo); i fattori per la correzione stratigrafica sono stati utilizzati secondo un approccio di tipo lineare equivalente, utilizzando un modello costitutivo del terreno di tipo Kelvin – Voigt. Si ritiene l'analisi RSL correttamente impostata, pur ritenendo necessario acquisire in sede di progettazione esecutiva un coordinamento formale del testo in relazione a carenze documentali e l'allegazione di informazioni aggiuntive relative ai codici di calcolo utilizzati e ai connessi parametri. La scelta degli accelerogrammi da utilizzare per l'input sismico delle azioni di progetto è stata portata a termine tramite il codice di calcolo REXEL 3.5, che provvede alla loro selezione una volta impostati i criteri di ricerca di partenza nei principali database disponibili. Tale scelta, peraltro largamente adottata in ambito progettuale, è sostanzialmente condivisibile nella selezione delle tracce accelerometriche e negli spettri elastici di riferimento da utilizzare nelle verifiche. Gli spettri elastici sono stati confrontati con quelli da normativa relativi a categorie di sottosuolo di tipo B e C, come del resto confermato dall'unica sismostratigrafia disponibile (Down Hole del sondaggio S1 del 2007), in cui le Vs30 sono compatibili con tali ipotesi stratigrafiche. Occorre inoltre osservare come nella serie delle 7 tracce accelerometriche selezionate figurino eventi distanti dalla serie dei sismi italiani e differenti per contesto tettonico di riferimento. La necessità di ridurre il numero di vincoli nei criteri di ricerca, al fine di ottenere comunque una serie di accelerogrammi significativi, probabilmente ha indotto i progettisti a utilizzare tali criteri, al fine di ottenere comunque uno spettro elastico compatibile, da utilizzare nelle verifiche sismiche, pertanto non si hanno obiezioni rispetto alla scelta alla base del criterio di selezione. Per gli aspetti relativi alla stabilità delle sponde si rimanda al § 5.4.*

### **5.3 Aspetti strutturali e geotecnici**

**A. Caratterizzazione e modello geotecnico** Sulla base del complesso delle indagini eseguite, i terreni di fondazione, costituiti da una formazione di argille scagliose inglobante arenarie e calcari grigi fortemente rimaneggiati e fratturati, e i materiali costituenti il corpo diga sono stati suddivisi, dal punto di vista tecnico (v. elab. ET04a) in quattro "unità litologiche": Le sub-unità LA1, AL e LA2 risultano molto simili tra loro, almeno quanto a granulometria. Tale similitudine è confermata dal fatto che i parametri di resistenza adottati dai Progettisti sono anche molto simili tra loro, come risulta dalla tabella seguente, estratta dalla Relazione geotecnica. Detti parametri peraltro derivano, dalla semplice media aritmetica dei risultati dei singoli campioni sottoposti a prove di laboratorio. Stante quanto sopra si ritiene poco significativo differenziare in maniera così puntuale le diverse unità litotecniche elementari, favorendo la definizione di un modello geotecnico più schematico e basato su un approccio più ingegneristico. Circa la significatività dei valori medi presi a riferimento per la caratterizzazione di dette unità, viste le tabelle che elencano, nella Relazione geotecnica di progetto, i risultati delle prove di laboratorio sui campioni prelevati dalle diverse unità, pur non ritenendosi invalidate le scelte progettuali conseguenti (dati i margini di sicurezza conseguiti), si ritiene necessario, dal punto di vista geotecnico, procedere in sede di progettazione esecutiva alla revisione del citato modello geotecnico, non solo con l'omogeneizzazione dei materiali di simili caratteristiche, ma anche adottando, per i materiali stessi, valori caratteristici ponderati e sufficientemente cautelativi (tenendo conto della storia dello sbarramento e delle back-analysis dell'instabilità occorsa), non meramente desunti dai loro valori medi (stante anche l'elevata variabilità dei parametri di resistenza misurati in termini di coesione efficace e non drenata). Analoghe considerazioni valgono per le sezioni geotecniche utilizzate nelle verifiche di stabilità. Le seguenti figure illustrano la sezione di verifica denominata CR\_08, nella condizione attuale (Fig.1) e di progetto (Fig. 2). Allo stato di progetto i paramenti del rilevato conseguono pendenze molto più basse rispetto a quelle attuali. Pur tenendo conto della diversa geometria delle due sezioni, non risulta motivata dal punto di vista geotecnico la diversa distribuzione dell'unità litotecnica LA1 (limo debolmente argilloso, rappresentata in marrone scuro). Figura 1 - Sezione CR\_08 allo stato di fatto Figura 2 - Sezione CR\_08 allo stato di progetto Mentre la stratigrafia dello stato di fatto prevede una ragionevole stratificazione sub-orizzontale, quella dello stato di progetto prevede una distribuzione dell'unità LA1 ingegneristicamente poco significativa, tenuto anche conto che la bonifica per sostituzione deve riguardare tutto il materiale coinvolto dall'instabilità del paramento di monte della diga. Inoltre, dato l'eccessivo dettaglio della predetta ricostruzione dei materiali e stratigrafica, che in parte deriva da assunzioni su dati puntuali non estendibili alle sezioni tipo, si ritiene necessario che anche le verifiche di stabilità si basino sul richiesto "modello geotecnico", rappresentativo, in maniera schematica, sia delle condizioni stratigrafiche che della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni compresi nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa delle specifiche verifiche di sicurezza.

**B. Verifiche di stabilità del corpo diga** Per quanto riguarda lo studio del fenomeno di instabilità che ha interessato il paramento di monte della diga, si rimanda alle back analysis condotte nei primi anni '90, a seguito della manifestazione del fenomeno, raccolte nel documento "All\_L1\_STORICHE", che si allega a corredo del progetto (il documento fa parte degli elaborati presentati in occasione del progetto definitivo versione 2018, ma trattandosi di indagini e analisi storiche può ritenersi comunque valido). Le verifiche geotecniche di stabilità sono state condotte in accordo con il capitolo E.5.1 delle NTD effettuando le verifiche allo SLU con riferimento all'Approccio 1, Combinazione 2 delle NTC. Per i relativi coefficienti i progettisti fanno riferimento alle tabelle riportate nelle NTC 2008 (a tale riguardo si evidenzia che queste sono state aggiornate nelle NTC 2018, per i coefficienti da assegnare ai carichi permanenti non strutturali, ancorché non incidenti nel caso specifico; osservazione analoga vale per le tabelle applicabili per le verifiche agli stati limite ultimi idraulici). Le verifiche di stabilità del corpo diga sono state eseguite nelle varie situazioni progettuali e combinazioni indicate nelle NTD. Nello specifico, i progettisti hanno condotto le verifiche statiche del corpo diga in termini di tensioni efficaci e totali, con risultati superiori ai limiti normativi ( $\gamma_R > 1,2$ ). Le verifiche in condizioni sismiche sono state eseguite solamente in termini di tensioni totali e sono state

condotte con riferimento al metodo di Newmark (tabelle 8.1-8.4 dell'elaborato ET.08 Relazione verifiche stabilità). E' stata inoltre effettuata un'analisi dinamica FEM con il codice Code/Aster utilizzato per valutare la stabilità della diga in condizioni sismiche e i relativi spostamenti nonché per valutare la stabilità in condizioni post-sisma. I risultati sono accettabili in termini di raggiungimento degli obiettivi di stabilizzazione della diga; risulta tuttavia necessaria, anche per chiarezza espositiva ed esecutiva, una riorganizzazione delle relazioni nell'ambito di un approccio metodologico che esponga i risultati delle verifiche in condizioni statiche e in presenza di azioni sismiche (partendo dalle preliminari analisi semplificate) in cui siano chiaramente indicate anche le ipotesi sottese alla scelta delle superfici di scorrimento prese in considerazione, le accelerazioni/accelerogrammi assunti tenendo conto della analisi della risposta sismica locale, i modelli di calcolo e le tecniche di modellazione utilizzate, la congruenza tra verifiche di stabilità e analisi di filtrazione, le modalità di considerazione della degradazione ciclica dei materiali e i fattori di sicurezza ricavati. Si rileva inoltre che le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte esclusivamente in termini di tensioni totali, adottando per i materiali valori medi di coesione non drenata. Al riguardo, tenuto conto che per l'analisi in termini di tensioni totali il valore della resistenza non drenata  $c_u$  dovrebbe essere opportunamente ridotto rispetto al caso statico per tener conto della degradazione conseguente al carattere ciclico delle sollecitazioni sismiche, si ritiene che il valore adottato dai progettisti (unico e corrispondente al valore medio per ciascuna unità litotecnica, pari a circa 75 kPa) debba essere oggetto di ulteriori valutazioni.

**C. Verifiche nei confronti degli stati limite idraulici** La verifica del rilevato diga nei confronti degli stati limiti idraulici è stata preceduta da un'analisi di filtrazione in regime dichiarato "di moto vario", con il codice di calcolo "VS2DI" che studia il processo in mezzi porosi insaturi. La verifica è stata tuttavia estesa per un tempo indefinito per cui il modello, di fatto, ha riprodotto un processo di filtrazione in regime permanente. Da tale analisi risultano largamente soddisfatti i limiti normativi di cui alle NTC. In proposito si prende atto dei predetti risultati soddisfacenti, risultando tuttavia necessarie l'esplicitazione dei relativi calcoli e delle condizioni al contorno (compreso le superfici - linee drenanti presenti nel corpo diga). Per quanto riguarda la parte di canale fagatore arginato, il progettista esegue anche in questo caso una verifica di filtrazione in regime di moto vario, non studiando il fenomeno per un tempo indefinito, ma ipotizzando l'ingresso nel serbatoio di un idrogramma di piena con tempo di ritorno pari a  $T_R=3000$  anni, schematizzato con un diagramma rettangolare esteso per un tempo di 5,5 ore. Con questa assunzione il progettista individua una linea di filtrazione durante il predetto transitorio che non va ad interessare il piede di valle del rilevato; inoltre, con riferimento alle NTC 2008, esegue la verifica al sifonamento, valutando il rapporto con il gradiente idraulico con quello critico; verifiche risultate soddisfatte. Al riguardo si evidenzia che ha poco significato eseguire una verifica alla filtrazione in regime variabile, assumendo per i materiali parametri fisici estremamente aleatori o empirici (risalita capillare, grado di umidità residuo, ecc.). Si ritiene pertanto molto più ragionevole e cautelativo eseguire una verifica di filtrazione dei rilevati arginali in regime permanente, ipotizzando un flusso continuo nel canale di scarico e la presenza di terreni saturi.

