

REMTECH Esonda 16 Settembre 2026

***"La manutenzione delle infrastrutture idroelettriche:
esperienze e nuove frontiere tecnologiche"***

***Manutenzione dello scarico di fondo in dighe storiche: strategie,
condizionamenti e soluzioni attraverso tre casi studio***

Franco Maugliani

Lombardi Ingegneria Srl



1. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Per la manutenzione degli scarichi di fondo, il quadro di riferimento da richiamare è quello dell'ambito della sicurezza e funzionalità dell'opera durante l'esercizio, per la durata della sua vita utile e fino alla dismissione, in assetto finale di sicurezza.

D.P.R. 24 gennaio 1991, n. 85

Regolamento concernente la riorganizzazione ed il potenziamento dei Servizi tecnici nazionali.
Art. 24 (Compiti del Servizio nazionale dighe): disciplina l'attività di vigilanza sulle dighe.

L. 21 ottobre 1994, n. 584

Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 8 agosto 1994, n. 507, recante misure urgenti in materia di dighe
L'art. 1 assoggetta all'approvazione tecnica le modificazioni che incidono sulle caratteristiche considerate nell'approvazione originaria.

D.M. 26 giugno 2014 – NTD

Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (Dighe e traverse).
§ C.1 contiene le prescrizioni specifiche per gli scarichi.

Circolare D.G. Dighe n. 7841/2022

procedure tecnico-amministrative per dispositivi di regolazione e chiusura degli organi di scarico.

Circolare D.G. Dighe n. 16790/2019 + n. 8402/2023

riferimenti per verifiche sismiche di dighe, scarichi e opere accessorie, ove pertinenti all'intervento.

L'attività di vigilanza è affidata all'autorità di controllo, **D.G. Dighe**: durante l'esercizio verifica sicurezza, comportamento e funzionalità; FCEM e asseverazioni costituiscono elementi della gestione.

Fonti: L. 584/1994; D.M. 26/06/2014; D.G. Dighe – Normativa e Vigilanza.

2. Lo scarico di fondo come organo di sicurezza

LO SCARICO DI FONDO NON È UN SEMPLICE ORGANO DI ESERCIZIO

La perdita di funzionalità dello scarico di fondo rappresenta una criticità di sicurezza dell'opera, non una semplice carenza manutentiva.

Le NTD non si limitano a prescrivere la presenza dello scarico: ne definiscono condizioni di capacità, intercettazione e manovrabilità.

Il D.M. 26/06/2014, al capitolo **C.1 – Portata di progetto e dispositivi di scarico**, stabilisce criteri specifici per gli scarichi della diga.

In particolare:

- gli scarichi devono garantire le necessarie condizioni di **sicurezza idraulica**;
- Il serbatoio deve essere provvisto di **scarico di fondo e di esaurimento**;
- Il corretto funzionamento dei dispositivi di scarico e della dissipazione di energia deve essere verificato con **prove su modello fisico**, salvo diversa giustificazione;
- gli scarichi in pressione richiedono **due organi di intercettazione in serie**;
- la manovra degli organi di intercettazione deve essere possibile **in posto e a distanza**;
- devono essere disponibili **almeno due fonti indipendenti di energia**, oltre alla possibilità di manovra manuale;
- gli scarichi devono essere verificati anche nei confronti delle **azioni sismiche**;
- gli **scarichi di fondo**, soprattutto in relazione all'imbocco, devono essere progettati in modo da garantire la **funzionalità durante tutta la vita utile della diga**.

Fonte primaria: D.M. 26/06/2014, § C.1 “Portata di progetto e dispositivi di scarico”.

PRINCIPIO CHIAVE

La funzione di sicurezza dello scarico deve rimanere affidabile nel tempo.

Non è sufficiente dimostrare il solo “funzionamento attuale”.

3. ESERCIZIO, VIGILANZA E MANUTENZIONE

La manutenzione è parte del sistema di gestione della sicurezza dell'opera durante il regolare esercizio.

VIGILANZA D.G. DIGHE

- Verifica del permanere delle condizioni di sicurezza e del regolare comportamento e della funzionalità delle opere.
- Ispezioni, controllo della strumentazione e analisi delle misure.
- Prescrizione di verifiche specialistiche in presenza di problematiche geologiche, idrauliche o strutturali.
- Prescrizione di manutenzioni straordinarie, quando necessarie a garantire la sicurezza della diga.

