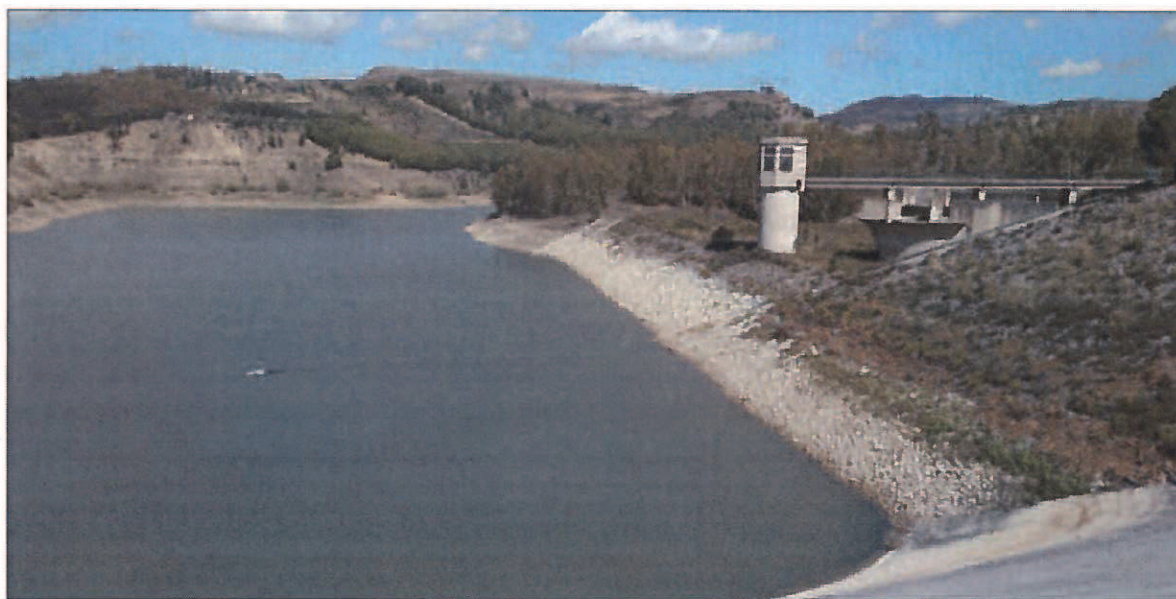


**REGIONE SICILIANA**  
**ASSESSORATO REGIONALE DELL'ENERGIA**  
**E DEI SERVIZI DI PUBBLICA UTILITA'**

-----

DIPARTIMENTO REGIONALE DELLE ACQUE E DEI RIFIUTI  
SERVIZIO 4 – GESTIONE INFRASTRUTTURE PER LE ACQUE



**DIGA OLIVO**

**RIPRISTINO DELLA FUNZIONALITA' DELLO SCARICO DI FONDO E OPERE  
DI CONTENIMENTO DELLE PERDITE IDRICHE NEL CORPO DIGA**

**STUDIO DI FATTIBILITÀ**

Revisionato sulla scorta delle osservazioni contenute nella nota n. 22999 del 13/10/2017 della Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche (Div. 4 - Coordinamento istruttorie progetti e vigilanza lavori)

**I Progettisti**

Ing. Salvatore Stagno

Arch. Salvatore Conoscenti

**II RUP**

Ing. Leonardo Geraci

**1° Dirigente del Servizio 4**

Ing. Francesco Greco



**Novembre 2018**

## Sommario

1.0 - Premessa .....	4
2.0 - Situazione attuale.....	7
2.1 - Serbatoio .....	7
2.2 - Perdite idriche nel corpo diga.....	9
3.0 - Progetto Esecutivo 2004 .....	9
4.0 -Scarico di Fondo .....	9
4.1 - Finalità e caratteristiche della presente proposta.....	9
4.2 - Descrizione delle opere .....	10
4.3 - Funzionamento idraulico.....	12
4.4 –Ripristino delle paratoie d’intercettazione e interventi complementari.....	12
5.0 - Interventi nel corpo diga e nelle opere accessorie .....	13
5.1- Opere di contenimento delle perdite idriche nel corpo diga.....	13
5.2 - Impermeabilizzazione della paratia di monte della diga .....	15
5.2.1 - Descrizione delle opere .....	15
5.2.2 – Perfezionamento tenuta giunti cunicolo e nuovi piezometri .....	17
5.3 – Realizzazione di nuovi Piezometri sulle spalle diga.....	17
5.4 - Asportazione della coltre sedimentaria sul paramento diga.....	18
5.5 - Asportazione della coltre sedimentaria nella vasca di dissipazione.....	19
5.6 – Manutenzione straordinaria del manto diga .....	20
5.7 – Casse di colmata .....	21
5.8 – Manutenzione straordinaria casa di guardia, pozzetto “N0” e torre faro.....	22
6.0 - Opere Provvisionali .....	23
6.1 - Deviazione Provvisoria .....	23
6.2 - Cantiere di Lavoro.....	24
6.3 - Opere di mitigazione ambientale.....	24
7.0 - Gestione del Serbatoio durante i Lavori .....	25
7.1 - Considerazioni Preliminari.....	25
7.2 - Modalità di Gestione del Serbatoio .....	25
8.0 - Piano Irriguo di Emergenza .....	27
9.0 - Espropriazioni.....	28
9.1 – Superfici interessate.....	28
9.2 - Procedure espropriative e determinazione dell’indennità di espropriazione.....	29
10.0 - Piano delle Indagini per la Progettazione .....	30
10.1 – Indagini geognostiche.....	30
10.1.1 – Terreni di fondazione della Nuova Opera d’Imbocco dello Scarico di Fondo .....	30

10.1.2 – Materiali d’interrimento del serbatoio .....	31
10.1.3 – Materiali corpo diga.....	31
10.2 – Rilievi Topografici .....	32
10.2.1 – Rilievi in zona Imbocco Scarico di Fondo .....	32
10.2.2 – Rilievi di aree di possibile deposito del materiale sedimentario .....	32
10.3 – Definizione Interventi di Manutenzione Straordinaria del manto di tenuta diga .....	32
11.0 –Rivalutazione sismica della diga e delle opere accessorie.....	33
11.1 – Rivalutazione sismica .....	33
11.2 – Indagini conoscitive e prove di laboratorio .....	35
12.0. –Progetto di gestione dell’invaso .....	35
12.1 – Indagini di caratterizzazione delle acque e dei sedimenti.....	35
12.2 – Piani operativi.....	36
13.0 - Preventivo di spesa .....	36
ALLEGATI.....	38

## DIGA OLIVO

### RIPRISTINO DELLA FUNZIONALITÀ DELLO SCARICO DI FONDO E OPERE DI CONTENIMENTO DELLE PERDITE IDRICHE NEL CORPO DIGA

#### STUDIO DI FATTIBILITÀ

#### 1.0 - Premessa

Con la delibera Cipe 54/2016 è stato approvato il Piano Operativo FSC 2014-2020 per la messa in sicurezza delle infrastrutture in Italia che, per quanto attiene le grandi dighe, ha individuato le opere di sbarramento in condizioni di criticità, la tipologia degli interventi e ha attribuito le risorse finanziarie per ogni Regione, nella prospettiva di recuperare le capacità d'invaso e quindi risorsa idrica nonché di conseguire il requisito della piena esercibilità dei serbatoi superando i prolungati invasi sperimentali.

Con il successivo Accordo "Per la definizione degli interventi per l'incremento della sicurezza delle dighe [...] ubicate nella Regione Sicilia ai sensi della Delibera CIPE n. 54/2016", sottoscritto il 30/10/2017 tra il MIT - Direzione Generale per le Dighe e la Regione Siciliana, sono state individuati 17 impianti di ritenuta e stanziato un finanziamento complessivo per l'attuazione degli interventi di 53 milioni di euro. Alla convezione stipulata sono state allegate n° 17 schede, una per ogni impianto e sulla base dell'attività di vigilanza svolta dall'Ufficio Tecnico per le Dighe, che riportano una selezione degli interventi più urgenti per il recupero delle condizioni di sicurezza degli sbarramenti interessati.

Tra le dighe ricadenti nell'Accordo è inclusa anche la diga Olivo (Scheda 094), per la quale si prevede l'attuazione di interventi per la "*Manutenzione straordinaria degli scarichi profondi e del sistema di tenuta idraulica dello sbarramento*", finalizzati al superamento delle principali criticità già da tempo evidenziate ed oggetto di un progetto definitivo del 2004 dal titolo "*Interventi di ripristino della funzionalità del serbatoio, dello sbarramento e della derivazione irrigua*", a carattere più generale e che contemplava pure la rimozione dei sedimenti presenti nell'invaso.

In particolare la "Scheda 094" relativa alla diga Olivo è stata elaborata dalla Direzione Dighe sulla base degli esiti dell'attività di vigilanza nonché sui contenuti del suddetto progetto definitivo (2004), già approvato con prescrizioni e oggetto di revisione da parte del gestore nel 2007; la scheda individua i seguenti interventi:

- verifica e manutenzione straordinaria del sistema di tenuta dello sbarramento;
- adeguamento dell'imbocco dello scarico di fondo;
- miglioramento/adeguamento della casa di guardia e della torre faro previa rivalutazione della sicurezza sismica delle opere accessorie.

Per la predisposizione dello schema degli interventi idonei a perseguire tali finalità, si è redatto nel marzo 2017 uno studio di fattibilità che è stato sottoposto alla valutazione della Direzione Generale per le Dighe, per avviare l'attuazione dell'intervento inserito nel sopra richiamato Piano Operativo Infrastrutture FSC 2014-2020.

Nello specifico, il predetto studio, trasmesso con nota n. 18835 del 20/04/2017, dal titolo "*Ripristino della funzionalità dello scarico di fondo e opere di contenimento delle perdite idriche nel corpo diga*", avente un importo complessivo pari a circa 6,8 Mln di euro, prevedeva in sintesi i seguenti interventi:

- a) vuotamento completo dell'invaso e realizzazione di un'opera di deviazione provvisoria;
- b) realizzazione di nuova opera d'imbocco dello scarico di fondo consistente in una torre innestata sulla galleria di scarico in corrispondenza della sponda sinistra;
- c) realizzazione di uno schermo di iniezioni per l'impermeabilizzazione dal cunicolo perimetrale della diga;
- d) esecuzione di iniezioni cementizie a bassa pressione in corrispondenza dei giunti del cunicolo;
- e) realizzazione di nuovo sistema di piezometri a cella multipla in sponda sinistra;
- f) altri interventi gestionali e ambientali (condotta di emergenza irrigazione, invasi per salvaguardia della fauna ittica).

Con nota n. 22999 del 13/10/2017 la Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche (D.G.D.), esaminato lo studio di fattibilità, ha segnalato che "*allo stato attuale l'imbocco dello scarico di fondo, ancorché a rischio di ostruzione, non risulta fuori servizio ed è quindi in condizioni di essere recuperato. L'ipotesi di completo abbandono dell'attuale imbocco dello scarico di fondo in favore di un nuovo imbocco in posizione diversa e a quote superiori prescindendo da interventi localizzati di sfangamento e dalla disciplina di cui all'art.114 del D.Lgs. n.152/2006, non è apparsa né sufficientemente motivata in rapporto anche alle previsioni progettuali già assentite, né in linea con gli obiettivi posti dalla normativa di settore e con gli indirizzi del Consiglio Superiore dei LL.PP. formulati per casi similari*".

Tuttavia, sempre in seno alla nota n. 22999 del 13/10/2017 la stessa D.G.D. ha evidenziato che tra gli interventi indicati nella scheda non risultano compresi:

- *la verifica del manto di tenuta in relazione alle valutazioni già espresse nell'ambito del Progetto Definitivo approvato (2004);*
- *gli interventi di manutenzione straordinaria della casa di guardia e della torre faro;*
- *la verifica sismica delle opere accessorie, peraltro, necessaria e propedeutica alla definizione di qualunque intervento strutturale su dette opere.*

*Per quanto attiene agli interventi complementari e ambientali inclusi nello studio, si evidenzia che essi potranno essere ammessi a finanziamento se dotati di specifica e motivata correlazione con gli interventi principali in rapporto agli obiettivi di progetto.*

*Nei limiti dell'ammontare del finanziamento afferente all'accordo, si resta pertanto in attesa di un approfondimento sulla tipologia di interventi e sulla relativa valutazione economica e conseguentemente della rimodulazione degli interventi stessi secondo gli indirizzi forniti dalla scheda intervento e dalla presente.*

*Il progetto dovrà essere ripresentato nella forma di "Progetto di fattibilità tecnica ed economica", ovvero, in alternativa, direttamente nella forma di "Progetto definitivo", nel rispetto del D.Lgs. n.50/2016, del D.P.R. n.207/2010 e del D.P.R. n.1363/1959, tenuto conto della precedente fase progettuale già espletata e sulla base dei richiesti studi rivalutazione della sicurezza sismica.*

*Ferme restando le osservazioni sopra espresse relativamente all'imbocco dello scarico di fondo, resta facoltà di codesto Concessionario presentare eventuali soluzioni progettuali alternative o innovative rispetto ai progetti già presentati, se comunque coerenti con obiettivi e ambiti di intervento indicati dalle schede e supportati anche da motivazioni in termini comparativi (propri della fase di progettazione preliminare); dette*

*soluzioni di intervento saranno oggetto di valutazione da parte di questa Amministrazione nella sede propria dell'esame per parere o per approvazione dei relativi progetti.*

*In ogni caso si evidenzia che la gestione dell'interrimento ed eventuali soluzioni incidenti sulla capacità di invaso devono essere affrontate in maniera coordinata anche tramite il Progetto di Gestione (art.114 del D.Lgs. n.152/2006, D.M. 30/6/2004), soggetto ad approvazione della Regione previo parere di questa Amministrazione.*

Pertanto, si è ritenuto necessario procedere alla revisione del documento redatto nel marzo 2017 con la presente nuova stesura (novembre 2018) in cui si tiene conto delle prescrizioni della Direzione Generale Dighe e che costituirà la preliminare base informativa per la redazione dei successivi progetti di fattibilità tecnica ed economica, definitiva ed esecutiva.

