



REGIONE SICILIANA

ASSESSORATO REGIONALE DELL'ENERGIA
E DEI SERVIZI DI PUBBLICA UTILITÀ

DIPARTIMENTO REGIONALE DELL'ACQUA E DEI RIFIUTI

SERVIZIO 4 – GESTIONE INFRASTRUTTURE PER LE ACQUE

STUDIO DI FATTIBILITA'

rielaborato secondo le indicazioni della Direzione Generale Dighe
(parere n. 22995 del 13/10/2017)

DIGA ROSAMARINA

Lavori per l'adeguamento dei sistemi di tenuta e drenaggio della diga
e il miglioramento delle opere utili alla gestione dell'infrastruttura



Dicembre 2018

Ing. Marco Bonvissuto

Ing. Gaetano Chiapparo

Arch. Salvatore Conoscenti

Visto:

Il Dirigente del Servizio
Ing. Francesco Greco

INDICE

0. PREMESSE	Pag.	3
1. QUADRO CONOSCITIVO	Pag.	7
1.1 OBIETTIVI DELL'INTERVENTO	Pag.	7
1.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E DATI DEL SISTEMA IDRICO	Pag.	7
1.3 ANALISI DELLO STATO DI FATTO	Pag.	11
1.3.1 Sistema drenante verticale e profondo in fondazione	Pag.	11
1.3.2 Sistema drenante sui giunti strutturali	Pag.	13
1.3.3 Sistema dei piezometri	Pag.	14
1.3.4 Venute d'acqua sul paramento di valle	Pag.	15
1.3.5 Filtrazioni nella camera di manovra degli scarichi sussidiari	Pag.	15
1.3.6 Filtrazioni ed eventi di piena	Pag.	15
1.3.7 Tenuta idraulica e impermeabilità della diga	Pag.	16
1.3.8 Strutture ed opere utili alla gestione dell'opera (opere accessorie)	Pag.	17
1.4 FINALITÀ PROGETTUALI	Pag.	23
1.4.1 Obiettivo prioritario "A" e conseguenti finalità progettuali	Pag.	23
1.4.2 Obiettivo prioritario "B" e conseguenti finalità progettuali	Pag.	23
1.5 ALTERNATIVE PROGETTUALI	Pag.	23
1.5.1 Ripristino dell'impermeabilità e tenuta idraulica	Pag.	24
1.5.2 Riabilitazione del sistema drenante	Pag.	24
1.6 MODALITÀ GESTIONALI	Pag.	25
2. FATTIBILITÀ TECNICA	Pag.	26
2.1 INDICAZIONI TECNICHE, TIPOLOGIA E LOCALIZZAZIONE INTERVENTI	Pag.	26
2.1.1 Eliminazione trasporto solido in diga e filtrazioni paramento di valle	Pag.	27
2.1.1.1 Salvaguardia della continuità ed impermeabilità strutturale	Pag.	27
2.1.1.2 Riabilitazione del sistema drenante	Pag.	27
2.1.1.3 Potenziamento del sistema di aggettamento e pulizia dei cunicoli	Pag.	30
2.1.2 Conservazione e implementazione dei dispositivi di controllo	Pag.	31
2.1.2.1 Ripristino della funzionalità dei piezometri	Pag.	31
2.1.2.2 Installazione di nuovi strumenti di misurazione	Pag.	32
2.1.3 Miglioramento delle condizioni strutturali, operative e gestionali	Pag.	33
2.1.3.1 Rivalutazione sismica della diga e delle opere accessorie	Pag.	33
2.1.3.2 Progetto di gestione dell'invaso	Pag.	36
2.2 STIMA SOMMARIA DEI COSTI DI COSTRUZIONE E REALIZZAZIONE E DEI SERVIZI	Pag.	38
2.3 QUADRO ECONOMICO	Pag.	39
2.4 CRONOPROGRAMMA PROCEDURA ATTUATIVA	Pag.	40
3. COMPATIBILITÀ URBANISTICA, AMBIENTALE E PAESAGGISTICA	Pag.	41
3.1 VINCOLIE TUTELE VIGENTI NELL'AREA	Pag.	41
3.2 DESCRIZIONE EVENTUALI IMPATTI AMBIENTALI E PAESAGGISTICI	Pag.	41
SCHEMA SINOTTICO INTERVENTI PREVISTI	Pag.	42
ALLEGATI GRAFICI E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA		

0. PREMESSE

La Regione Sicilia, tramite il Dipartimento Regionale dell'Acqua e dei Rifiuti, gestisce complessivamente nell'isola 24 dighe tra le quali quella di Rosamarina, ubicata in territorio del comune di Caccamo (PA). Detta infrastruttura è in atto interessata da episodi di filtrazioni torbide manifestatesi, a partire dal 2010 e in contemporaneità con eventi di piena, nei cunicoli d'ispezione e drenaggio della diga, nonché dalla comparsa di venute d'acqua nella sezione superiore e intermedia del paramento di valle. Il ripetersi di tali fenomeni, effetto di una parziale riduzione dell'impermeabilità dello sbarramento, ha condotto, a seguito dell'asseverazione del 2° semestre 2015 a cura dell'Ingegnere Responsabile pro-tempore, a una limitazione d'invaso imposta dall'Ufficio Tecnico Dighe con provvedimento n. 6460 del 22/03/2016.

In conseguenza di ciò, a completamento delle osservazioni e dei rilievi effettuati nel corso degli anni da questo gestore sulle condizioni di tenuta e drenaggio dello sbarramento, il Dipartimento ha acquisito specifiche consulenze tecniche per l'individuazione delle cause originanti la presenza delle perdite torbide nei cunicoli e la successiva determinazione delle più idonee soluzioni progettuali, indirizzate al ristabilimento delle caratteristiche di sicurezza dell'infrastruttura, della piena capacità d'invaso, prerequisiti essenziali per l'ottenimento della certificazione di collaudo ex art. 14 del D.P.R. 1363/1959.

Pertanto, anche alla luce degli accertamenti tecnici effettuati, è emersa la necessità di eseguire dei lavori finalizzati al ripristino della capacità di tenuta dell'opera di sbarramento, riguardante nello specifico la sigillatura delle discontinuità sui paramenti della diga, la riabilitazione dei sistemi di drenaggio e dei dispositivi di controllo, nonché la realizzazione di opere per il miglioramento della gestione complessiva dell'infrastruttura.

Per la predisposizione dello schema degli interventi idonei a perseguire tali requisiti, si è redatto, nel Febbraio 2017, uno studio di fattibilità che è stato sottoposto all'approvazione della Direzione Generale per le Dighe e le Infrastrutture idriche ed elettriche (di seguito DGD), incardinata nel Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

L'approvazione dello studio era propedeutica all'inserimento del progetto nei programmi attuativi delle opere pubbliche e in particolare nel Piano Operativo Infrastrutture FSC 2014-2020 (Piano Nazionale Dighe), finanziato con delibera CIPE n. 54/2016.

Lo "Studio di fattibilità", presentato per la diga in oggetto con nota n. 9881 del 02/03/2017, dal titolo *"Lavori per l'adeguamento dei sistemi di tenuta e drenaggio della diga e il miglioramento delle opere utili alla gestione dell'infrastruttura"*, avente importo complessivo pari a circa 6,4 Mln di euro, prevedeva in sintesi le seguenti lavorazioni:

A) Tenuta sbarramento e controllo perdite

- a. operazioni di sigillatura preventiva con iniezioni in corrispondenza dei giunti all'intersezione tra cunicoli, dei giunti tra tratti di cunicolo in diga e quelli in roccia, dei giunti freddi e strutturali tra i conci e del giunto perimetrale;
- b. ripristino con alesaggio/perforazione delle canne drenanti in corpo diga, in fondazione e lungo i giunti fra i conci;
- c. canalizzazione delle perdite;

B) Impianti di servizio

- d. ripristino impermeabilità della struttura sovrastante i locali tecnici;
- e. sistemi di illuminazione e di aerazione per le lavorazioni in galleria;
- f. serbatoio di riserva e stazione di sollevamento per l'aggottamento e la pulizia dei cunicoli;
- g. rete idrica esterna e punti acqua nei cunicoli superiori e in fondazione;
- h. piattaforma elevatrice con cabina protetta nella zona posta tra il paramento di valle e il muro a gradoni;
- i. realizzazione di due nuove passerelle sul paramento di valle;

C) Strumentazione di controllo

- j. ripristino funzionalità dei piezometri;
- k. installazione di n.4 estensimetri a corda vibrante sub-verticali, n.4 estensimetri a corda vibrante sub-orizzontali, n.4 sedi per misure con calibro removibile e attivazione del sistema di misura di tipo cross-hole;

D) Casa di guardia

- l. risanamento delle pareti e dei muri di sostegno in c.a. della casa di guardia;
- m. coibentazione delle pareti perimetrali, adeguamento impianto elettrico, ristrutturazione cucina e wc, collocazione di serramenti esterni e porte interne;
- n. ripristino impermeabilizzazione copertura;
- o. impianto esterno di sollevamento su struttura autoportante;
- p. impianto di videosorveglianza sbarramento, piazzali e locali di manovra.

La Direzione Generale Dighe ha proceduto all'esame del suddetto "Studio di fattibilità", basandosi sugli esiti dell'attività di vigilanza e sui diversi studi sulla diga in atto e aggiornati nel corso del 2016-2017, riportati in un'apposita "scheda" che include i seguenti interventi:

- manutenzione straordinaria del paramento di monte della diga;
- ripristino del sistema di canne drenanti;
- miglioramento/adeguamento strutturale di manufatti e opere civili previa rivalutazione della sicurezza sismica della diga e delle opere accessorie.

Con nota n. 22995 del 13/10/2017 la stessa Direzione Generale Dighe ha ravvisato la sostanziale coerenza dello "Studio di fattibilità" trasmesso da questo Gestore con la scheda intervento e con gli studi condotti sullo sbarramento, ritenendo pertanto gli interventi previsti sostanzialmente ammissibili nei limiti della copertura del finanziamento assentito di cui alla 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. In tal senso va precisato che, come si evince dall'Allegato alla predetta Delibera CIPE n. 54/2016 in seno alla tabella riportante gli interventi per la *Linea d'azione - 4. Interventi di manutenzione straordinaria e messa in sicurezza dighe*, il finanziamento assentito per gli interventi da eseguire nella diga in argomento risulta pari a **8 milioni di euro**.

Tuttavia, sempre in seno alla nota n. 22995 del 13/10/2017 la stessa DGD ha formulato proprie valutazioni, osservazioni e prescrizioni da considerare nelle stesure progettuali di livello successivo, come di seguito esposte:

- 1) *devono essere previsti approfondimenti di indagine sullo stato del paramento di monte della diga e la realizzazione preventiva di un campo prove per la sperimentazione delle operazioni di sigillatura con iniezione dei giunti e per il ripristino delle canne drenanti;*
- 2) *non vi è riferimento ad attività per la redazione della rivalutazione della sicurezza sismica della diga e delle opere accessorie;*
- 3) *gli interventi di ristrutturazione del fabbricato di servizio e quelli impiantistico-gestionali di cui ai punti h., i., m., n., o., p. (del quadro sintetico delle lavorazioni prima esposto, n.d.r.) non risultano correlati ad interventi di manutenzione strutturale compresi nelle finalità della scheda intervento per la diga o conseguenti alla rivalutazione sismica e non possono allo stato essere ammessi a finanziamento;*
- 4) *nei limiti dell'ammontare del finanziamento (8 M€, n.d.r.) afferente all'accordo per la diga in oggetto, si resta pertanto in attesa della presentazione del progetto degli interventi secondo gli indirizzi forniti dalla scheda e dalla presente. Il progetto dovrà essere presentato direttamente nella forma di "**Progetto definitivo**", tenuto conto della precedente fase di studio già espletata, con priorità agli interventi principali e con previsione di apposito campo prova preventivo (riguardante le iniezioni e le riperforazioni delle canne drenanti). Il progetto dovrà essere altresì basato sui richiesti studi di rivalutazione sismica (diga e opere accessorie).*

Per quanto sopra esposto, nella considerazione che lo "Studio di fattibilità" è un elemento conoscitivo essenziale da porre all'attenzione nella fase di redazione progettuale, si è ritenuto

necessario procedere alla revisione del documento redatto nel Febbraio 2017 con questa nuova stesura che tiene conto delle sopra riportate prescrizioni della Direzione Generale Dighe. In particolare, punti salienti della presente rivisitazione sono i seguenti:

- è stato introdotto lo studio per la rivalutazione della sicurezza sismica della diga e delle opere accessorie, atteso che il progetto degli interventi proposti dovrà necessariamente basarsi sugli esiti di quest'ultima verifica;
- sono stati stralciati alcuni degli interventi riguardanti gli "impianti di servizio" e quelli della "casa di guardia", la cui realizzazione non è strettamente connessa alle risultanze della verifica sismica;
- per la ricostituzione del sistema drenante, sebbene lo studio originario prevedesse come unica soluzione il ripristino dell'esistente, si è deciso di optare per una scelta progettuale differenziata sulla base delle evidenze tecniche e degli studi sperimentali che saranno man mano acquisiti nel corso dei rilievi preliminari e poi in fase di progettazione definitiva; in particolare potranno prevedersi, in sincrono e in maniera composita, sia la rifunzionalizzazione delle canne drenanti esistenti sia la loro sostituzione/integrazione, previa completa sigillatura, con nuove canne drenanti disposte in parallelo alle precedenti e ordinate, in ossequio alle disposizioni del Regolamento Dighe, ad interasse non superiore a m 2,50 e con diametri dei fori di mm 200 nel corpo diga e in fondazione;
- è prevista l'esecuzione di "campo prova", preliminare all'inizio dei lavori, per la verifica conclusiva dei materiali selezionati, delle tecniche e delle metodologie operative prescelte per la riconfigurazione del sistema drenante;
- è stato rimodulato l'ammontare complessivo dell'intervento nella misura del finanziamento assentito e cioè pari a 8 Mln di euro.

1. QUADRO CONOSCITIVO

1.1 OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

In sintesi l'intervento si prefigge di raggiungere i due seguenti obiettivi prioritari:

- A) la conclusione del Collaudo Tecnico ai sensi dell'art. 14 del D.P.R. 1363/59;
- B) la razionalizzazione della complessiva operatività gestionale dell'opera.

Da questi obiettivi strategici discendono le specifiche finalità progettuali e tecniche che saranno successivamente dettagliate.



Figura 1.1 - L'invaso Rosamarina visto dalla Strada Statale 285.

1.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E DATI DEL SISTEMA IDRICO

La diga Rosamarina è ubicata nel territorio comunale di Caccamo in provincia di Palermo e intercetta il fiume San Leonardo a circa 6 Km dalla foce che sbocca sulla costa prospiciente il centro abitato di Termini Imerese. L'invaso artificiale, creato dalla sezione di sbarramento posta alla quota di 90 m s.m., ha una superficie lacustre a pieno regime di circa 5,4 Km² e una capacità massima di progetto pari a 100 milioni di m³, potenzialmente idonea a soddisfare un fabbisogno annuo per gli usi potabile, irriguo e industriale di circa 80 milioni di m³, così convenzionalmente ripartiti: 49 Mm³ per l'irrigazione, 30 Mm³ per il potabile e 1 Mm³ per l'area industriale.

Il bacino idrografico del San Leonardo ha una superficie di 504 Km² ed è il 9° in Sicilia per dimensioni tra quelli contenenti corpi idrici significativi, in questo caso rappresentati dal fiume omonimo e dal lago Rosamarina. Il fiume San Leonardo si sviluppa per 53 km ricevendo nel

tratto centrale gli apporti del torrente Azziriolo, caratterizzato da un bacino imbrifero di oltre 100 Km².

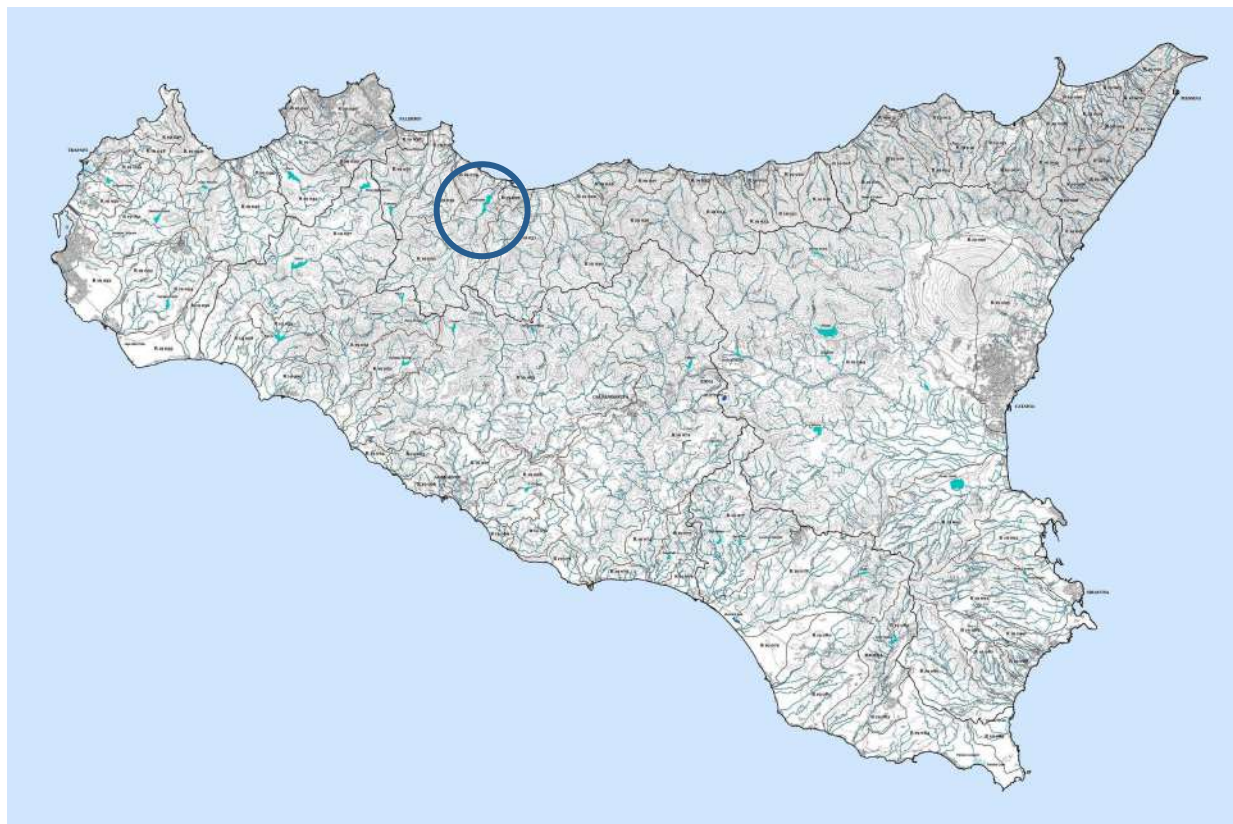


Figura 1.2 - Localizzazione dell'invaso Rosamarina sul territorio regionale.