**D. Aspetti strutturali** Per quanto riguarda le altre opere (canali, impalcati, scatolari, manufatto valvole) si evidenzia che le relazioni progettuali presentate sono costituite essenzialmente dai tabulati di calcolo e riepilogo prodotti dal software, con l'inserimento, nelle relazioni di calcolo o nella relazione di ottemperanza, di esplicite dichiarazioni che confermerebbero la validità delle scelte fatte, dei risultati conseguiti e l'esito positivo delle verifiche di sicurezza, senza comprovarne la correttezza. Al riguardo, nel prendere atto dei risultati conseguiti, si ritiene che le relazioni di calcolo, secondo le NTC, debbano rispondere a precisi requisiti al fine di facilitare la verifica dei calcoli e di garantirne la riproducibilità; si riportano a tale riguardo alcuni estratti significativi delle NTC: particolare cura andrà posta nello sviluppare le relazioni di calcolo, con riferimento alle analisi svolte con l'ausilio del calcolo automatico, sia ai fini di facilitare l'interpretazione e la verifica dei calcoli, sia ai fini di consentire elaborazioni indipendenti da parte di soggetti diversi dal redattore del documento. La quantità di informazioni che usualmente accompagna l'utilizzo di procedure di calcolo automatico richiede un'attenzione particolare alle modalità di presentazione dei risultati, in modo che questi riassumano, in una sintesi completa ed efficace, il comportamento della struttura per quel particolare tipo di analisi sviluppata. Ai sensi e per gli effetti dell'art.1, co.7bis, del D.L. 507/1994 conv. L.584/1994 il Progetto

esecutivo deve pertanto essere integrato con relazioni revisionate in tal senso ed elaborati grafici comprensivi dei dettagli esecutivi.

**E. Modalità esecutive** Devono essere definite in dettaglio, con il progetto esecutivo e in particolare nel CSA e con verifiche geotecniche, le modalità di esecuzione della bonifica del paramento di monte della diga e della realizzazione e compattazione dei nuovi rinfianchi, nonché le modalità e la stabilità a breve termine di tutti i fronti di scavo. Per quanto riguarda la protezione del paramento di monte della diga, occorre in sede esecutiva una migliore definizione delle caratteristiche dimensionali e geometriche degli elementi costituenti lo strato esterno della "scogliera", delle modalità della posa in opera e dei materiali di intasamento degli elementi. Devono essere altresì meglio indicate le caratteristiche granulometriche, geometriche e di messa in opera del c.d. "strato di transizione sabbio-ghiaiosa". Per mantenersi inalterato nel tempo, lo "strato di transizione" sul quale verrà allocata la scogliera di protezione deve essere realizzato posando diversi strati di materiale con granulometria opportunamente decrescente, passando dallo strato esterno che costituisce la scogliera allo strato più interno costituente il paramento di monte della diga. È importante assicurare che la distribuzione granulometrica dello strato di transizione sia idonea ad impedire che il materiale venga asportato dalle variazioni di pressione che possono verificarsi durante le oscillazioni del livello di invaso ed in particolare durante lo svasso rapido. Deve essere infine definito in fase esecutiva un piano di gestione delle piene nel corso dei lavori, rivolto alla sicurezza delle diga nelle sue configurazioni transitorie oltre che alla sicurezza del cantiere.

#### **5.4 Stabilità delle sponde**

Per quanto riguarda la stabilità delle sponde dell'invaso, preliminarmente si rappresenta che trattasi di aspetto non condizionante nel caso specifico la sicurezza dell'impianto di ritenuta, ma avente influenza su aspetti di funzionalità dell'invaso e di gestione dell'interrimento, trattandosi di sponde localmente interessate da fenomeni corticali. Trattasi comunque di aspetti oggetto di attenzione già dall'originario collaudo dell'opera, tanto che già nella "Relazione, verbale di visita e certificato di collaudo" della diga (1974), viene riportato che il Servizio Dighe, in fase progettuale, aveva richiesto di esaminare in modo approfondito "la stabilità delle pendici in sinistra ove erano presenti manifestazioni sorgentizie e franose". In sponda sinistra è stata individuata, all'attualità, la presenza di tre movimenti franosi superficiali, due dei quali sono stati classificati come "quiescenti" ed uno come "attivo". Trattasi di un movimento di tipo rototraslativo per uno spessore medio di circa 2-3 m e un volume di circa 20.000 m<sup>3</sup> che ha coinvolto, riattivatosi nel 2007-2009, la viabilità interna circumlacuale, motivo per cui è stato effettuato un intervento di riprofilatura e contenimento mediante fascinate, completato nel 2014. Il Progettista ha individuato i seguenti interventi (classificabili come bonifica per asportazione) volti a migliorare la stabilità della sponda: - asportazione del materiale residuo stabilizzato del corpo di frana, per rimuovere tutta la porzione di terreno le cui caratteristiche meccaniche sono degradate; - realizzazione di ammorsamenti a gradoni, propedeutici alla successiva stesa del terreno di riporto; - riprofilatura della sponda mediante scavo e riporto di materiale idoneo, con riduzione e regolarizzazione della pendenza del versante. Il materiale per la realizzazione della riprofilatura viene reperito dall'abbassamento del piano di coronamento della diga. Il riporto, opportunamente costipato e ammorsato, è stato ipotizzato che raggiunga le stesse caratteristiche rilevate per il terreno della sub-unità AL del corpo diga; motivo per cui nelle verifiche di stabilità per i parametri geotecnici del terreno di riprofilatura sono stati adottati parametri pari a quelli della sub-unità AL. Al fine di scongiurare fenomeni di erosione legati alle acque meteoriche, provenienti anche dalla strada presente sulla sommità della sponda, è stata prevista una sistemazione idraulica mediante regimazione delle acque. Tale sistemazione prevede la messa in opera di tre ordini di canalette che convogliano le acque meteoriche verso il canale di impluvio realizzato in massi. La sponda così sistemata sarà rifinita mediante inerbimento. Nelle fasi interlocutorie di esame dell'attuale progetto di adeguamento dello sbarramento, è stato chiesto di integrare il progetto con apposita cartografia geomorfologica. A seguito di dette osservazioni, il Progettista ha provveduto ad eseguire un rilievo geomorfologico di dettaglio sull'area, confrontandolo con la cartografia geomorfologica presentata in allegato alle precedenti versioni del progetto. Il rilievo è stato effettuato nel

Settembre 2020 ed il risultato è stato riportato in una carta geomorfologica a scala 1:1000 (elaborato GEO.03). Sulla base di tale rilievo e delle risultanze delle indagini geofisiche e geotecniche condotte sulla sponda sinistrali Progettista ha ricostruito il profilo di 3 sezioni significative della sponda, sulle quali sono state condotte le verifiche di stabilità secondo le NTC 2018. Il profilo del versante è stato suddiviso in 3 unità principali con andamento parallelo alla superficie, costituite, dall'alto, dallo strato corticale giudicato instabile (circa 3 m di spessore massimo, ricavabile dalla sezione VS03), dalla fascia di alterazione del substrato (mediamente circa 6 m di spessore, risultante dalle indagini condotte su tutto il bacino di invaso, fino a 15 m in sponda sinistra in corrispondenza della sezione VS03) e dal substrato. Dal punto di vista delle condizioni idrauliche della sponda sinistra, la carta idrogeologica indica su questa sponda, come per tutto il resto dell'invaso, la presenza di un substrato caratterizzato da "permeabilità mista prevalentemente secondaria da bassa a molto bassa" (GEO.07), con valori di permeabilità dell'ordine di  $1E-8$  m/s. Riguardo la situazione del versante settentrionale in coda dell'invaso, non si fa alcun riferimento alla presenza o meno di un localizzato movimento franoso indicato nelle cartografie allegate alle precedenti versioni del progetto. Si rileva che, comunque, il piede del fenomeno, che nelle precedenti cartografie risulterebbe presente nella citata area settentrionale dell'invaso, si troverebbe a quota 149,65 m s.m., quindi ben al di sopra della quota di massimo invaso del progetto attuale, in posizione non interferente con l'invaso. Per quel che concerne infine il percorso dello sfioratore di progetto, il Progettista ha indicato espressamente che non sono stati riconosciuti movimenti franosi. Al riguardo si osserva quanto segue: La "carta geomorfologica" presentata (GEO03) riporta unicamente la posizione di alcuni corpi di frana individuati sulla sponda sinistra a seguito del rilevamento sul terreno e della analisi delle foto aeree (rif. ET04a). Ai fini di completezza documentale è opportuno che sia integrata in fase esecutiva, anche ai fini del controllo in esercizio dell'invaso, con indicazioni relative alla tipologia dei fenomeni franosi, alla ubicazione, per i fenomeni censiti, delle corone di frana e di eventuali zone di richiamo, e dei fenomeni di erosione diffusa ed incanalata, questi ultimi comunque segnalati come presenti ed attivi sulla sponda destra nella relazione geologico-geomorfologica di accompagnamento. Relativamente alla stabilizzazione della frana superficiale in sponda sinistra si ritengono gli interventi in progetto, pur ammissibili in linea di principio, non motivati nel caso specifico con un approccio ingegneristico al problema. Le verifiche di stabilità di progetto non partono da un'analisi a ritroso del fenomeno osservato e non consentono di valutare come incida il campo di pressioni interstiziali nel pendio sulla sua stabilità ante e post operam e come gli interventi di stabilizzazione contribuiscano al miglioramento del coefficiente di sicurezza del pendio. Le superfici critiche, con coefficiente di sicurezza minimo, individuate per lo stato attuale, non sono state oggetto di verifica nelle condizioni di progetto, per il quale le superfici di verifica sono differenti. Non è quindi possibile valutare l'efficacia dell'intervento proposto. Per lo stato attuale in condizioni statiche, è stata presentata per ogni sezione esaminata, la sola superficie avente  $F_s$  minimo  $\ll 1$ : tale superficie coinvolgerebbe un limitato spessore di terreno nella porzione superiore del versante sottostante la strada di accesso e non risulta estendibile all'intera area oggetto dell'intervento. Non risultano riportate, negli elaborati delle verifiche, tutte le altre possibili superfici di scorrimento che, coinvolgendo volumi e superfici superiori a quella indicata, giustificherebbero l'intervento di stabilizzazione proposto, altrimenti non motivato rispetto al volume instabile così individuato. Le verifiche effettuate nelle condizioni sismiche, che evidenziano  $F_s \gg 1$  post operam, presentano superfici non verosimili in quanto molto profonde, con sviluppo circolare e con coinvolgimento di ampi volumi del substrato. Si ritiene invece che dovrebbe essere favorita l'analisi delle porzioni più superficiali del terreno, con lo studio delle superfici critiche che potrebbero svilupparsi prevalentemente all'interno della fascia corticale o di alterazione del substrato, secondo superfici di scorrimento preesistenti e di neo-formazione ma ad andamento planare e tenendo conto del campo di pressioni interstiziali nelle diverse condizioni di invaso e svaso. La gradonatura proposta per l'ammorsamento del materiale di riporto sul versante nello stato di progetto prevede scavi, da effettuare nella porzione superiore del versante, dell'ordine dei 6-7 m (sez. VS02-Elaborato EG52), che richiederebbero l'esecuzione di specifiche verifiche di stabilità localizzate al singolo gradone, non rinvenute nel progetto, oltre a rischi di destabilizzazione ulteriore del pendio. Il materiale che dovrebbe essere riportato sui gradoni previsti per la riprofilatura del versante è stato caratterizzato, nelle