Le finalità del presente studio, adeguato alle indicazioni dell'Autorità di vigilanza, sono le seguenti:

- ripristinare la piena funzionalità dello Scarico di Fondo del serbatoio, con un nuovo imbocco;
- affrontare la problematica inerente le perdite idriche riscontrate nel corpo diga;
- realizzare gli studi di rivalutazione sismica per la diga e per le opere accessorie, atteso che il progetto degli interventi proposti dovrà necessariamente basarsi sugli esiti di questi;
- rimozione dei sedimenti in tutta la zona antistante il piede di monte dello sbarramento al fine di effettuare i necessari interventi nel manto di tenuta;
- verifica e manutenzione dell'intero manto di tenuta della diga;
- rimozione dei sedimenti nella vasca di dissipazione, al fine della sicurezza della diga;
- acquisizione di un'area a valle diga, per la creazione di vasche di colmata ove trasportare i sedimenti rimossi dall'invaso;
- interventi di manutenzione straordinaria della casa di guardia e della torre faro.

Di conseguenza è stato rimodulato il costo per la realizzazione dell'intervento mantenendo, comunque, l'importo nella misura del finanziamento assentito, pari a 20,0 Mln di euro, giusta la Delibera n. 54/2016 del 01/12/2016 (Fondo sviluppo e coesione 2014-2020 - Piano operativo infrastrutture (art. 1, comma 703, lettera c) della legge n. 190/2014), pubblicata sulla G.U. Serie Generale n. 88 del 14/04/2017.

Per quanto riguarda lo scarico di fondo si precisa che attualmente il suo funzionamento è quasi completamente compromesso dall'interrimento del serbatoio, che ha creato un deposito sedimentario con piano di superficie disposto al livello medio di 424,50 ms.l.m., che ricopre la soglia d'imbocco dello scarico con battente di 8,0 m. Pertanto il presente studio ha lo scopo di proporre e definire un intervento finalizzato al ripristino della funzionalità originaria dello scarico e al controllo dell'ulteriore interrimento che andrà accumulandosi nel tempo.

In merito, invece, alla questione delle perdite idriche va subito osservato che, nonostante le numerose indagini eseguite<sup>1</sup> e il monitoraggio sulla tenuta idraulica dell'impianto ormai protrattosi per più di un decennio, non è ancora completamente chiarita la provenienza delle stesse perdite. Comunque gli studi precedenti hanno evidenziato tre possibili cause e precisamente: 1) permeazione dai terreni di fondazioni, 2) afflusso dalla falda

---

<sup>1</sup> - Si veda "Serbatoio Olivo - Studio delle Perdite Raccolte nel Sistema Drenante della Diga e Proposte d' Intervento" - ESA 2004

presente nei terreni di spalla, 3) infiltrazioni dal manto di tenuta della diga per la lacerazione dello stesso rivestimento nella zona in aderenza al cunicolo perimetrale.

Pertanto, il presente studio intende proporre la realizzazione di tutte quelle opere preliminari, già a suo tempo previste e finalizzate a ridurre le permeazioni in fondazione, a monitorare più esaurientemente le falde di sponda nonché a realizzare l'asportazione del materiale solido sedimentato sul manto di tenuta della diga per consentire la riparazione del rivestimento impermeabilizzante. Lo studio di fattibilità è così articolato:

- Stato attuale delle opere;
- Progetto Esecutivo 2004, predisposto dal Concessionario per la soluzione generale di tutte le problematiche connesse con l'esercizio dell'invaso;
- Finalità e Caratteristiche degli interventi proposti;
- Descrizione delle opere previste, con riferimento a specifici disegni allegati;
- Indicazione delle opere provvisoriale per la realizzazione del Cantiere di lavoro, della relativa strada di servizio e delle opere per assicurare lo smaltimento degli eventuali afflussi naturali in fase di lavoro;
- Cronoprogramma dei lavori;
- Piano delle indagini richieste per la progettazione;
- Preventivo di spesa dell'intero Intervento.

## **2.0 - Situazione attuale**

### **2.1 - Serbatoio**

Il Serbatoio Olivo è stato realizzato, da fine anni 70' ad inizio anni 80' (fine lavori 1982) mediante sbarramento del torrente omonimo, che più a valle assume la denominazione di torrente Braemi, affluente del fiume Imera meridionale. Il bacino sotteso ha un'estensione di 60 km<sup>2</sup>. Il Serbatoio ha un volume complessivo di 18.00 x 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> e una capacità utile di 13.00 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> fra le quote minima e massima di regolazione, pari rispettivamente a 427,80 e 448,30 m s.l.m.



Fig. 1: Vista aerofotogrammetrica della diga Olivo (EN)

La capacità morta, riservata agli interrimenti, è pari a  $2.00 \times 10^6 \text{ m}^3$  e quella di laminazione delle piene, fino al massimo invaso a quota 451,20 m s.l.m., è pari a  $3.00 \times 10^6 \text{ m}^3$  (cfr. Tav. 2).

La diga è del tipo di pietrame con manto di tenuta sul paramento di monte, costituito da conglomerato bituminoso, immorsato alla base su apposito cunicolo perimetrale d' ispezione e drenaggio. Il coronamento diga è disposto a quota 454,50 m s.l.m. (cf. Tav. 1).

Le Opere di Scarico a servizio dello sbarramento comprendono lo Scarico di Superficie e lo Scarico di fondo, tutti disposti in sponda sinistra.

Lo Scarico di Superficie è costituito da due calici gemelli con diametro  $\phi = 20.40 \text{ m}$  e ciglio alla quota 448,30 m s.l.m. del massimo invaso, seguiti da canne verticali e da gallerie circolari  $\phi = 5.40 \text{ m}$ , che aggirano lo sbarramento in spalla Sx e si sviluppano a valle, dove si immettono in apposita vasca di dissipazione. La portata massima di scarico risulta pari a  $780 \text{ m}^3/\text{s}$ , con sovrizzo di 2.90 m, e consente di laminare una portata affluente di  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Lo Scarico di Fondo è costituito da un tratto di galleria circolare  $\phi = 5.40 \text{ m}$  che s' immette nella galleria destra(quella più interna) dello scarico di superficie. All' inizio della galleria è disposta la opera d' imbocco, sagomata a pipa, con soglia di sfioro a quota 416,00 m s.l.m.. L' intercettazione è assicurata da una coppia di paratoie piane a strisciamento, con dimensioni  $1.80 \times 2.40 \text{ m}$ , con battuta a quota 404,56 m s.l.m.. Tali paratoie sono alloggiare in apposito pozzo-torre, situato una trentina di metri a monte dell' innesto con la galleria dello scarico di superficie.

La torre è munita di cabina d' accesso, a quota coronamento (454,50 m), ed è collegata alla sponda sinistra mediante una lunga passerella. La portata massima dello scarico, con invaso alla quota massima di regolazione, è pari a  $106 \text{ m}^3/\text{s}$ .

La situazione attuale, come già accennato, è caratterizzata da un consistente interrimento dell'invase, che ricopre e oblitera quasi completamente l' opera d' imbocco.

Tale situazione è stata accertata mediante apposito rilievo batimetrico fatto eseguire dal Concessionario nel 2013 (cfr. "Diga Olivo sul fiume Olivo - Rilievo Batimetrico 2013 - Relazione in data 4.09.2014").

Da tale accertamento risulta che in generale il piano medio d' interrimento in tutta la zona antistante la diga ha raggiunto quota 424,50 m s.l.m. , con incremento di 2,50 m su quanto accertato dal precedente rilievo batimetrico eseguito nel 2003 (cfr. Progetto Esecutivo 2004 citato al successivi punto 3).

Dalla documentazione del rilievo più recente si può osservare in particolare che in corrispondenza dell'opera d' imbocco l'interrimento presenta una marcata depressione a imbuto, con quota minima pari a 417,46 m s.l.m., e poi un innalzamento fino a quota 424,32 m s.l.m., risalendo la sponda sinistra a valle dell'opera d' imbocco. L' accertamento eseguito ha anche potuto stabilire che all' interno dell'opera d' imbocco è presente un più profondo imbuto caratterizzato da materiale di sedimentazione a forte contenuto d' acqua, così da presentare una consistenza semifluida che, in caso di apertura dell' opera di scarico, riesce ad essere parzialmente mobilizzato, così da consentire qualche deflusso di entità per altro molto modesta.



## **2.2 - Perdite idriche nel corpo diga**

Perdite idriche nel corpo diga sono state rilevate fin dai primi invasi sperimentali e si sono incrementate da qualche litro/secondo (1984) fino a circa 30 l/s a fine del 1999.

Tali perdite sono raccolte da un articolato sistema di drenaggio, costituito da due cunicoli interni al corpo diga: quello trasversale di accesso e quello perimetrale, che delimita a monte il corpo diga e che costituisce l'elemento murario di ancoraggio del manto di tenuta della diga e contemporaneamente la testa del taglione di tenuta in fondazione.

Dallo Studio a suo tempo eseguito risulta che il monitoraggio continuo, e dettagliato alle singole bocchette di drenaggio esistenti nei citati cunicoli, è funzionante dal 1992 e quindi ad oggi si può disporre di una lunga serie di osservazioni. Tale studio, pur non escludendo la possibilità di perdite dovute a lesioni del manto di tenuta della diga, ha comunque accertato che almeno un'aliquota consistente delle perdite registrate è da ascrivere a permeazioni dell'acqua d'invaso al di sotto o attraverso la struttura di tenuta in fondazione, realizzata con paratia disposta lungo l'asse del cunicolo d'ispezione perimetrale o eventualmente anche dalla falda naturale presente in sponda sinistra. Questo è l'aspetto specifico preso in considerazione nel presente studio.

## **3.0 - Progetto Esecutivo 2004**

Già in passato il Concessionario del Serbatoio Olivo (al tempo ESA - Ente Sviluppo Agricolo) aveva preso atto degli inconvenienti presenti nell'impianto, che comprendevano, oltre al precario funzionamento dello Scarico di Fondo, anche l'interrimento della condotta di adduzione irrigua e la presenza di consistenti perdite nel corpo diga, che in base ad appositi Indagini e Studi erano state attribuite a un presumibile strappo del manto di tenuta di conglomerato bituminoso, alla congiunzione con il cunicolo d'ispezione.

Allo scopo il Concessionario stesso redigeva uno specifico progetto esecutivo che affrontava in generale tutte le problematiche sopra indicate proponendo un consistente scavo di sfangamento con il duplice intento di consentire i lavori a fondo valle e nel contempo di ripristinare un consistente volume della capacità d'invaso del serbatoio. Per il deposito dei fanghi estratti dal serbatoio, al tempo previsti in 475 000 m<sup>3</sup>, era prevista la realizzazione di adeguate casse di colmata, disposte su un pianoro a valle diga.

Tale progetto è stato terminato nella sua fase Esecutiva nel 2004, revisionato nell'anno 2007, ma non approvato e realizzato, sostanzialmente a motivo della mancanza di adeguata disponibilità economica, dato il suo costo di entità rilevante proprio a causa del pesante costo dello scavo di sfangamento.

## **4.0 - Scarico di Fondo**

### **4.1 - Finalità e caratteristiche della presente proposta**

Come già accennato in premessa, se si considerano le finalità di maggior sicurezza alla base del "Piano Nazionale per le Dighe", è chiaro che la soluzione della precaria situazione di funzionamento dello Scarico di Fondo, come già evidenziata, va considerata non solo elemento essenziale per la sicurezza del serbatoio, ma anche di estrema urgenza.

Altrettanto chiaro è il fatto che in tale prospettiva possono ragionevolmente essere abbandonati i criteri generali adottati nel Progetto 2004, sopra richiamato, per soluzioni più rapide e di costo più contenuto.

In particolare può essere rimandata, la finalità di recupero della capacità d'invaso mediante operazioni di sfangamento (lavorazione altamente costosa), che in ogni caso va affrontata in maniera coordinata tramite il progetto di gestione (art. 114 del D.Lgs n. 152/2006 e D.M. 30/06/2004).

Tale intervento di sfangamento va infatti ancora considerato utile, ma certamente non essenziale alla sicurezza del serbatoio, tanto più per il fatto che l'interrimento risulta tuttora contenuto nella capacità morta dell'invaso, riservata appunto agli interrimenti.

In questa prospettiva è stato possibile mettere a punto una diversa soluzione, che si basa sostanzialmente sui seguenti fattori.

- Spostamento dell'opera d'imbocco dello Scarico di Fondo in zona non interessata dal deposito sedimentario, spostamento da realizzare risalendo la sponda a valle dell'imbocco esistente lungo l'asse della galleria esistente.
- Realizzazione in tale posizione di una nuova Opera d'imbocco collegata mediante pozzo alla sottostante galleria di scarico; la soglia di sfioro risulta a quota 424,50 m s.l.m., di 8,50 m superiore a quella dell'opera esistente, ma inferiore alla quota di minimo invaso di 427,80 m s.l.m. e quindi sempre contenuta nell'ambito della capacità morta.
- Tale nuova Opera d'Imbocco viene qui proposta da realizzare mediante torre elevata fino a quota coronamento e munita, verso invaso, di una serie di bocche rettangolari, che possano essere intercettate da apposite panconature metalliche, così da poter seguire il futuro innalzamento dell'interrimento, evitando l'intasamento dello scarico.
- La torre va naturalmente munita di passerella di servizio, analoga a quella già esistente per la Torre di Manovra Paratoie dello scarico di fondo esistente.

#### **4.2 - Descrizione delle opere**

L'opera d'imbocco qui proposta risulta costituita da un pozzo-torre verticale, a sezione circolare, disposta in corrispondenza dell'asse dell'esistente Scarico di Fondo, a una distanza di 45,00 m a monte dell'esistente Pozzo Paratoie dello stesso scarico.

Tale struttura risulta costituita nella parte inferiore da pozzo, che si collega con raccordo sagomato alla sottostante galleria esistente dello Scarico di Fondo. La parte superiore è invece costituita da torre in elevazione fino a quota coronamento (cfr. Tavv. 4 e 5).

Il raccordo inferiore alla galleria esistente consiste in una sagomatura del vano interno, in modo da rendere tale vano a sezione trasversale sempre circolare.

In tal modo detto vano interno assume la forma di un tronco di cono a sezione circolare, incurvato a 90° per realizzare l'andamento a pipa, caratteristico del raccordo stesso.

La sezione orizzontale superiore, disposta a livello pozzo 414.00 m s.l.m., ha diametro  $\phi = 7.80$  m, quella a fine raccordo, sempre circolare, ha diametro  $\phi = 5.40$  m e si raccorda direttamente con la galleria di scarico.