La diga Rosamarina (v. Schede 1 e 2 in allegato) è del tipo ad arco-gravità, trascinante nella parte centrale. La struttura, simmetrica, poggia su una formazione rocciosa rigida, costituita da dolomie e calcari dolomitici, per il tramite di un pulvino di notevole spessore ed è suddivisa verticalmente in tredici conci, delimitati dai giunti verticali di costruzione. Gli spessori della sezione maestra sono variabili dai 5,00 metri al coronamento, ai 31,49 metri all'imposta della volta con il pulvino (a quota 107,00 m s.m.) e ai 41,91 m all'imposta sulla roccia di fondazione (a quota 87,00 m s.m.).

Nella diga sono presenti i seguenti cunicoli:

- un cunicolo a quota 146,00 m s.m.;
- un cunicolo a quota 122,50 m s.m.;
- un cunicolo lungo il giunto perimetrale a quote variabili (101,00÷122,50);
- cunicoli iniezioni e drenaggi in fondazione a quote variabili.

La diga è in calcestruzzo, con resistenza minima a rottura di 200 Kg/cm² ed un'armatura metallica superficiale a maglie costituita da tondini (verticali Ø 16 ed orizzontali Ø 20) ad interasse di 50 cm e, in alternativa, da una rete elettrosaldata equivalente.

DATI GENERALI

Corso d'acqua principale:	fiume San Leonardo
Bacino principale:	San Leonardo
Località:	Rosamarina
Comune:	Caccamo
Provincia:	Palermo
Infrastrutture del sistema:	1) Serbatoio Rosamarina, 2) Adduttori Est ed ovest per i diversi usi 3) Reti di distribuzione irrigua

INFRASTRUTTURE, UTILIZZO E GESTIONI

Tipologia dell'opera di sbarramento:	diga ad arco-gravità
Periodo di costruzione:	1972-1992
Richiedente la concessione e gestore:	Regione Sicilia – Assessorato Regionale dell'Energia Dipartimento dell'acqua e dei rifiuti
Utilizzazioni:	irrigua, potabile ed industriale
Gestore reti irrigue:	Consorzio di Bonifica 2 - Palermo
Utenza irrigua:	comprensori nei territori comunali di Altavilla Milicia, Bagheria, Caccamo, Campofelice di Roccella, Casteldaccia, Cerda, Collesano, Ficarazzi, Lascari, Misilmeri, Palermo, Santa Flavia, Sciara, Termini Imerese, Trabia, Villabate.
Gestore delle reti acquedottistiche:	AMAP S.p.A.
Utenza potabile:	Comune di Palermo
Utenza industriale:	IRSAP (PA) – Istituto Regionale Sviluppo Attività Produttive, ex ASI di Termini Imerese

DATI PRINCIPALI DELLA DIGA

Altezza della diga (ai sensi del D.M. del 24/3/1982).....	93,00 m
Altezza della diga (ai sensi della L. 584/1994).....	84,00 m
Altezza di massima ritenuta	75,00 m
Quota di coronamento.....	176,00 m s.m.
Franco (ai sensi del D.M. n. 44 del 24/3/1982).....	1,00 m
Franco netto (ai sensi del D.M. n. 44 del 24/3/1982).....	0,20 m
Sviluppo del coronamento.....	200,00 m
Volume della diga.....	320.000 m ³

DATI PRINCIPALI DELL'INVASO

Quota di massimo invaso.....	175,00 m s.m.
Quota massima di regolazione.....	169,50 m s.m.
Quota minima di regolazione.....	131,50 m s.m.
Quota massima autorizzata (UTD n. 6460 del 22/03/2016)	161,00 m s.m.
Superficie dello specchio liquido alla quota di massimo invaso	5,41 Km ²
alla quota massima di regolazione.....	4,72 Km ²
alla quota minima di regolazione.....	0,81 Km ²
Volume totale di invaso (ai sensi del D.M. 24/3/1982).....	130,00 x 10 ⁶ m ³
Volume di invaso (ai sensi della L. 584/1994).....	100,00 x 10 ⁶ m ³
Volume utile di regolazione.....	93,00 x 10 ⁶ m ³
Volume di laminazione.....	30,00 x 10 ⁶ m ³
Superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso.....	504,00 Km ²
Portata di massima piena di progetto.....	2600 m ³ /s
Tempo di ritorno.....	1000 anni

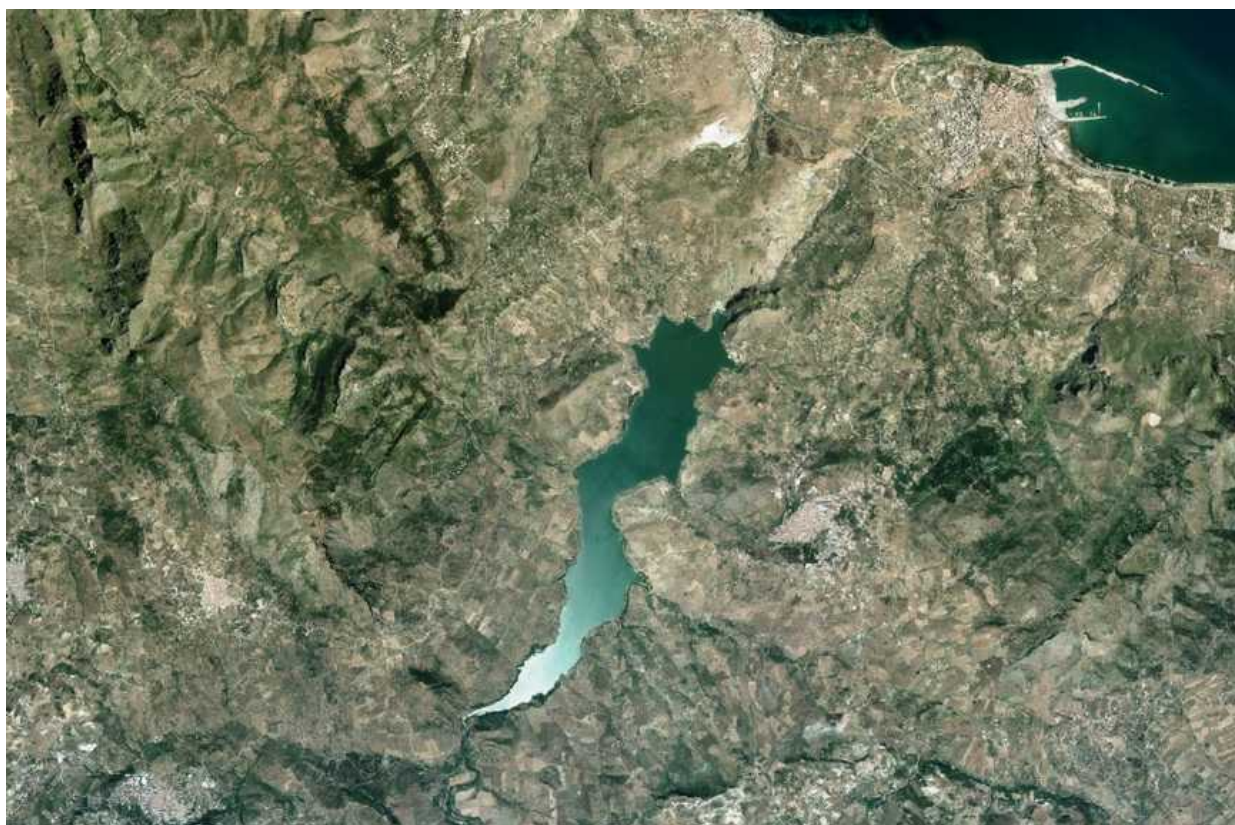


Figura 1.3 - Invaso Rosamarina, foto satellitare.

1.3 ANALISI DELLO STATO DI FATTO

Come anticipato, a partire dal 2010 e fino al 2016, in concomitanza con il verificarsi di eventi di piena, si è registrato nei cunicoli dell'infrastruttura un graduale incremento di materiale torbido non regimentato proveniente dall'invaso e verosimilmente filtrante dal paramento di monte attraverso zone di discontinuità non meglio individuate. In conseguenza di ciò, a seguito delle osservazioni già evidenziate nel documento di asseverazione del 2° semestre 2015, in considerazione delle possibili ripercussioni in ordine alla sicurezza dell'opera, l'Ufficio Tecnico Dighe, in data 22/03/2016, ha prescritto l'abbassamento del livello d'invaso dalla quota allora autorizzata di 169,50 m s.m. (volume di 96,26 Mm³) a quota 161,00 m s.m. (volume di 61,93 Mm³), differenza a cui corrisponde un deficit di riserva idrica di 34,33 Mm³ pari al 35% della capacità totale. Queste circostanze, oltre ad avere riflessi negativi sul soddisfacimento della domanda potabile e irrigua, non consentono di portare a compimento il collaudo tecnico ex art. 14 del D.P.R. 1363/59 ancora oggi in corso.

Solo a seguito dell'esecuzione di talune indagini, espressamente richieste dall'Organo di controllo sulle dighe, e interventi di manutenzione straordinaria, l'Ufficio Tecnico Dighe, in data 20/09/2017, ha autorizzato l'incremento della quota autorizzata fino 164,00 m s.m., con la possibilità di raggiungere la quota massima di 167,00 m s.m. ai soli fini della laminazione delle piene, con un parziale recupero di riserva idrica pari a poco più di 11 Mm³.

Con l'obiettivo di identificare le cause determinanti i fenomeni rilevati, anche sulla scorta delle osservazioni direttamente eseguite da questo Dipartimento, sono state recepite, nel 2015 e nel 2016, apposite indagini tecniche per valutare la capacità di tenuta idraulica ed impermeabilità dell'opera di sbarramento, l'efficienza del sistema drenante in corpo diga e in fondazione, la funzionalità dei piezometri ed in generale dei dispositivi di controllo.

Di seguito si riportano sinteticamente i risultati a cui sono pervenuti gli studi effettuati.

1.3.1 Sistema drenante verticale e profondo in fondazione

La cortina di drenaggi tubolari della diga Rosamarina è costituita da due sistemi principali:

- 1) un primo sistema verticale in corpo diga, posto tra la quota 165,00 (quota di progetto dello sviluppo iniziale delle canne drenanti) e il sottostante cunicolo perimetrale a quota variabili (101,00÷122,50);
- 2) un secondo sistema profondo in fondazione, collocato nei cunicoli drenaggi e iniezioni nel pulvino sotto il giunto perimetrale, formato da tubi di drenaggio verticali e inclinati sia verso valle che verso monte.

Le perdite torbide sono state registrate nei cunicoli interni, prevalentemente nel cunicolo iniezioni in fondazione, nel cunicolo lungo il giunto perimetrale e infine nel cunicolo a quota 122,50 m s.m. in corrispondenza delle zone d'attacco trasversali diga-pulvino-roccia. La fuoriuscita del limo è stata rilevata in punti specifici e alla base (punto di misura con stramazzo Thomson) delle canne drenanti discendenti ed in particolare:

- nel cunicolo iniezioni in fondazioni allo sbocco delle canne provenienti dal soprastante cunicolo perimetrale, collocate tra il concio 4 e 6 (in sponda sinistra) e il concio 7 (in sponda destra), già oggetto di precedenti osservazioni e denominate dreni D6, D9, D10, D15, D16, D17, D18 e in destra D7;
- nel cunicolo perimetrale, in sinistra nel dreno D35 concio 4 ed in destra nel dreno D14 concio 3;
- nel cunicolo a quota 122,50 m s.m., in destra nel dreno D8 nell'attacco pulvino-roccia ed in sinistra nel punto denominato PPR nella zona contigua pulvino-roccia attraversata dal giunto G5S.

SISTEMA DRENANTE SUPERIORE IN CORPO DIGA

UBICAZIONE	SVILUPPO	N. DRENI	L = m	L Totale
CUNICOLO ISPEZIONE 146,00	VERTICALE	84	18,60	1.562,40
CUNICOLO ISPEZIONE 122,50	VERTICALE	74	22,50	1.665,00
CUNICOLO PERIMETRALE 101,00÷122,50	VERTICALE	49	VARIABILE	748,40

SISTEMA DRENANTE PROFONDO IN FONDAZIONE

UBICAZIONE	SVILUPPO	N. DRENI	L = m	L Totale
CUNICOLO INIEZIONI 92,60÷108,00	VERTICALE	47	VARIABILE	542,80
CUNICOLO INIEZIONI 92,60÷108,00	INCLINATO VALLE	23	VARIABILE	620,00
CUNICOLO DRENAGGI 92,90÷108,00	VERTICALE	14	VARIABILE	360,00
CUNICOLO DRENAGGI 92,60(SX)÷108,00	INCLINATO VALLE	15	VARIABILE	443,00
CUNICOLO DRENAGGI SOTTO SPALLA SX QUOTA 92,60	INCLINATO MONTE	10	15,00	150,00
	VERTICALE	9	34,00	306,00
	INCLINATO IN ROCCIA	7	22,50	157,50
	INCLINATO IN ROCCIA	9	15,00	135,00

Le filtrazioni di materiale torbido all'interno della diga sono, com'è noto, l'effetto di un'anomalia nell'efficienza del sistema di impermeabilizzazione nonché della presenza di uno stato fessurativo o di discontinuità che l'impianto drenante ha comunque segnalato sebbene parzialmente attivo. Com'è noto il sistema di drenaggio costituisce lo strumento primario per una corretta evacuazione delle permeazioni e il controllo delle pressioni interstiziali che

agiscono lungo il piano orizzontale sulle fondazioni e sulla struttura d'imposta della diga. Per cui, particolari manifestazioni di degrado dell'infrastruttura, possono imputarsi proprio alle condizioni della rete drenante che ha perso i previsti requisiti di funzionamento a causa dell'accumulo all'interno delle canne di concrezioni carbonatiche e fango. Questi depositi, se continui e persistenti, possono ridurre significativamente la sezione dei dreni fino alla loro completa occlusione con il conseguente incremento delle permeazioni d'acqua attraverso il corpo diga in coincidenza delle zone d'attacco con la roccia, delle riprese di getto orizzontale nonché dei giunti strutturali.

Pertanto, allo scopo di verificare la corretta funzionalità dello schermo drenante, sono state eseguite misurazioni e video ispezioni in foro:

- dal basso verso l'alto delle canne drenanti verticali poste tra i cunicoli 146,00 m s.m., 122,50 m s.m. e nel cunicolo perimetrale tra le quote 101,00 m s.m. e 122,50 m s.m.;
- dall'alto verso il basso delle canne drenanti profonde verticali ed inclinate presenti nel cunicolo iniezioni e drenaggi in fondazione.

Al termine degli accertamenti sul sistema verticale è stata riscontrata un'occlusione dei dreni che ne ha ridotto la permeabilità e quindi l'efficienza, così quantificata rispetto all'intero sviluppo delle canne: del 92% nel cunicolo a quota 146,00 m s.m., del 90% nel cunicolo a quota 122,50 m s.m., del 94% nel cunicolo perimetrale e infine del 62% nel cunicolo iniezioni in fondazione. Le sezioni dei tubi sono risultate \emptyset 120 e non \emptyset 200 come previste in progetto.

Per quanto attiene, invece, i dreni profondi verticali ed inclinati in fondazione sono state rilevate: parziali ostruzioni di fango delle canne, difformità delle lunghezze e delle sezioni dei tubi risultate inferiori rispetto alle previsioni progettuali (\emptyset 120 anziché \emptyset 200) nonché una messa in opera non conforme degli stessi tubi che sono stati collocati nei fori senza la complementare immissione di materiale drenante nell'intercapedine. Ciò spiegherebbe l'occlusione parziale anche di questi tubi causata dalle permeazioni che, fuoriuscendo dalle canne discendenti verticali, si spandono sul calpestio dei cunicoli in fondazione per introdursi nel boccaforo dei dreni ed occupare l'intercapedine tra il foro eseguito e il tubo finestrato.

1.3.2 Sistema drenante sui giunti strutturali

A tergo dei giunti piani, realizzati tra i diversi conci strutturali del corpo diga, sono state collocate delle canne drenanti \emptyset 300 che recapitano le eventuali filtrazioni all'interno dei cunicoli posti alle diverse quote. Dai rilievi eseguiti è stato accertato che gran parte dei pozzi drenanti lungo i giunti risultano ostruiti da miscela cementizia iniettata nella prima fase di esercizio dell'opera nel corso della quale si erano manifestate venute d'acqua sul paramento dell'opera.

Tra l'altro, tale condizione era stata già accertata in sede di visita ispettiva dell'U.T.D. avvenuta in data 8-11 ottobre 2013 ed osservata, sebbene in forma più lieve, anche nello "Studio interpretativo delle misure fornite dalla strumentazione di controllo e del comportamento della diga" affidato dall'Ente Sviluppo Agricolo (già concessionario e gestore dell'infrastruttura) a consulenti esterni ed effettuato nel settembre 2001.