verifiche di stabilità, con i parametri geotecnici del terreno "AL" (argille-limi) costituente la porzione centrale dell'attuale corpo diga, in ragione della prevista esecuzione di una "opportuna costipazione" che renderebbe "presumibile che il terreno possa raggiungere le stesse caratteristiche rilevate per il terreno della sub-unità AL". Si ritiene che tale caratterizzazione non risulti assicurata a meno di specifiche operazioni di compattazione del terreno posto in opera di dubbia realizzabilità e/o convenienza tecnica-economica. In linea generale, in considerazione dello stato dei luoghi, stante le carenze sopra esposte circa le verifiche di stabilità eseguite, si ritiene che l'intervento proposto per la stabilizzazione della sponda sinistra (invasivo ed oneroso) non sia sufficientemente ed ingegneristicamente motivato.

## **5.5 Monitoraggio**

Con riferimento al monitoraggio e alla sorveglianza dello sbarramento, gli elaborati dedicati alla descrizione del sistema di monitoraggio ed alla individuazione della postazione della casa di guardia o di un locale di presidio sono la Relazione Monitoraggio ET27 e la planimetria del sistema di monitoraggio EG49. In sintesi, il Progettista propone una rete di monitoraggio per il controllo del comportamento della diga e della sponda sinistra costituita da caposaldi di controllo topografico (n. 24 ubicati fra coronamento e paramento di valle), piezometri (6 del tipo Casagrande e 6 a tubo aperto, posizionati in fori accoppiati, avendo motivato l'adozione delle due diverse tipologie per migliorare l'accuratezza della misura e garantire la ridondanza della strumentazione), inclinometri (in sponda sinistra), sistemi di rilevamento del livello di invaso, delle perdite (vasca di raccolta munita di stramazzo per il rilievo anche della relativa torbidità) e delle condizioni meteorologiche. Per quanto riguarda la casa di guardia o locale di presidio, lo stesso è stato individuato presso un edificio già presente all'ingresso dell'area recintata ove sono collocate la diga e l'impianto di potabilizzazione. Si rileva che la planimetria del sistema di monitoraggio riportata nell'elaborato EG49 deve essere resa congruente con la relazione tecnica descrittiva del sistema di monitoraggio riportata in ET27 Relazione Monitoraggio. In particolare, risultano difformità relative alla tipologia di strumentazione prevista in progetto da installare sulla sponda sinistra (nella relazione si indicano n.6 punti di controllo topografico, mentre nella planimetria sono indicati n.6 inclinometri) ed incongruenza nella descrizione delle basi dei punti di controllo topografici (nella planimetria sono indicati blocchetti in cls 40x40x40 cm, mentre nella relazione sono indicate basi su micropali). Di seguito si formulano alcune osservazioni specifiche sulla strumentazione, precisandosi che la frequenza delle misure sarà definita e stabilita in sede di revisione del FCEM: Piezometri: nel rappresentare che la scelta della tipologia della strumentazione piezometrica deve essere effettuata in funzione della permeabilità dei terreni, si ritiene che debbano essere installati esclusivamente piezometri di tipo Casagrande (in luogo dei piezometri a tubo aperto) per il monitoraggio in più punti indipendenti del terreno di fondazione e del rilevato arginale. Nei piezometri Casagrande il monitoraggio della superficie piezometrica dovrà essere possibile anche manualmente con sonda. Caposaldi per il controllo topografico: la distribuzione può considerarsi idonea in linea generale. Non se ne condivide tuttavia il posizionamento ai bordi del coronamento, in quanto gli stessi sono generalmente esposti a movimenti superficiali non rilevanti ai fini del monitoraggio dello sbarramento. Si ritiene che la materializzazione dei punti di misura debba essere meglio definita in sede esecutiva in modo da garantirne la stabilità e la solidarizzazione al rilevato o terreno. Si rileva inoltre che la planimetria non riporta la disposizione in sponda sinistra dei punti di controllo topografico del versante, nonostante gli stessi siano stati indicati nella relazione in un apposito paragrafo dedicato alla sponda. Inclinometri in sponda sinistra: la planimetria EG49 (non la relazione tecnica, come già osservato) prevede l'installazione, in sponda sinistra, di n.6 inclinometri per il controllo dei movimenti del versante, senza indicazioni sulla loro profondità. Gli inclinometri sono stati posizionati in modo tale da tenere sotto controllo le sezioni del versante ove ha attualmente sede il fenomeno di instabilità che, secondo il progetto, sarà oggetto di stabilizzazione mediante rimozione con successiva risagomatura del versante. In proposito si ritiene che, indipendentemente dall'intervento (per il quale si rimanda alle precedenti osservazioni), il numero di inclinometri può essere ridotto sostituendo alcune verticali di misura con alcune ulteriori misure topografiche di superficie. Asta idrometrica: Dalla tavola EG49 risulta la presenza di un'asta idrometrica inclinata sul paramento di monte della diga. La legenda riporta anche la presenza di un

“idrometro a pressione”, del quale non è stata rinvenuta la presenza nella planimetria. La Relazione Monitoraggio ET27 non indica l’asta idrometrica e l’idrometro a pressione, ma segnala la presenza di un idrometro a ultrasuoni senza indicarne la postazione. Locale di guardia o presidio: Per quanto riguarda la disponibilità di un idoneo “locale di presidio”, nella Relazione ET01A è indicato che “per quanto riguarda la guardiania dell’impianto i locali adibiti si trovano presso il vicino impianto di potabilizzazione. In tal senso si rimanda alla tavola EG.49 Planimetria e particolare sistema di monitoraggio”. Dalla tavola EG49 risulta che il locale di presidio, diverso dall’originaria casa di guardia, è ubicato in corrispondenza di un edificio di civile abitazione, abbandonato da anni, che si trova a pochi metri dall’adiacente impianto di potabilizzazione. **Il progetto non prevede alcun intervento di ripristino del citato edificio, che pure risulta necessario anche qualora la guardiania fosse non residenziale, né riporta alcun elaborato, sulla consistenza del locale da adibirsi a casa di guardia a servizio della diga. Il progetto deve pertanto essere integrato con la definizione degli interventi necessari a rendere utilizzabile una idonea casa di guardia.**

## **6. CONCLUSIONI**

Alla luce delle considerazioni precedenti si ritiene che il Progetto definitivo “Interventi di adeguamento della diga di Giudea a Gello” (datato 9.10.2020) abbia adeguatamente individuato gli interventi da eseguirsi per l’incremento delle condizioni di sicurezza della diga sia dal punto di vista della stabilità che idraulico. Detti interventi, ad eccezione di quelli di stabilizzazione della frana corticale in sponda sinistra che il progettista dovrà rivalutare, conducono ad un adeguamento delle condizioni di sicurezza della diga (configurazione del corpo diga e dello scarico di superficie, restando escluso dall’adeguamento l’assetto lo scarico di fondo) sulla base delle scelte poste a base della progettazione. Il progetto necessita tuttavia di approfondimenti ed integrazioni (documentali, di rielaborazione e coordinamento delle relazioni e degli elaborati), **acquisibili, per celerità, direttamente in fase di progettazione esecutiva (escludendosi il ricorso all’appalto c.d. integrato).** Nello specifico aspetto dei singoli elaborati a corredo della progettazione presentata è stato infatti rilevato il permanere di una serie di carenze a livello in particolare di coordinamento ed organizzazione degli elaborati, già ravvisate nel corso della stesura delle precedenti revisioni progettuali, cui non è stata data ancora completa o esauriente risposta da parte del Proponente nonostante le iterazioni istruttorie. Inoltre con questa configurazione di progetto e con le movimentazioni di terra previste per la realizzazione degli interventi, il volume complessivo di scavo, che il Progettista intende conferire a recupero/smaltimento, è di circa 185.000 m<sup>3</sup>, con costi che allo stato supererebbero la metà dell’importo dei lavori ancorché suscettibili di revisione in fase esecutiva in caso di possibilità di riutilizzo delle terre. **Anche su tale aspetto – pur non riguardante la sicurezza dello sbarramento - risultano quindi necessarie ulteriori valutazioni per possibili utilizzazioni del materiale stesso secondo le procedure del D. Lgs. 50/2016 e del D. Lgs 152/2006. Nel ritenere le richiamate carenze non pregiudiziali ai fini della compiuta definizione delle scelte progettuali relative all’impianto di ritenuta – anche in relazione al carattere conservativo di alcune di esse - si ritiene comunque opportuno promuovere la richiesta di parere del Consiglio Superiore dei LL.PP., ai sensi dell’art.5 del DPR n.1363/1959, stante l’urgenza di portare a conclusione nei tempi tecnici strettamente necessari l’iter progettuale, anche in considerazione del fatto che gli interventi risultano già beneficiari di finanziamenti per la realizzazione.**

5 Si evidenzia in proposito che il progetto preliminare prevedeva il riutilizzo delle terre da scavo provenienti dalla riduzione di altezza dello sbarramento per la realizzazione di argini e di una cassa di espansione in area non distante dalla diga (loc. Laghi Primavera nel comune di Pistoia). Successivamente la realizzazione della cassa di espansione è stata oggetto di stralcio su richiesta del Proponente per motivazioni connesse alla complessità dei procedimenti ambientali e di quelli relativi agli espropri.