Tale sagomatura sarà realizzata mediante casseratura metallica a perdere, opportunamente sagomata, e getto

di bloccaggio con calcestruzzo fibrorinforzato con aghi metallici.

La realizzazione del raccordo sagomato comporta la preventiva demolizione parziale del rivestimento della galleria esistente per consentire l'intersezione della struttura del pozzo con quella della galleria. Va peraltro precisato che tale disposizione risulta essenziale per la resistenza della struttura ai carichi orizzontali, in quanto consente di realizzare uno stato tensionale caratterizzato dall'assenza di tensioni di trazione, grazie all'effetto arco indotto dal vano interno sempre circolare.

La torre superiore si eleva dalla quota 427,00 m, ove sarà realizzato il piano di lavoro esterno, alla quota di coronamento 454,50 m s.l.m..

La struttura di c.a. della canna è a sezione circolare, con diametro interno  $\varnothing = 7.80$  m e spessore di 1,80 m, per cui il diametro esterno risulta pari a 11,40 m.

Sul lato verso invaso sono disposte delle serie di bocche, sovrapposte una alle altre per tutta l'altezza del torrino. Ogni serie comprende n.2 luci, di altezza pari a 1.00 m, disposte radialmente, definite da un angolo al centro di 30° e separate da una pila con angolo al centro di 20°.

La larghezza di ogni luce è variabile da 2.02 m, sul lato interno della canna, a 2.96 m, su lato esterno.

Le serie di luci sono sovrapposte fra loro con interasse di 1.50 m e separate da un setto-trave disposto orizzontalmente. Il setto ha spessore di 0.50 m e sagomatura arrotondata sia sul lato verso invaso, che sul lato interno.

I setti orizzontali, larghi 1,80 m, come le pareti della struttura, sono interrotti centralmente da una feritoia larga 0,30 m, munita ai bordi, contro la struttura e la pila centrale, di appositi gargami per l'infilaggio di robuste panconature.

Le serie di luci sovrapposte sono complessivamente n. 16, e vanno dalla quota di sfioro 424,50 m s.l.m., della luce inferiore, alla quota di sfioro 447,00 m s.l.m., della luce più elevata.

La funzione di queste luci supplementari è quella di consentire, nella fase iniziale, l'afflusso nello scarico di fondo fino a livello 424,50 m s.l.m., ma di poter sovralzare tale livello, mediante l'installazione delle panconature, in modo graduale in relazione all'innalzamento futuro del livello d'interrimento, così da creare una adeguata difesa per impedire l'afflusso dei fanghi d'interrimento all'interno dello scarico.

I panconi per ogni singola bocca avranno dimensioni 2.90 x 1.50 x 0.30 m; saranno realizzati in carpenteria di alluminio, come da particolari riportati nella Tav.6 allegata. Tutti i panconi richiesti, in numero di 32, saranno forniti all'atto costruttivo e tenuti a disposizione, adeguatamente sistemati nei pressi della Casa di Guardia, ove potrà essere attrezzata un'apposita area con piattaforma in legname, per evitare l'umidità del terreno, e opportuni teli impermeabili di protezione. Al momento opportuno saranno installati mediante argano, disposto alla sommità della torre a quota coronamento, allo scopo munito di apposita incastellatura di sostegno dei paranchi per il loro prelievo e sistemazione in sede.

Per l'accesso alla Torre è prevista apposita Passerella di servizio, in partenza dalla sponda sinistra, dallo stesso punto da cui inizia la passerella esistente, a servizio della Torre della Camera Paratoie (cfr. Tav. 7)<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> - Una disposizione in variante, con collegamento della nuova passerella non alla sponda, ma direttamente alla passerella già esistente, con riduzione del suo sviluppo, potrà essere studiata nelle successive fasi progettuali.

### **4.3 - Funzionamento idraulico**

Come verificato da calcoli preliminari, lo scarico di fondo così modificato avrà le seguenti caratteristiche funzionali.

- Situazione iniziale con tutte le luci aperte

La portata di scarico risulta quasi sempre condizionata dalle sole paratoie d'intercettazione, che non subiscono alcuna modifica; solo a livelli molto bassi la nuova opera d'imbocco risulta determinante, condizionando la portata a valori inferiori a quelli scaricabili dalle paratoie. Pertanto si ha quanto segue.

- Portata massima con livello d'invaso alla quota di massima regolazione (448,30 m), (come da situazione precedente): 106.44 m<sup>3</sup>/s
- Livello d' Invaso da cui inizia il condizionamento della nuova Opera d' Imbocco (solo 3.88 m sopra la soglia di sfioro più bassa): 431,38 m s.l.m.
- Portata con livello d'invaso alla quota di cui sopra (431,38 m) 82.61 m<sup>3</sup>/s
- Tempo di vuotamento del serbatoio dalla quota massima di regolazione alla soglia più bassa dell'opera d'imbocco (424,50 m): circa 40.00 ore

Si può constatare che in questa situazione il funzionamento dello scarico presenta variazioni molto modeste rispetto a quello definito nel progetto originario, caratterizzato da una portata massima di 106.44 m<sup>3</sup>/s e tempo di vuotamento di circa 46 ore. Si fa presente che la costanza del valore della portata massima si giustifica pienamente in quanto essa risulta condizionata, come già detto, solo dalla portata alle paratoie, ove non sono intervenute modifiche, e non dalla conformazione dell'imbocco.

- Situazione finale con tutte le luci chiuse da panconi

La portata massima di scarico risulta ancora condizionata dalle paratoie d'intercettazione delle paratoie con livello d' invaso fino a quota 444,50 m s.l.m., a distanza di 3,80 m al di sotto del livello di massima regolazione 448,30 m s.l.m.. A tale livello, di eventuale chiusura di tutte le luci sottostanti, la portata di scarico risulta ancora pari a 104,00 m<sup>3</sup>/s. solo lievemente inferiore alla massima portata nelle condizioni originarie.

### **4.4 –Ripristino delle paratoie d'intercettazione e interventi complementari**

Va osservato che la galleria dello scarico di fondo risulta attualmente interessata, nella tratta a monte delle paratoie d'intercettazione, da un discreto strato di deposito sedimentario e che le stesse paratoie d'intercettazione si presentano in stato di avanzato deterioramento, evidenziato sia dalla imperfetta tenuta idraulica, sia da profondi ed estesi ammaloramenti della struttura metallica.

In questa fase di ripristino della piena funzionalità dello scarico, si ritiene quindi opportuno prevedere adeguati interventi per risolvere anche queste situazioni negative.

In particolare si ritiene necessario provvedere ad un generale ripristino di tutta la struttura metallica, che comprenda i seguenti interventi di riparazione o di sostituzione.

- a - Rivestimento metallico di transizione e convergenza a monte e valle paratoie:

- Pulizia interna e rimozione vernice non aderente;

- Ripresa di saldature, placcatura e riparazioni al bisogno;
  - Preparazione superficie e verniciatura.
- b - Saracinesche di monte e valle
- Rimozione cilindro oleodinamico;
  - Smontaggio castelletto;
  - Rimozione diaframma;
  - Pulizia interna al telaio di sostegno e rimozione vernice non aderente;
  - Ripresa saldature, placcatura e riparazioni al bisogno;
  - Ricarica e lucidatura sedi di tenuta;
  - Realizzazione nuovo diaframma, eventualmente a tenute flessibili;
  - Nuovo cilindro oleodinamico;
  - Manutenzione castelletto;
  - Inserimento e aggiustaggio diaframma;
  - Rimontaggio castelletto e cilindro oleodinamico.
- c - By-pass riempimento scarico di fondo
- Revisione e sostituzione valvola.
- d - Sostituzione Centrale oleodinamica
- e - Sostituzione Quadro elettrico

Inoltre si prevede di sostituire, all'interno del pozzo paratoie, le duesaracinesche DN 800 relative alle prese per la derivazione irrigua, non più regolarmente funzionanti, e di asportare tutto il materiale di sedimentazione, presente a monte paratoie, fino all'innesto con la nuova opera d'imbocco.

Al riguardo si precisa che tutti i relativi costi sono stati inseriti nella previsione di spesa del presente studio.

## **5.0 - Interventi nel corpo diga e nelle opere accessorie**

### **5.1- Opere di contenimento delle perdite idriche nel corpo diga**

Le Opere di contenimento delle perdite idriche nel corpo diga qui proposte trovano la loro motivazione nello "Studio delle perdite raccolte nel sistema drenante della diga e proposte d'intervento", già precedentemente citato (cfr. nota 2). Tale studio si basava sulle risultanze di una specifica campagna d'indagine relative alla "Perizia per lo studio delle perdite idriche nel corpo diga", eseguita dall' ESA nel 1999.

Tali indagini infatti già da allora erano finalizzate a uno degli scopi più significativi per la sicurezza dello sbarramento, che é quello della limitazione delle perdite idriche riscontrate nel corpo diga.

La provenienza delle perdite lamentate, e che risultano captate dal sistema drenante della diga, è da ascrivere a tre vie preferenziali.

Infatti una prima consistente aliquota di perdite è certamente dovuta al passaggio dell'acqua d'invaso al disotto

o attraverso la struttura di tenuta in fondazione realizzata con la paratia costruita lungo l'asse del cunicolo d'ispezione longitudinale disposto al piede di monte della diga.

Una seconda aliquota di perdite, ancora consistente, è invece dovuta alla falda idrica presente su ambedue le sponde e alimentata almeno in parte dalle stesse acque dell'invaso, in quanto chiaramente influenzate dal livello dell'invaso stesso.

Infine una terza aliquota di perdite, certamente a carattere saltuario e di entità più modesta, potrebbe provenire anche dal manto di tenuta della diga, per lesioni concentrate o per strappo della giunzione di piede al cunicolo perimetrale della diga.

Le perdite accertate raggiungono una portata massima di 30 l/s e risultano concentrate per il 60 % nel cunicolo d'accesso, nella tratta più a monte che si collega con il cunicolo perimetrale e transita nella parte più depressa del piano di imposta della diga. Il restante 40% è captato dal cunicolo perimetrale e in particolare dal ramo sinistro, con l'80 % del totale.

Va anche precisato che le bocchette attivamente drenanti nel cunicolo perimetrale sono esclusivamente quelle basse, mentre quelle alte, direttamente collegate con lo strato del manto di tenuta della diga, risultano praticamente inattive, salvo limitati apporti da alcune bocchette del ramo destro, non significativi in quanto molto sporadici e di entità minima.

Per quanto riguarda la provenienza delle perdite accertate, il sopraccitato studio individua due fonti principali:

- Venute dalle fondazioni per aggiramento o superamento del sistema di tenuta (cunicolo perimetrale e relativo taglione in fondazione).
- Venute dalle sponde dell'imposta diga.

Le venute dalle fondazioni risultano ben evidenziate dai piezometri in asse cunicolo perimetrale, che hanno segnalato con chiarezza la presenza di una falda profonda nei terreni di fondazione.

Va peraltro considerato che il livello piezometrico individuato da tali piezometri, subito a valle del cunicolo data la loro lieve inclinazione verso valle, è sempre sensibilmente più alto del terreno d'imposta. Da queste constatazioni si può dedurre che la falda non resta interna ai terreni di fondazione, ma emerge a valle, denunciando così un chiaro movimento di permeazione da monte a valle.

Si tratta quindi di infiltrazioni sempre provenienti dall'invaso, che attraversano o sotto passano il sistema di tenuta disposto sotto il cunicolo perimetrale.

In questo ambito non va trascurata nemmeno la presenza di giunti difettosi nel cunicolo stesso, che possono contribuire all'incremento delle perdite captate dal cunicolo stesso.

Le venute dalle sponde dell'imposta diga sono invece ben evidenziate dalla presenza di falda idrica in ambedue le sponde anche in corrispondenza dell'asse diga, cioè a discreta distanza dal sistema di tenuta verso vaso.

Infatti tale falda difficilmente potrebbe essere determinata da infiltrazioni sotto cunicolo perimetrale, in quanto queste risulterebbero più facilmente drenate direttamente dal cunicolo stesso disposto più a monte.

D'altra parte eventuali venute da lesioni del manto si diffonderebbero nel corpo diga e si raccoglierebbero nella parte centrale dell'imposta diga, più depressa, senza interessare i terreni di sponda anche in profondità.

Pertanto è presumibile che queste venute, certamente provenienti dall'invaso data la constatata dipendenza dal livello dello stesso, pervengano all'imposta diga per lungo aggiramento laterale.

Pervenute sull'imposta diga è presumibile che esse affluiscano nel punto più depresso dall'imposta diga, situato all'innesto del cunicolo trasversale con quello longitudinale (cfr. precedente punto 1.1), e qui vengono drenate dalle bocchette dello stesso cunicolo trasversale. Questo tipo di perdite è chiaramente ipotizzabile, ma non ha mai avuto riscontri convincenti, anche perché già al tempo delle prime indagini il manto bituminoso della diga risultava inaccessibile per la presenza di una consistente coltre di materiale di sedimentazione. Ai fini di una efficace riduzione e controllo delle riscontrate perdite idriche nel corpo diga, è quindi chiara l'opportunità di un approccio differenziato, che qui si prevede articolato sugli specifici interventi sotto indicati.

- a) Impermeabilizzazione della paratia di monte della diga, mediante cortina d'iniezioni da realizzare dal cunicolo perimetrale della diga.
- b) Realizzazione di nuovi Piezometri, su ambedue le sponde, allo scopo di meglio monitorare la falda di sponda e quindi le permeazioni conseguenti, che interessano il corpo diga.
- c) Asportazione della coltre sedimentaria, che ricopre il paramento diga, per consentire una adeguata manutenzione straordinaria del manto stesso.
- d) Le specifiche caratteristiche dei vari interventi verranno dettagliate nei successivi sottocapitoli, ma va subito precisato che, mentre i primi due interventi (a, b) risultano già ora ben definiti, il terzo intervento (c) offre un più vasto ventaglio di possibilità e quindi dovrà essere trattato più ampiamente nel progetto di fattibilità tecnica ed economica, così da offrire uno scenario più adeguato per una valutazione di convenienza, da definire anche successivamente sulla base di specifiche indagini.

## **5.2 - Impermeabilizzazione della paratia di monte della diga**

### 5.2.1 - Descrizione delle opere

Il cunicolo perimetrale della diga, che si affaccia all'invaso, è dotato di una paratia d'immorsamento nei terreni di fondazione, che fu realizzata ad elementi interconnessi di larghezza di m 4.40 e profondità variabile da m 10.00 a m 15.00, correndo dalla sommità cunicolo di sponda sinistra verso la sezione 6 di fondo valle, e da m 15.00 a m 25.00 dal fondo valle fino alla sommità cunicolo in sponda destra.