Infatti nella relazione allegata allo stesso studio si legge: *«Dall'esame visivo di cunicolo e paramenti si registravano, in pochi punti, ben definiti, modeste percolazioni d'acqua, quasi sempre localizzate in corrispondenza od in prossimità dei giunti di costruzione, ove evidentemente sussiste qualche locale imperfezione delle sigillature».*

Pertanto, è plausibile ritenere che l'intervento, allora attuato, avesse l'obiettivo di sigillare con le iniezioni cementizie i giunti per eliminare le discontinuità tra i conci venutesi a creare per le successive riprese dei getti e/o ripristinare l'impermeabilità non garantita dei nastri in PVC (*waterstop*) collocati a monte degli stessi giunti e probabilmente deterioratisi per le azioni termiche esercitate sul paramento dell'opera. Ciò provocherebbe la fessurazione del coprigiunto e la lacerazione del *waterstop* con la conseguenziale fuoriuscita d'acqua e l'aumento delle percolazioni nelle canne drenanti.

Nello specifico, a partire da quota 165,00 m s.m. (riferimento progettuale di sviluppo del sistema drenante) fino al cunicolo perimetrale (tra le quote 101,00 m s.m. e 122,50 m s.m.), si è rilevato il seguente grado di efficienza dei dreni in corrispondenza dei giunti:

- da quota 165,00 m s.m. a quota 146,00: completamente occlusi i dreni in aderenza di tutti i giunti tranne i dreni lungo i giunti G5S e G6D che risultano liberi da ostruzioni;
- da quota 146,00 m s.m. a quota 122,50 m s.m.: del tutto ostruiti i dreni presenti, tranne alcuni liberi per brevi tratti in corrispondenza dei giunti G2D, G3D, G4D e G5D, infine liberi i dreni dei giunti G5S e G6D;
- da 122,50 m s.m. a quota 101,00 m s.m.: sono ostruiti per l'intera lunghezza i dreni dei giunti G4S e G3S, parzialmente ostruiti i dreni dei giunti G3D e G4D, del tutto liberi i dreni dei rimanenti giunti.

1.3.3 Sistema dei piezometri

Tramite le videoispezioni si è constatato che gli 11 piezometri per il monitoraggio delle sottopressioni, presenti nel cunicolo a quota 122,50 m s.m. e nei cunicoli iniezioni e drenaggi in fondazione, sono costituiti da tubi aperti in PVC giuntati con manicotti sempre in plastica.

I tubi piezometrici sono bloccati nel foro di sondaggio solo nella sezione immediatamente inferiore al calpestio dei cunicoli tramite un tessuto imbibito di malta cementizia, risultando sospesi per il sottostante sviluppo, dove non è presente il previsto materiale drenante di

riempimento. Tant'è che nei piezometri P1 e P10, a causa dello svitamento dell'ultimo manicotto, il tratto terminale dei tubi giace sul fondo della perforazione.

Ovviamente, le condizioni rilevate del sistema renderebbero non del tutto attendibili le letture piezometriche che potrebbero subire l'influenza di venute d'acqua provenienti, non solo dallo strato profondo della trivellazione, ma anche da diversi livelli del foro di sondaggio.

1.3.4 Venute d'acqua sul paramento di valle

Oltre alle perdite registrate nei cunicoli interni, si sono manifestate filtrazioni fluenti sul paramento di valle della diga, tra le quote 165,00 m s.m. e 122,50 m s.m. (v. Scheda 3 in allegato). In particolare le venute d'acqua sembrano infiltrarsi in corrispondenza di alcuni giunti strutturali (di cui si sono già evidenziati i fattori critici) e/o tra le discontinuità visibili sul manto (giunti freddi orizzontali), quest'ultime dovute, verosimilmente, all'intermittenza dei getti di calcestruzzo durante l'esecuzione dei lavori. Le filtrazioni rilevate, oggetto di osservazioni costanti, non si manifestano comunque con cadenza ravvicinata sebbene rappresentino il segnale di una riduzione della capacità di tenuta dell'opera di sbarramento.

1.3.5 Filtrazioni nella camera di manovra degli scarichi sussidiari

Rilevanti permeazioni d'acqua si manifestano all'interno della camera di manovra degli scarichi di mezzo-fondo a quota 90,50 m s.m., attraverso la calotta (intradosso a quota 94,90 m s.m.), ubicata sotto il tratto finale dello scivolo centrale dello sfioratore in corpo diga. Le filtrazioni si palesano in concomitanza dell'apertura degli scarichi sussidiari, quando l'acqua, riversandosi nella vasca di dissipazione, si alza gradualmente di livello fino a raggiungere la quota 100,75 m s.m. della soglia tracimabile il muro di fondo, posto a 68 m dallo sbocco degli scarichi. In questa condizione idraulica, fino alla conclusione della manovra di scarico, il volume d'acqua raggiunge un'altezza massima di circa 4 m sopra l'estradosso dello scivolo sovrastante la camera di manovra, infiltrandosi, presumibilmente, attraverso discontinuità presenti nella soletta in calcestruzzo.

1.3.6 Filtrazioni ed eventi di piena

Secondo le comparazioni temporali effettuate sui volumi invasati e gli episodi di torbidità, il trasporto di materiale solido, generante le filtrazioni di limo rinvenute nei cunicoli, si manifesterebbe al verificarsi delle seguenti condizioni di afflusso:

- a) in conseguenza di piene significative e prolungate nel tempo che raggiungono gradualmente la diga, interessando le particelle torbide in sospensione sui livelli alti d'invaso;

b) a seguito di piene di breve durata ma particolarmente intense che avviano movimenti di correnti concentrate, capaci di fluidificare e trasportare, verso lo sbarramento, masse torbide che coinvolgono nel moto anche gli strati superficiali del fondale;

c) a livelli medi di invaso, in presenza di morbide capaci di innescare vortici di correnti a ridosso del paramento di monte, agitando le acque e il fango sedimentato più superficiale.

In sintesi, al termine delle verifiche effettuate, sembra non esserci una correlazione diretta tra quote elevate del serbatoio e gli episodi di torbidità; piuttosto emergerebbe un nesso con le dinamiche generate da prolungati e significativi eventi di piena oppure dal rapido innalzamento del livello d'invaso dovuto a un repentino afflusso d'acqua. In ogni caso, appare chiaro che le filtrazioni torbide, conseguenti ai fenomeni sopra esaminati, si concentrano in prevalenza nelle zone medio-basse della diga, coincidenti con i punti dei cunicoli dove si sono registrate periodicamente le perdite.

1.3.7 Tenuta idraulica e impermeabilità della diga

Le permeazioni torbide presenti nei cunicoli, così come le venute d'acqua sul paramento di valle, non sono altro che gli effetti generati da criticità che implicano, secondo la letteratura tecnica, una mancata completezza ed efficacia del sistema infrastrutturale.

In particolare i fattori negativi, strettamente connessi tra loro e generanti i fenomeni rilevati, possono identificarsi con la:

- 1) Discontinuità delle parti costituenti l'opera di sbarramento;
- 2) Permeabilità dell'opera di sbarramento.

In merito al primo punto è necessario sottolineare che la costruzione della diga è stata particolarmente complessa sia per problemi tecnici che amministrativi ed ha subito, nel corso della realizzazione, anche prolungate interruzioni dei lavori con consequenziali ripercussioni sulla continuità strutturale dell'opera.

In estrema sintesi: i lavori sono iniziati il 31/10/1972, sospesi il 12/01/1983, ripresi in data 01/12/1987 ed ultimati il 18 gennaio 1992. La cronistoria delle fasi costruttive della diga è dettagliatamente riportata nella "Relazione finale dell'assistente governativo" del 28 maggio 2000 nella quale, tra l'altro, è riportato un diagramma del paramento di monte dove si evidenzia l'avanzamento dei lavori e sono localizzati i getti di calcestruzzo in sequenza cronologica. Dallo schema (v. Scheda 3 in allegato) si può evincere la lunga interruzione dei lavori (quasi cinque anni) intercorsa tra la realizzazione della sola parte centrale del pulvino (appena sotto il giunto perimetrale) e le restanti sezioni laterali della stessa fondazione e del giunto perimetrale; fase esecutiva che è nuovamente sospesa in corrispondenza delle complesse zone di intersezione in destra e in sinistra tra il perimetrale, il pulvino e la roccia.

Pertanto, si può ritenere che la filtrazione di materiale torbido, proveniente dall'invaso, sia avvenuta prevalentemente attraverso le discontinuità createsi tra i conci contigui al giunto perimetrale, nel cunicolo perimetrale e nei settori d'intersezione dello stesso con i cunicoli orizzontali in destra e in sinistra. Le perdite limose sono state comunque intercettate dalle canne drenanti presenti nel perimetrale che, essendo in gran parte occluse, non hanno regimentato le dense permeazioni torbide, mantenendole in parte nel cunicolo e in parte dirottandole in basso verso i cunicoli in fondazione dove sono state rese più fluide con getti d'acqua in pressione ed eliminate tramite il sistema di aggotamento.

Riguardo il secondo punto, la disomogeneità costruttiva, dovuta alle intervallate riprese di getto, interessa anche il paramento di valle nei settori medio-alti, dove sono affiorate venute d'acqua che non appaiono strettamente correlate agli incrementi del volume d'invaso. Le perdite sono concentrate in corrispondenza di "giunti freddi" orizzontali e lungo alcuni giunti strutturali tra i conci dove, evidentemente, non è assicurata la funzione impermeabile dei *waterstop* né la capacità drenante delle canne Ø 300, poste a tergo degli stessi giunti, risultate in gran parte ostruite da materiale cementizio iniettato all'avvio degli invasi sperimentali per sigillare le discontinuità già da allora emerse.

1.3.8 Strutture ed opere utili alla gestione dell'opera (opere accessorie)

Oltre alle esaminate condizioni strutturali dello sbarramento, l'analisi si è estesa anche allo stato delle caratteristiche operative e funzionali delle opere adibite alla gestione e alla sorveglianza dell'infrastruttura, in particolare per valutare i requisiti di accessibilità, sicurezza e controllo dei siti costituenti i poli primari dell'intero sistema idrico.

Secondo quanto definito dal D.M. del 26/06/2014 "Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)" le opere complementari e accessorie sono: *"..opere direttamente connesse alla sicurezza e alla funzionalità degli impianti di ritenuta, ivi compresi gli interventi di sistemazione, impermeabilizzazione e consolidamento delle sponde del serbatoio, gli impianti e i sistemi di sorveglianza, allarme ed illuminazione, la casa di guardia, la viabilità di servizio, le opere di adduzione di derivazione dal serbatoio."* ed altresì gli organi di scarico: *"..insieme delle opere civili e impiantistiche necessarie per lo scarico, libero o volontario, dell'acqua invasata."*

Le opere accessorie della struttura di sbarramento devono essere considerate nella rivalutazione sismica delle dighe allorché la rottura o il mancato funzionamento può portare alla perdita di controllo dell'invaso.

Nello specifico sono individuabili le seguenti opere accessorie (v. Fig. 1.4):

- scarichi di superficie, fondo e mezzofondo;

- gallerie di scarico;
- vasca di dissipazione;
- torre di presa e galleria di derivazione;
- pozzi di accesso alla diga;
- casa di guardia e fabbricato dei servizi;
- ponte circumlacuale;
- strada di accesso alla diga (strada di coronamento);
- gallerie di accesso in destra ed in sinistra.



Figura 1.4 - Vista aerea dello sbarramento con indicazione opere accessorie e organi di scarico

In sintesi le osservazioni riguardano:

- a) Scarico di superficie e vasca di dissipazione: lo scarico di superficie è costituito da uno sfioratore a stramazzo, che consiste in una soglia a livello della massima ritenuta, seguita da uno scivolo e da un canale di raccolta delle acque. Lo scarico di superficie è ottenuto rendendo sfiorante la parte centrale del ciglio della diga che, insieme al paramento di valle, è sagomato in modo da realizzare le condizioni migliori di efflusso. Il manufatto di scarico è suddiviso in sei elementi indipendenti dotati di una soglia di imbocco profilata secondo il profilo di Creager e delimitati da setti laterali di contenimento in c.a.. La soglia d'imbocco consente di sfiorare l'eccesso di portata in arrivo da monte, per tale motivo la quota della soglia sfiorante e la lunghezza dello stramazzo devono essere dimensionati in modo da lasciar passare verso valle l'intera portata in arrivo. Le sei soglie sono poste tutte a quota

169,50 m s.m. e lo sviluppo netto di ognuna è di 12,00 m, per una larghezza complessiva di 72 m. Al piede dello scarico, a quota 92,20 m s.m., è ubicata una vasca di dissipazione di forma rettangolare lunga 70,00 m e larga 45,00 m. Tale vasca, delimitata a valle da una soglia sfiorante a quota 99,00 m s.m., è fornita di una doppia fila di denti frangiflutto che consentono di smorzare l'intensità della corrente che giunge a valle.

- b) Scarico di fondo: è ubicato in corrispondenza del manufatto di derivazione posizionato a monte della diga in sponda sinistra, ed è costituito da una galleria preceduta da una griglia in c.a. (con maglie di 1,00 m x 2,00 m) e da una soglia a quota 116,50 m s.m.. Lo scarico presenta l'imbocco delimitato da muri laterali provvisti di gargami per la posa di panconi atti a contenere l'eventuale interrimento del serbatoio fino a quota 122,50 m s.m..

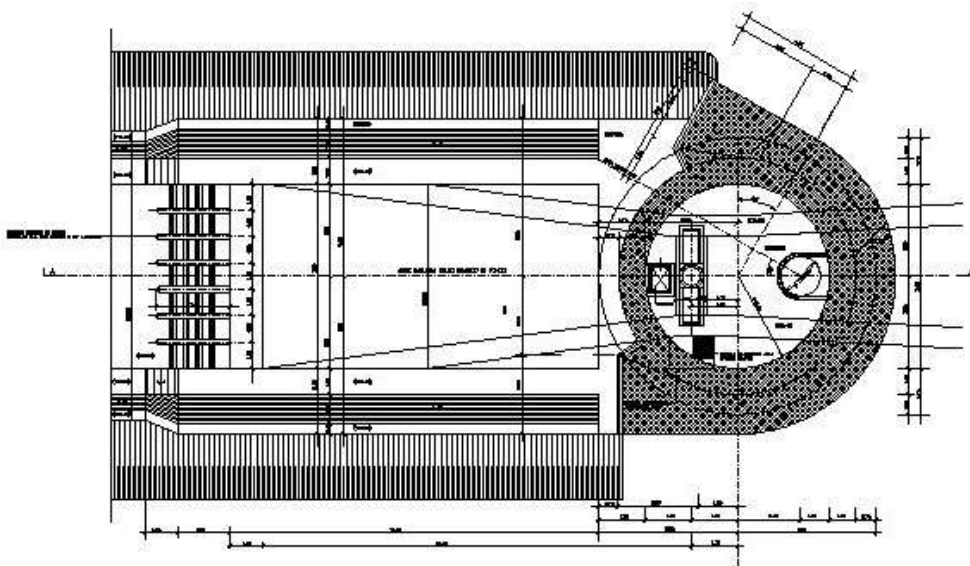


Figura 1.5 - Sezione orizzontale torre di presa e imbocco scarico di fondo

- Galleria scarico di fondo: a sezione circolare, ha diametro di 4,50 m ed è provvista a monte di una paratoia piana di luce 3,00 m x 3,30 m ed a valle di due paratoie piane a strisciamento di luce 2,40 m x 3,60 m, la cui camera di manovra ha un'altezza di 7,00 m e larghezza alla base di 5,30 m. La galleria è rivestita all'intradosso con blindatura in lamiera d'acciaio di 15 mm di spessore. Il suo tracciato si sviluppa per 180 m e lo sbocco si trova a quota 113,18 m s.m.. È altresì presente un aeroforo di 1,20 m di diametro, dopo le paratoie piane a strisciamento.
- Scarichi di mezzofondo e gallerie di scarico: unitamente allo scarico di fondo, consentono di svuotare il serbatoio. Essi sono dimensionati per scaricare, con invaso alla quota massima di regolazione, una portata almeno pari alla metà della portata dello scarico di fondo. Gli scarichi di mezzofondo sono due e sono ubicati nella parte centrale del corpo diga.

Ciascuno di essi è costituito da un'opera d'imbocco a quota 122,00 m s.m. che attraverso una torre circolare in c.a. addossata al paramento di monte, si raccorda con gomito a 90° a una condotta in pressione del diametro di 2,00 m intercettata da due valvole a farfalla (di 2,20 m di diametro) e valvole di regolazione a getto corto. Infine un breve tratto a sezione circolare sbocca sulla platea della vasca di dissipazione dello scarico di superficie, nelle due corsie centrali. Ogni condotto può scaricare 127 m³/s.

- Torre di presa: costituita da una torre in c.a. a sezione circolare cava, del diametro interno di 7,00 m e dell'altezza di 60,00 m, con tre bocche di presa superiori ed una inferiore. Le prese superiori sono alle quote 155,80 m s.m., 144,30 m s.m., 133,30 m s.m., quella inferiore si trova alla quota 116,50 m s.m. Ognuna delle tre prese superiori è regolata da due valvole a farfalla del diametro di 1,50 m. La parte terminale della condotta della torre di presa è regolata da un'ulteriore valvola a farfalla di diametro 1,50 m, mentre la presa inferiore è regolata da una paratoia piana di luce di 3,00 m x 3,30 m ed è ubicata nella stessa galleria dello scarico di fondo. È presente altresì un aeroforo di diametro 1,50 m che consente il passaggio dell'aria nella galleria di derivazione.
- Galleria di derivazione: i condotti di presa si immettono, dopo un primo tratto comune allo scarico di fondo il cui diametro è di 4,50 m, nella galleria di derivazione, a sezione circolare del diametro di 2,10 m, con funzionamento in pressione, e si sviluppa per circa 1.000 m all'interno della sponda sinistra. Lo sbocco della galleria è posto all'uscita della gola del San Leonardo, a quota 110,00 m s.m., e da questa sezione hanno origine le opere di utilizzazione. La quota minima di utilizzazione della torre di presa con funzionamento a gravità è di 131,50 m s.m., essendo tale la quota di media utilizzazione per gravità delle opere di disconnessione e di adduzione già esistenti a valle.
- Passerella camionabile di accesso alla torre di presa: si sviluppa per una lunghezza di 49,00 m e larghezza di 4,75 m. Questa si compone di travi in acciaio tipo HEA 240 mm poste ad un interasse di 270 cm e da profilati metallici NP 120 mm che assolvono la funzione di controventi, e da una soletta in c.a. dello spessore complessivo di 24 cm. La soletta è gettata su una lamiera grecata. All'interno del getto sono presenti pioli *Nylsen* Ø 18 di altezza 200 mm, posti su due file ad una distanza di 100 mm, che fanno da connettori. Vi sono altresì dei ripartitori longitudinali e trasversali Ø 10 passo 200 mm. Alle due estremità della sezione trasversale della passerella, vi sono dei cunicoli cavi di dimensione 55 x 100 cm. È presente uno strato di impermeabilizzazione tipo "*Epoasphalt*", e uno strato di binder per lo spessore di 6 cm. Vi sono infine dei pluviali Ø 120 ad interasse di circa 12 m.