### **Appendice 1 - Descrizione della diga nella sua configurazione attuale**

#### **Dati principali della diga nella sua configurazione attuale:**

Altezza della diga ai sensi del D.M. 24/03/82 31,90

Altezza della diga ai sensi del L.584/1994 [m] 31,90

Altezza massima ritenuta [m] 23,26  
 Quota del coronamento [m s.m.] 150,06  
 Larghezza del coronamento [m] 6,00  
 Franco ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/82 [m] 1,80  
 Franco netto ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/82 [m] 1,80  
 Sviluppo del coronamento [m] 293,50  
 Volume della diga [m<sup>3</sup>] 260.000  
 Quota massimo invaso [m s.l.m.] 148,26  
 Quota massima regolazione [m s.l.m.] 147,76  
 Quota massima di regolazione limitata<sub>6</sub> 134,50  
 Quota minima regolazione [m s.l.m.] (quota opera di presa) 134,00  
 Quota minima al piede diga lato monte [m s.m.] 125,00  
 Quota minima al piede diga lato valle [m s.m.] 118,20  
 Volume di invaso [m<sup>3</sup>]  
 - da atti di collaudo 850.000  
 - rivalutato dal Gestore 754.600  
 Volume di invaso realizzato dalla tura 65.000  
 Volume morto [m<sup>3</sup>] 44.000,00  
 Superficie bacino imbrifero direttamente sotteso [km<sup>2</sup>] 0,15  
 Superficie bacino imbrifero allacciato tramite derivazione dal T.Vincio [km<sup>2</sup>] 13,00  
 Portata di massima piena di progetto [m<sup>3</sup>/s]<sub>7</sub> T<sub>R</sub> = 1000 anni 6,8 (6,0+0,8)  
 Portata massima derivazione dal T. Vincio [m<sup>3</sup>/s] 0,8  
 Superficie dello specchio liquido alla quota di :  
 · massimo invaso [m<sup>2</sup>] 77.300,00  
 · massima regolazione [m<sup>2</sup>] 73.400,00  
 · minima regolazione [m<sup>2</sup>] 16.985,00  
 Pendenze paramento di monte 2/1, 2.5/1, 3.2/1, 5/1  
 Pendenza paramento di valle 2/1  
 Scarico di superficie  
 Soglia grossa rettilinea in sponda destra  
 - Quota di soglia [m s.m.] 147,76  
 - Sviluppo della soglia sfiorante [m] 10,80  
 - Portata esitata [m<sup>3</sup>/s] 6,80  
 - Tirante sulla soglia in corrispondenza della portata esitata [m] T<sub>R</sub> 1000 anni 0,50  
 Scarico di fondo  
 Tubazione in acciaio Ø450  
 - Quota dell'imbocco [m s.m.] 126,26  
 - Portata esitata [m<sup>3</sup>/s] 1,23

Utilizzazione idropotabile, Concessionario Comune di Pistoia, Gestore Publicacqua S.p.A.

Il Serbatoio di Giudea a Gello è stato realizzato ad uso acquedottistico municipale. L'invaso ricade in una formazione di argille scagliose inglobante arenarie e calcari grigi fortemente rimaneggiati e fratturati. La deformabilità dei terreni presenti nella sezione di sbarramento, insieme alla disponibilità di materiali semi-permeabili nelle immediate adiacenze, orientarono il Progettista Ing. V. Uzzani verso una diga in materiali sciolti di tipo omogeneo. L'opera fu costruita tra Maggio 1965 e Novembre 1970. Il bacino imbrifero sotteso e ridottissimo e il serbatoio, di fatto "fuori alveo", è alimentato da una adduzione tarata proveniente dal Torrente Vincio di Brandeglio, che può far affluire nel serbatoio una portata massima non superiore a 0,80 m<sup>3</sup>/s. Il bacino imbrifero proprio sotteso alla diga, costituito dal Rio Fontanacci, risulta di minima estensione (circa 0.15 km<sup>2</sup>). La diga fu progettata come diga in terra omogenea a bassa permeabilità, con iniziale previsione di un elemento di protezione sul paramento di monte del rilevato costituito da lastre in materiale

bituminoso. Detto elemento di protezione, tuttavia, non venne mai realizzato e venne sostituito in fase di costruzione da una scogliera. Il corpo dello sbarramento, di altezza pari a 31,90 m, venne interamente realizzato con argille scagliose compattate e fu protetto sul paramento di monte con il citato manto di scogliera e al piede di valle con un tappeto filtrante che risale inclinato nel corpo diga. Il coronamento, largo 6,00 m e lungo 293,50 m, è posto alla quota 150,06 m s.m., con massima regolazione a 147,76 m s.m.. Il franco netto di progetto è pari a 1,80 m. Essendo l'invaso di fatto "fuori alveo", lo scarico di superficie era dimensionato per portate relativamente modeste. Costituito da una soglia sfiorante in sponda destra dello sviluppo di 10,80 m, con un sovrizzo di 0,50 m era in grado di evacuare una portata di 6,80 m<sup>3</sup>/s.

<sup>6</sup> Livello massimo raggiungibile nel serbatoio nel periodo 01/05-31/10, dal 01/11 al 30/04 svasso totale del serbatoio con apertura dello scarico di fondo

<sup>7</sup> La portata di massima piena della diga esistente risulta dalla somma della portata indicata dal Servizio Idrografico di Pisa in sede di progettazione dell'opera originaria più la massima portata affluente dal T. Vincio attraverso l'organo di manovra (nota rot.n. 2320 in data 21/12/1963 del Servizio Idrografico di Pisa)

Il canale di scarico, poi non realizzato, era previsto ricavato in un'incisione del versante sinistro dell'adiacente valle del Rio Tazzera. Lo scarico di fondo e la derivazione sono costituiti da due tubazioni di acciaio affiancate,

rispettivamente del diametro Ø 450 e Ø 400, che sottopassano l'imposta della diga all'interno di un apposito incasso in calcestruzzo. L'impianto, collaudato alla fine del 1973, ha funzionato regolarmente fino al 1990, anno in cui si verificarono importanti dissesti, in particolare sul rinfiango di monte della diga, per i quali fu ordinato lo svasso del serbatoio. Il dissesto del corpo diga, manifestatosi con come scivolamento rotazionale - in fase di svasso - per uno spessore di alcuni metri, ha riguardato il paramento di monte, con formazione di più nicchie, con un generale abbassamento del profilo dal ciglio di monte del coronamento fino a 137 m s.m. circa (quindi per i 13 m di sommità), e con un rigonfiamento alle quote inferiori. Movimenti sul paramento sono progrediti anche in seguito. Nella configurazione attuale, a seguito del fenomeno di instabilità, è stata realizzata un banchinamento al piede del rilevato all'interno del bacino, con sommità posta ad una quota pari a circa 138 m s.m., ottenuta per rimodellamento del materiale accumulatosi al piede del movimento franoso. Mediante la detta tura è stato possibile esercire un limitato uso provvisorio del bacino a fini idropotabili con un volume di invaso pari a circa 65.000 m<sup>3</sup>, sino alla quota massima di 134.5 m s.m.. Tale intervento fu realizzato nel 1993 a seguito dell'aggravarsi del fenomeno di dissesto del corpo del rilevato, al fine di stabilizzare il piede di frana e consentire il suddetto limitato utilizzo della capacità di stoccaggio del serbatoio, che venne assentita successivamente con nota del Servizio Nazionale Dighe prot. n. 1837, in data 23/03/2000. Dal punto di vista della gestione e dell'esercizio, l'invaso resta tuttavia assoggettato ad un provvedimento di svasso permanente emanato dal Servizio Dighe con nota prot.n. 881 del 01/12/1990, poi parzialmente rimodulato consentendo, sotto determinate condizioni, un utilizzo stagionale dell' "invaso provvisorio" sopra descritto.

## **Appendice 2 - Iter realizzativo e progettuale**

In base alla documentazione agli atti, la diga fu progettata dall'ing. Vittorio Uzzani, con progetto datato 26/6/1963, approvato dalla IV Sezione del Consiglio Superiore dei LL.PP. con voto n.437 in data 17/03/1966, e fu costruita negli anni 1968-1970 dall'Impresa Costruzioni Idrauliche Stradali SNC di Firenze. A seguito della ultimazione dei lavori, avvenuta in data 13/11/1970, e dei primi invasi, in data 15/10/1973 fu eseguito il collaudo "ai sensi del Regolamento dighe" con emissione del relativo certificato. La L. 1684/1962, vigente all'epoca della progettazione, non prevedeva alcuna classificazione di sismicità sul territorio della diga. I successivi aggiornamenti, emessi a mezzo dei decreti ministeriali degli anni '80 ai sensi della normativa sismica, classificarono invece la zona suddetta come zona sismica di II categoria, avente grado di sismicità S=9. Attualmente il comune di Pistoia permane classificato in zona 2. L'impianto di ritenuta ha funzionato fino al 1990, anno in cui si verificarono sul rinfiango di monte della diga un importante dissesto, a causa del quale fu ordinato il vuotamento del lago e la messa fuori esercizio della diga stessa. Il fenomeno aveva coinvolto gran parte del paramento di monte della diga. Altri dissesti minori si sono successivamente verificati anche in sponda sinistra. Dagli atti di collaudo datati 1973, con riferimento allo svolgimento dei