In sponda sinistra in genere la paratia s'immorsa in una zona attraversata da due faglie che separano le argille plioceniche dominanti dalle argille mioceniche e dalla formazione calcarea sottostante. In sponda destra la paratia si sviluppa invece nella formazione delle argille mioceniche brecciate sottostanti la formazione delle marne calcaree biancastre dei trubi. Sia le argille plioceniche che quelle mioceniche sono interessate da fasce di disturbo rappresentate, le prime da piani di fratturazione, le seconde da struttura scagliettata e veli di sabbia fine.

Come già precisato, si ritiene che una consistente parte delle perdite idriche riscontrate nel corpo diga siano da ascrivere ad una insufficiente profondità della paratia nelle formazioni più o meno impermeabili, e forse anche a locali difetti di saldatura fra i vari elementi di paratia durante la fase costruttiva.

Pertanto, si ritiene opportuno perfezionare la tenuta della paratia tramite la esecuzione di una serie di iniezioni dall'interno del cunicolo atte a formare una cortina impermeabilizzante fino alla profondità massima di 30

metri in sinistra e 40 m in destra a partire dal piano di camminamento del cunicolo.

Il cunicolo d'ispezione è stato realizzato per conci di larghezza in genere di m 8.80. I conci in sponda sinistra sono 25 a partire dalla sezione maestra n°6 in corrispondenza della quale è ubicato il concio zero; i conci in destra sono 30.

Lo schermo d'iniezione interesserà: in sinistra i conci da 0 a 23 ai quali corrisponde rispettivamente la quota di calpestio del cunicolo 403,90 m e 449,50 m s.l.m.; in destra i conci da 0 a 29 che si mantengono alle stesse quote di calpestio come sopra indicate.

La profondità delle iniezioni in sinistra è prevista costante e pari a 30 metri dal concio 23 al concio 0; in destra la profondità della cortina d'iniezioni è prevista di 30 metri dal concio 0 al concio 20 e di 40 m dal concio 21 al concio 29.

In linea di massima, saranno eseguiti fori allineati del diametro di mm 85 con bocca foro circa in asse cunicolo, con inclinazione verso monte di 8° su piano verticale, distanziati fra loro di circa m 1.00; praticamente in ogni concio ci saranno 9 fori avendo la massima cura affinché, per ogni concio, i fori estremi risultino ad una distanza dai giunti fra concio e concio di almeno 50 cm in modo da non interessare mai i giunti di materiale plastico e le scatole di ancoraggio dei giunti stessi.

Pertanto, lungo lo sviluppo del cunicolo, prima d'iniziare il posizionamento dei fori, dovrà essere bene evidenziato lo sviluppo di ciascun concio.

Oltre all'osservanza di quanto sopra precisato si dovrà avere cura assoluta di mantenere in efficienza i piezometri realizzati lungo il cunicolo e precisamente i piezometri: SP3 – SP7 – SP10 – SP11 cunicolo in sinistra; SP12 – SP13 – SP14 in destra.

Nei conci dove sono ubicati i suddetti piezometri la distanza dei fori d'iniezione sarà almeno di 1.00 metro. I fori d'iniezione esterni al piezometro potranno essere anche ravvicinati fra loro.

I fori saranno eseguiti a distruzione di nucleo e le iniezioni procederanno dalla quota d'ingresso di destra e sinistra verso il basso fino al concio 0.

I fori saranno iniettati a cominciare dal basso per tronchi di 2 m indistintamente per tutti i fori.

In base allo sviluppo dei cunicoli, come rilevabili dai disegni di progetto, saranno realizzati:

- in sinistra circa 6200 m di foro, con n°3100 tronchi da iniettare;
  - in destra circa 8600 m di foro, con n°4300 tronchi da iniettare,
- per un totale di 14 800 m di foro.

Le operazioni d'iniezione avverranno quindi per i tronchi di 2 m con l'ausilio di packer doppio per isolare i tratti di avanzamento del basso verso l'alto.

La miscela da iniettare è prevista, in linea di massima, di tipo cementizio con le proporzioni:

- Acqua – 1000 kg pari a 1000 litri
  - Cemento – 500 kg pari a 167 litri, fissato il peso specifico del cemento = 3 kg/l
  - Bentonite – 15 kg pari a 6 litri, fissato il peso spec. della bentonite = 2.5 kg/l
- cioé in totale: 1515 kg pari a 1173 litri

Il cemento da utilizzare dovrà avere finezza minima di 5000 cm<sup>2</sup>/gr.

Si ritiene fondamentale fare notare che per ogni concio dove si stanno eseguendo le iniezioni dovrà essere



disposto un rilevatore idoneo a controllare ogni minimo accenno di movimento-sollevamento del concio sottoposto alla iniezione. Inoltre il macchinario operativo delle iniezioni dovrà essere dotato di idonei supporti antivibrazione atti a salvaguardare la funzionalità dei giunti; in particolare quelli fra la struttura muraria del cunicolo d'ispezione ed il manto bituminoso ad essa sovrapposto.

Per limitare le vibrazioni del cunicolo, la centralina d'iniezione potrà essere allocata nel piazzalino antistante l'ingresso del cunicolo d'ispezione.

In base ai risultati accertati durante le operazioni di iniezione che furono eseguiti, nel periodo di costruzione della diga in sponda destra, per uno sviluppo di circa 3700 m, si può presumere che l'assorbimento di miscela secca possa raggiungere  $0.25 \div 0.30$  ql/m di foro.

Nel caso in esame si avrebbero per i circa 15.000 m di foro, circa 4.500 quintali di miscela secca assorbita.

#### 5.2.2 – Perfezionamento tenuta giunti cunicolo e nuovi piezometri

Sempre dallo studio relativo alla citata "Perizia per lo studio delle perdite idriche nel corpo diga", è emerso che alcune perdite accertate sono localizzate in vicinanza o anche in corrispondenza di giunti del cunicolo perimetrale, pur non interessando il vano interno transitabile del cunicolo stesso.

Ciò fa presumere che la tenuta in alcuni giunti non sia perfetta e che possano essere presenti infiltrazioni che interessano le zone superiore e inferiore del cunicolo nei tratti di contatto con il manto di tenuta, superiormente, o con il taglione di base, inferiormente.

Pertanto si ritiene opportuno prevedere degli interventi localizzati per perfezionare la tenuta di tali zone. Tali interventi sono basati sostanzialmente sull'esecuzione di iniezioni cementizie a bassa pressione mediante fori di piccolo diametro da praticare con attrezzo a rotazione con il minimo disturbo della struttura esistente.

#### 5.3 – Realizzazione di nuovi Piezometri sulle spalle diga

Per quanto riguarda le permeazioni provenienti dalle sponde della valle si ritiene opportuno realizzare un più preciso sistema di monitoraggio della falda presente su ambedue le spalle della diga, con la duplice finalità di tener sotto costante controllo l'andamento della loro superficie libera in funzione dell'invaso e nel contempo di acquisire tutti i dati necessari per una valutazione, se pur sommaria, dell'entità del deflusso che può interessare l'imposta diga. Allo scopo si prevede l'esecuzione di una serie di n. 8 piezometri in foro verticale, di cui quattro in spalla sinistra e gli altri in spalla destra.

Per ciascuna spalla, tre di tali piezometri sono previsti disposti su un allineamento trasversale all'asse diga, circa a quota coronamento, mentre il quarto è disposto lungo la sponda. Dei primi tre piezometri, uno risulta disposto a monte del cunicolo perimetrale, uno in asse diga e uno a valle.

La profondità è prevista pari a 80 m per tutti i piezometri. Essi saranno attrezzati con n.3 celle tipo Casagrande ciascuno, disposte rispettivamente alle profondità di 15, 45 e 75 m dal boccaforo.

Inoltre è prevista l'esecuzione di numerose prove di permeabilità del terreno interessato, da realizzare nelle stesse perforazioni predisposte per l'installazione della strumentazione piezometrica, ma ovviamente prima di tale installazione. Queste prove hanno la finalità di accertare la permeabilità dei terreni attraversati della falda, dato essenziale per una valutazione dell'entità del deflusso.

#### **5.4 - Asportazione della coltre sedimentaria sul paramento diga**

Il manto bituminoso della diga ancorchè presenti diffuse gibbosità, rigonfiamenti e piccoli avvalamenti, si rileva in uno stato generale di normale conservazione, il quale tuttavia conta oltre 30 anni di esercizio senza che sia mai stato effettuato alcun intervento di manutenzione; maggiore attenzione bisogna porre agli strati più superficiali, più soggetti all'azione degli agenti atmosferici e dell'irraggiamento solare, particolarmente insidioso per la conservazione delle caratteristiche di elasticità e di resistenza del materiale bituminoso.

Per la verifica e la manutenzione del manto bituminoso di tenuta della diga, causa di eventuali permeazioni nel corpo diga, risulta necessaria l'asportazione della coltre sedimentaria fino al cunicolo di piede con ciglio alla quota 409,00 m s.l.m., mediante sfangamento, al fine di mettere a vista tutta la superficie del manto di tenuta, e strettamente limitata a questo solo fine e per nulla intesa al recupero di volume d'invaso. Di conseguenza risulta conveniente ridurre l'entità del materiale da asportare allo stretto necessario allo scopo.

È chiaro d'altronde che non è possibile operare in modo strettamente circoscritto alle zone d'interesse, in quanto la fluidità del fango non consente di realizzare fronti a pendenza consistente.

Va inoltre evidenziato che lo scavo generale, in tutta la zona antistante la diga potrebbe al limite essere approfondito solo fino a quota 416,00; quota corrispondente sia al ciglio dell'avandiga esistente a monte del piede manto diga, sia al pianoro in cui risulta inserita l'opera d'imbocco dello scarico di fondo.

Tuttavia, con una tale situazione di scavo, risulterebbe molto complessa e onerosa la realizzazione di un'adeguata deviazione provvisoria dei deflussi naturali, che si ritiene necessario realizzare per una sufficiente sicurezza dei cantieri di lavoro localizzati all'interno del serbatoio (lavori inerenti il manto di tenuta).

Per consentire il deflusso delle acque afferenti all'invaso e assicurare un minimo franco di sicurezza, si ritiene necessario prevedere un abbassamento del piano generale di scavo alla quota 414,00 m s.l.m., consentendo il funzionamento corretto della deviazione provvisoria senza ulteriori aggravii di opere provvisorie ai cantieri di lavoro.

Pertanto si è prevista la seguente modalità di scavo:

- scavo generale limitato alla quota 414,00 m s.l.m., esteso a tutta la zona antistante la diga fino circa 20 m a monte dell'esistente opera d'imbocco dello scarico di fondo;
- raccordo verso monte al piano generale d'interrimento a quota 424,00 m s.l.m., con livelletta a pendenza 1/5, che può considerarsi, con cautela, la pendenza d'equilibrio dei materiali sedimentati;
- approfondimento alla quota 409,00 m s.l.m. strettamente limitato alla zona antistante il manto di tenuta della diga, che risulta separata dall'invaso a monte, e quindi dai relativi sedimenti, per la presenza del rilevato avandiga, con ciglio a quota 416,00 m s.l.m..

Si ritiene opportuno proporre uno "Sfangamento Asciutto", cioè eseguito a serbatoio vuoto mediante escavatori tradizionali a lungo braccio, stante che, già per la realizzazione di tutte le altre opere in progetto, è previsto il vuotamento completo del serbatoio almeno per una annata irrigua

In queste condizioni lo sfangamento asciutto sarebbe non solo possibile, ma probabilmente di entità alquanto più ridotta, di costo più contenuto e di più facile messa a deposito in limitate aree subito a valle diga rispetto ad uno "Sfangamento Bagnato" cioè eseguito a serbatoio invasato mediante draga tradizionale.

Al riguardo si osserva in particolare quanto segue:

- a - la riduzione della quantità di materiale da asportare deriva dalla presumibile possibilità di assegnare ai fronti di scavo pendenze più elevate, proprio in quanto tale materiale è trattato all'asciutto, senza la diluizione richiesta per il dragaggio tradizionale;
- b - la presunta riduzione di costo dovrebbe conseguire dall'utilizzo di escavatori a terra e da una riduzione dei tempi di lavorazione;
- c - la facilitazione della messa a deposito del materiale asportato deriva certamente dall'assenza della procedura di sedimentazione (richiesta invece nello sfangamento con draga) e dalla possibilità di accatastare il materiale interessato in rilevati di discreta altezza.

Lo sfangamento a secco qui proposto potrebbe quindi presentare notevoli vantaggi e consentire una ripulitura del manto diga notevolmente maggiore di quanto possibile, a parità di spesa, con sfangamento tradizionale.

Tuttavia va chiaramente evidenziato che per tale lavorazione non esistono adeguati esempi di riferimento e che pertanto è necessario acquisire nuovi dati sperimentali e definire nuove procedure mediante prove dirette in sito.

Al riguardo nel "Piano delle Indagini per la Progettazione", definito al successivo Cap. 9, sono state previsti specifici accertamenti, definiti come segue.

- accertamento delle caratteristiche geotecniche e meccaniche del materiale di sedimentazione, mediante perforazione di sondaggi da natante, prelievo di campioni intatti e rimaneggiati, ed esecuzione di adeguate prove di laboratorio.
- messa a punto, con l'ausilio di ditta specializzata in grandi scavi, di una procedura completa di "Scavo di sfangamento a secco", con specifico riferimento alle reali condizioni della zona serbatoio, comprendente la definizione dei macchinari e attrezzature da utilizzare sia per lo scavo che per il trasporto a deposito, i tempi di lavorazione, l'entità della manodopera richiesta e qualsiasi altro dato per poter procedere alla definizione di una dettagliata analisi del prezzo unitario per tutta la lavorazione nel suo complesso.

La localizzazione degli scavi, così previsti, e le loro caratteristiche di estensione e di profondità, sono indicati nelle tavole 11, 12 e 13: questo intervento comporta uno spostamento di un volume di materiale valutabile, con sufficiente precisione, in 470.000 m<sup>3</sup> e la realizzazione di apposite casse di colmata per lo stoccaggio del materiale stesso.

Considerando un onere per le fasi di scavo e di trasporto fino alle casse di colmata pari a 8,30 €/mc si stima un costo complessivo di € 3.900.000,00.