- Casa di guardia: l'edificio, di dimensioni in pianta 9,00 m x 10,80 m, è stato ultimato nel 1991 ed è realizzato in calcestruzzo a vista. In particolare, la prima elevazione si estende da quota 184,35 m s.m. a quota 188,85 m s.m., con la presenza di un soppalco a quota 186,25 m s.m. raggiungibile mediante scala interna. L'ingombro è: da quota 184,35 m s.m. a quota 186,25 m s.m., 3,60 m x 8,30 m; da quota 186,25 m s.m. a quota 188,85 m s.m., 6,00 m x 8,30 m. Attraverso due scale è possibile accedere al piano a quota 188,85 m s.m. il cui ingombro è di 9,00 m x 10,80 m. Il prospetto è in calcestruzzo faccia vista e vetromattone. La struttura, in c.a., si sviluppa da quota 176,00 m s.m. a quota 191,96 m s.m.. A quota 176,00 m s.m., sono presenti due scale a chiocciola, una che consente l'accesso diretto alla casa di guardia ed una seconda in corrispondenza del pozzo ovale di accesso alla diga, collegate mediante una passerella in Orsogrill. Lo scheletro della struttura è costituito prevalentemente da setti in c.a. di spessore 25 cm. I tre setti emergenti visibili sul prospetto principale sono forati a quota 176,00 m s.m. ed a quota 184,35 m s.m. per consentirne l'attraversamento. Questi sono fondati su un basamento in c.a. di larghezza 310 cm, lunghezza 490 cm e spessore 100 cm. Sono presenti, alle tre differenti quote, travi ancorate al terreno mediante chiodature 2 Ø 30 con passo 1.500 mm. Per ciò che concerne i solai, questi sono costituiti da predalle ed elementi di alleggerimento quali polistirene espanso.
- Fabbricato servizi – Pozzo di accesso alla diga: il pozzo di accesso alla diga (detto “pozzo ovale”) è a quota 176,00 m s.m. ed è di forma ellittica di dimensione 2,92 x 4,32 m e giunge fino a quota 103,00 m s.m. in corrispondenza di quella che fu la galleria di deviazione del fiume San Leonardo all'epoca della costruzione. La struttura di copertura dell'accesso al pozzo è mista in c.a./acciaio. In particolare vi sono due elementi trapezoidali in cls, posti ad una distanza di 3,40 m, con larghezza alla base pari a 1,20 m, larghezza in testa 0,60 m e altezza 2,50 m, che sono a sostegno di una struttura metallica. Questa è realizzata mediante profilati metallici che raggiungono un'altezza massima di 7,65 m. Internamente la struttura metallica consente l'alloggiamento di un carroponete.
- Pozzo di accesso al piazzale a valle della diga ed ex galleria di deviazione: a quota 103,00 m s.m., in corrispondenza della galleria di deviazione del fiume San Leonardo è ubicato un pozzo che risale fino a quota 110,00 m s.m. in corrispondenza del piazzale a valle della diga, in sinistra idraulica. Il “pozzo ovale” e quello che risale verso il piazzale a valle della diga a quota 110,00 m, sono collegati a quota 103,00 m s.m.. dalla ex galleria di deviazione del fiume San Leonardo.

- Ponte strada circumlacuale: il ponte in questione è a tre campate ed ha struttura d'acciaio costituita da una travata reticolare ad arco superiore nella campata centrale e due travate laterali (di sponda), in profilati in parete piena. Le travate di sponda si estendono per 19,00 m, la campata centrale per 48,60 m. Le due briglie laterali HSE 800 sostengono traversi su cui poggia l'impalcato in c.a. reso collaborante con le traverse stesse a mezzo di pilonatura. Tutta la struttura è ad aste sciolte assemblate con bullonature ai nodi. Il ponte è sostenuto da due spalle e da due pile in golena, le une e le altre sorrette da micropali formati con perforazione a secco con anima in tubo valvolato e con il completamento di malta cementizia ad alta pressione. Tali pali si innestano nella formazione di argille consolidate marnose che giacciono in profondità. Le considerazioni sismiche effettuate in sede di progettazione, si traducono operativamente nella divergenza dei pali di pila e di spalla, e nell'ancoraggio delle spalle che sostiene l'appoggio fisso del ponte mediante una raggiera di 8 micropali sub-orizzontali, innestati nel corpo di spalla in calcestruzzo. Le pile sono dotate di fermi antisismici laterali alla travata metallica.
- Strada ponte sul coronamento della diga e gallerie stradali: la strada/ponte sul coronamento diga è in c.a. Esso è costituito da sei campate realizzate su setti a loro volta impostati sullo sfioratore. Il ponte è di fondamentale importanza per il raggiungimento della casa di guardia in provenienza da Termini Imerese. Per motivi costruttivi la sua stabilità dipende dalla stabilità dello sbarramento su cui è realizzato, pertanto il suo comportamento sismico è studiato nell'ambito della rivalutazione sismica della diga. L'accesso al coronamento diga è consentito da due gallerie stradali, rispettivamente in sponda destra e sinistra.



Figura 1.6 Diga Rosamarina, vista da monte sfioratore, scarico di superficie

1.4 FINALITÀ PROGETTUALI

In forma schematica si riportano di seguito gli obiettivi prioritari e progettuali del presente studio di fattibilità.

1.4.1 Obiettivo prioritario "A" e conseguenti finalità progettuali

A) ACQUISIZIONE DEL COLLAUDO TECNICO ex art. 14 D.P.R. 1363/1959

Costituisce l'obiettivo strategico primario che si intende raggiungere superando le criticità registrate con interventi che rispettino le previsioni del progetto originario in relazione allo stato di fatto e alla consistenza rilevata al termine dei lavori. L'obiettivo prioritario (A) è perseguibile per mezzo di due diversi obiettivi progettuali:

A.1 L'eliminazione del trasporto solido in corpo diga e delle filtrazioni nel paramento di valle, che ha come specifiche finalità: la salvaguardia della continuità ed impermeabilità strutturale tramite la sigillatura con iniezioni dei settori interessati e il rifacimento delle configurazioni impermeabilizzanti di locali tecnici; la riconfigurazione del sistema drenante ed il potenziamento del sistema di aggettamento e pulizia nei cunicoli.

A.2 La conservazione e implementazione dei dispositivi e strumenti di controllo, che ha come specifiche finalità: il ripristino della piena funzionalità del sistema dei piezometri e la misurazione delle proprietà geo-meccaniche nel corpo roccia in fondazione e nelle spalle della diga.

1.4.2 Obiettivo prioritario "B" e conseguenti finalità progettuali

B) RAZIONALIZZAZIONE DELLA COMPLESSIVA SICUREZZA ED OPERATIVITÀ GESTIONALE DELL'OPERA

L'obiettivo prioritario (B) è perseguibile per mezzo del successivo obiettivo progettuale:

B.1) Miglioramento delle condizioni di sicurezza, operative e funzionali delle strutture e dei luoghi adibiti alla gestione e alla sorveglianza, che ha come specifiche finalità: l'adeguamento dei manufatti e delle opere edili asservite alla diga prevedendo in necessari interventi volti al miglioramento delle condizioni di sicurezza strutturale alla luce degli esiti degli studi di rivalutazione della sicurezza sismica della diga e delle opere accessorie.

1.5 ALTERNATIVE PROGETTUALI

Rispetto agli obiettivi strategici e progettuali individuati, in particolare all'obiettivo strategico "A" (fermo restando che non si possono prevedere altre soluzioni che non implicino

necessariamente, ed in ogni caso, una nuova valutazione della sicurezza in condizioni sismiche della diga) potrebbero considerarsi soluzioni progettuali che implicano lo svuotamento dell'invaso. Per entrare nel merito, il presente studio di fattibilità prevede, prioritariamente, il ripristino dei requisiti di tenuta idraulica ed impermeabilità dell'opera nonché la riabilitazione del sistema drenante attraverso operazioni puntuali, o comunque circoscritte a zone ben definite, che intervengono sulle strutture esistenti per riattivarne la normale funzionalità; tutto ciò compatibilmente con lo stato dell'arte alla fine lavori che risulta parzialmente difforme rispetto alle previsioni progettuali. In tal modo si cercherà di non snaturare l'originario assetto del "sistema diga", recuperando l'efficienza attesa e assicurando, nel contempo, una sostanziale garanzia di sicurezza in rapporto alla normativa sul rischio sismico. In alternativa agli interventi contemplati, è possibile ipotizzare le soluzioni alternative di seguito esposte.

1.5.1 Ripristino dell'impermeabilità e tenuta idraulica

Anziché operare con iniezioni circoscritte di sigillatura esterne sull'opera ed interne nei cunicoli per eliminare le discontinuità presenti ed impedire la filtrazione di acqua nel corpo diga, si può intervenire stendendo una nuova membrana impermeabilizzante sul paramento di monte, necessariamente a serbatoio vuoto per assicurare le corrette modalità operative e l'integrità dello stesso strato impermeabile. Ciò, naturalmente, comporterebbe la perdita dell'intera risorsa idrica invasata con pesanti ripercussioni sull'irrigazione dei comprensori agricoli ma soprattutto sull'approvvigionamento potabile della città di Palermo.

1.5.2 Riabilitazione del sistema drenante

In alternativa alla rialesatura e ripristino delle esistenti canne drenanti superiori e profonde in fondazioni, integrando e/o sostituendo, solo in alcune zone, l'esistente schermo drenante con nuove perforazioni - si potrebbe intervenire realizzando un nuovo schermo di drenaggi tubolari, previa la completa chiusura dei dreni presenti con iniezioni cementizie in modo da renderli solidali con la struttura e creare una nuova cortina impermeabile nel corpo diga. I nuovi fori dovrebbero essere ricavati in parallelo ai precedenti, arretrati da questi di circa 1 metro e intervallati a distanza di 2,50 m. Quindi, sulla base dell'attuale configurazione, le canne si svilupperebbero all'incirca dal centro del calpestio del cunicolo superiore alla calotta del cunicolo inferiore, con la necessità di creare un nuovo sistema di aggettamento delle perdite intercettate dai dreni. Per quanto riguarda, invece, il sistema di drenaggio in fondazione potrebbe non contemplarsi l'integrale occlusione delle canne esistenti ma il loro ripristino che, comunque, non esclude l'esigenza di sottoporre ad una nuova verifica dinamica l'infrastruttura

considerato che risulterebbe, comunque, mutato l'originario assetto dello schermo drenante verticale superiore.

In conclusione, per l'esecuzione degli interventi in corpo diga l'obiettivo primario del progetto è il mantenimento nell'invaso di un volume d'acqua sufficiente a garantire una fornitura adeguata, seppure razionalizzata, per l'approvvigionamento potabile della Città di Palermo. Per questo motivo, prima dell'avvio dei lavori e secondo un preciso cronoprogramma, dovrà predisporre un piano di graduale riduzione della risorsa invasata da condividere con il gestore del servizio idrico integrato, allo scopo di eseguire, in condizioni di massima sicurezza, le operazioni di ricostituzione dello schermo drenante e della tenuta idraulica dello sbarramento. Ovviamente, l'eventuale insorgere, nel corso delle lavorazioni, di oggettivi impedimenti al proseguimento degli interventi previsti in condizione di "bacino pieno", obbligherà ad un'ulteriore diminuzione del volume d'acqua fino al possibile svuotamento dell'invaso.

1.6 MODALITÀ GESTIONALI

Non vi sono variazioni nell'assetto gestionale dell'infrastruttura che è tuttora affidata a questo Dipartimento, già concessionario dell'opera per conto della Regione Sicilia. Con l'attuazione degli interventi contemplati dal presente studio si intendono migliorare complessivamente la qualità e l'efficienza della conduzione dell'opera, adeguando e potenziando l'accessibilità e la sicurezza dei luoghi destinati alle attività lavorative, di sorveglianza e controllo. Ciò potrà consentire di razionalizzare l'organizzazione del lavoro, facilitando le operazioni e le manovre idrauliche, la manutenzione delle opere e la lettura della strumentazione in diga.

FATTIBILITÀ TECNICA

2.1 INDICAZIONI TECNICHE, TIPOLOGIA E LOCALIZZAZIONE INTERVENTI

In considerazione delle criticità riscontrate, il presente studio prevede l'attuazione di lavori di manutenzione straordinaria con la finalità di recuperare le condizioni di sicurezza e funzionalità contemplate dal progetto originario, sebbene rapportate all'effettiva consistenza delle strutture al termine della costruzione. Pertanto sono previsti interventi mirati e localizzati, di riparazione e ripristino, tendenti a non snaturare il generale assetto infrastrutturale, migliorandone, però, il preesistente e complessivo comportamento.

Il progetto degli interventi volti al ripristino funzionale dei sistemi di tenuta e drenante, di cui ai successivi § 2.1.1.1 e 2.1.1.2, dovrà prevedere, in ottemperanza a quanto richiesto dalla Direzione Generale Dighe, la realizzazione preventiva di un congruo numero di campi prova, opportunamente dislocati. Questa preliminare attività di tipo esplorativo sarà attuata mediante l'esecuzione di fori piezometrici e perforazioni di prova in corpo diga ed è finalizzata a confermare l'adeguatezza dei materiali sigillanti e delle modalità tecnico-operative prescelte per il raggiungimento degli obiettivi progettuali, verificando, nel contempo, l'eventuale sussistenza di problematiche legate alla presenza di acque di filtrazione in pressione sia nel corpo diga sia nella roccia di fondazione. L'utilità di tali indagini dovrà essere anche quella di valutare, in termini qualitativi e quantitativi, l'efficienza dello schermo di impermeabilizzazione. I campi prova si eseguiranno attraverso la realizzazione di perforazioni a carotaggio continuo a varie quote entro i cunicoli di ispezione (con esecuzione sistematica di prove *Lugeon* e successiva installazione di tubi piezometrici attrezzati con manometri in testa) e perforazioni di prova di alcuni dreni in corpo diga in corrispondenza dei cunicoli.

Questa necessità discende anche dal fatto che gli interventi saranno realizzati con serbatoio pieno e pertanto occorre considerare la possibilità che, nella fase esecutiva, i fori per il drenaggio (specie le nuove perforazioni e le porzioni pervie riabilite dell'esistente schermo drenante) possano interferire con fratture della roccia o discontinuità del calcestruzzo della diga, determinando l'intrusione, anche cospicua, di acqua nei cunicoli. In progetto, l'ipotetico presentarsi di tale eventualità deve essere affrontato prevedendo l'adozione di soluzioni alternative per il blocco degli afflussi con un "tampone di emergenza" e il successivo intasamento dei fori con miscela cementizia. Il progetto degli interventi dovrà essere altresì basato sugli studi di rivalutazione sismica relativi alla diga ed alle opere accessorie.

Di seguito si elencano le singole finalità progettuali, la tipologia e l'ubicazione degli interventi manutentivi (v. Scheda 4 in allegato).

2.1.1 Eliminazione trasporto solido in diga e filtrazioni paramento di valle

2.1.1.1 Salvaguardia della continuità ed impermeabilità strutturale

Per il raggiungimento dell'obiettivo sono previsti i seguenti interventi:

1) operazioni di sigillatura preventiva con iniezioni (v. Scheda 5, in allegato)

- del tipo ad *aureola tronconica*, praticate dai cunicoli e finalizzate a ricucire discontinuità trasversali in direzione monte-valle e/o in corrispondenza delle riprese di getti per la realizzazione degli stessi cunicoli nei tratti più critici; più precisamente si provvederà a sigillare:
 - a) i giunti tra i cunicoli in diga e quelli in roccia nelle zone pulvino/roccia e pulvino/diga;
 - b) le zone di intersezione tra i cunicoli orizzontali e quello perimetrale;
- del tipo a *ventaglio* variamente inclinate e praticate dall'interno e dall'esterno del corpo diga, per ricucire discontinuità lungo superfici complanari; in particolare si provvederà:
 - a) con iniezioni dai cunicoli orizzontali verso il basso, per impermeabilizzare il giunto perimetrale;
 - b) con iniezioni dal coronamento verso il basso fino a quota 146,00 m s.m., per sigillare i giunti freddi orizzontali (ripresa dei getti) e i giunti strutturali tra i conci presenti nella parte alta dello sbarramento, compresa tra le sponde laterali in sinistra e destra e lo sfioratore centrale.

2) rifacimento dello strato impermeabile della struttura sovrastante locali tecnici (v. Scheda 8, in allegato)

Per eliminare le infiltrazioni d'acqua all'interno della camera di manovra degli scarichi sussidiari, è previsto un intervento per ricostituire le condizioni di impermeabilità con la sigillatura delle fessurazioni presenti sul tratto terminale dello scivolo dello sfioratore inclusi i setti laterali, il ripristino della superficie ammalorata con una malta fibrorinforzata impermeabile e l'applicazione di un prodotto impermeabilizzante a base di poliurea pura privo di solventi, protetto da uno strato di quarzo di adeguato spessore; tutti i materiali saranno applicati a spruzzo con specifiche macchine vaporizzatrici.