lavori si evince quanto segue: - i lavori hanno avuto inizio nel maggio 1968; con nota prot. n. 9375 del 10/11/1970 l'Ufficio del Genio Civile di Pistoia comunicava che l'Ente concessionario, tenuto conto che i lavori di costruzione dello sbarramento erano stati ultimati, chiedeva di invasare il serbatoio per un'altezza di circa 8 m, corrispondente alla quota di 134,26 m sul livello del mare. Il Servizio Dighe, considerate le favorevoli risultanze del sopralluogo effettuato dall'Ufficio del Genio Civile in data 28/11/1971 ed il buon comportamento dell'opera, rilasciava il proprio nulla-osta al raggiungimento della quota di invaso di 146,76 m sul livello del mare, pari ad 1,00 m al di sotto di quella del ciglio sfiorante dello scarico di superficie. - "...durante il gennaio 1972 a seguito di piogge intense si verificò un modesto smottamento della pendice a monte dell'invaso ed al di sopra del pelo liquido". Inoltre, "nel gennaio 1973 si verificò un modesto smottamento nella parte superiore del paramento di valle lato sinistro, in concomitanza di intense piogge e dell'imbibimento superficiale del paramento medesimo"; al fine di appurare con certezza la provenienza delle infiltrazioni, furono eseguite alla base dello smottamento delle trincee e fu possibile accertare una leggera filtrazione di acqua nel terreno in posto ed a quota superiore a quella del livello di invaso, da attribuirsi ad una falda acquifera in spalla sinistra; in conseguenza di ciò fu ritenuto opportuno prolungare drenaggi esistenti fino alla detta infiltrazione. - La Commissione di collaudo, durante la visita effettuata il 22 settembre 1973, durante l'esame di dettaglio del rilevato, ebbe inoltre a constatare che "presso l'imposta sinistra è [...] è avvenuto uno scoscendimento superficiale sul paramento di valle che ha interessato anche il ciglio del coronamento per una larghezza di circa 1 m e per uno sviluppo di circa 30 m. Allo scopo di risanare la zona interessata [...] è stata effettuata una accurata risarcitura con imbottimento di pietrame e con ricopertura terrosa. Inoltre è stato provveduto a ricostruire la pavimentazione bituminosa del coronamento". Dette annotazioni evidenziano la sussistenza di problemi di stabilità del corpo diga, seppur corticali e limitati ai paramenti, fin dai primi invasi. Dopo circa 20 anni di esercizio, nell'estate del 1990, durante uno svuotamento, come risulta da una relazione tecnica datata 5/12/1990 facente parte di uno dei primi progetti di massima presentati per il consolidamento della diga<sup>8</sup>, , il fianco di monte, a partire dal bordo interno del coronamento alla quota di 150,06 m s.l.m., ha manifestato dei cedimenti che si sono accentuati progressivamente al proseguire dello svuotamento del serbatoio con la formazione di alcune lesioni longitudinali lungo l'asse del coronamento, sul manto bituminoso.

<sup>8</sup> "Progetto di massima per il consolidamento della diga sul fosso Giudea a Gello in Comune di Pistoia" datato 05/12/1990 a firma di: dott. Albizo Berti, prof. Pietro Colombo, ing. Francesco Uzzani, ing. Vittorio Uzzani.

In base a quanto riportato nella suddetta relazione, il movimento gravitativo aveva interessato tutto il paramento di monte della diga per una lunghezza di circa 260 m a fronte di una lunghezza totale del coronamento di 296 m. Si era creata quindi una nicchia a partire dall'alto, mentre al piede del paramento interno, in prossimità della quota di minimo invaso (utile), si era manifestato un ampio rigonfiamento alla quota di circa 134 m s.l.m.; in prossimità di quest'ultimo rigonfiamento la lunghezza orizzontale del movimento risultava essere di circa 138 m. Il fenomeno di instabilità era chiaramente ascrivibile a instabilità del paramento di monte in condizioni di svaso rapido. Ad avviso dei tecnici incaricati dal Concessionario, "durante il riempimento dell'invaso si era manifestata la spinta idrostatica stabilizzante del paramento di monte, mentre, in fase di svuotamento, essendo bassissima la velocità di filtrazione del materiale di cui è costruita la diga, il paramento medesimo risultava appesantito dall'acqua di saturazione, che non riusciva a sgorgare ed a seguire l'abbassamento di invaso, perché troppo rapido per le possibilità di esaurimento dell'acqua di saturazione". Altra relazione tecnica<sup>9</sup> indica che "le condizioni di instabilità verificate appaiono dipendenti dal materiale prevalentemente argilloso che forma il rilevato, materiale che sotto l'azione degli agenti atmosferici e delle operazioni di svaso ed invaso ha subito una diminuzione di resistenza ed un peggioramento delle condizioni di filtrazione e delle pressioni neutre specialmente per la fascia relativamente superficiale [di spessore inferiore ai 10 m rispetto alla superficie del pendio di monte]". Altre relazioni tecniche in atti indicano come concausa il decadimento delle caratteristiche meccaniche dello strato superficiale di terra costituente il paramento di monte della diga, dovuto ad alterazioni chimico-fisiche delle argille scagliose con le quali è stato realizzato il corpo diga poste direttamente a contatto con l'acqua

*(fenomeno di dissoluzione o softening delle argille scagliose innescato dai cicli di svasso e reinvaso); ciò è stato messo in relazione con fenomeni di rottura progressiva dello strato superficiale del paramento di monte della diga a causa di una modifica più o meno marcata delle proprietà e della costituzione del materiale. La ristrutturazione della diga di Giudea a Gello nel passato è stata già oggetto, a più riprese, di progettazioni di riparazione o nuova costruzione, per rimediare al dissesto del rilevato e recuperare l'uso idropotabile considerato di significativa rilevanza. Nessuna delle progettazioni predisposte è stata, però, mai avviata (presumibilmente per carenze di finanziamento), e ciò nonostante che alcune dei suddetti progetti avessero conseguito le autorizzazioni ed approvazioni di legge. Tali progettazioni prevedevano la semplice riparazione del danno causato dal dissesto con il rifacimento di porzioni dell'opera (cfr. progetto di massima per il consolidamento della diga di Giudea a Gello, datato 05/12/1990) oppure il completo rifacimento dell'opera di sbarramento (cfr. progetto datato 2005 che adottava una sezione zonata). Nel 2009 diverse Amministrazioni (MATTM, Regione Toscana, Autorità di Bacino del fiume Arno, Comune di Pistoia, Provincia di Pistoia, Autorità di Ambito Territoriale Medio Valdarno, Consorzio di Bonifica Ombrone Pistoiese – Bisenzio) hanno sottoscritto un Accordo di Programma che prevedeva, tra gli altri, il finanziamento dei seguenti interventi:*

- ripristino funzionale e adeguamento sismico della diga dei Giudea a Gello con riduzione di altezza della diga e volume di invaso,*
- realizzazione di casse di espansione in località "Laghi Primavera" nel contesto della messa in sicurezza idraulica del T. Ombrone Pistoiese, anche mediante l'utilizzo delle terre rese disponibili dalle operazioni di rimodellamento della diga di Giudea a Gello.*

9 Studio Italgeo datato agosto 1990 a firma del Prof. P. Colombo per sondaggi, certificati di prove geotecniche e verifiche di stabilità, richiamato nella relazione tecnica allegata al progetto "Interventi per il ripristino funzionale, per l'aumento della capacità e per l'adeguamento al D.M. 24/03/1982 n.44 – Intervento di prima fase", a firma dell'ing. G. Baldovin, datato maggio 1992.

*Il progetto, redatto a seguito dell'Accordo di Programma, modificava radicalmente le precedenti impostazioni progettuali e prevedeva l'abbassamento di circa 7 m dell'altezza dello sbarramento esistente, portandolo dagli attuali 32 m, a circa 25 m di altezza, nonché una riduzione della capacità di invaso, portandola dagli attuali circa 850.000 m<sup>3</sup> a circa 250/300.000 m<sup>3</sup>, ferma restando la destinazione ad uso di approvvigionamento idropotabile della zona di Pistoia. L'Ente responsabile della attuazione dell'Accordo di programma, il Comune di Pistoia, d'intesa con il Gestore della diga, Publiacqua S.p.A., ha quindi presentato all'Ufficio tecnico per le dighe di Firenze il progetto preliminare dell'intervento di ristrutturazione della diga di Giudea a Gello. In funzione dei finanziamenti disponibili e di esigenze di cantierizzazione il Progetto preliminare prevedeva l'esecuzione dell'intervento in due fasi esecutive coincidenti con due stralci funzionali; di essi il primo era relativo alla risagomatura del corpo diga con riduzione di altezza e con utilizzo delle terre per la realizzazione dei rilevati arginali nell'area prevista per le casse di espansione sul t. Ombrone Pistoiese e il secondo era relativo al completamento del sistema di scarico della diga e delle opere accessorie. La presentazione degli elaborati progettuali è avvenuta a più riprese tra il 2013 e il 2014, a seguito di successive richieste di modifica e/o integrazione degli elaborati progettuali avanzate dal medesimo Ufficio Tecnico in sede di esame istruttorio. La versione finale del progetto preliminare è stata istruita dall'Ufficio Tecnico che ha espresso il proprio parere favorevole con condizioni con nota prot. n. 11532 del 10.06.2014. Con nota prot. n. 92731 del 17.12.2014 il Comune di Pistoia ha presentato il progetto definitivo dell'intervento di ristrutturazione della diga, in merito al quale questa Amministrazione, dopo varie interlocuzioni istruttorie si esprimeva con nota Div.4 prot. n. 324 del 11.01.2016, richiedendo integrazioni e il perfezionamento degli elaborati progettuali presentati. Stante la rilevata perdurante incertezza sui tempi di intervento indicati con l'Accordo di programma denominato "Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in località Gello e Laghi Primavera", la Divisione di coordinamento comunicava la sussistenza di motivi ostativi alla divisibilità dell'intervento in due stralci funzionali non consecutivi e in particolare all'eseguibilità del primo stralcio in pendenza dell'approvazione tecnica del complessivo progetto definitivo. Con detta nota in particolare si evidenziava che gli interventi di messa in*