### **5.5 - Asportazione della coltre sedimentaria nella vasca di dissipazione**

Nell'ambito del progetto si prevede, altresì, di effettuare ai fini della sicurezza della diga, un intervento di sfangamento con mezzi meccanici a secco per la pulizia della vasca di dissipazione, a valle diga, laddove si è depositato uno spessore di materiale proveniente dal serbatoio con la presenza di una folta vegetazione, anche di tipo arbustivo, che potrebbe impedirne la regolare officiosità e quella della stazione idrometrografica, installata poco a valle.

La localizzazione degli scavi e le loro caratteristiche di estensione e di profondità, comporta uno spostamento di un volume di materiale valutabile con sufficiente precisione in 24.120 m<sup>3</sup>, che verrà trasportato fino alle casse di colmata.

Considerando un onere per le fasi di scavo e di trasporto fino alle casse di colmata pari a 8,30 €/mc si stima un costo complessivo di circa € 200.000,00.

#### **5.6 – Manutenzione straordinaria del manto diga**

Il manto di tenuta infatti é munito di un proprio sistema drenante, suddiviso a settori, e con scarico nel cunicolo perimetrale, ma attraverso apposite "bocchette alte", che non hanno mai denunciato perdite (fa eccezione la bocchetta 13 sul ramo destro, che tuttavia non risulta significativa in ragione della sporadicità delle perdite e della loro modesta entità).

Tuttavia lesioni di questo tipo, cioè di notevole importanza per profondità o estensione, oppure localizzate al punto d'attacco del manto con il cunicolo perimetrale, dovrebbero presumibilmente determinare effetti collaterali di qualche rilievo e quindi individuabili con una certa facilità.

Dato che il manto diga risulta attualmente ricoperto per buona parte dal materiale d'interrimento del serbatoio, tali effetti collaterali dovrebbero manifestarsi con infossamenti anomali nella superficie superiore del deposito stesso, per fluidificazione e lento dilavamento del materiale sedimentario, e dal riscontro della presenza di questo stesso materiale nelle acque drenate.

Le attente ricerche eseguite, sia sulla base del più recente rilievo batimetrico dell'interrimento del serbatoio (2013) che sulla torbidità delle acque captate dal sistema drenante della diga, hanno dato peraltro risultato completamente negativo: assenza di qualsiasi anomalia morfologica sul tetto del deposito sedimentario lungo tutto lo sviluppo (in asse) del cunicolo perimetrale e torbidità delle acque drenate irrilevante.

Va ulteriormente evidenziato che, come già constatato al tempo della Perizia Perdite, anche al momento attuale l'andamento mensile delle perdite non segnala alcuna deriva, che possa far temere un processo evolutivo né negativo (deterioramento delle vie di afflusso), né positivo (intasamento delle vie di afflusso).

Pertanto, al momento attuale, la presenza effettiva di lesioni sul manto, pur sempre ipotizzabile teoricamente ed a titolo precauzionale, va considerata a probabilità alquanto bassa.

Si ritiene comunque necessario procedere a un'approfondita analisi dello stato di conservazione del paramento impermeabile in conglomerato bituminoso, teso ad accertare la presenza di cedimenti localizzati, fessurazioni e porosità che ne possano pregiudicare l'impermeabilità.

Solo dopo questa fase si potrà eseguire un monitoraggio dello stato di consistenza del paramento bituminoso superficiale, sull'intera superficie, per individuare la presenza e la tipologia degli eventuali degradi che a titolo esemplificativo e non esaustivo potrebbero consistere in:

- fessurazioni di origini termiche;
- fessurazioni per risalita;
- rotture per lacerazioni e assestamenti;
- deformazioni del piano;
- ossidazione dei leganti e sgranamenti con perdita di aggregati.

In base agli elementi raccolti ed alla catalogazione della superficie del paramento sulla scorta dei degradi esistenti, si provvederà a eseguire, nelle aree di maggiore interesse e necessità, una serie di prelievi del paramento bituminoso di tenuta che verranno sottoposti a prove di laboratorio; in linea di massima il piano di indagine dovrebbe comprendere almeno le seguenti operazioni:

- Sopralluogo con video-ispezione da drone,
- Esecuzione di vacuum-test in sito
- Prelievo di carote dal manto bituminoso esistente,
- Esecuzione di prove di laboratorio su carote prelevate,
- Redazione di un Rapporto conclusivo,
- Formulazione di un piano di ripristino completo del manto ispezionato, corredato da specifica valutazione economica.

I risultati ottenuti serviranno a integrare il monitoraggio per il riscontro oggettivo sullo stato di conservazione del manto per poter valutare gli eventuali interventi riabilitativi e di ripristino del manto.

Tuttavia in linea di massima si può prevedere che dovrà comprendere i seguenti interventi essenziali:

- Ripulitura completa del manto esistente, con asportazione di tutte le parti ammalorate o non aderenti all'insieme;
- Ripristino anche in profondità di tutte le zone ammalorate o comunque non a perfetta tenuta per depauperamento, lesione o distacco di qualsiasi tipo;
- Stesa di un nuovo strato bituminoso di finitura.

Per la manutenzione del manto di tenuta si stima un costo complessivo di € 1.000.000,00.

### **5.7 – Casse di colmata**

L'area destinata alla realizzazione delle casse di colmata é situata circa 2 km a valle diga, in corrispondenza di un'ampia ansa dell'asta fluviale all'altezza dell'ex Mulino Ugliara, in Contrada Criti.

Orograficamente la superficie interessata si presenta come un ampio pianoro degradante da Nord a Sud verso l'asta fluviale con un dislivello complessivo di una decina di metri (fra le quote 390 e 380 m s.m. circa) su uno sviluppo variabile da 250 a 600 (pendenza media variabile dal 2 al 4% circa).

Tale pianoro risulta delimitato sui lati Est e Sud dall'asta fluviale dell'Olivo e sul lato Ovest dal tributario torrente Polino.

A Nord la zona é dominata dal rilievo collinoso di Contrada Criti, interessato al piede dalla strada Provinciale di Barrafranca, che assicura un comodo accesso e un diretto collegamento con la diga del serbatoio Olivo.

Tutta la zona ricade in una formazione di argille mioceniche, che denotano caratteri di argilla sabbiosa per lo più consolidata e variamente brecciata.

Gli accertamenti geotecnici eseguiti per la redazione del progetto esecutivo 2004 hanno indicato che il terreno in sito é adeguato per assicurare sia una sufficiente tenuta delle casse di colmata, sia la piena stabilità dei fronti di scavo e delle arginature richiesti per la realizzazione delle casse stesse.

Le casse di colmata sono sviluppate longitudinalmente lungo le isoipse e con disposizione a gradoni l'una rispetto all'altra.

Esse risultano realizzate parte in scavo, sul lato verso monte, e parte in rilevato, mediante apposite arginature che le delimitano sul lato verso valle o anche lateralmente.

Le relative fasi di lavoro sono previste come segue:

- scavo di pulizia con asportazione dello strato superficiale;
- scavo di profilatura del pendio, con preparazione di ripiani orizzontali e delle gradonature fra i ripiani stessi, che andranno a formare il fondo delle singole vasche;
- durante queste due prime operazioni il materiale di risulta dovrà essere accatastato nella stessa area di lavoro, o nelle immediate vicinanze, avendo cura di tener ben separato il materiale più superficiale di scarto da quello più profondo da utilizzare per la costruzione delle arginature;
- realizzazione delle arginature di contorno, con impiego di quella parte del materiale di risulta scavo ritenuta idonea.

Le vasche sono definite con capacità superiore a quella strettamente necessaria per lo stoccaggio del materiale di sfangamento, così da assicurare un volume residuo da utilizzare per la sistemazione definitiva anche del materiale di scarto degli scavi, in modo da evitare onerose discariche fuori dall'area di lavoro.

In totale sono state previste n.4 casse di colmata per una capacità d'invaso complessiva pari a 580.000 m<sup>3</sup>.

Ognuna delle casse ha forma in pianta diversa in relazione alla conformazione orografica dell'area interessata, ma tutte le vasche hanno uguali caratteristiche di profondità.

E' prevista una conveniente difesa di sponda costituita da gabbionate metalliche e da un limitato rinterro di sponda, ove sarà realizzato un impianto di essenze d'alto fusto, con effetto di consolidamento e di rallentamento del deflusso idrico. Inoltre sul lato di monte della zona vasche é prevista la realizzazione di un cunettone di guardia, per proteggere le vasche stesse dall'effetto erosivo dovuto al ruscellamento di acque meteoriche.

Si precisa inoltre che, a fine del funzionamento delle casse di colmata e dopo un periodo sufficiente per consentire un buon consolidamento del materiale sedimentato, tutta l'area interessata sarà convenientemente sistemata per la definitiva destinazione a coltura agraria. In questo ambito saranno previste difese di presidio e di consolidamento a verde in corrispondenza di tutti i residui fronti ripidi lungo le gradonature che resteranno funzionali per consentire una sistemazione a ripiani pressoché orizzontali, per favorire le pratiche agrarie.

### **5.8 – Manutenzione straordinaria casa di guardia, pozzetto “N0” e torre faro**

La casa di guardia è costituita da un grande edificio a due elevazioni, oltre sottotetto, realizzato con strutture in c.a. nel medesimo periodo di costruzione della diga. L'edificio si presenta in discrete condizioni strutturali ma necessita di interventi di rifacimento complessivo di:

- prospetti in parte intonacati ed in parte in pietra
- balconi in c.a. con evidenti segni di infiltrazioni
- infissi esterni, totalmente da sostituire
- tetto e terrazzo di copertura, con evidenti segni di infiltrazioni
- impianti elettrici ed idrici da adeguare alla normativa vigente

- suddivisione e distribuzione interna, più confacenti alle necessità gestionali

Completate le verifiche sismiche delle opere accessorie, si potrà definire il piano degli interventi di manutenzione straordinaria della casa di guardia.

Nell'ambito dei lavori edili, si dovrà, inoltre, prevedere il rifacimento totale del tetto in c.a. del pozzetto "N0" (in corrispondenza della vasca di dissipazione) di alloggio della saracinesca della derivazione in quanto presenta alcuni laterizi sfornellati e travetti degradati.

Un ulteriore intervento di manutenzione straordinaria è previsto, infine, sulla torre faro in sponda sinistra, a valle diga, che appare inclinata rispetto alla verticale.

L'importo complessivo per le suddette manutenzioni straordinarie, nelle varie parti indicate, è stato stimato in € 450.000,00 totali.

## **6.0 - Opere Provvisionali**

Va precisato che gli interventi attinenti alle perdite idriche nel corpo diga possono considerarsi indipendenti dall'invaso del serbatoio, ma quelli attinenti allo Scarico di Fondo ne sono invece strettamente legati e richiedono pertanto la realizzazione di alcune opere provvisionali, essenziali per assicurare la piena sicurezza dei lavori da eseguire sul fondo valle e nella galleria esistente.

### **6.1 - Deviazione Provvisoria**

L'opera di Deviazione Provvisoria, qui proposta e dimensionata per consentire un corretto esercizio del serbatoio durante i lavori, come indicato nel successivo cap. 7.0, risulta composta dai seguenti elementi.

- Un imbocco di presa, costituito da un tronco di tubo metallico  $\phi = 1000$ , svasato nella parte superiore a imbuto, da porre in opera mediante natante in corrispondenza dell'esistente imbocco dello scarico di fondo, sfruttando l'esistenza del cono di depressione del deposito sedimentario ivi esistente e accertato dal più recente rilievo batimetrico.
- Tale tubo, inserito verticalmente nell'imbocco esistente, sarà collegato al piede con un tratto di tubo metallico dello stesso diametro, poggiante sul fondo galleria, che si prolunga a valle fino al termine della struttura dell'imbocco ove sarà realizzato un setto in c.a. di bloccaggio del tubo stesso e di chiusura a tenuta del vano galleria (cfr. Tav. 8). Subito a valle sarà disposta valvola a saracinesca, pure  $\phi 1000$ , con funzione d'intercettazione dei deflussi di scarico.
- Una condotta  $\phi 1000$  inPEAD, collegata al tubo metallico di cui sopra, disposto volante sul fondo galleria e prolungato per circa 100 m fino oltre la zona di lavoro del nuovo imbocco dello scarico di fondo, così da evitare qualsiasi allagamento in tale zona. Al termine di tale condotta è prevista la realizzazione di un muretto in mattoni, facilmente removibile, per impedire il riflusso a monte delle acque di scarico.
- Si prevede inoltre che, in corrispondenza della zona di lavoro del pozzo del nuovo imbocco dello scarico di fondo, la condotta di cui sopra sia sezionata in modo da ricavare un tratto di tubo di circa 20.00 m, facilmente removibile durante i lavori per la realizzazione dell'innesto fra il nuovo pozzo e la galleria esistente. I relativi giunti di smontaggio potranno essere realizzati con doppia flangia e bullonatura.

Per quanto sopra va precisato che le opere da eseguire in galleria a serbatoio completamente vuoto, ma

primache la Deviazione Provvisoria sia attiva, sono limitate alle seguenti operazioni: sistemazione in galleria del tubo metallico d'imbocco, infilato precedentemente da natante nell'imbocco esistente; alla posa e collegamento del successivo tubo metallico disposto sul fondo galleria fino al setto di bloccaggio e tenuta idraulica; alla realizzazione di questo stesso setto; alla installazione, subito a valle di tale setto, della valvola d' intercettazione, come sopra previsto. Tali operazioni devono essere eseguite nel tempo più breve possibile, che viene qui fissato in n° 2 settimane.

Per quanto riguarda il funzionamento idraulico della Deviazione Provvisoria, in base a calcoli preliminari, si può precisare quanto segue.

- La portata massima risulta pari a  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , ed è condizionata sostanzialmente dalle perdite di carico lungo la condotta  $\phi$  1000.
- Solo per battenti molto bassi la portata risulta condizionata dall' imbocco della condotta stessa, che proprio per questo motivo è stato previsto svasato a imbuto a soglia circolare con diametro di 5.00 m.. In tal modo la portata di sfioro può raggiungere il valore massimo di  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  con tirante di soli 0.50 m, per rimanere poi praticamente costante per tiranti di valore maggiore (condizionamento della sola condotta).