2.1.1.2 Riabilitazione del sistema drenante

Per la riabilitazione della funzionalità drenante della cortina di tubi in corpo diga non si è esclusa la possibilità di realizzare un nuovo sistema di dreni che possa integrare/sostituire l'esistente nel caso in cui si valutasse impraticabile il ripristino dei fori presenti. Pertanto, a seguire sono esposte le due soluzioni progettuali (A) e (B) che, in realtà, non si escludono a

vicenda, ma possono coesistere qualora se ne prospettasse la necessità applicativa. Infatti, sia nella prima sia nella seconda soluzione, i primi interventi prevedono la rialesatura dei fori esistenti che, nel caso avvenisse la fuoriuscita di copiose quantità d'acqua, sarebbero rapidamente sigillati e sostituiti da nuovi dreni posti in parallelo agli esistenti e distaccati da questi di circa 1 metro. Per l'esecuzione delle due soluzioni prospettate i sotto elencati punti 1 e 2 (quest'ultimo fino alla lettera "c") sono sostanzialmente comuni ad entrambe, mentre si diversificano allorché si optasse per la sigillatura e l'abbandono del dreno originario.

Soluzione (A) - Riabilitazione del sistema drenante esistente

Per il raggiungimento dell'obiettivo sono previsti i seguenti interventi (v. Scheda 6, in allegato):

1) apparecchiature, tecniche e modalità operative adottate per l'esecuzione dell'intervento

- prima dell'avvio degli interventi per il ripristino della cortina di drenaggi tubolari, è necessario eseguire lavori per rendere idonei alle attività previste, i percorsi e gli accessi ai cunicoli, installando all'interno degli stessi anche sistemi specifici di illuminazione e di aerazione per le lavorazioni in galleria;
- considerate le ridotte dimensioni dei cunicoli d'ispezione orizzontali in corpo diga si è optato per l'utilizzo di piccole macchine perforatrici alimentate elettricamente, comandate da centraline smontabili e ricollocabili anche in spazi angusti;
- qualora sgorgasse un'ingente quantità d'acqua dai fori durante la riperforazione degli esistenti e/o la perforazione dei nuovi, è prevista l'attivazione di un *blow-out preventer* (BOP) che blocca rapidamente la perdita mettendo in sicurezza il cunicolo e, di conseguenza, il sito del cantiere;
- le operazioni di riparazione dello schermo drenante saranno eseguite partendo dai cunicoli a quota più elevata e spostandosi man mano verso il basso, utilizzando in contemporanea diversi macchinari.

2) pulizia e ripristino delle canne drenanti verticali Ø 120

- i lavori riguardano la riconfigurazione dello schermo drenante verticale realizzato tra la quota 165,00 m s.m. (sotto il coronamento) e il cunicolo perimetrale (101,00÷122,50 m s.m.) nonché i dreni verticali di lunghezza variabile con sviluppo dal calpestio del cunicolo iniezioni (92,70÷108,00 m s.m.) in fondazione; in particolare si prevede l'esecuzione delle seguenti operazioni:
 - a) per i dreni terminanti nei vani con stramazzo al calpestio dei cunicoli: realizzazione di un incavo in corrispondenza della base della canna drenante dimensionalmente idoneo per il posizionamento e le relative manovre della macchina

alesatrice/perforatrice; per il taglio controllato del calcestruzzo si dovrà utilizzare uno strumento in grado di limitare al massimo percussioni e vibrazioni per non creare eventuali danni alla struttura (trivella elettrica); rimozione del materiale demolito con recapito al punto di stoccaggio;

- b) preventiva video-ispezione della canna drenante per il controllo direzionale della rialesatura, delle occlusioni e di eventuali fratture del dreno; asportazione delle incrostazioni presenti nel tubo con perforazione ascensionale della canna per un diametro di mm 200 con trivella elettrica fino alla lunghezza originaria dei fori drenanti, senza l'uso di acqua per evitare che il fango fluidificato possa penetrare nella struttura adiacente; rimozione del materiale prodotto dalla perforazione con recapito al punto di stoccaggio;
- c) pulizia e spurgo del foro tramite dispositivo di lavaggio con ugelli orientabili con i quali spruzzare acqua a pressione controllata sulle pareti del dreno; aspirazione con apposita sonda del materiale residuo che tenderà a sedimentarsi alla base della trivellazione; video-ispezione del foro al termine delle operazioni;
- d) posa in opera di tubo drenante Ø 120 in polietilene ad alta densità, corrugato e micro fessurato, con possibilità di essere rivestito con guaina di tessuto non tessuto qualora risulti difficoltoso prevedere un adeguato drenaggio a tergo dello stesso;
- e) installazione di sifone alla base delle canne drenanti per impedire la risalita delle permeazioni d'acqua e prevenire la formazione di concrezioni carbonatiche; sistemazione delle pareti delimitanti il nuovo incavo con materiale cementizio.

3) pulizia e ripristino delle canne drenanti verticali e inclinate Ø 200 in fondazione

Per la riabilitazione delle canne profonde in fondazione, anch'esse parzialmente occluse e prive di circostante materiale di drenaggio, sono previste le medesime operazioni di pulizia e spurgo del sistema drenante superiore, tranne la creazione dell'incasso alla base del foro, considerato che lo sviluppo del tubo ha origine dal calpestio dei cunicoli in fondazione; la perforazione dovrà concludersi ad una quota di circa 70 m s.m.; gli interventi di ripristino riguardano anche i dreni presenti a sinistra nel cunicolo drenaggi in roccia posto a quota 92,60 m s.m..

4) canne drenanti lungo i giunti tra i conci

È da valutare l'opportunità di ripristinare i dreni, già da tempo occlusi con malta cementizia, a tergo dei giunti di contrazione tenuto conto che si procederà alla sigillatura con iniezioni delle discontinuità presenti nel corpo diga per impedire filtrazioni anche tra i conci e alla riabilitazione dello schermo drenante sia superiore che in fondazione: ciò anche alla luce

degli esiti dei campi prova, da realizzare preliminarmente all'effettivo avvio dei lavori, al fine di testare l'efficacia degli interventi di impermeabilizzazione e la simultanea risposta del sistema drenante riabilitato.

Soluzione (B) – Realizzazione di un sistema drenante composito

In alternativa al ripristino della canna drenante originaria, allorquando se ne accertasse l'effettiva impraticabilità, si dovrà prevedere la definitiva occlusione del foro esistente e la perforazione di un nuovo foro con diametro finito di 200 mm ed interasse medio di circa 2,5 m. Le nuove canne nei cunicoli saranno perforate dal basso verso l'alto, in direzione verticale e parallelamente alla cortina drenante esistente, poste sul lato monte e distaccate da quest'ultima di circa 1 metro. Il foro sboccherà dalla calotta del cunicolo in posizione laterale, ad una distanza dalle pareti di circa 50 cm. Un tubo, posto in aderenza alla calotta e poi alla parete del cunicolo, collegherà il foro superiore al dispositivo di raccolta delle perdite.

2.1.1.3 Potenziamento del sistema di aggettamento e pulizia cunicoli

L'intervento è finalizzato a migliorare il sistema di regimentazione ed eliminazione delle perdite manifestatesi nella fase gestionale successiva agli interventi di riabilitazione, a consentire la costante ed efficace pulizia dei piani di calpestio e delle canalette di scolo, con il fine ultimo di proteggere la strumentazione di misura e controllo installata nei cunicoli perimetrale e in fondazione; in particolare si prevede l'esecuzione dei seguenti lavori:

- a) serbatoio di riserva idrica e stazione di sollevamento: posa in opera sul piazzale a quota 176,00, presso il pozzo ovale, di n. 1 serbatoio di riserva in polietilene per lo stoccaggio di 10 m³, alimentato con acqua proveniente dall'invaso; la risorsa sarà condotta al serbatoio tramite una tubazione in polietilene ad alta densità, staffata a vista lungo le banchine pedonali del piazzale nonché in canalizzazioni esistenti e proveniente dalla torre di presa dove è collocata sul fondo del manufatto una pompa di sollevamento con tubo di pescaggio sul livello dell'invaso;
- b) rete idrica esterna, rete interna e punti acqua nei cunicoli superiori: dal serbatoio si svilupperà la rete idrica con tubazione sempre in PEAD a vista lungo la recinzione del piazzale, fino alle esistenti scale in metallo con gabbia poste in spalla sinistra; da qui la tubazione raggiungerà in verticale le passerelle d'ispezione a quote 146,00, 122,50 e il piazzale a quota 110,00, dove saranno collocati:
cunicolo 146,00: n. 1 rubinetto/idrante all'ingresso in SX del cunicolo; n. 1 punto acqua presso la zona di connessione con il cunicolo perimetrale in SX; n. 1 punto acqua in

mezzeria; n. 1 punto acqua presso la zona di connessione con il cunicolo perimetrale in DX;

cunicolo 122,50: n. 1 rubinetto/idrante all'ingresso in SX del cunicolo; n. 1 punto acqua presso la zona di connessione con il cunicolo perimetrale in SX; n. 1 punto acqua in mezzeria; n. 1 punto acqua presso la zona di connessione con il cunicolo perimetrale in DX;

cunicolo perimetrale: n. 1 rubinetto/idrante all'ingresso in SX del cunicolo; n. 1 punto acqua in SX presso l'inizio della scala di collegamento con la quota 122,50; n. 1 punto acqua in mezzeria a quota 101,00; n. 1 punto acqua in DX presso l'inizio della scala di collegamento con la quota 122,50;

c) rete idrica e punti acqua in fondazione: dalla tubazione principale a quota 110,00 si diramerà un'altra condotta non interrata che raggiungerà il locale per l'accesso alle fondazioni dove è prevista la realizzazione di una rete idrica più articolata che percorrerà i cunicoli del pulvino; qui è prevista la creazione di ulteriori punti acqua, soprattutto nei settori dove si è più frequentemente registrata la sedimentazione e l'accumulo di materiale torbido che, in tal modo, potrà essere più facilmente fluidificato ed evacuato; nello specifico nei cunicoli in fondazione è prevista la collocazione di n. 5 rubinetti/idranti così distribuiti:

- n.1 a quota 89,40 vicino alle pompe di aggotamento e al cunicolo che conduce alla camera di manovra degli scarichi sussidiari;
- n. 2 nel cunicolo drenaggi, il primo a quota 92,90 all'intersezione del collegamento tra questo cunicolo e quello iniezioni e il secondo a quota 95,00 nei pressi del pozzetto DP (raccolta dreni perimetrale);
- n. 2 nel cunicolo iniezioni, il primo a quota 92,60 vicino al dreno D7 e il secondo a quota 87,50 al centro tra la vasca di sollevamento e la rampa che raggiunge quota 108,00;

d) canalizzazione perdite: razionalizzazione della rete dei canali presenti nei cunicoli alle diverse quote, adeguando tracciati e sezioni, per migliorare la regimentazione e l'evacuazione delle permeazioni.

2.1.2 Conservazione e implementazione dei dispositivi di controllo

2.1.2.1 Ripristino della funzionalità dei piezometri

Per la riabilitazione del sistema piezometrico (v. Scheda 7, in allegato), sono ipotizzabili due diverse operazioni di ripristino, in considerazione delle condizioni dei singoli piezometri che

risultano ancorati solo nella parte iniziale del foro; in dettaglio possono attuarsi i seguenti interventi, previa valutazione degli spazi di manovra nei cunicoli:

- a) sfilamento del tubo esistente tramite un cavo d'acciaio dotato all'estremità di un dispositivo a scatto per agganciare l'estremità inferiore ed estrarre, con un paranco esterno e per singoli moduli, la canna; video-ispezione del foro per verificare livello e numero delle venute d'acqua confluenti; a questo punto si può procedere nei seguenti modi:
- b) con una o limitate venute d'acqua, ripristino del piezometro esistente collocando una solida tubazione sfinestrata di sezione pressoché pari al foro dove inserire una sonda aspirante per la pulizia del fondo; completato lo spurgo, introduzione nel foro del nuovo tubo piezometrico dotato anche di trasduttore di pressione interstiziale o sonda elettrica; riempimento dell'intercapedine tra la tubazione più grande e il nuovo piezometro con materiale drenante; graduale sfilamento della tubazione provvisoria fino alla completa messa in opera dello strato drenante e del tubo piezometrico; protezione della testa del tubo con apposito chiusino in PVC.
- c) con numerose venute d'acqua e a livelli differenziati e/o nell'impossibilità di sfilare il tubo presente, perforazione del foro esistente oppure trivellazione di nuovo foro e messa in opera di tubo piezometrico, secondo le modalità operative sopra illustrate.

2.1.2.2 Installazione di nuovi strumenti di misurazione

Per migliorare il sistema di controllo e misurazione delle proprietà geomeccaniche nel corpo roccia in fondazione e nelle spalle della diga, nonché per ottemperare alle indicazioni della commissione di collaudo, è prevista l'installazione dei seguenti strumenti e punti di misura:

- a) n. 4 estensimetri ad aste a corda vibrante sub-verticali da collocare in mezzeria nel cunicolo drenaggi in fondazione, quota calpestio 95,00 m s.m.;
- b) n. 4 estensimetri ad aste a corda vibrante sub-orizzontali da collocare nel cunicolo a quota 146,00, da ripartire a coppia in SX e in DX nella zona attacco pulvino/roccia:
- c) n. 4 sedi per misure con calibro removibile, da ripartire lungo i primi 20 m del cunicolo drenaggi a quota 146,00;
- d) attivazione del sistema di misurazioni tipo *cross-hole*, con l'uso di geofoni, finalizzato al controllo della velocità di propagazione delle onde sismiche tra punti di perforazione.

2.1.3 Miglioramento condizioni strutturali, operative e gestionali

2.1.3.1 Rivalutazione sismica della diga e delle opere accessorie

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, di 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 invaso 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 verifica di capacità sismica del corpo diga, che coinvolge lo scarico di superficie, lo scarico di mezzofondo e le relative gallerie e la strada ponte sul coronamento, sarà eseguita tenendo conto degli interventi previsti per il miglioramento della tenuta dello sbarramento e di riabilitazione/rifacimento del sistema drenante.

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

- Legge n. 214/2011 "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 e altre misure";
- D.M. 17.01.2018 (NTC18) "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni";

- D.M. 26.06.2014 (NTD14) “Norme Tecniche per la Progettazione e la Costruzione degli Sbarramenti di Ritenuta (dighe e traverse)”;
- “Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26.06.2014 (NTD14) e al D.M. 17.01.2018 (NTC18). Verifiche Sismiche delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere complementari e accessorie “ del Ministero Infrastrutture e Trasporti- Dipartimento Infrastrutture – Direzione Generale Dighe e Infrastrutture idriche ed elettriche.

L'obiettivo generale dell'azione di riqualificazione sismica comprende 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;
- a 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;
- a fornire la caratterizzazione strutturale e geotecnica delle opere, a mezzo apposite indagini;
- a consentire la caratterizzazione morfologica e geotecnica delle sponde del serbatoio;

- a 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 forniti:

- 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.

Indagini conoscitive e prove di laboratorio

Per procedere alla caratterizzazione delle proprietà meccaniche dei materiali saranno eseguite prove distruttive e non distruttive nella consistenza tipologia 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;
- 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...).



Figura 2.1. Diga Rosamarina, veduta dell'invaso

2.1.3.1 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 svasso/sfangamento);
- b) *Piani Operativi*.

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 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 morbide 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.

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.

2.2 STIMA SOMMARIA DEI COSTI DI COSTRUZIONE E REALIZZAZIONE E DEI SERVIZI

Si è proceduto ad una valutazione sommaria dei costi realizzativi, differenziandoli per tipologia e localizzazione degli interventi, come di seguito riportato:

FINALITÀ INTERVENTO	TIPOLOGIA	LOCALIZZAZIONE	COSTO (€)
SALVAGUARDIA CONTINUITÀ ED IMPERMEABILITÀ STRUTTURALE	SIGILLATURA CON INIEZIONI AD "AUREOLA TRONCONICA" E A "VENTAGLIO"	ZONA PULVINO/ROCCIA, ZONA PULVINO/DIGA, INTERSEZIONI CUNICOLI ORIZZONTALI/CUNICOLO PERIMETRALE PARAMENTO DI VALLE IN SX E DX DAL CORONAMENTO A QUOTA 146,00	2.760.000,00
	RIFACIMENTO STRATO IMPERMEABILE STRUTTURE SOVRASTANTE LOCALI TECNICI	TRATTO TERMINALE SCIVOLO DELLO SFIORATORE CENTRALE SOPRA LA CAMERA DI MANOVRA SCARICI SUSSIDIARI	68.000,00
RIABILITAZIONE DEL SISTEMA DRENANTE	PULIZIA E RIPRISTINO CANNE DRENANTI ASCENDENTI ø 200	DA QUOTA 165,00 A CUNICOLO DRENAGGI IN FONDAZIONE	1.520.000,00
	PULIZIA E RIPRISTINO CANNE DRENANTI DISCENDENTI ø200	CUNICOLI DRENAGGI E INIEZIONI IN FONDAZIONE	950.000,00
POTENZIAMENTO DEL SISTEMA DI AGGOTTAMENTO E PULIZIA CUNICOLI	IMPLEMENTAZIONE RETE IDRICA CON NUOVI PUNTI ACQUA, SERBATOIO SOLLEVAMENTO, CANALIZZAZIONI	PIAZZALE QUOTA 176,00, TORRE DI PRESA, CUNICOLI IN CORPO DIGA E FONDAZIONI	52.500,00
RIPRISTINO FUNZIONALITÀ DEI PIEZOMETRI	RIPRISTINO CON SFILAMENTO E/O PERFORAZIONE, PULIZIA E SPURGO	CUNICOLO 122,50, CAMERA MANOVRA SCARICHI SUSSIDIARI, CUNICOLI DRENAGGI E INIEZIONI IN FONDAZIONE	18.500,00
INSTALLAZIONE DI NUOVI STRUMENTI DI MISURA	INSTALLAZIONE DI ESTENSIMETRI A CORDA VIBRANTE	CUNICOLO DRENAGGI IN FONDAZIONE QUOTA CALPESTIO 95,00	73.000,00
	INSTALLAZIONE SEDI PER MISURE CON CALIBRO REMOVIBILE	SPALLE SX E DX ATTACCO ROCCIA CUNICOLO DRENAGGI 146,00	5.000,00
	ATTIVAZIONE SISTEMA DI MISURAZIONI TIPO CROSS-HOLE	CUNICOLI IN FONDAZIONE	3.000,00
			5.450.000,00

Analoga valutazione sommaria dei costi è stata effettuata per i servizi di ingegneria finalizzati al miglioramento delle condizioni strutturali, operative e gestionali:

FINALITÀ INTERVENTO	TIPOLOGIA	LOCALIZZAZIONE	COSTO (€)
MIGLIORAMENTO CONDIZIONI STRUTTURALI, OPERATIVE E GESTIONALI	RIVALUTAZIONE SISMICA (INCLUDE INDAGINI CONOSCITIVE E PROVE DI LABORATORIO)	DIGA ED OPERE ACCESSORIE	290.000,00
	PROGETTO DI GESTIONE DELL'INVASO (RILIEVI BATIMETRICI E INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE DELLE ACQUE E DEI SEDIMENTI)	SERBATOIO	50.000,00

2.3 QUADRO ECONOMICO

A) Importo dei lavori

A.1 - Lavori a base d'asta	€	5.291.262,14
A.2 - Oneri per la sicurezza non soggetti al ribasso	€	158.737,86
Sommano (A)	€	5.450.000,00

B) Somme a disposizione dell'Amministrazione

B.1 - Lavori in economia previsti in progetto, esclusi dall'appalto	€	50.000,00
B.2 - Rilievi, accertamenti e indagini	€	135.000,00
B.3 - Spese tecniche di progettazione	€	270.000,00
B.4 - Spese tecniche art. 113 D. Lgs 50/2016 (2% di A)	€	109.000,00
B.5 - Assistenza tecnica di cui all'art. 16, comma 1, punto 7 del D.P.R. 207/2010 (1,5% di A)	€	81.750,00
B.6 - Spese per attività di consulenza e supporto	€	200.000,00
B.7 - Allacciamenti a pubblici servizi	€	-
B.8 - Acquisizione aree ed immobili	€	-
B.9 - Spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche previsti dal capitolato speciale d'appalto, collaudo tecnico amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi	€	50.000,00
B.10 - Spese per commissioni giudicatrici	€	-
B.11 - Spese per pubblicità	€	10.000,00
B.12 - Contributo ANAC	€	1.000,00
B.13 - Oneri di accesso a discarica	€	70.000,00
B.14 - Imprevisti ed arrotondamenti	€	201.270,49
Sommano (B)	€	1.178.020,49

Totale A + B (IVA esclusa) € **6.628.020,49**

C) I.V.A.