sicurezza dell'opera, ad oltre 25 anni dai fenomeni di instabilità della diga che ne avevano causato il "temporaneo" fuori esercizio, erano stati caratterizzati da successive ripetute modifiche dell'impostazione progettuale, nonostante gli atti di assenso già conseguiti dal Concessionario/proponente. Si rilevava che "dovendosi garantire la necessaria certezza realizzativa delle opere a garanzia della sicurezza, gli interventi in progetto, compresi quelli di abbassamento del rilevato diga ricompresi nel c.d. "1° stralcio", debbono essere subordinati, per quanto di competenza di questa Amministrazione, all'approvazione tecnica del progetto definitivo nella sua interezza ai sensi dell'art.1, co.5, del D.L. 507/1994 conv. con L.584/1994, alla successiva definizione del progetto esecutivo e alle conseguenti autorizzazioni propedeutiche all'avvio dei lavori stabilite dal D.P.R. 1363/1959". Con nota n.302 del 5/1/2017 DGDighe sollecitava la definizione del progetto di recupero o, in alternativa di dismissione dell'opera, rappresentando l'avvenuto stanziamento per l'intervento di fondi nel Piano operativo infrastrutture - Fondo Sviluppo e Coesione 2014-2020, Del. CIPE 54/2016. Il Concessionario Comune di Pistoia, con nota n.78706 del 9/8/2017 a firma del Sindaco, in considerazione di perduranti problemi da risolvere per la compatibilità ambientale e per gli espropri connessi alla realizzazione delle casse di espansione in loc. Laghi Primavera, comunicava la separazione dei due interventi (parziale recupero diga e realizzazione casse di espansione nel medesimo comune) giudicati non realizzabili contestualmente e assegnava priorità al parziale recupero della diga di Giudea a Gello, nonostante i maggiori possibili costi dovuti alla destinazione da individuare per l'eccedenza di terre da scavo provenienti dalla diga. Il progetto definitivo dell'intervento di parziale recupero della diga veniva quindi ripresentato nel 2018, stralciando la realizzazione di casse di espansione in località "Laghi Primavera". In particolare in data 20.06.2018 Publiacqua S.p.A., quale Gestore della diga e Soggetto attuatore, provvedeva a trasmettere il progetto definitivo "Interventi per l'incremento della sicurezza della diga di Giudea a Gello – Maggio 2018", stralciando da esso la parte relativa alla realizzazione delle citate casse di espansione. Su tale progetto l'Ufficio tecnico per le dighe di Firenze ha condotto la pre-istruttoria di competenza (nota prot. n. 17336 del 26.07.2018), confermando alcune richieste di approfondimento già in precedenza indicate in sede di esame del progetto preliminare e formulando ulteriori osservazioni. In considerazione di quanto osservato dall'Ufficio Tecnico nonché della rilevanza degli interventi in progetto la Divisione di coordinamento, con nota prot. n. 19999 del 04.09.2018, ha richiesto parere specialistico alle Divisioni "Strutture e Geotecnica" e "Idraulica e Geologia Applicata" per gli aspetti di competenza. Acquisiti detti contributi istruttori, con nota prot. n. 30394 del 28.12.2018, la Divisione di coordinamento ha comunicato al Concessionario e al Gestore che, sulla base di quanto emerso in sede di istruttoria, il Progetto presentato non raggiungeva i requisiti di completezza richiesti per un progetto definitivo e che fosse quindi necessario integrare e modificare il progetto stesso, ripresentandolo in maniera organica sulla base di quanto osservato nelle relazioni istruttorie specialistiche allegate alla nota stessa, con riferimento in particolare agli aspetti idraulici, geotecnici e sismici. A seguire, con nota prot. n. 5756/20 del 30.01.2020, acquisita agli atti da questa Direzione Generale con nota prot. n. 3020 del 13.02.2020, Il Gestore ha nuovamente presentato il progetto definitivo "Interventi di adeguamento della diga di Giudea a Gello". L'Ufficio Tecnico per le Dighe di Firenze ha provveduto all'esame istruttorio di competenza della documentazione presentata (rielaborata sulla base delle indicazioni impartite con la citata nota prot. n. 30394 del 28.12.2018), rilevando tuttavia il permanere di una serie di carenze nella composizione degli elaborati progettuali, richiedendo con nota prot. n. UTDFI/5431 del 05/03/2020 il riordino della documentazione. Il Gestore ha quindi provveduto a ripresentare gli elaborati progettuali, apportando alcune modifiche/correzioni alla documentazione, acquisita definitivamente agli atti con prot. n. 10663 del 18/05/2020. Sugli aggiornati elaborati in argomento è stata riavviata l'istruttoria di competenza, in esito alla quale, con la nota istruttoria interlocutoria prot. n. 12592 del 19.06.2020, la Divisione di coordinamento riepilogava gli aspetti su cui risultava ancora necessario acquisire chiarimenti, integrazioni e modifiche agli elaborati di progetto, permanendo carenze. Infine, con nota prot. n. 57485/20 del 29.10.2020, acquisita agli atti con prot. n. 22990 del 30.10.2020, Il Gestore della diga in oggetto e Soggetto attuatore degli interventi ha ripresentato il progetto definitivo "Interventi di adeguamento della diga di Giudea a Gello" datato 09.10.2020 (quarta rappresentazione), oggetto della presente istruttoria.

## CONSIDERATO

Il presente parere viene reso ai sensi dell'art. 5 del Regolamento approvato con D.P.R. 1363/1959 e, quindi, con riguardo ai soli profili tecnici del progetto.

Si rileva, innanzitutto, che la relazione istruttoria redatta dalla Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche risulta assai accurata sia per l'analisi dello stato e del comportamento della diga attuale, frutto di approfondimenti specifici condotti nell'ambito delle attività di sorveglianza dell'opera, sia per le valutazioni sulla soluzione progettuale presentata dal Concessionario. Pertanto, per quanto non in contrasto con le valutazioni che seguono, si concorda con le prescrizioni, le osservazioni e le raccomandazioni riportate nella suddetta relazione.

### Aspetti generali

Come ampiamente illustrato nella relazione istruttoria della DG Dighe, il progetto definitivo in esame costituisce il punto di arrivo di un processo, iniziato subito dopo l'evento franoso del 1990, finalizzato al completo recupero dell'uso idropotabile dell'invaso e basato sull'adeguamento sismico e idraulico della diga.

In tale processo, un particolare significato ha assunto l'Accordo di Programma sottoscritto nel 2009 da varie Amministrazioni (MATTM, Regione Toscana, Autorità di Bacino del fiume Arno, Comune di Pistoia, Provincia di Pistoia, Autorità di Ambito Territoriale Medio Valdarno, Consorzio di Bonifica Ombrone Pistoiese - Bisenzio) che prevedeva il finanziamento congiunto degli interventi per il recupero della diga e di quelli per la realizzazione delle casse di espansione in località "Laghi Primavera" (nell'ambito delle opere di difesa idraulica del torrente Ombrone Pistoiese), nell'ottica di sfruttare le sinergie derivanti dalla gestione unitaria delle due realizzazioni. Essendo venute meno, nel tempo e per vari motivi, le condizioni necessarie per l'esecuzione dell'Accordo di Programma, il Concessionario e il Gestore della diga hanno deciso di procedere autonomamente alla sola esecuzione dell'intervento di adeguamento della diga basato sul ridimensionamento dello sbarramento e, quindi, della capacità utile dell'invaso (da 850.000 m<sup>3</sup> a 250.000/300.000 m<sup>3</sup>).

Ciò premesso, pur esulando la questione dalle tematiche di cui all'art. 5 del D.P.R. 1363/1959, considerata la natura pubblica delle fonti di finanziamento, questo Consesso ritiene doveroso evidenziare la necessità di un preventivo accertamento della convenienza economica degli interventi previsti nel progetto, mediante una specifica analisi costi-benefici che tenga conto, tra l'altro, della modesta capacità d'invaso residua a seguito dei lavori, delle prevedibili maggiori perdite per evaporazione per metro cubo di acqua invasata, dell'effettivo beneficio nei confronti del soddisfacimento dei fabbisogni idrici locali (a trenta anni dal sostanziale "fuori servizio" dell'invaso), del rilevante costo dello scavo, carico e smaltimento delle terre risultanti dalla riduzione delle dimensioni della diga (che condiziona "pesantemente" l'intero importo dei lavori) e dalla realizzazione del nuovo scarico di superficie, della gestione e della manutenzione dello sbarramento e della condotta di alimentazione ecc.. Infatti, soltanto in base all'esito della suddetta analisi potrà essere correttamente individuata, tra diverse alternative, la soluzione progettuale più rispondente alle esigenze della collettività.

Sul punto, concordando con il giudizio complessivo espresso dalla Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche in merito alla qualità redazionale del progetto che presenta “*una serie di carenze a livello, in particolare, di coordinamento progettuale tra elaborati e di impostazione redazionale*”, la Sezione evidenzia anche alcuni passaggi della Relazione generale del progetto che appaiono discordanti con la documentazione agli atti.

Ad esempio, all’inizio di tale Relazione viene dichiarato che:

*... L'intervento si inserisce nell'ambito dell'Accordo di Programma per le “Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in Loc. Gello e laghi Primavera” sottoscritto il 30.07.2009...*

Al riguardo si osserva che, in realtà, l’intervento si discosta dall’Accordo di Programma del 2009 sia per la finalità dell’Accordo stesso, fondato sulle ipotizzate favorevoli sinergie - non più perseguibili - derivanti dalla realizzazione congiunta dei due interventi (lavori di adeguamento della diga di Giudea a Gello e creazione di casse di espansione in località “Laghi Primavera”), sia per la sostanziale differenza delle finalità dello stesso intervento sulla diga di Giudea a Gello consistenti, secondo l’Accordo, nel completo recupero della capacità d’invaso e, invece, secondo il progetto in esame, nella drastica riduzione dell’invaso stesso (da 850.000 m<sup>3</sup> a 250.000/300.000 m<sup>3</sup>).

In altra parte della Relazione viene, inoltre, dichiarato che:

*“... A seguito di un approfondimento tecnico, relativo sia alle necessità acquedottistiche del Gestore del Servizio Idrico, sia alle problematiche di stabilità del corpo diga e sulla necessità di reperire materiale idoneo alla realizzazione degli argini per la realizzazione del sistema delle casse denominato Laghi Primavera a supporto del bacino del Torrente Ombrone, è stato deciso di modificare le previsioni progettuali relative all’invaso di Gello non perseguendo l’obiettivo di rialzo del coronamento ma bensì definendo la riduzione dell’altezza dell’invaso ...”.*

Tale passaggio potrebbe far ritenere, erroneamente, che la soluzione progettuale di ridurre le dimensioni della diga attuale derivi anche dalla “*necessità di reperire materiale idoneo alla realizzazione delle casse di espansione*”. In realtà, il progetto prevede che i materiali risultanti dalla riduzione delle dimensioni della diga e non riutilizzati nello stesso cantiere vengano smaltiti in idonei impianti autorizzati.