## **6.2 - Cantiere di Lavoro**

Il Cantiere di Lavoro per la realizzazione del pozzo e della torre, che costituiscono il nuovo imbocco dello scarico di fondo, risulta disposto lungo la sponda che scende dal pianoro a quota 440,00 m s.l.m. , ove sorgono tutte le opere di scarico del serbatoio, e sarà costituito da un ripiano a quota 425,00 m s.l.m., ottenuto per scavo della sponda stessa (cfr. Tav. 9).

Il cantiere può essere comodamente servito da Gru fissa a torre disposta dal citato pianoro a quota 440,00 m s.l.m. che risulta accessibile da quota coronamento mediante strada sterrata già esistente, che dovrà essere solo adeguatamente sistemata, secondo le esigenze dei mezzi operativi richiesti per i lavori.

Per salvaguardare l'area del cantiere da eventuali allagamenti per eventi di piena durante i lavori è anche prevista la realizzazione di una palancolata metallica a tenuta idraulica, con pianta circolare concentrica alla torre. Tale palancolata, profondamente immorsata nel terreno di base, è disposta con ciglio a quota 428,00 m s.l.m., per consentire un sovrizzo dell'invaso pari a 3,50 m, rispetto al livello di serbatoio completamente vuoto, che può essere fissato alla quota media del deposito sedimentario nella zona antistante la diga, pari a 424,50 m s.l.m., come già indicato (cfr. cap. 1.0). In tal modo infatti risulta anche possibile immagazzinare in serbatoio un minimo volume idrico, come richiesto per un corretto esercizio del serbatoio in fase di lavoro (cfr. cap. 8.0).

## **6.3 - Opere di mitigazione ambientale**

In questa fase preliminare si ritiene opportuno evidenziare l'aspetto più evidente dell'impatto ambientale, che nel complesso va considerato molto modesto. Tale aspetto riguarda l'eventuale moria della fauna ittica nel periodo di vuotamento completo del serbatoio.

Al riguardo potranno essere realizzate alcune opere di mitigazione ambientale miranti a creare delle "zona



umide" nelle parti più marginali dell'invaso, spesso all'asciutto anche a funzionamento normale del serbatoio, così da favorire un'adeguata protezione alla fauna ittica e una crescita di essenze locali a carattere palustre, come prima fase di una riqualificazione ambientale delle aree del serbatoio più esposte a rapide escursioni dell'invaso. Allo scopo è prevista la realizzazione di alcuni piccoli invasi sul fondo del serbatoio, disposti a quota variabile da 430,00 a 436,00 m s.l.m., cioè proprio in quella fascia interessata dall'invaso più saltuariamente, nei soli periodi di deflussi abbondanti.

In linea di massima si possono prevedere due laghetti, con capacità di circa 15.000 m<sup>3</sup>, sul ramo del Vallone Bonifacci e altri tre invasi di più piccole proporzioni (1.000÷3.000 m<sup>3</sup>) su un'incisione laterale dello stesso vallone. La zona d'intervento verrebbe scelta in ragione della più intensa alterazione dovuta all'escursione dell'invaso, rispetto alle altre parti del serbatoio, ove esistono già alcune briglie di regolarizzazione e un discreto rimboschimento. Tali invasi sono realizzati mediante arginatura a creazione di piccole varici artificiali. Le arginature potranno essere realizzate con materiale argilloso ben costipato, che potrà essere facilmente prelevato in sito.

## **7.0 - Gestione del Serbatoio durante i Lavori**

### **7.1 - Considerazioni Preliminari**

L'intento generale, espresso anche dal Concessionario, è di consentire il più possibile l'esercizio della pratica irrigua, che attualmente copre il periodo Aprile - Ottobre, e nel contempo di assicurare la possibilità di esecuzione dei previsti lavori a fondo valle con rischio idraulico di entità accettabile e comunque non superiore al 5%.

E' chiaro tuttavia che per assicurare il regolare andamento dell'erogazione irrigua sarebbe necessario il funzionamento continuativo dell'invaso, sia nella fase di immagazzinamento degli afflussi naturali, che in quello di distribuzione. Ma è altrettanto evidente che per l'esecuzione di modifiche di opere relative allo Scarico di Fondo, che peraltro è l'unica opera di scarico esistente a quote di fondo valle, è necessario operare a serbatoio vuoto per un periodo di diversi mesi.

Si ritiene quindi necessario predisporre sia un'adeguata "Opera di Deviazione Provvisoria" dei deflussi naturali, sia un "Programma Irriguo di Emergenza", per assicurare comunque all'irrigazione una dotazione minima di sopravvivenza delle colture non stagionali.

### **7.2 - Modalità di Gestione del Serbatoio**

Le modalità di gestione dell'invaso del serbatoio possono essere definite sulla base delle seguenti finalità.

- 1) Assicurare il vuotamento completo del serbatoio per la realizzazione della Deviazione Provvisoria dei Deflussi naturali, cioè per un periodo il più breve possibile, che al precedente cap. 7.1 è stato fissato inn° 2 settimane.
- 2) Assicurare durante tutto il periodo dei lavori il controllo di una portata di piena con tempo di ritorno  $Tr = 20$  anni. In tal modo infatti il rischio idraulico<sup>3</sup> risulta pari al 5%, se il periodo lavorativo  $N$  fosse di

---

<sup>3</sup> - Definito come Probabilità di non superamento dell'evento considerato, con tempo di ritorno  $Tr$ , in un dato periodo temporale  $N$  e valutato dall'espressione  $RI = 1 - (1 - 1/Tr)^N$

un anno, e pari al 2,5 %, se il periodo lavorativo fosse limitato a n° 6 mesi, come presumibile.

- 3) Assicurare che il volume idrico scaricato per il vuotamento del serbatoio possa servire a quanto previsto nel Programma Irriguo di Emergenza.

Va subito evidenziato che la finalità di cui al punto 2) risulta pienamente soddisfatta dopo la realizzazione della Deviazione Provvisoria e del Cantiere di Lavoro con la prevista difesa dall'invaso con palancolata a tenuta, elevata fino a quota 428,00 m s.l.m. (cfr. cap. 7.2). Inoltre, mediante la Deviazione Provvisoria con portata costante di 10 m<sup>3</sup>/s, tale volume invasato può essere completamente scaricato in un tempo inferiore a 36 ore, ripristinando quindi le condizioni di serbatoio vuoto in tempo pienamente ragionevole.

Pertanto, fissato che il livello di serbatoio vuoto coincida con il livello medio dell'interrimento pari a 424,50 m s.l.m., le modalità di gestione dell'invaso possono articolarsi nelle seguenti fasi.

- **I<sup>a</sup> Fase** – Realizzazione vasche di colmata; vuotamento completo dell'invaso (dopo un periodo stagionale di riempimento), mediante funzionamento dello Scarico di Fondo nella situazione attuale, con aiuto eventuale della presa irrigua galleggiante, attualmente presente in serbatoio. Le acque di scarico dovranno essere utilizzate per il riempimento delle capacità d'invaso alternative, come previsto nel Piano Irriguo di Emergenza.
- **II<sup>a</sup> Fase** - Realizzazione dell'imbocco della Deviazione Provvisoria, con disposizione mediante natante del condotto metallico verticale con svaso superiore a imbuto (cfr. cap. 6.1 e Tav. 8 ). Questa operazione va eseguita poco prima del termine della fase precedente, con livello d'invaso prossimo allo svaso completo, ma ancora sufficiente alla operatività di adeguato natante (presumibilmente quota 426,00 m s.l.m..
- **III<sup>a</sup> Fase** - Completamento del dispositivo d'imbocco della Deviazione Provvisoria fino alla realizzazione del setto in c.a. di occlusione della galleria, come previsto al cap. 6.1 ed evidenziato nella Tav. 8. Questa fase interessa un periodo molto breve, previsto di n° 2 settimane, ma va considerata molto delicata in quanto è l'unica che deve essere eseguita a serbatoio completamente vuoto, pur non essendo ancora funzionante la Deviazione Provvisoria. Pertanto questa fase va eseguita in periodo accuratamente valutato, considerando le più attendibili previsioni meteoriche del momento e assumendo particolari cautele di monitoraggio delle stesse condizioni meteoriche e di allerta immediata in caso di eventi non previsti di afflusso al serbatoio, a piena sicurezza del personale operativo.
- **IV<sup>a</sup> Fase** - Completamento della Deviazione Provvisoria, con posa della condotta di scarico fino a valle del cantiere di lavoro del nuovo imbocco dello scarico di fondo.
- **V<sup>a</sup> Fase** - Realizzazione del Cantiere di Lavoro esterno (cfr. cap. 6.2)
- **VI<sup>a</sup> Fase** - Dopo la realizzazione della Deviazione Provvisoria e del Cantiere di Lavoro esterno i lavori potranno proseguire in sicurezza fino a completamento.
- **VII<sup>a</sup> Fase** - A fine lavori, per la chiusura della Deviazione Provvisoria sarà sufficiente rimuovere la Condotta volante in galleria e sigillare il vano di passaggio in corrispondenza del raccordo fra il pozzo del nuovo imbocco dello scarico di fondo e la galleria di scarico (cfr. Tav. 8).
- **VIII<sup>a</sup> Fase** - Realizzazione Schermo Iniezioni nel Cunicolo Perimetrale e Campo Piezometri su ambedue le sponde destra e sinistra. Questi interventi sono da realizzare all' interno del cunicolo perimetrale della

diga, oppure in sponda sinistra circa a quota coronamento. Pertanto essi risultano completamente indipendenti dall' invaso del serbatoio. Nel Cronoprogramma essi sono stati disposti alla fine degli altri lavori, ma senza una motivazione specifica, in quanto potrebbero essere eseguiti anche contemporaneamente agli altri lavori con cantiere indipendente.

- IX<sup>a</sup> Fase – Scavo di Sfangamento
- X<sup>a</sup> Fase –Manutenzione Manto Diga

Se si considera l'andamento del livello di invaso in serbatoio nell'ultimo quinquennio (cfr. Tav. 10), appare chiaro che il riempimento del serbatoio normalmente avviene per afflussi alquanto brevi e intensi, concentrati esclusivamente nel periodo Febbraio-Aprile, mentre dopo il mese di Maggio il serbatoio è praticamente sempre in fase di svaso. Questa constatazione indurrebbe a fissare l'inizio Lavori all' inizio di Giugno. Di conseguenza il Cronoprogramma dei Lavori potrebbe essere articolato come indicato nel diagramma riportato nella pagina successiva.

CRONOPROGRAMMA PER FASI DI LAVORO		1° anno												2° anno											
		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
<b>I - Periodo preparatorio indipendente situazione d' invaso</b>																									
1	- Preparazione cantiere generale																								
2	- Costruzione invasi di protezione ittica																								
3	- Realizzazione condotta di emergenza irrigua																								
4	- Predisposizione materiali e attrezzature																								
<b>II° - Periodo di lavoro a serbatoio vuoto</b>																									
5	- Fase I <sup>a</sup> Realizzazione vasche di colmata, Vuotamento completo del Serbatoio (e riempimento Invasi di soccorso)																								
6	- Fase II <sup>a</sup> Realizzazione dell' Imbocco della Deviazione Provvisoria dei deflussi																								
7	- Fase III <sup>a</sup> Completamento del dispositivo d' Imbocco della Deviazione Provvisoria																								
8	- Fase IV <sup>a</sup> Completamento della Deviazione Provvisoria																								
9	- Fase V <sup>a</sup> Realizzazione del Cantiere di Lavoro esterno																								
<b>III - Periodo di lavoro a serbatoio invasabile in caso di piena</b>																									
10	- Fase VI <sup>a</sup> Realizzazione del nuovo Imbocco a Torre dello Scarico di Fondo																								
11	- Fase VII <sup>a</sup> Rimozione della Deviazione Provvisoria																								
12	- Fase VIII <sup>a</sup> Realizzazione Schermo Iniezioni e Piezometri in sponda sinistra																								
<b>IV - Periodo di lavoro per sfangamento e manutenzione manto diga</b>																									
13	- Fase IX <sup>a</sup> Sfangamento																								
14	- Fase X <sup>a</sup> Manutenzione manto diga																								
15	Situazione Irrigazione Irrigua Normale																								
16	Irrigua Irrigazione Irrigua di Soccorso																								
17	Riempimento Serbatoio																								
18	Irrigazione Irrigua Normale																								

### 8.0 - Piano Irriguo di Emergenza

Nel presente studio é prevista l'interruzione dell'erogazione irrigua dal serbatoio Olivo per una intera stagione da maggio a settembre.

Ciò si rende assolutamente necessario per poter eseguire i lavori sul fondo serbatoio (ripristino imbocco scarico di fondo) in stagione caratterizzata dai minimi deflussi naturali, così da poter mettere in sicurezza il cantiere di lavoro con una deviazione dei deflussi naturali di porzioni accettabili.

L'impossibilità di far fronte alle esigenze irrigue per un'intera stagione é da considerare un fattore decisamente negativo.

Si rende quindi necessario approntare un Piano Irriguo di Emergenza, che possa consentire un'adeguata continuità della pratica irrigua anche nell'annata di fuori servizio del serbatoio.

Tale piano, andrà messo a punto di concerto dal Dipartimento, gestore del serbatoio, e dal Consorzio di Bonifica Sicilia Orientale, gestore dell'irrigazione, ma già da ora è opportuno darne alcuni cenni per valutarne la fattibilità. Il fabbisogno minimo annuo per le esigenze irrigue di soccorso dovrà naturalmente essere indicato dal Consorzio Irriguo, ma in linea di massima può essere fissato in  $1,00 \div 1,50 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

Per far fronte a questa esigenza si prevede di utilizzare le seguenti fonti alternative:

a - Preaccumulo nei laghetti collinari esistenti di proprietà aziendale, che hanno un invaso stimato dal Consorzio in  $408.000 \text{ m}^3$ .

Tali invasi potranno essere riempiti nel periodo di svasso del serbatoio, immediatamente precedente al periodo estivo di serbatoio vuoto, tramite la stessa rete di distribuzione comiziale.

b - Preaccumulo nelle vasche di carico consortili, che hanno una capacità d'invaso complessiva di  $72.000 \text{ m}^3$ .

c - Utilizzo delle acque provenienti dall'emungimento della falda riscontrata lungo la galleria di adduzione al serbatoio delle acque dei bacini contermini, che è tuttora in corso di esecuzione. Il contributo minimo di tale falda può essere valutato in  $30 \text{ l/s}$  pari, per il periodo irriguo di circa 200 giorni, a un volume di circa  $520.000 \text{ m}^3$ .

d - Utilizzo delle acque Invasabili nel serbatoio Olivo tra quota 424,50, di fondo serbatoio, e quota di sicurezza per il cantiere di lavoro.