C.1 - IVA sui lavori	€	1.199.000,00
C.2 - IVA somme a disposizione dell'Amministrazione (B.1, B.2, B.3, B.6, B.9, B.11, B.13, B.14)	€	172.979,51
Sommano (C)	€	1.371.979,51

Totale (IVA compresa) € **8.000.000,00**

2.4 CRONOPROGRAMMA PROCEDURA ATTUATIVA

ATTIVITA'		CRONOPROGRAMMA																																													
		TEMPO (in mesi)																																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39							
PROGETTO DEFINITIVO		■	■	■	■																																										
APPROVAZIONE						■	■	■																																							
PROGETTO ESECUTIVO									■	■	■	■	■																																		
APPROVAZIONE																																															
AGGIUDICAZIONE LAVORI																																															
INIZIO - FINE LAVORI																																															
COLLAUDO																																															

3. COMPATIBILITÀ URBANISTICA, AMBIENTALE E PAESAGGISTICA

3.1 VINCOLI E TUTELE VIGENTI NELL'AREA

- Pianificazione territoriale: P.R.G. Comune di Caccamo (Decreto A.R.T.A. n. 977/2005);

- Vincolo paesaggistico e fasce di rispetto:

L.R. 78/76 art. 15 lett. d: “*Ai fini della formazione degli strumenti urbanistici generali comunali debbono osservarsi, in tutte le zone omogenee ad eccezione delle zone A e B, in aggiunta alle disposizioni vigenti, le seguenti prescrizioni: le costruzioni, tranne quelle direttamente destinate alla regolazione del flusso delle acque, debbono arretrarsi di metri 100 dalla battigia dei laghi misurata nella configurazione di massimo invaso;*”

D.Lgs. 42/2004 art. 142 lett. b “*Sono comunque di interesse paesaggistico e sono sottoposti alle disposizioni di questo Titolo: i territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi;*”

- Vincolo idrogeologico: R.D. 3267/1923 e ss.mm.ii. - D.P.R. n. 181/2014 “*Assetto Idrogeologico (PAI) Bacino Idrografico Fiume San Leonardo*”;

- Rete NATURA 2000 Siti di Importanza Comunitaria: SIC ITA020043 “*Monte Rosamarina e Cozzo Famò*” - SIC ITA020039 “*Monte Cane, Pizzo Selva a Mare, Monte Trigna*”.

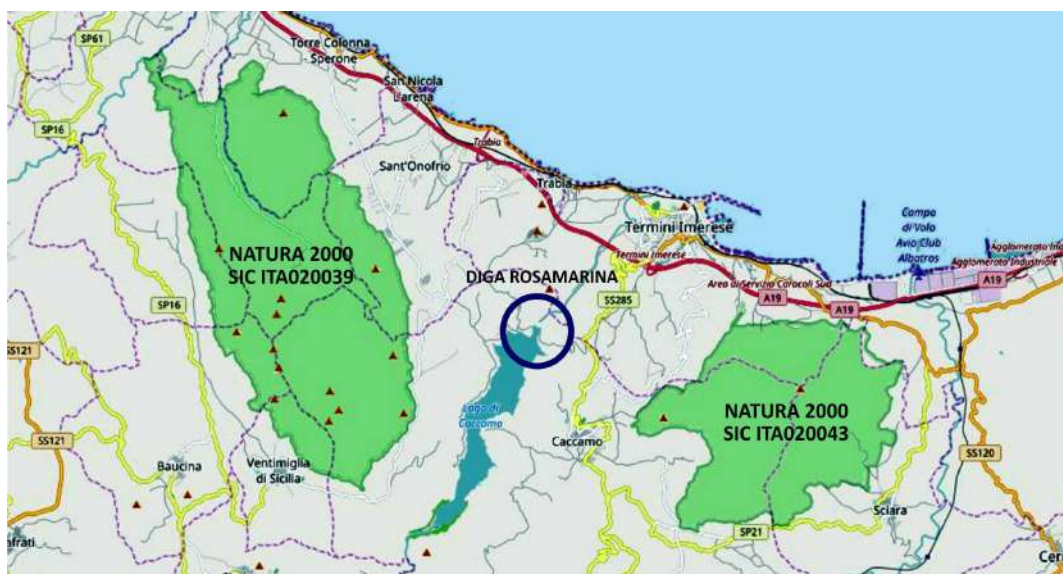


Figura 3.1. Stralcio cartografico – Rete NATURA 2000 – zone SIC presso l'invaso Rosamarina

3.2 DESCRIZIONE EVENTUALI IMPATTI AMBIENTALI E PAESAGGISTICI

Gli interventi previsti saranno attuati nell'area di pertinenza della diga, in settori prossimi e in ambienti interni alla stessa infrastruttura. Pertanto, l'esecuzione dei lavori e la realizzazione delle opere non avranno riflessi sulle qualità e le tutele di tipo naturalistico, ambientale, agricolo-forestale o di altro genere presenti sul territorio in cui è ubicato lo sbarramento.

STUDIO DI FATTIBILITÀ	OBBIETTIVO PRIORITARIO	OBBIETTIVO PROGETTUALE	FINALITÀ INTERVENTO	TIPOLOGIA INTERVENTI	LOCAIZZAZIONE INTERVENTI		
LAVORI PER L'ADEGUAMENTO DEI SISTEMI DI TENUTA E DRENAGGIO DELLA DIGA E IL MIGLIORAMENTO DELLE OPERE UTILI ALLA GESTIONE DELL'INFRASTRUTTURA	<p>A) CONCLUSIONE DEL COLLAUDO TECNICO ex art. 14 D.P.R. 1363/1959 (escludendo l'ipotesi di una nuova verifica sismica dell'opera)</p>	<p>A.1) ELIMINAZIONE DEL TRASPORTO SOLIDO IN CORPO DIGA E DELLE FILTRAZIONI NEL PARAMENTO DI VALLE</p>	<p>A.1.1) SALVAGUARDIA CONTINUITÀ ED IMPERMEABILITÀ STRUTTURALE</p>	<p>OPERAZIONI DI SIGILLATURA CON INIEZIONI AD "AUREOLA" E A "VENTAGLIO"</p> <p>RIFACIMENTO STRATO IMPERMEABILE STRUTTURA SOVRASTANTE CAMERA DI MANOVRA</p>	<p>ZONA PULVINO/ROCCIA</p> <p>ZONA PULVINO/DIGA</p> <p>INTERSEZIONI CUNICOLI ORIZZONTALI/CUNICOLI PERIMETRALE</p> <p>CUNICOLI PERIMETRALE</p> <p>PARAMENTO DI VALLE IN SX E DX DAL CORONAMENTO A QUOTA 146,00</p> <p>TRATTO TERMINALE DELLO SCIVOLO CENTRALE DELLO SCARICO DI SUPERFICIE</p>		
			<p>A.1.2) RIABILITAZIONE DEL SISTEMA DRENANTE</p>	<p>PULIZIA E RIPRISTINO CANNE DRENANTI VERTICALI Ø200</p>	<p>DA QUOTA 165,00 A CUNICOLO Q. 146,00</p> <p>DA CUNICOLO Q. 146,00 A CUNICOLO Q. 122,50</p> <p>DA CUNICOLO Q. 122,50 A CUNICOLO PERIMETRALE Q. 101,00-VAR.</p> <p>CUNICOLI DRENAGGI IN FONDAZIONE (CORPO DIGA)</p>		
			<p>A.1.3) POTENZIAMENTO DEL SISTEMA DI AGGOTTAMENTO E PULIZIA CUNICOLI</p>	<p>PULIZIA E RIPRISTINO CANNE DRENANTI VERTICALI E INCLINATE Ø200</p>	<p>CUNICOLI DRENAGGI IN FONDAZIONE</p> <p>CUNICOLI INIEZIONI IN FONDAZIONE</p> <p>CUNICOLI 146,00, 122,50, PERIMETRALE, DRENAGGI E INIEZIONI IN FONDAZIONE</p> <p>CUNICOLI 146,00, 122,50, PERIMETRALE, DRENAGGI E INIEZIONI IN FONDAZIONE</p>		
			<p>A.2.1) RIPRISTINO DELLA FUNZIONALITÀ DEI PIEZOMETRI</p>	<p>IMPLEMENTAZIONE E RETE IDRICA E PUNTI ACQUA</p> <p>RAZIONALIZZAZIONE DELLA CANALIZZAZIONE PERDITE</p>	<p>CUNICOLO Q. 122,50 (P10-P11)</p> <p>CAMERA VALVOLE SCARICHI SUSSIDIARI IN FONDAZIONE (P1)</p> <p>CUNICOLI DRENAGGI E INIEZIONI IN FONDAZIONE (P2, P3, P4, P6, P7, P8, P9)</p> <p>CUNICOLO DRENAGGI IN FONDAZIONE IN MEZZERIA QUOTA CALPESTO 95,00</p> <p>CUNICOLO A QUOTA 146,00 IN SPALE SX E DX ATTACCO PULVINO/ROCCIA</p>		
			<p>A.2.2) CONSERVAZIONE E IMPLEMENTAZIONE DEI DISPOSITIVI DI CONTROLLO</p>	<p>MESSA IN OPERA DI ESTENSIMETRI A CORDA VIBRANTE</p>	<p>CUNICOLO DRENAGGI A QUOTA 146,00</p>		
			<p>B) RAZIONALIZZAZIONE DELLA COMPLESSIVA OPERATIVITÀ GESTIONALE DELLA INFRASTRUTTURA</p>	<p>B.1) MIGLIORAMENTO CONDIZIONI STRUTTURALI, OPERATIVE E GESTIONALI</p>	<p>A.2.2) INSTALLAZIONE DI NUOVI STRUMENTI DI MISURAZIONE</p>	<p>INSTALLAZIONE SEDEI PER MISURE CALIBRO RIMOVIBILE</p>	<p>CUNICOLI IN FONDAZIONE</p>
					<p>B.1.1) RIVALUTAZIONE SISMICA</p>	<p>STUDI ED INDAGINI</p>	<p>DIGA ED OPERE ACCESSORIE</p>
					<p>B.1.2) PROGETTO DI GESTIONE DELL'INVASO</p>	<p>STUDI ED INDAGINI</p>	<p>SERBATOIO E SPONDE A MONTE DELLO SBARRAMENTO</p>

TABELLA 1 - SCHEMA SINOTTICO INTERVENTI PREVISTI DALLO STUDIO DI FATTIBILITÀ

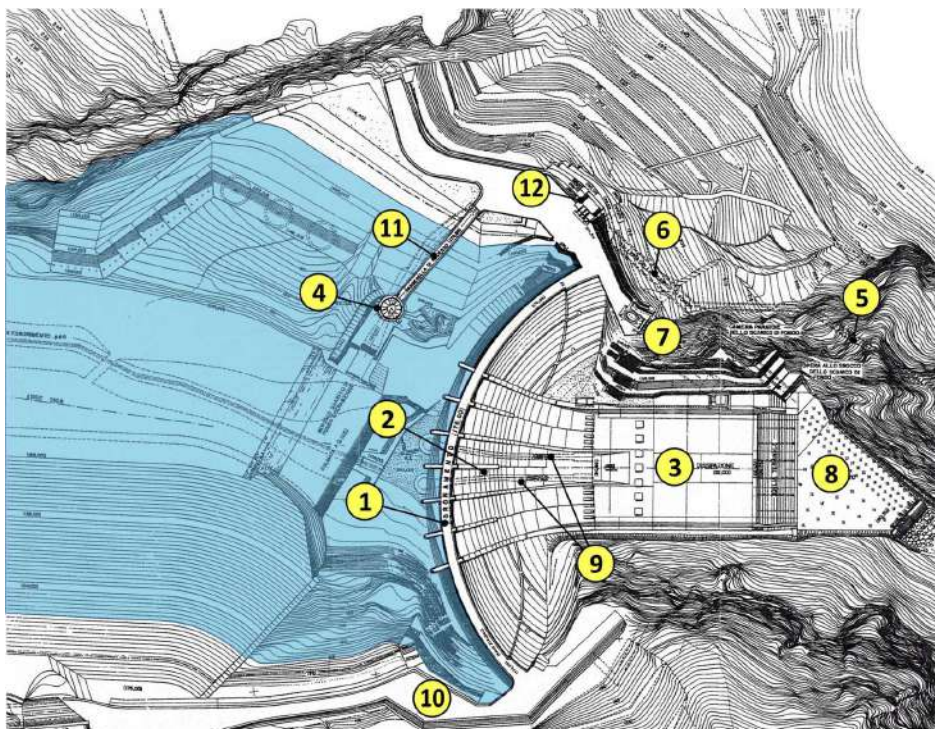
STUDIO DI FATTIBILITA'

**rielaborato secondo le indicazioni della Direzione Generale Dighe
(parere n. 22995 del 13/10/2017)**

DIGA ROSAMARINA

Lavori per l'adeguamento dei sistemi di tenuta e drenaggio della diga
e il miglioramento delle opere utili alla gestione dell'infrastruttura