### **Principali interventi previsti**

- Abbassamento della quota del coronamento di circa 7 m (con riduzione dell’altezza da 31,90 m a 25,10 m) e riprofilatura del paramento di monte della diga previa rimozione della banchina-tura attualmente esistente. Con questa configurazione di progetto e le altre movimentazioni di terra previste, il volume complessivo di terra da conferire a recupero/smaltimento, è di circa 185.000 m<sup>3</sup>, con costi che allo stato superano la metà dell’importo lavori.
- Realizzazione del nuovo paramento di valle.
- Rifacimento del scarico di superficie con recapito nel torrente Tazzera. La soglia di sfioro è prevista nella stessa posizione dell’attuale con un abbassamento di circa 7 m, mantenendo la larghezza 10,50 m. Il suo funzionamento è stato verificato per una portata di progetto con TR 3000 anni laminata dall’invaso. Il canale fagatore, a valle della soglia di sfioro, può essere

suddiviso in tratti omogenei. La sezione dello canale fugatore è rettangolare, con base che passa da 10,50 m a 2,50 m e muri laterali di altezza pari a 4,5 m. La larghezza di 2,50 m è mantenuta inalterata fino al termine della vasca di dissipazione. A valle della vasca di dissipazione le portate scaricate vengono convogliate, attraverso un canale in terra a sezione variabile, con salti all'immissione nel rio Tazzera. Detto canale è intervallato da salti e vasche di dissipazione (scatolari in c.a.) per ridurre ulteriormente l'energia cinetica della corrente.

- Rifacimento dell'imbocco e sbocco scarico di fondo.
- Risistemazione del fondo invaso in corrispondenza in prossimità del piede di monte dello sbarramento.
- Sistemazione delle sponde del lago in corrispondenza dell'imbocco dello scarico di superficie e della sponda sinistra interessata in passato da movimenti franosi. In questo secondo caso, caratterizzato da frane di tipo roto-traslativo, sono previsti: asportazione del materiale residuo stabilizzato del corpo di frana; realizzazione degli ammorsamenti a gradoni, propedeutica alla successiva stesura del terreno di riporto; riprofilatura della sponda. Per il monitoraggio della stabilità della sponda è prevista l'installazione di 6 inclinometri.
- Installazione della nuova strumentazione di monitoraggio.
  - o n. 4 caposaldi di riferimento topografico fondati su palo alla profondità di 10 m e posti esternamente al corpo diga;
  - o n. 23 punti di misura fondati su blocco di calcestruzzo di dimensioni 40x40x40 cm posti sul paramento di monte (n. 7) e sul paramento di valle (n. 16);
  - o n. 1 postazione di misura (stazione del cannocchiale e della mira fissa) posta su un'opportuna piattaforma in calcestruzzo, fondata su pali, ai lati del coronamento della diga;
  - o n. 6 piezometri tipo Casagrande e n. 6 piezometri a tubo aperto posti in parallelo rispetto ai precedenti di cui n. 3 +3 sul coronamento e n. 3 +3 sulle banchine di valle;
  - o sistema di misurazione idrometrico del livello del lago (asta idrometrica e misuratore a pressione);
  - o sistema di raccolta e di misurazione delle perdite dal corpo diga attraverso i drenaggi.

### **Aspetti idrologici e idraulici**

La Sezione evidenzia preliminarmente che:

- l'invaso formato dalla diga di Giudea a Gello è alimentato in misura prevalente da un corso d'acqua diverso da quello sbarrato. L'invaso, infatti, è alimentato tramite una condotta di adduzione dal torrente Vincio di Brandeglio, avente un bacino imbrifero di circa 13 km<sup>2</sup>, mentre il corso d'acqua sbarrato dalla diga è il fosso Fontanacci, con un bacino imbrifero di 0,15 km<sup>2</sup>. Ciò implica che le portate di piena che interessano l'invaso e la diga hanno valori molto modesti a causa della ridotta superficie del bacino idrografico sotteso.
- L'intervento di adeguamento in progetto prevede un volume di invaso (281.300 m<sup>3</sup>) superiore all'attuale configurazione (65.000 m<sup>3</sup>) conseguente al consolidamento eseguito dopo i fenomeni di instabilità occorsi nel 1990. Tuttavia, l'intervento progettato presenta volume di invaso ed altezza inferiori rispetto a valori originari (in particolare, volume 281.300 m<sup>3</sup> a fronte degli originari 850.000 m<sup>3</sup> ed altezza di 25,10 m rispetto agli originari 31,90 m).

Ciò premesso, si constata che lo studio idrologico di progetto utilizza il modello afflussi-deflussi a parametri distribuiti “MOBIDIC”, elaborato dall’Università di Firenze per la Regione Toscana (F. Castelli, 2014). L’input meteorico è fornito dalle curve di possibilità pluviometrica a due parametri, anch’esse determinate dall’Università di Firenze per conto della Regione Toscana, con dati aggiornati al 2012 (E. Caporali, 2014). I calcoli idrologici sono stati sviluppati assumendo ietogrammi di pioggia di intensità costante con durate pari a 10, 15 e 30 minuti e 1, 2, 3, 6, 9, 12, 18 e 24 ore. La base cartografica utilizza un modello digitale del terreno con maglia 2 m x 2 m, ricavato dai rilievi lidar con maglia 1 m x 1 m forniti dalla Regione Toscana. Gli idrogrammi di piena sono stati valutati per i tempi di ritorno di 30, 50, 100, 200, 500, 1.000 e 3.000 anni.

I valori delle portate di piena che affluiscono al serbatoio, aventi tempi di ritorno di 3.000 anni e 1.000 anni, sono rispettivamente di 8,4 m<sup>3</sup>/s e 6,3 m<sup>3</sup>/s. Dalla relazione idrologica di progetto risulta che la portata di 8,4 m<sup>3</sup>/s è stata ricavata per una durata della precipitazione di 20 minuti. Tuttavia, tenendo conto del volume del serbatoio, delle caratteristiche di efflusso dello scarico di superficie e dell’estensione del bacino imbrifero sotteso allo sbarramento, l’evento critico di pioggia che massimizza il volume con il raggiungimento del massimo livello di invaso ha una durata di 2 ore, con corrispondente idrogramma caratterizzato da una portata al colmo di 4,5 m<sup>3</sup>/s (comprensivo dell’apporto di 0,8 m<sup>3</sup>/s del bacino allacciato), che laminata si riduce a 3,6 m<sup>3</sup>/s.

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo sfioratore in calcestruzzo a soglia libera, con profilo Creager Scimemi, luce pari a 10 m e quota di sfioro a 140,00 m s.l.m. (quota attuale 147,76 m s.l.m.), conseguente all’abbassamento del corpo diga e necessario ai fini del miglioramento della sicurezza idraulica. Le acque sfiorate sono recapitate per ruscellamento nel torrente Tazzera. Per la verifica dello sfioratore e del canale fugatore, nella relazione idraulica di progetto è stato utilizzato il codice di calcolo HEC-RAS. Il canale fugatore in calcestruzzo presenta sezione rettangolare con un franco generalmente maggiore di 1 m per la portata con tempo di ritorno di 3.000 anni. Nei tratti curvilinei, tenendo conto del sovrizzo determinato in progetto con la relazione di Knapp e Ippen, il franco si riduce al più a 0,73 m.

La verifica del franco idraulico nel serbatoio è stata eseguita considerando l’effetto di laminazione con il contributo del solo scarico di superficie. Il franco netto, che secondo il progetto risulta pari a 2,67 m, è maggiore rispetto al valore minimo richiesto da norma (pari a 2,11 m), anche senza tener conto della laminazione offerta dal volume immagazzinato al di sopra della soglia sfiorante.

La Sezione rileva che la soglia e il canale fugatore sono stati definiti con completezza e con criteri conservativi.

A valle del canale fugatore è stata progettata una vasca di dissipazione lunga 10,0 m, larga 2,50 m e con pareti alte 2,60 m.

L’opera di immissione finale nel torrente Tazzera è stata progettata inserendo una scogliera nel fiume Tazzera a protezione del fondo e delle sponde.

Lo scarico di fondo è costituito da una tubazione di diametro nominale DN=450 mm. Il tempo minimo necessario per il vuotamento completo dell’invaso a partire dalla quota di massima regolazione, in assenza di contemporanee adduzioni al lago, risulta di circa 100 ore. Per lo scarico di fondo, in progetto sono previsti la realizzazione di un pozzetto a monte con sommità alla quota di

128,0 m s.l.m., protetto con grigliato in acciaio, e il prolungamento delle tubazioni a valle, previo raccordo con la condotta attuale e spostamento delle valvole nel nuovo locale di manovra. Al riguardo, la Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche, nella propria relazione istruttoria, tenendo conto del fatto che si tratta di diga esistente ancorché interessata da interventi di adeguamento, ha osservato che, in assenza di alternative sostenibili che consentano di delocalizzare lo scarico di fondo, in sede di progettazione esecutiva dovranno essere effettuate prove di tenuta ed ispezioni con videocamera, al fine di valutare le condizioni e, se necessario, prevedere almeno interventi di relining della condotta o di intercettazione anche a monte. La Sezione condivide l'osservazione.

Con riferimento ai moti di filtrazione all'interno del rilevato diga, il progetto ha utilizzato il codice di calcolo "VS2DI", che studia il processo in mezzi porosi insaturi. I risultati soddisfano i limiti previsti dalle norme tecniche tuttavia, come osservato dalla stessa Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche, è necessaria l'esplicitazione dei relativi calcoli e delle condizioni al contorno (comprese le superfici - linee drenanti presenti nel corpo diga).

Per quanto riguarda la protezione del paramento di monte della diga, la Sezione rileva l'assenza di dimensionamento degli elementi costituenti lo strato esterno della scogliera.

Si raccomanda, inoltre, che il progetto esecutivo contenga un'adeguata definizione della gestione delle piene nel corso dei lavori, sia per la sicurezza della diga nelle configurazioni transitorie sia per la sicurezza del cantiere.

In merito al sistema di monitoraggio, si osserva che sono incomplete le informazioni in merito al posizionamento e alla tipologia di idrometri previsti.

La Sezione osserva che nel progetto definitivo esaminato non è presente la simulazione dell'onda di piena conseguente ad ipotetico collasso della struttura di sbarramento (dam break), con l'individuazione delle aree potenzialmente interessate, e raccomanda l'elaborazione di tale modellazione idraulica nel successivo livello progettuale.

Infine, in considerazione della modesta entità dei volumi invasati e delle portate in ingresso nonché dell'incidenza dell'evapotraspirazione, la Sezione raccomanda l'elaborazione di un idoneo piano di gestione dell'invaso, prevedendo anche monitoraggi periodici sui parametri qualitativi delle acque, al fine di evitare il graduale peggioramento della qualità e lo sviluppo di fenomeni di eutrofizzazione lacustre.