Al riguardo va tuttavia chiaramente evidenziato che tale volume d'invaso è stato appositamente riservato per poter controllare una eventuale piena, di entità corrispondente a quella teorica con tempo di ritorno  $T_r = 20$  anni.

Pertanto, per tutto il periodo lavorativo, tale volume di riserva può essere riempito per la finalità di riserva irrigua solo a patto che venga tempestivamente svuotato ogni volta che si verifica l'allerta per eventuali afflussi di piena, salvo poi riempirlo nuovamente.

Al riguardo si precisa che l'unica opera sostanzialmente necessaria, per il funzionamento complessivo del previsto Piano d'Emergenza, è una condotta d'allacciamento per il convogliamento delle acque prelevabili dalla falda di cui al punto (c) fino alla condotta di adduzione al comprensorio irriguo, subito a valle diga.

Tale condotta, in base a calcoli preliminari, potrà essere costituita da tubo di PEAD  $\phi = 250$ .

Il suo tracciato, studiato per evitare zone di eventuale esproprio, nella parte più a monte segue per lo più strade campestri esistenti, mentre nella zona dell'invaso segue interamente la strada circumlacuale, anche se alquanto tortuosa, con sviluppo complessivo di  $9000 \text{ m}$ .

Naturalmente il relativo costo è stato inserito nel presente progetto in modo da assicurare la piena realizzabilità del piano di emergenza previsto.

## **9.0 - Espropriazioni**

### **9.1 – Superfici interessate**

Nell'ambito del progetto è prevista la realizzazione di casse di colmata, a cui conferire i materiali di sfangamento dell'invaso e della vasca di dissipazione.

L'area per la realizzazione di tali casse, prescelta per le sue caratteristiche morfologiche e per la sua ubicazione prossima al serbatoio, trovasi in c.da "Cretti" del Comune di Piazza Armerina.

In tale area è prevista la realizzazione, con materiali provenienti dagli scavi dei terreni della stessa area, di rilevati arginali, la cui conformazione è tale da costituire, sfruttando l'andamento piano-altimetrico dell'area stessa, degradante verso l'alveo del t. Olivo, adiacente il suo confine sud, un insieme di quattro vasconi a diversi livelli di ritenuta, la cui capacità complessiva è pari a 580 000 m<sup>3</sup>.

Per la realizzazione del progetto occorre effettuare:

- l'esproprio delle aree interessate dalle casse di colmata, la cui estensione complessiva è di circa 195.000 m<sup>2</sup>, comprensiva delle aree operativamente necessarie alla realizzazione delle opere e di quelle da considerare a tutti gli effetti come "relitti";
- l'occupazione temporanea non finalizzata all'esproprio delle aree necessarie al deposito temporaneo del terreno vegetale asportato dall'area delle casse, da riportare a processo di colmata ultimato, sulla superficie delle colmate.

Le particelle interessate all'esproprio e quelle interessate all'occupazione temporanea ricadono tutte nel Foglio di Mappa Catastale n. 83 del Comune di Piazza Armerina (EN).

## **9.2 - Procedure espropriative e determinazione dell'indennità di espropriazione**

Ai fini dell'attuazione delle procedure espropriative e di occupazione si fa riferimento al "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazione per pubblica utilità", di cui al D.P.R. n° 327 del 08/06/01, modificato dal Dlgs n° 302 del 27/05/02, recepito dalla Regione Siciliana con l'art. 36 della L.R. 02/08/02 n° 7.

La realizzazione dell'opera pubblica in argomento non è prevista dal piano urbanistico generale del Comune di Piazza Armerina.

In questo caso la procedura deve essere attivata con l'apposizione sui beni da espropriare del "vincolo preordinato all'esproprio", ai sensi dell'art. 10, comma 1 del T.U. (*"Se la realizzazione dell'opera pubblica o di pubblica utilità non è prevista nel piano urbanistico generale, il vincolo preordinato all'esproprio può essere disposto, ove espressamente se ne dia atto,.....omissis..... su iniziativa dell'Amministrazione competente all'approvazione del progetto, mediante una conferenza di servizi, un accordo di programma, un'intesa ovvero un altro atto, anche di natura territoriale, che in base alla legislazione vigente comporti la variante al piano urbanistico"*), ovvero con quelle previste dal comma 2 dello stesso articolo (*"Il vincolo può essere altresì disposto, dandosene espressamente atto, con ricorso alla variante semplificata al piano urbanistico da realizzare, anche su richiesta dell'interessato, con le modalità e secondo le procedure di cui all'art 19, commi 2 e seguenti"*) del T.U. che così recitano: comma 2 *"L'approvazione del progetto preliminare o definitivo da parte del consiglio comunale, costituisce adozione della variante allo strumento urbanistico"*; comma 3, *"Se l'opera non è di competenza comunale, l'atto di approvazione del progetto preliminare o definitivo da parte dell'autorità competente è trasmesso al consiglio comunale, che può disporre l'adozione della corrispondente variante allo strumento urbanistico"*; comma 4, *"Nei casi previsti dai commi 2 e 3, se la Regione o ente da questa delegato all'approvazione del piano urbanistico comunale non manifesta il proprio dissenso entro il*

*termine di novanta giorni, decorrente dalla ricezione della delibera del consiglio comunale e della relativa completa documentazione, s'intende approvata la determinazione del consiglio comunale, che in una successiva seduta ne dispone l'efficacia".*

Ai fini della determinazione dell'indennità provvisoria di espropriazione il progetto dovrà prevedere, per ogni singola ditta espropriata, le somme necessarie all'offerta da formulare ai sensi dell'art. 20, comma 1, del T.U., determinata, ai sensi dell'art. 40, comma 3, del T.U., con il criterio di valore agricolo medio, di cui all'art. 41, comma 4, del T.U., corrispondente al tipo di coltura praticata all'atto dell'avvio del procedimento.

In sede di redazione del progetto, sarà effettuata una ricognizione delle superfici da espropriare, riscontrando con riferimento ai dettati del T.U.:

- attuale assetto colturale ed ultima tabella dei valori agricoli medi,
- visure catastali di ogni singola particella interessata
- singole aziende interessate all'espropriazione con la loro estensione e consistenza colturale, al fine di determinare l'indennità dovuta per esproprio parziale
- presenza nelle particelle interessate all'esproprio di proprietari coltivatori diretti od imprenditori agricoli a titolo principale
- cessione volontaria dei beni da espropriare
- somma necessaria al pagamento dell'indennità di occupazione temporanea

Facendo riferimento al progetto esecutivo 2004 si stima un importo complessivo, riferito alla estensione complessiva di circa 195.000 m<sup>2</sup>, pari a 830.000 € per tutte le indennità espropriative da corrispondere e le spese per i tecnici incaricati.

## **10.0 - Piano delle Indagini per la Progettazione**

Il presente piano ha carattere generale ed è inteso a individuare tutte le indagini necessarie per la progettazione nel suo complesso. E' chiaro pertanto che parte delle indagini qui previste potrebbero essere eseguite durante o anche a seguito della redazione del Progetto di Fattibilità. Tuttavia va precisato che alcune specifiche indagini devono essere eseguite prima della redazione di tale progetto in quanto essenziali per la definizione di alcuni interventi essenziali proposti nel presente Studio Preliminare di Fattibilità.

Tali accertamenti sono in particolare quelli indicati ai punti 5.4, 5.6, 5.7 del presente studio.

### **10.1 – Indagini geognostiche**

Queste indagini riguardano sostanzialmente due aspetti: i terreni di fondazione del nuovo Imbocco dello scarico di fondo e i materiali d'interrimento del serbatoio.

#### **10.1.1 – Terreni di fondazione della Nuova Opera d'Imbocco dello Scarico di Fondo**

Le caratteristiche geotecniche di questi terreni, costituiti da un substrato di argille sabbiose del Pliocene Medio, ricoperte da un consistente strato di terreno superficiale in sito, sono ben conosciute per le indagini compiute per i progetti precedenti.

Pertanto le nuove indagini qui previste hanno le seguenti finalità:

- accertare se le caratteristiche di questi terreni hanno avuto dei cambiamenti durante il periodo di invaso

del serbatoio, già discretamente lungo (1984 ÷ 2018).

- completare le indagini già disponibili con la determinazione della velocità equivalente  $V_{s,30}$  di propagazione delle onde di taglio nel terreno d'imposta della nuova opera d'imbocco, dato richiesto per le verifiche sismiche secondo la normativa attuale.

Allo scopo si prevedono le seguenti indagini:

- n° 3 sondaggi geognostici, del tipo a carotaggio continuo e della profondità di 35 m, disposti attorno alla nuova opera d'imbocco, come da planimetria allegata;
- prelievo da detti sondaggi di almeno n° 50 campioni indisturbati;
- esecuzione nei predisposti fori di sondaggio di n° 3 Sondaggi Sismici in foro del tipo Down-Hole;
- esecuzione di almeno n° 3 prove sismiche MASW;
- prove di Laboratorio comprendenti:
  - ✓ Prove d'identificazione complete
  - ✓ Determinazione limiti di Atterberg
  - ✓ Prove di Compressione Edometrica
  - ✓ Prove di Compressione semplice(ELL)
  - ✓ Prove di Taglio diretto

#### 10.1.2 – Materiali d'interrimento del serbatoio

Queste indagini hanno la finalità di accertare le caratteristiche geotecniche dei materiali di interrimento del serbatoio, così da poter determinare la inclinazione di stabilità dei fronti di scavo sia in presenza dell'acqua d'invaso, sia all'asciutto in situazione di invaso vuoto.

Allo scopo si prevedono le seguenti indagini:

- n° 3 sondaggi geognostici, del tipo a carotaggio continuo e della profondità di almeno 15 m, da eseguire all'interno del serbatoio, mediante apposito natante;
- prelievo da detti sondaggi di almeno n° 24 campioni indisturbati;
- prove di Laboratorio comprendenti:
  - ✓ Prove d'identificazione complete
  - ✓ Determinazione limiti di Atterberg
  - ✓ Prove di Compressione Edometrica
  - ✓ Prove di Compressione semplice (ELL)
  - ✓ Prove di Taglio diretto

#### 10.1.3 – Materiali corpo diga

Queste indagini hanno la finalità di accertare le caratteristiche geotecniche dei materiali del corpo diga

Allo scopo si prevedono le seguenti indagini:

- esecuzione di almeno n° 5 prove sismiche MASW;
- n° 3 sondaggi geognostici, del tipo a carotaggio continuo e della profondità di almeno 50 m, da eseguire nel corpo diga.

- Prelievo da detti sondaggi di almeno n° 30 campioni indisturbati.
- esecuzione nei predisposti fori di sondaggio di n° 3 Sondaggi Sismici in foro del tipo Down-Hole;
- prove di Laboratorio comprendenti:
  - ✓ Prove d'identificazione complete
  - ✓ Determinazione limiti di Atterberg
  - ✓ Prove di Compressione Edometrica
  - ✓ Prove di Compressione semplice (ELL)
  - ✓ Prove di Taglio diretto

## **10.2 – Rilievi Topografici**

Si prevede la necessità di eseguire nuovi rilievi topografici in due distinte zone: quella interessata dalla nuova Opera d'Imbocco e quella di possibile discarica dei materiali sedimentari di prevista asportazione dal serbatoio per liberare il manto di tenuta della diga, come da soluzione con casse di colmata, già adottata nel precedente progetto del 2004.

### **10.2.1 – Rilievi in zona Imbocco Scarico di Fondo**

In questa zona esistono, ovviamente, i rilievi di progetto, ma occorre considerare che il nuovo Imbocco a Torre deve essere ubicato esattamente in asse con la esistente galleria dello scarico di fondo, di cui si conoscono i dati di tracciamento del progetto originario (1979), ma non quelli della fase costruttiva, che potrebbero aver subito qualche variazione rispetto al progetto.

E' quindi necessario disporre di un piano quotato che dia con esattezza sia la posizione reciproca fra le varie opere esistenti che incidono la galleria: Pozzo Paratoie dello scarico di fondo, Calice Destro dello scarico di superficie, possibilmente Imbocco scarico di fondo esistente (che tuttavia risulta attualmente quasi completamente obliterato dal materiale d'interrimento del serbatoio) e infine il tracciato della galleria esistente dal Pozzo Paratoie all'Opera d'imbocco esistente. Allo scopo sono previsti alcuni rilevamenti in scala 1/200 della zona interessata.

### **10.2.2 – Rilievi di aree di possibile deposito del materiale sedimentario**

Per l'eventuale deposito del materiale sedimentario, asportato a secco dall'area interessata dal manto di tenuta della diga e di quello presente nella vasca di dissipazione, è stata individuata un'area situata a valle diga, come indicato nella planimetria allegata. Per una precisa valutazione dell'entità dello stoccaggio possibile è tuttavia indispensabile disporre di planimetrie a curve di livello di sufficiente dettaglio.

Pertanto sono stati previsti alcuni rilevamenti in scala almeno 1/500.

## **10.3 – Definizione Interventi di Manutenzione Straordinaria del manto di tenuta diga**

Per la definizione degli interventi di manutenzione straordinaria del manto di tenuta diga si ritiene opportuno prevedere alcuni accertamenti intesi a definire modalità esecutive e costi degli interventi stessi con lo studio ed indagini in sito, eseguito da ditta specializzata, che comprenda in linea di massima le seguenti



operazioni:

- Sopralluogo con video-ispezione da drone,
- Esecuzione di vacuum-test in sito
- Supervisione di tecnico specializzato abilitato,
- Prelievo di carote dal manto bituminoso esistente,
- Esecuzione di prove di laboratorio
- Redazione di un Rapporto conclusivo,
- Formulazione di un piano di ripristino completo del manto ispezionato, corredato da specifica valutazione economica.