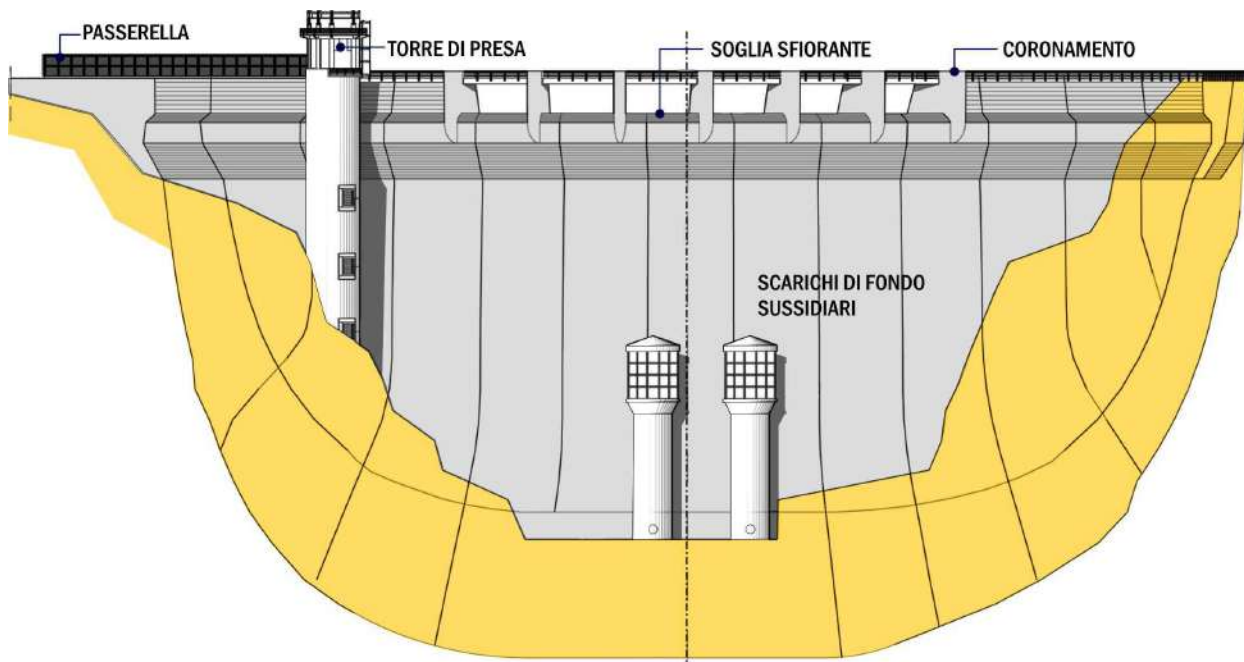
ALLEGATI GRAFICI



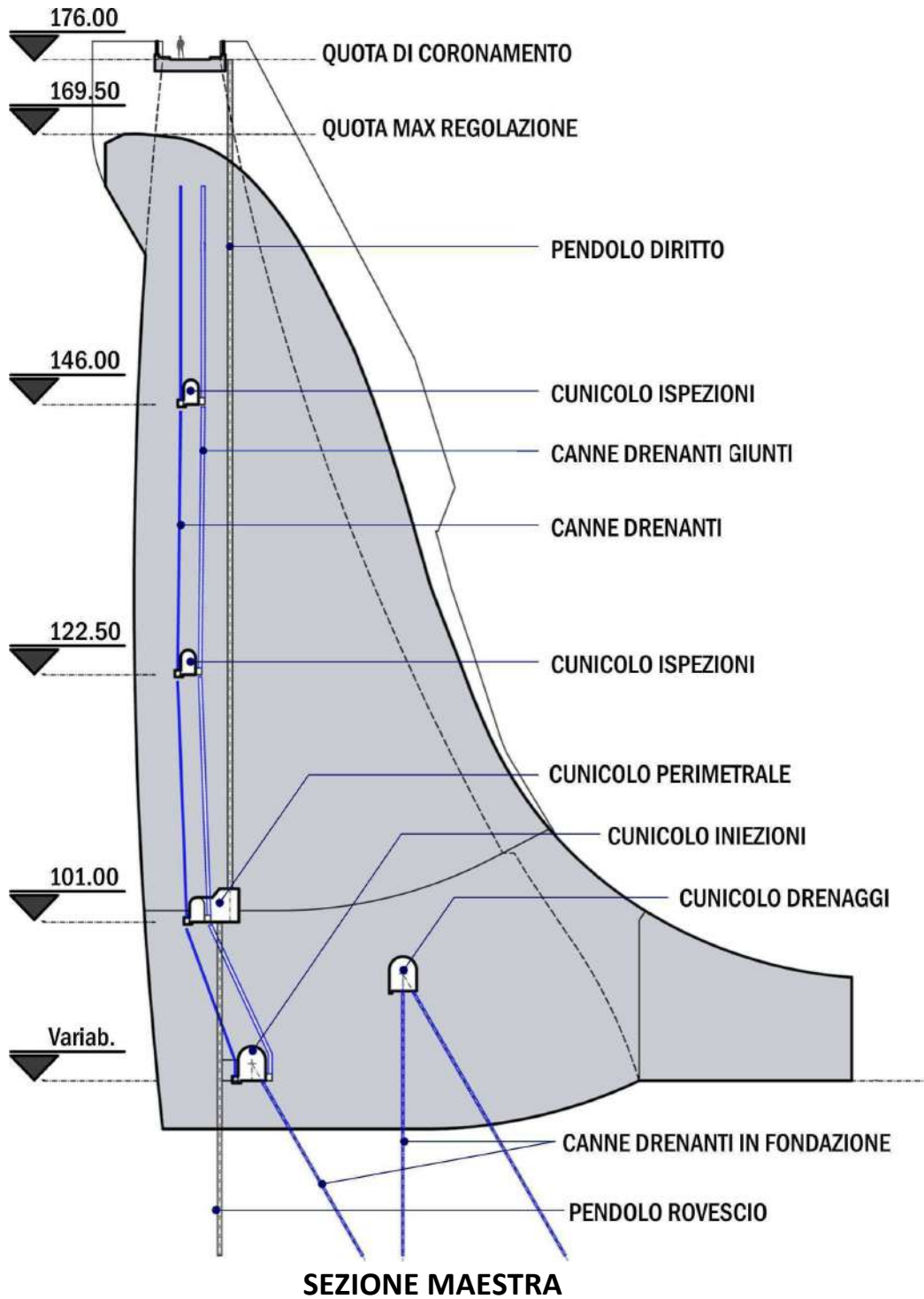
Legenda

- ① Coronamento diga
- ② Scarico di superficie
- ③ Vasca di dissipazione
- ④ Torre di presa
- ⑤ Galleria della derivazione
- ⑥ Galleria dello scarico di fondo
- ⑦ Pozzo accesso camera manovra
- ⑧ Bacino di smorzamento
- ⑨ Gallerie scarichi sussidiari
- ⑩ Viabilità circumlacuale
- ⑪ Passerella di collegamento
- ⑫ Casa di guardia

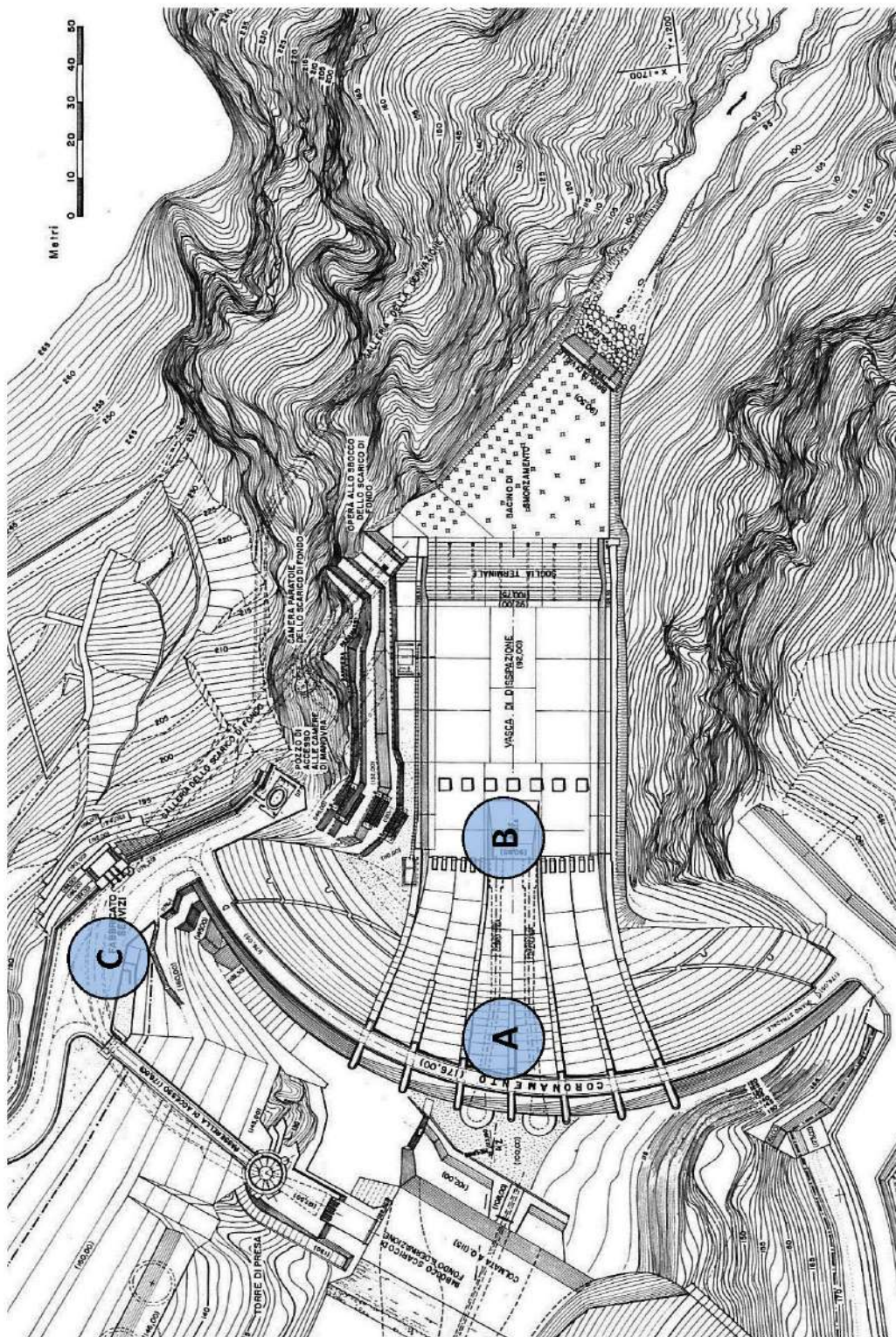
PLANIMETRIA GENERALE



PARAMENTO DI MONTE

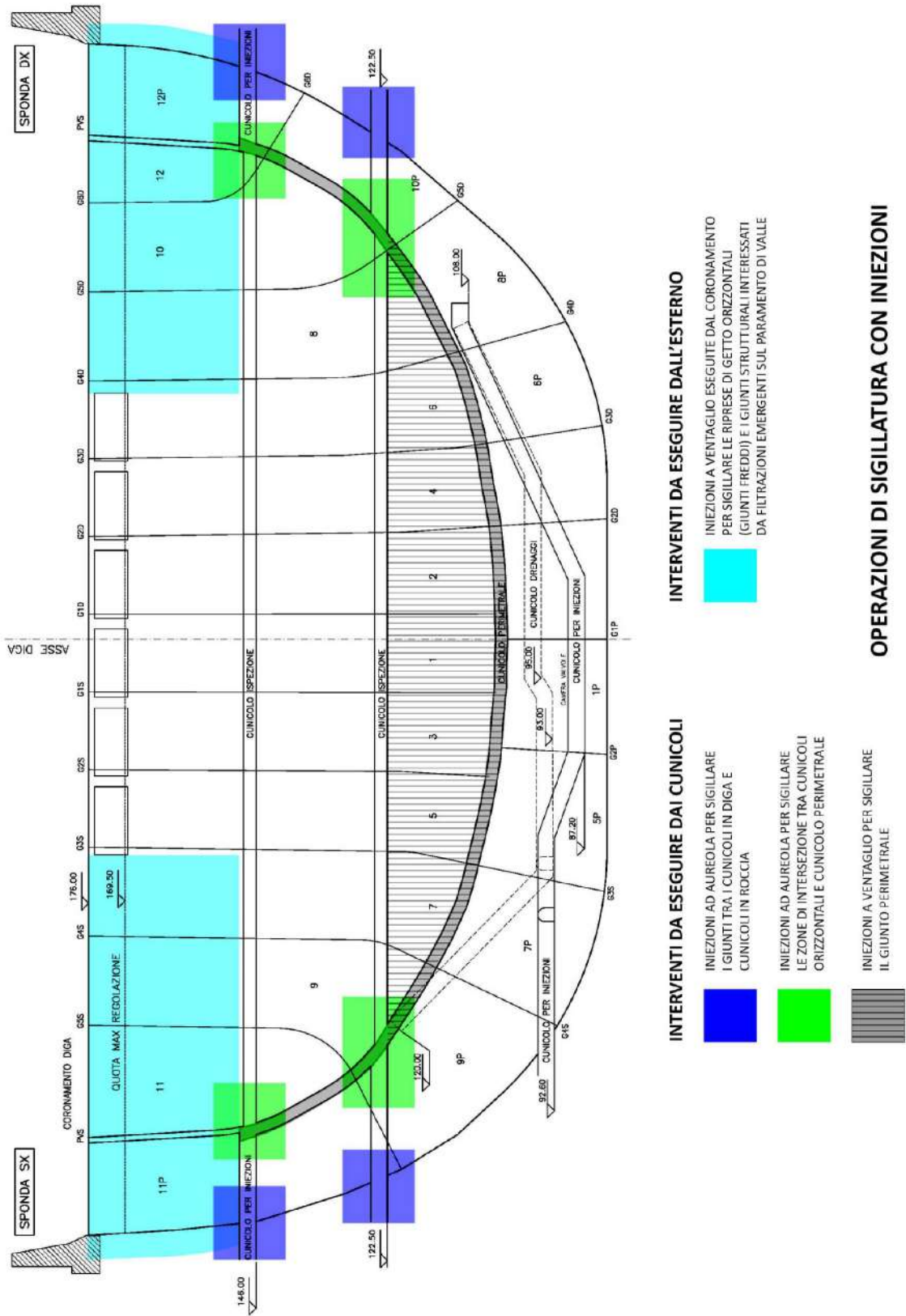


SCHEDA 2

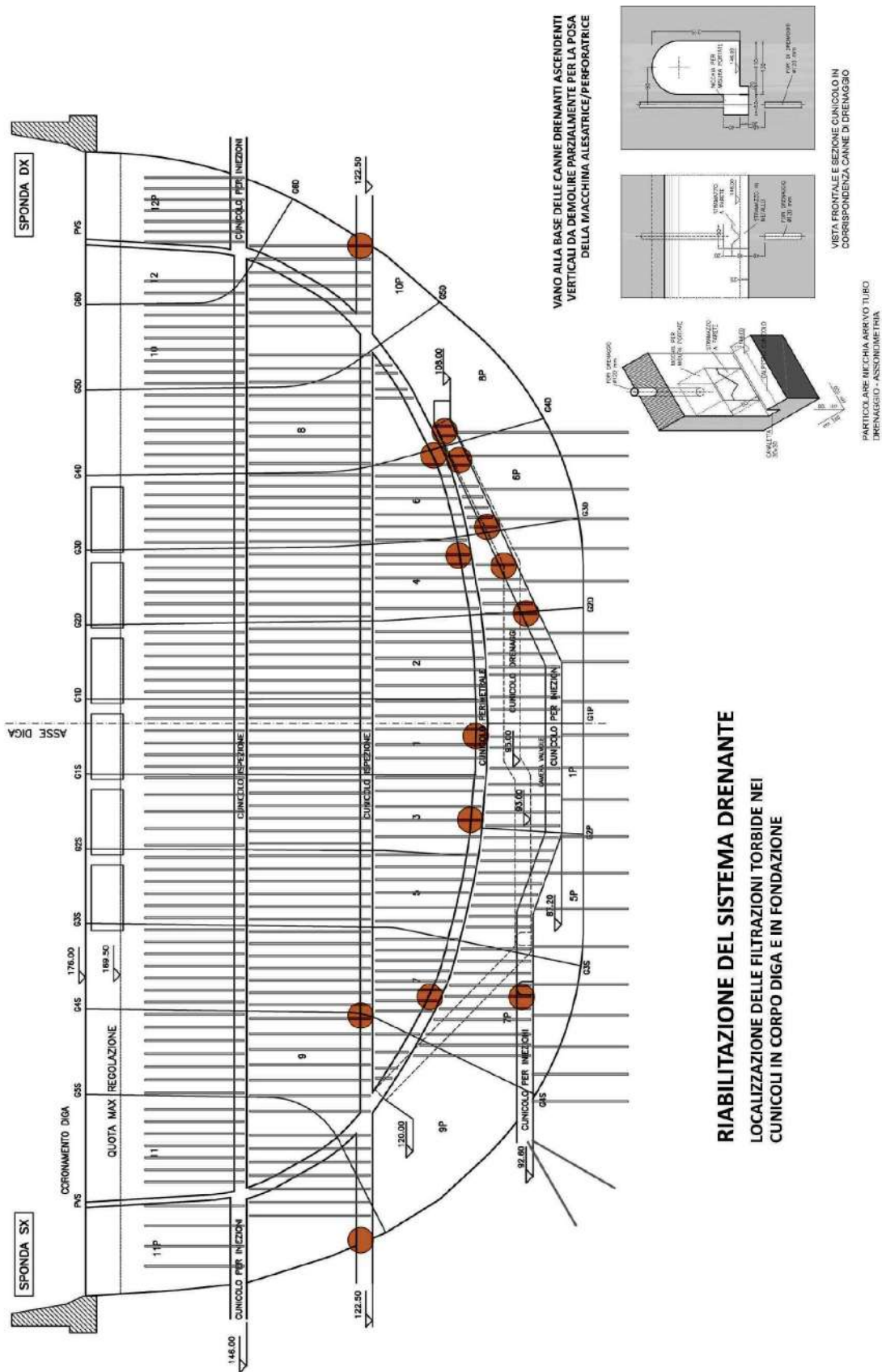


PLANIMETRIA GENERALE

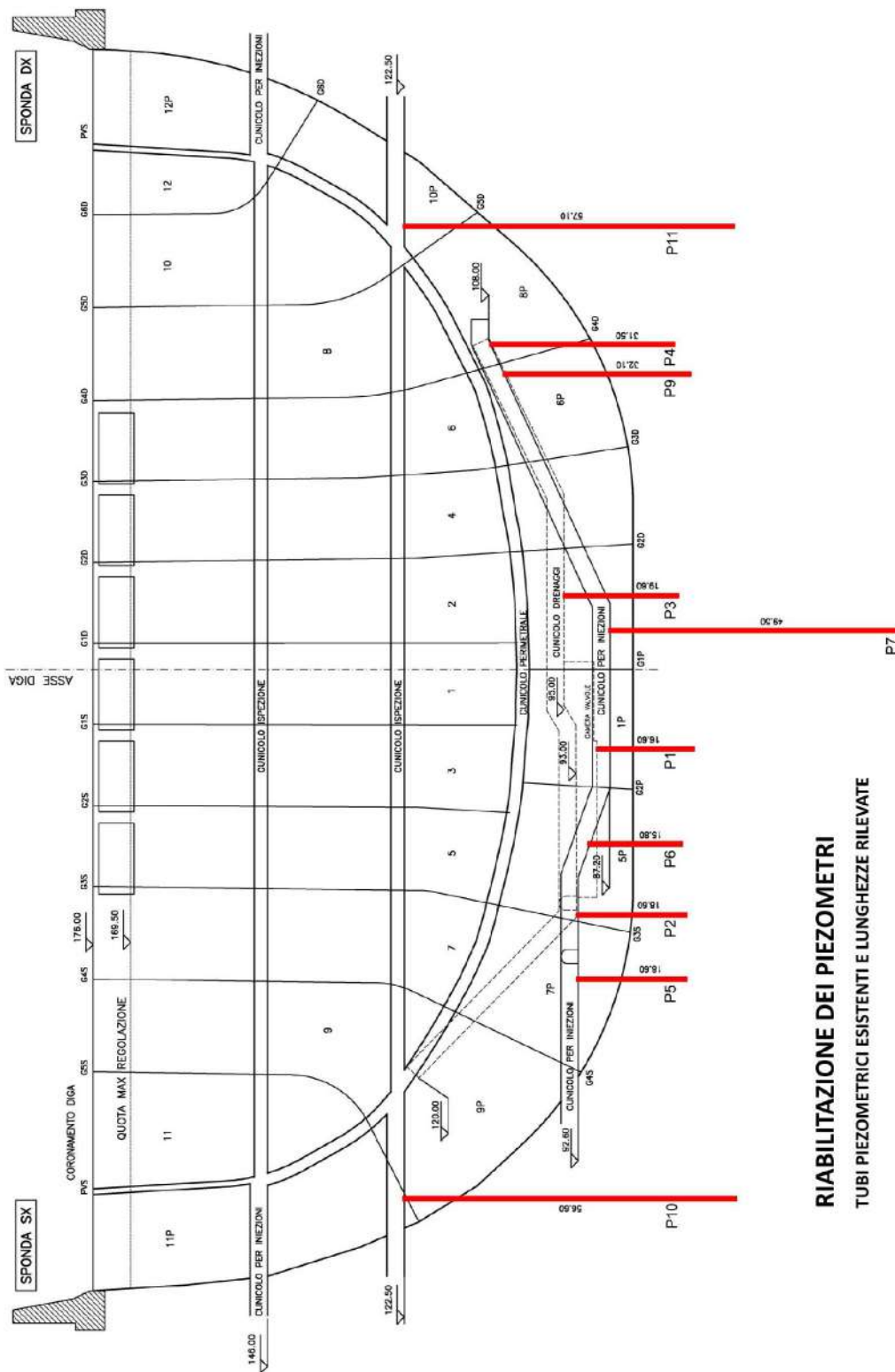
INDIVIDUAZIONE INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO		STUDI, INDAGINI E PIANI GESTIONALI	
A) RIPRISTINO TENUTA, SISTEMA DRENANTE, AGGOTTAMENTO PERDITE, PIEZOMETRI	B) RIPRISTINO STRATO IMPERMEABILE SCIVOLO CENTRALE	1) RIVALUTAZIONE SICUREZZA SISMICA DELLA DIGA E OPERE ACCESSORIE	2) PROGETTO DI GESTIONE DELL'INVASO