### **Aspetti geologici e geotecnici**

L'inquadramento geologico dell'area di interesse appare sostanzialmente esaustivo, anche se esposto in maniera non immediatamente chiara. Sono state eseguite numerose campagne di indagini geognostiche. E' stato eseguito lo studio sismotettonico previsto dalle NTD attesa l'accelerazione sismica di base.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici, è stato sviluppato uno studio sismotettonico di dettaglio considerando i dati relativi alle zone sismogenetiche ZS9 a base della vigente mappa di pericolosità; analogamente è stata esaminata l'eventuale presenza di faglie capaci e sorgenti sismogenetiche

nell'area prossima alla diga. Per quanto riguarda le analisi della Risposta Sismica Locale gli spettri elastici sono stati determinati con un approccio di tipo lineare equivalente e confrontati con quelli relativi a categorie di suolo tipo B e C, come determinato dalle prove geofisiche disponibili.

Si concorda con la Relazione istruttoria della Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche che esprime una sostanziale condivisione con gli approcci sviluppati nel progetto, per quanto riguarda le analisi della sismicità, la scelta degli accelerogrammi e della Risposta Sismica Locale.

Il modello geologico dell'area della diga ed il geotecnico della diga in terra omogenea in materiali fini di bassa permeabilità, costruita negli anni '70, e della sezione di sbarramento è stato descritto in base alle indagini geologiche e geotecniche condotte a partire dagli anni '90 a seguito della frana che ha coinvolto il paramento di monte della diga causata dagli svasi rapidi e ripetuti.

Nel 1993 è stata costruita una berma di rinforzo al piede del paramento di monte.

Le indagini dal 1991 al 1993, a supporto degli studi del Prof. P. Colombo e dell'Ing. G. Baldovin, non hanno consentito di individuare la superficie di scivolamento della frana ma solo di ipotizzarne una profondità di circa 10 m.

Nel corso dei suddetti studi, in cui sono stati eseguiti sondaggi con prelievo di campioni, si è evidenziato un ulteriore scoscendimento del versante in sponda sinistra probabilmente causato da infiltrazioni d'acqua che ha coinvolto lo strato di alterazione superficiale.

Negli anni 2007, 2012 e 2013, 2018 e 2019 ed infine 2020 sono state condotte ulteriori numerose indagini sia geotecniche che geofisiche (sondaggi con prelievo di campioni e prove di laboratorio, prove penetrometriche statiche e dinamiche, stendimenti sismici a rifrazione di tipo MASW, prove di sismica passiva e in foro di sondaggio tipo down-hole).

Le prove in sito e in laboratorio sono state condotte in ambito degli studi e dei progetti di ripristino di funzionalità della diga sino al progetto del 2020 in esame di adeguamento della diga con l'abbassamento di 7 m della quota di coronamento.

Da un punto di vista geotecnico la diga e il terreno di fondazione sono costituiti da diverse sub-unità in successione che evidenziano che all'epoca della realizzazione non fu curata approfonditamente il controllo dei materiali e la loro posa in opera. La percentuale di limo e/o argilla del materiale costituente il corpo diga, pur con una distribuzione non omogenea, è sempre maggiore del 50÷60% con caratteristiche di plasticità medie ( $IP=15\div30$ ) e con conducibilità idraulica bassa ( $k=10^{-7}\div10^{-8}$  m/s). Il terreno di fondazione è caratterizzato da una minore presenza di matrice limo-argillosa e minore plasticità con una permeabilità  $k$  media uguale a  $10^{-8}$  m/s.

Si condividono molte delle osservazioni della suddetta Relazione istruttoria in merito al modello geotecnico utilizzato dai progettisti per le verifiche di sicurezza del corpo diga in conformità alle NTD 2014 e NTC 2018. Le caratteristiche delle sub-unità costituenti il corpo diga sono infatti del tutto analoghe dal punto di vista geotecnico e determinate sulla base di un valore medio aritmetico. Non si tratta di una scelta di parametri caratteristici "ragionata e cautelativa" come suggerito dalla norma e che non tengono conto delle indicazioni delle back-analysis del dissesto del paramento di monte.

Le sezioni geotecniche utilizzate per le verifiche di stabilità non sempre appaiono conformi alla distribuzione delle unità geotecniche individuate dalle indagini. Si ritiene pertanto di condividere quanto prescritto dalla Relazione istruttoria sulla necessità di un'analisi critica delle scelte dei parametri caratteristici e dei modelli di verifica nelle successive fasi di progettazione.

Le verifiche geotecniche di stabilità del corpo diga sono state condotte in condizioni statiche sia in termini di tensioni efficaci che totali: i risultati sono superiori ai limiti di normativa. Le verifiche in condizioni sismiche sono state eseguite solamente in termini di tensioni totali con riferimento al metodo di Newmark. È stata condotta anche un'analisi dinamica FEM in condizioni sismiche e post sismiche. Nel progetto tutte le verifiche risultano soddisfatte.

Per quanto riguarda gli spostamenti attesi vengono individuati spostamenti massimi di 27 cm e 33 cm in condizioni rispettivamente SLV e SLC (paramento di monte, serbatoio vuoto, svaso rapido) ritenuti accettabili. Come sottolineato nella Relazione istruttoria, vi è la necessità di una maggiore chiarezza espositiva dei risultati delle verifiche, partendo da modelli di base più semplici, delle ipotesi sulle superfici di scorrimento e sugli input sismici.

Un approfondimento meritano anche le verifiche sviluppate in condizioni dinamiche solo in termini di tensioni totali e sulla scelta della resistenza al taglio in condizioni post sismiche.

Nel progetto in esame le verifiche nei confronti degli Stati Limiti Idraulici sono state condotte partendo da un'analisi di filtrazione in regime di moto vario in un mezzo poroso insaturo. In realtà le verifiche sono riferite ad un processo a lungo termine con un regime di tipo permanente. Data la nota difficoltà di caratterizzare il mezzo non saturo (ad es. Curva caratteristica) con dati sperimentali affidabili, l'approccio più semplice con verifiche in condizione di moto permanente appare più ragionevole e cautelativo.

Si concorda infine con l'osservazione della Direzione Generale sul progetto di consolidamento del pendio in sinistra idraulica a monte della diga che non appare convincente nell'approccio ingegneristico. Le verifiche sono state eseguite utilizzando sempre superfici di forma circolare, così che risultano essere state individuate come critiche superfici che definiscono superfici eccessivamente profonde o appena superficiali. Si ritiene di richiamare quanto espresso nel voto 54/19 relativo alle "Linee Guida per la presentazione dei progetti per l'esame e parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici" circa e cioè che Le verifiche di stabilità dei versanti devono essere sviluppate con riferimento ai cinematismi più critici che presumibilmente possono svilupparsi sulla base del modello geologico e geotecnico di riferimento. Per i versanti naturali è opportuno che le verifiche di stabilità non siano limitate ad una molteplicità superfici di rottura potenziale assunte di forma circolare, ma dovranno essere mirate a cogliere i meccanismi di instabilità potenzialmente più pericolosi anche in relazione alle risultanze degli studi geomorfologici. Si ritiene pertanto importante riconsiderare le verifiche eseguite e gli interventi di stabilizzazione previste.

Il monitoraggio geotecnico previsto da utilizzare nel corso dei lavori di adeguamento e nella successiva fase di esercizio, per quanto riguarda la misura delle pressioni neutrali del corpo diga, risulta affidabile con piezometri di tipo Casagrande anche con la possibilità della misura manuale, ed eventualmente integrati con piezometri di tipo elettrico di ultima generazione.

### **Aspetti strutturali**

La Sezione condivide le valutazioni e osservazioni contenute nella relazione istruttoria della Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche, ad eccezione delle osservazioni riportate al paragrafo “5.3 *Aspetti strutturali e geotecnici, punto D: Aspetti strutturali*”. Al riguardo, la Sezione ritiene che la relazione strutturale allegata al progetto (all. ET.14) descriva in modo sintetico e leggibile, e comunque esaustivo, le modellazioni ed i risultati relativi alle varie opere.

### **Sicurezza antincendio**

Per gli aspetti della sicurezza antincendio, si ritiene di evidenziare che ove fossero presenti e/o previsti nell’ambito del complesso, attività e/o infrastrutture riconducibili a quelle di cui all’Allegato I del D.P.R. 151/2011, dovranno essere osservati, per le stesse, i disposti delle specifiche norme di prevenzione incendi e le procedure fissate con D.M. 7/8/2012 del Ministero dell’Interno, con particolare riguardo alle centrali di generazione e/o di trasformazione elettrica, di produzione di energia termica, sala di comando e controllo, per vie di esodo e fuga e impianti di protezione attiva e passiva.

Tutto ciò premesso e considerato, la Sezione, all’unanimità, è del

### **PARERE**

che, per i profili tecnici di cui all’art. 5 del D.P.R. 1363/1959, il Progetto definitivo “*Interventi di adeguamento della diga di Giudea a Gello, rev. Ottobre 2020*” debba essere rivisto, modificato e completato nella presente fase progettuale e, comunque, prima dell’esperimento delle procedure di scelta del contraente per l’esecuzione dei lavori, nel rispetto delle raccomandazioni, osservazioni e prescrizioni di cui ai *considerato* che precedono e, per quanto non in contrasto, di quelle riportate nella Relazione istruttoria della Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche;

che per quanto riguarda gli aspetti amministrativi e finanziari dell’intervento, pur non rientranti nell’ambito di applicazione del D.P.R. 1363/1959, si ritiene comunque doveroso richiamare l’attenzione sulle considerazioni riportate nel paragrafo “Aspetti generali” dei *considerato*.

### **LA COMMISSIONE RELATRICE**

(GRECO, MAZZOLA, RUSSO, COLLESELLI, SIMEONE, SAVOIA, LOMBARDO, MARTINO, OTTOLENGHI,  
PUGGELLI)

Firmato virtualmente tramite e-mail di assenso

Il Segretario:  
F.to  
(Luisa Ottolenghi)

Visto:  
Il Presidente  
F.to  
(Antonio Lucchese)

LA PRESENTE COPIA COMPOSTA DI N. 32 PAGINE È CONFORME  
ALL'ORIGINALE ESISTENTE PRESSO LA SEGRETERIA DELLA SECONDA  
SEZIONE DEL CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI.

Il Segretario