## **11.0 –Rivalutazione sismica della diga e delle opere accessorie**

### **11.1 – Rivalutazione sismica**

Per consentire l'adeguamento sismico dello sbarramento e delle opere accessorie ai dettami della normativa vigente in materia, allo scopo di migliorare le condizioni di sicurezza dell'infrastruttura nel suo complesso, si prevede l'esecuzione dei servizi tecnici ed attività e di tutte le verifiche propedeutiche ed esaustive al fine della produzione dello studio per la rivalutazione della sicurezza sismica dello sbarramento, delle sponde di vaso e delle opere accessorie della diga. Le attività e le operazioni concernenti le verifiche in questione sono così articolate:

- a) ricognizione e verifica della documentazione esistente;
- b) rilievi integrativi e ricostruzione di eventuali disegni di consistenza oltre quelli già disponibili, ove ritenuto necessario;
- c) definizione del piano di indagini;
- d) esecuzione delle indagini e prove di laboratorio;
- e) direzione lavori, supervisione e controllo in fase di esecuzione delle indagini;
- f) redazione dello studio geologico;
- g) redazione dello studio geotecnico con particolare riferimento al corpo diga, anche alla luce dei risultati delle indagini e delle misure già effettuate;
- h) eventuale studio sismotettonico (ove ritenuto necessario in ossequio alle direttive delle norme vigenti);
- i) esecuzione delle verifiche sismiche;
- j) giudizio complessivo sulla sicurezza sismica;
- k) redazione del progetto di fattibilità tecnico-economica finalizzato all'individuazione degli interventi di adeguamento strutturale del corpo diga e delle opere accessorie nel caso in cui le verifiche sismiche abbiano avuto esito negativo.

La rivalutazione sismica delle opere sarà condotta nel rispetto delle seguenti norme:

- Decreto Legge 29 marzo 2004 n. 79, così come convertito in Legge 1 agosto 2004, n. 139 - “Disposizioni urgenti in materia di sicurezza di grandi dighe.”
- D.M. 14 gennaio 2008 – “NTC 2008 – Norme tecniche per le costruzioni”, così come modificato ed aggiornato dal D.M. 17 gennaio 2018 – “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”;

- Decreto Legge 6 dicembre 2011, n. 201, convertito in Legge 22 dicembre 2011, n. 214 “Disposizioni urgenti per la crescita, l’equità ed il consolidamento dei conti pubblici”, con particolare riferimento per le Dighe all’art. 43 “Alleggerimento e semplificazione delle procedure, riduzione dei costi ed altre misure”;
- Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti 26 giugno 2014 – “Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse) (NTD);
- Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti 16 gennaio 2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti 26 giugno 2014 “Norme Tecniche per la Progettazione e la Costruzione degli Sbarramenti di Ritenuta (dighe e traverse)”;

L’obiettivo generale dell’azione di riqualificazione sismica comprenderà i seguenti aspetti:

- a. Verifica della stabilità dello sbarramento, inteso come complesso della diga e delle annesse opere di scarico, e della compatibilità delle deformazioni indotte dall’evento sismico, sia nei riguardi del buon contenimento dell’invaso (cedimenti del coronamento), sia nei riguardi di porzioni della struttura fra loro adiacenti, ma differenziate per caratteristiche geometriche (cedimenti differenziali fra zone ad altezza diversa), o per rigidità dei materiali interessati (cedimenti differenziali fra zone di materiali diversi o al contatto fra le opere murarie);
- b. Verifica di stabilità delle opere di scarico;
- c. Verifica di stabilità delle opere accessorie;
- d. verifica della stabilità delle sponde del serbatoio, ove sussistano situazioni di potenziali dissesti, sia per l’acclività delle sponde, sia per alterazione o dissesto dei terreni interessati;
- e. analisi delle possibilità di eventuale “adeguamento sismico”, nel caso in cui le verifiche sismiche della stabilità abbiano avuto esito negativo.

Lo studio presuppone l’esecuzione di una serie preliminare di indagini volte a:

- caratterizzare tutte le opere d’interesse, sia per quanto riguarda le proprietà geometriche e strutturali, sia per gli aspetti geologici e geotecnici delle relative fondazioni, sia per lo stato di conservazione delle opere stesse, a mezzo di appositi e specifici rilievi;
- definire il quadro geologico ed il modello geologico di riferimento che comprenda la ricostruzione della situazione litologica, stratigrafica, strutturale e sismotettonica di tutta la zona di imposta delle opere;
- fornire la caratterizzazione strutturale e geotecnica delle opere, a mezzo apposite indagini;
- consentire la caratterizzazione morfologica e geotecnica delle sponde del serbatoio;
- definire l’azione sismica, in relazione ai siti interessati e alle caratteristiche delle opere in esame, in termini di parametri di pericolosità sismica di base e conseguentemente in termini di coefficienti sismici, di spettri di risposta e di accelerogrammi.

A valle degli accertamenti preliminari saranno condotte e/o fornite:

- le verifiche di stabilità, in tutte le condizioni degli Stati Limite significativi per il tipo di opera considerata;
- il parere motivato sull’accettabilità dei risultati ottenuti;
- l’esame delle possibilità di adeguamento sismico, per le principali opere che abbiano denunciato un grado di stabilità non soddisfacente o cedimenti non compatibili con il buon comportamento dell’opera.

## **11.2 – Indagini conoscitive e prove di laboratorio**

Per procedere alla caratterizzazione delle proprietà meccaniche dei materiali saranno eseguite prove distruttive e non distruttive nella consistenza tipologica e numerica definita in un apposito “Piano delle indagini”:

- a) *Strutture in c.a.*: carotaggio e prova di compressione monoassiale nel calcestruzzo, prova di carbonatazione; prove sull'acciaio per cemento armato; prova sclerometrica; prova sonica; metodo *Sonreb*; prova pacometrica; prova termografica ecc...;
- b) *Sponde e terreni di fondazione*: prove geofisiche di superficie (sismica a rifrazione, riflessione); indagini dirette di rilevamento; sondaggi; analisi spettrale dei microtremori ambientali a stazione singola (tipo *Tromino*); indagini geotecniche (prove geofisiche, di permeabilità e consolidazione, meccaniche, misura delle pressioni interstiziali, ecc...).

## **12.0. –Progetto di gestione dell'invaso**

Per consentire la pianificazione integrata degli interventi per il controllo dei sedimenti in ingresso nel serbatoio, il mantenimento o il ripristino della capacità di invaso, la salvaguardia della funzionalità dei dispositivi idraulici di scarico della diga per garantire il necessario livello di sicurezza a favore della popolazione e del territorio a valle dello sbarramento si prevede l'esecuzione delle indagini preliminari e la redazione del progetto di gestione dell'invaso ai sensi dell'art. 114 del D. Lgs. 152/2006 ed in conformità al D.M. Ambiente e Tutela del Territorio del 30/06/2004.

Il Progetto di Gestione dell'Invaso (PGI) sarà strutturato in due sezioni così distinte:

- a) *Caratterizzazione di base* (descrizione dell'opera di sbarramento; caratteristiche del bacino idrografico; caratterizzazione dell'invaso; programma generale delle attività di svaso/sfangamento);
- b) *Piani Operativi*.

## **12.1 – Indagini di caratterizzazione delle acque e dei sedimenti**

Per la quantificazione del sedimento saranno opportunamente integrate le indagini batimetriche già eseguite nel recente passato, utilizzando opportune metodologie al fine di ottenere un modello digitale del fondo dell'invaso da confrontare con la sua morfologia originaria. Il volume medio del materiale solido depositato annualmente sarà stimato direttamente tramite i predetti rilievi batimetrici corredati anche da valutazioni di tipo statistico, e/o con metodo indiretto semi-empirico.

La caratterizzazione delle qualità chimiche e granulometriche dei sedimenti presenti nel fondo dell'invaso (estendendo lo studio, ove necessario, alle caratteristiche mineralogiche e biologiche per evidenziare eventuali effetti tossici) sarà eseguita in accordo con la normativa vigente sulla base di un opportuno Piano di campionamento.

Si prevede altresì di assumere informazioni sulle caratteristiche qualitative e quantitative del materiale solido che si avrebbe in sospensione nel corso d'acqua di valle in occasione di morbidie in assenza dello sbarramento di cui all'art. 3 comma 2.e del D.M. 30/06/2004, predisponendo una campagna di misure di portata liquida e del trasporto solido in sospensione in una sezione appropriata immediatamente a monte dell'invaso che consenta di stimare i parametri di correlazione tra concentrazione dei solidi sospesi e portata dei corsi d'acqua

tributari. Ai sensi dell'art. 3 del comma 2.f del D.M. 30/06/2004, il progetto di gestione includerà un quadro previsionale, scandito da un cronoprogramma, delle operazioni ordinarie e straordinarie connesse con le attività per la manutenzione dell'impianto, per la rimozione di sedimenti, ovvero delle possibili alternative, per recuperare capacità d'invaso entro la scadenza della concessione e ripristinare/mantenere la funzionalità dei dispositivi di scarico dello sbarramento.

Inoltre, ai sensi dell'art. 3, comma 3, del D.M. 30/06/2004 il PGI conterrà le seguenti indicazioni:

- il volume di materiale solido che si prevede di rimuovere dal serbatoio;
- le modalità di rimozione del materiale, i mezzi utilizzati e stima del loro numero, le piste di accesso o altre infrastrutture esistenti o da realizzare;
- le modalità di riutilizzo o di smaltimento del materiale rimosso, in relazione alla qualità dei sedimenti asportati e alle caratteristiche richieste per lo specifico riutilizzo;
- le aree di dislocazione del materiale rimosso che devono essere poste in condizioni di sicurezza idraulica in rapporto: alla stabilità degli ammassi, all'esposizione a fenomeni erosivi, alla dislocazione in aree golenali, al verificarsi di piene del fiume;
- in caso di collocazione ancorché provvisoria del sedimento rimosso nell'ambito dello specchio liquido, la verifica di stabilità delle sponde interessate dal deposito;
- eventuali studi e valutazioni di incidenza ambientale connessi alla gestione dei sedimenti rimossi e alla localizzazione delle aree di stoccaggio.

## **12.2 – Piani operativi**

Le operazioni ordinarie e straordinarie previste dal quadro previsionale del PGI, per la manutenzione dell'impianto, la tutela della funzionalità degli scarichi profondi e il recupero graduale della capacità d'invaso, trovano attuazione nei diversi piani operativi da eseguire entro la residua durata della concessione. Detti Piani Operativi saranno predisposti contemplando i seguenti contenuti:

- gli aspetti funzionali, tecnici e gestionali caratterizzanti le operazioni da eseguire;
- l'analisi delle possibili ed eventuali alternative rispetto alle soluzioni operative individuate;
- le diverse fasi e la stima sommaria per l'esecuzione degli interventi inclusi nel piano operativo.

## **13.0 - Preventivo di spesa**

Il Computo Estimativo di tutti gli interventi previsti è stato fatto sulla base dei disegni di progetto e di prezzi correnti al momento attuale. Esso è riportato dettagliatamente nell' Allegato A, disposto a fine testo.

Sulla base di tale conteggio il Quadro Economico dell'intero intervento risulta come di seguito riportato:

### **A - LAVORI**

#### **1 - Ripristino scarico di Fondo**

1.1 - Cantiere per Nuovo Imbocco a Torre	250.000,00	€
1.2 - Nuovo Imbocco a Torre	1.830.000,00	€
1.3 - Passerella di Servizio	400.000,00	€
1.4 - Sistemazione a Deviazione Provvisoria	180.000,00	€

1.5 - Ripristino Paratoie d'Intercettazione	650.000,00	€
<b><u>2 - Provvedimenti per controllo e limitazione Perdite nel Corpo Diga</u></b>		
2.1 - Schermo Iniezioni alla base Cunicolo Perimetrale e riparazione giunti Cunicolo	860.000,00	€
2.2 - Manutenzione manto Diga	1.000.000,00	€
2.3 - Piezometri in Sponda Diga	110.000,00	€
2.4 - Manutenzione casa di guardia e torre faro	450.000,00	€
2.5 - Sfangamento localizzato corpo diga e sponde	3.900.000,00	€
2.6 - Sfangamento vasca dissipazione	200.000,00	€
2.7 - Vasche di colmata	1.900.000,00	€
<b><u>3 - Provvedimenti di Salvaguardia Serbatoio e Gestione Irrigua</u></b>		
3.1 - Invasi per Salvaguardia Ittica	300.000,00	€
3.2 - Condotta di Emergenza Irrigua	470.000,00	€
<b>Sommano (A)</b>	<b>12.500.000,00</b>	<b>€</b>
<b><u>B - SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE</u></b>		
1 - Lavori in economia	70.000,00	€
2 - Rilievi, accertamenti e indagini	258.000,00	€
3 - Spese Tecniche di progettazione (incluso rivalutazione sismica e piano di gestione)	1.292.661,84	€
4 - Spese Tecniche opzionali di direttore lavori, direttori operativi (1+1), ispettore cantiere (1), coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione	706.728,16	€
5 - Spese Tecniche art. 113D Lgs 50/2016 (2 % di A)	250.000,00	€
6 - Spese per attività di consulenza e supporto	30.000,00	€
7 - Allacciamenti a pubblici servizi	20.000,00	€
8 - Acquisto aree e immobili	750.000,00	€
9 - Spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche previste dal Capitolato Speciale d'Appalto, collaudo tecnico amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi	120.000,00	€
10 - Spese per commissioni giudicatrici	15.000,00	€
11 - Spese per pubblicità	10.000,00	€
12 - Contributo AVCP	1.000,00	€
13 - Oneri di accesso a discarica	50.000,00	€
14 - Imprevisti (4,0 % di A) e arrotondamento	506.872,30	€
15 - IVA sui lavori ( 22 % di A)	2.750.000,00	€
16 - IVA su somme a disposizione dell'Amministrazione (22 % di B1, B2, B3, B4, B6, B9, B11, B13, B14)	669.737,70	€
<b>Sommano (B)</b>	<b>7.500.000,00</b>	<b>€</b>
<b>Totale Generale (IVA compresa)</b>	<b>20.000.000,00</b>	<b>€</b>

**ALLEGATI**  
**(n° 15 Tavole)**

- 1) Planimetria della diga
- 2) Diagramma delle aree e dei volumi
- 3) Stralcio del rilievo batimetrico 2013
- 4) Scarico di fondo- Stralcio planimetrico
- 5) Scarico di fondo- Sezione in asse
- 6) Scarico di fondo- Particolari
- 7) Passerella di servizio -Sezione in asse
- 8) Deviazione provvisoria -Sezione in asse
- 9) Cantiere di lavoro e situazione finale- Stralcio planimetrico
- 10) Perdite totali rilevate allo sbocco dei cunicoli
- 11) Planimetria degli scavi
- 12) Fasi di scavo
- 13) Sezione tipo diga- Stato attuale
- 14) Sezione cunicolo di ispezione e particolari del manto bituminoso
- 15) Piano particellare d'esproprio