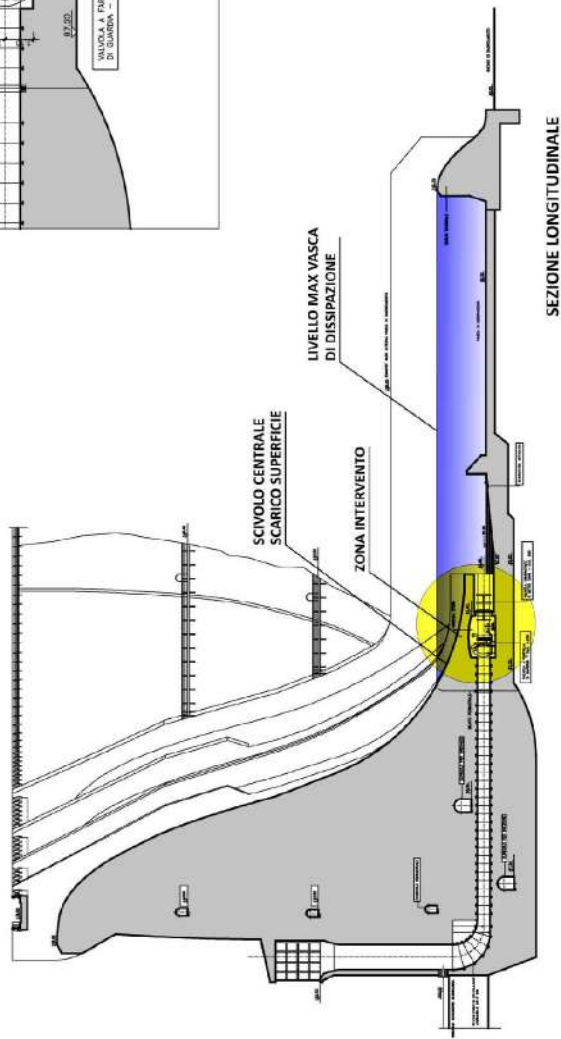
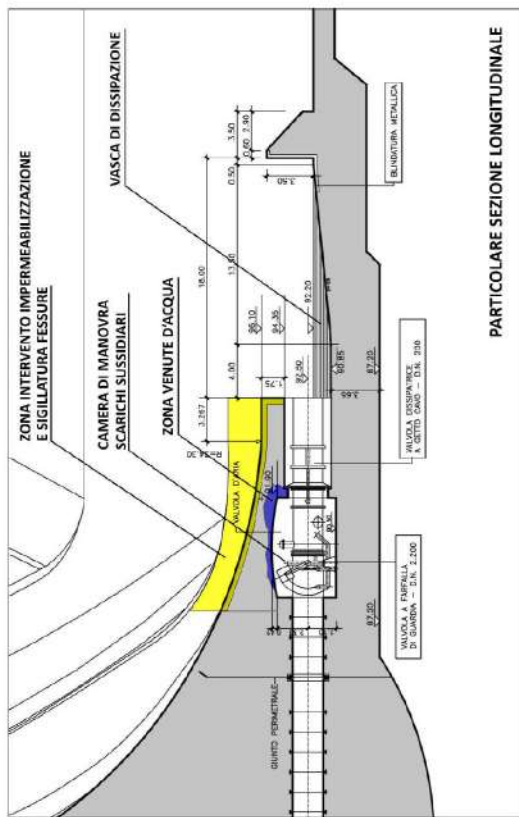
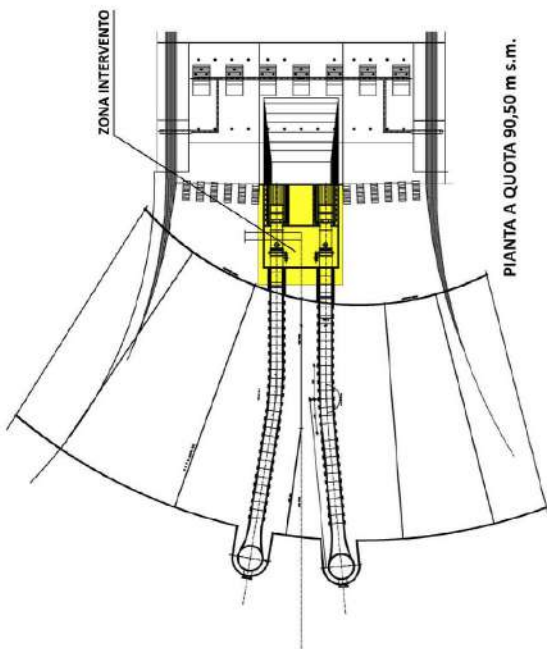
SCHEDA 5



**RIABILITAZIONE DEL SISTEMA DRENANTE
LOCALIZZAZIONE DELLE FILTRAZIONI TORBIDE NEI
CUNICOLI IN CORPO DIGA E IN FONDAZIONE**



RIABILITAZIONE DEI PIEZOMETRI
 TUBI PIEZOMETRICI ESISTENTI E LUNGHEZZE RILEVATE



RIPRISTINO STRATO IMPERMEABILE SCIVOLO SFIORATORE CENTRALE SOVRASTANTE LA CAMERA DI MANOVRA SCARICHI SUSSIDIARI

STUDIO DI FATTIBILITA'
rielaborato secondo le indicazioni della Direzione Generale Dighe
(parere n. 22995 del 13/10/2017)

DIGA ROSAMARINA

Lavori per l'adeguamento dei sistemi di tenuta e drenaggio della diga
e il miglioramento delle opere utili alla gestione dell'infrastruttura

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Filtrazioni torbide in corpo diga e fondazioni



FOTO 1 - Cunicolo quota 122.50 in SX - zona accesso dalla passerella metallica



FOTO 2 - Cunicolo quota 122.50 mezzeria - camera pendolo



FOTO 3 - Cunicolo perimetrale SX - scala di collegamento al cunicolo a quota 122.50



FOTO 4 - Cunicolo perimetrale - D14 (canna drenante 20) mezzeria a quota 101,50



FOTO 5 – Cunicolo in fondazione accesso camera di manovra sussidiari a quota 89,40



FOTO 6 – Cunicolo in fondazione – camera di manovra scarichi sussidiari a quota 89,70



FOTO 7 – Cunicolo drenaggi in fondazione quota 93,00–vicino punto raccolta dreni perimetrale



FOTO 8 - Cunicolo iniezioni in fondazione 87.20 in DX

Venute filtranti sul paramento di valle



FOTO 9 - Venute sul paramento di valle in DX - coronamento e passerella a quota 146,00

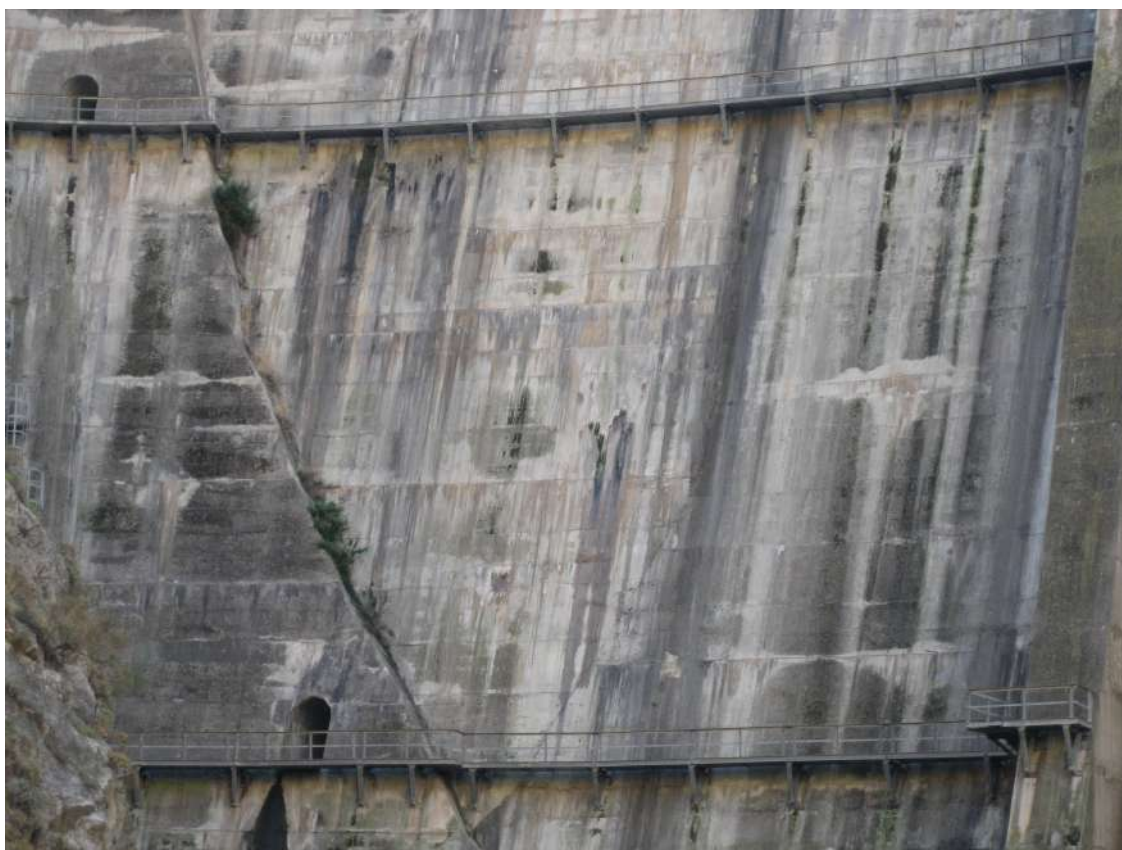


FOTO 10 - Venute sul paramento di valle in SX - tra passerelle a quote 146,00 e 122,50



FOTO 11 – Venute sul paramento di valle tra sponda in DX e scivoli scarico di superficie, dal coronamento e fino a piazzale a quota 110,00

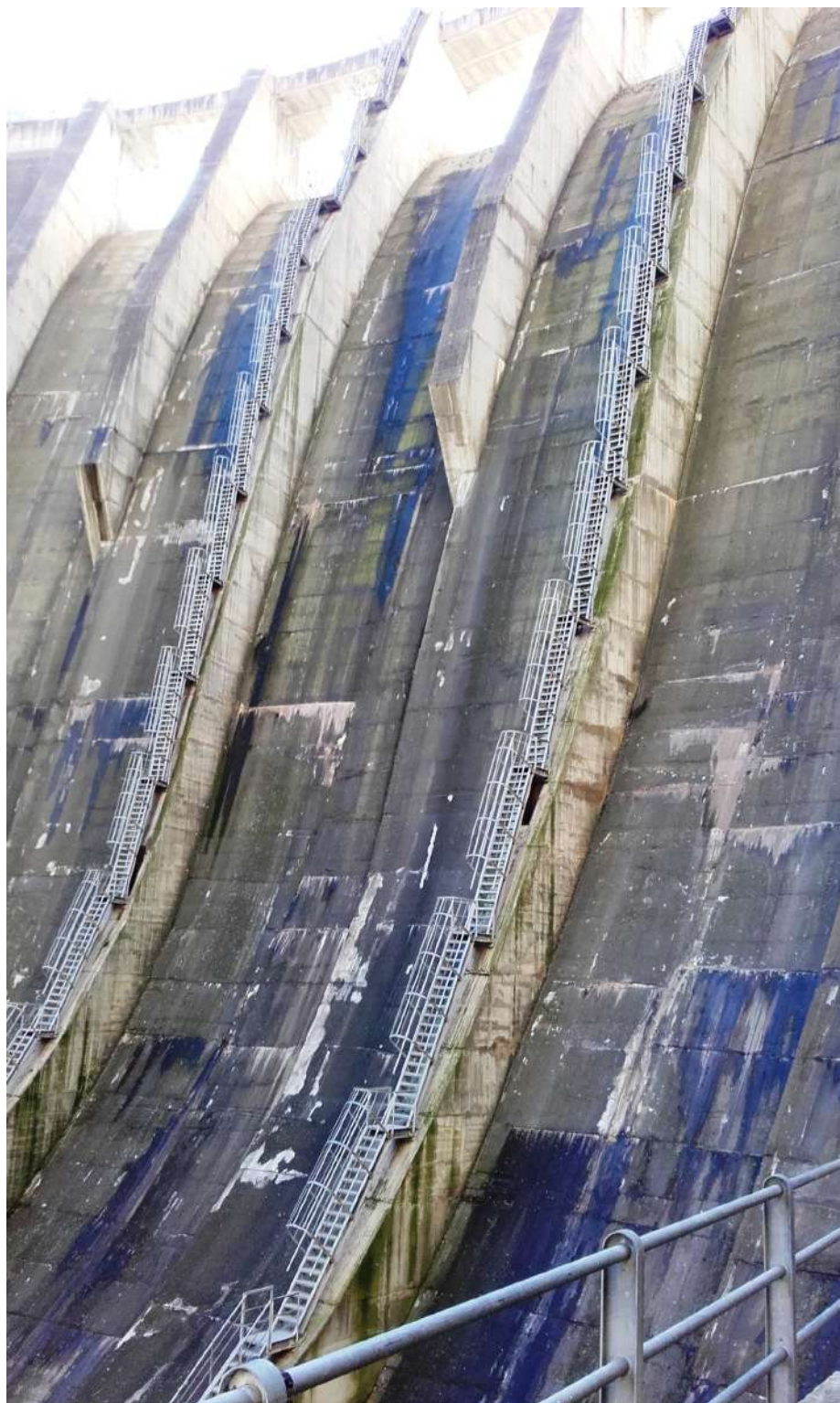


FOTO 12 – Venute sul paramento di valle – scivoli scarico di superficie

Permeazioni dallo scivolo centrale dello scarico di superficie all'interno della camera di manovra degli scarichi sussidiari

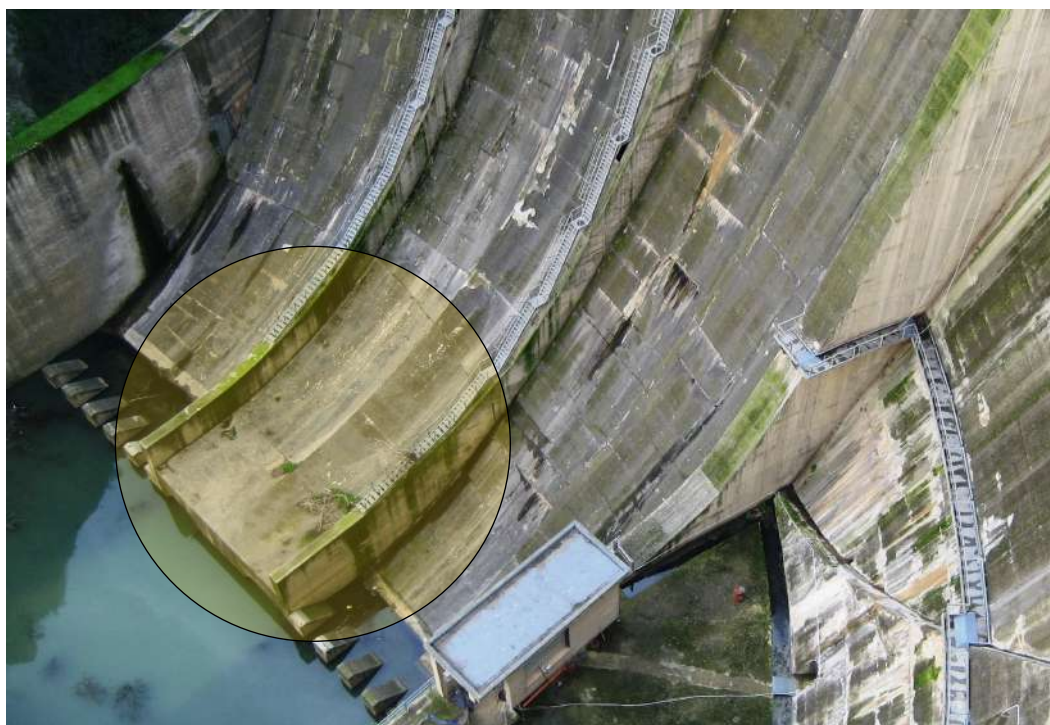


FOTO 13 - Settore dello scivolo centrale sovrastante la camera di manovra



FOTO 14 - Settore dello scivolo centrale sovrastante la camera di manovra



FOTO 15 - Filtrazioni d'acqua dal solaio della camera di manovra degli scarichi sussidiari



FOTO 16 - Filtrazioni d'acqua dal solaio della camera di manovra degli scarichi sussidiari