GESTIONE DEL CONCESSIONARIO

- FCEM: corretta gestione, misure e controlli, guardiania e procedure di emergenza.
- Asseverazioni periodiche sulle condizioni di sicurezza e manutenzione delle opere.
- Mantenimento delle opere nelle condizioni previste per l'esercizio.
- Assicurare le procedure necessarie per fronteggiare le situazioni di emergenza

RISPOSTA ALL'ANOMALIA

- Ulteriori verifiche e indagini.
- Provvedimenti di sicurezza.
- Manutenzioni straordinarie quando necessarie per garantire la sicurezza della diga.

OSSERVAZIONE → ANOMALIA → INDAGINE → VALUTAZIONE → INTERVENTO MTZ → VERIFICA DEL RIPRISTINO

Fonte: D.G. Dighe – “Vigilanza”, con riferimenti a FCEM e gestione in esercizio.

4. DALLA MANUTENZIONE ALL'INTERVENTO SULL'OPERA

Il criterio applicato è la valutazione attenta della denominazione “manutenzione” relativa all’intervento proposto, con specifico riferimento agli effetti dell’intervento sulle caratteristiche di efficacia funzionale e sullo stato di consistenza delle opere: l’intervento manutentivo spesso modifica, migliorandole, le caratteristiche tecniche dell’opera di scarico, secondo l’esperienza di esercizio.

L. 584/1994 – art. 1

È soggetta ad approvazione tecnica anche l’opera di modificazione che incida sulle caratteristiche considerate ai fini dell’approvazione del progetto originario.

D.G. DIGHE – VIGILANZA

Gli interventi che modificano lo stato di consistenza richiedono autorizzazione, previa approvazione tecnica del relativo progetto.

CIRCOLARE 7841/2022

Introduce procedure tecnico-amministrative specifiche per interventi sui dispositivi di regolazione e chiusura degli organi di scarico.

CONSEGUENZA PROGETTUALE

Lo studio manutentivo deve definire con chiarezza: stato di consistenza → funzione interessata → modifica introdotta → verifiche progettuali eseguite → iter autorizzativo.

Fonti: L. 584/1994, art. 1; D.G. Dighe – Vigilanza; Circ. D.G. Dighe n. 7841/2022.

4. DALLA MANUTENZIONE ALL'INTERVENTO SULL'OPERA

La Circolare D.G. Dighe n. 7841/2022 considera parte dell'organo di scarico **tutte le opere civili e impiantistiche necessarie allo scarico, libero o volontario, dell'acqua invasata.**

I dispositivi di regolazione e chiusura comprendono, tra gli altri:

- **paratoie;**
- **valvole;**
- sistemi di movimentazione;
- sistemi elettrici/oleodinamici;
- dispositivi di sicurezza;
- dispositivi di tenuta.

La stessa circolare disciplina gli interventi sui dispositivi di regolazione e chiusura sotto il profilo tecnico-amministrativo.

Implicazione per un intervento di manutenzione:

Quando l'intervento supera la semplice manutenzione ordinaria e modifica lo stato tecnico di consistenza, la funzionalità o le caratteristiche dell'opera, entra nel campo degli interventi soggetti alla procedura tecnica/autorizzativa della Direzione Dighe.

La Direzione Generale Dighe specifica infatti che gli interventi che modificano lo stato di consistenza delle opere devono essere sottoposti ad autorizzazione previa approvazione tecnica del relativo progetto.

Fonti: L. 584/1994, art. 1; D.G. Dighe – Vigilanza; Circ. D.G. Dighe n. 7841/2022.

5. PERCHÉ INTERVENIRE SU UNO SCARICO DI FONDO ESISTENTE

La necessità dell'intervento deve essere dimostrata con evidenze tecniche riferite allo stato di conservazione dell'opera ed alla sua funzione di sicurezza.

STATO DI CONSERVAZIONE

- degrado dei **calcestruzzi e opere civili**;
- corrosione **condotte e carpenterie metalliche**;
- deterioramento delle **paratoie ed organi di intercettazione**;
- usura o invecchiamento delle **tenute idrauliche**;
- fenomeni di **erosione/cavitazione**;
- **depositi sedimentari**;
- perdita affidabilità **sistemi di movimentazione**;
- obsolescenza **impianti elettrici e di comando**.

FUNZIONALITÀ

- capacità di scarico;
- manovrabilità degli organi;
- funzionamento dei sistemi di comando e sicurezza;
- difficoltà o impossibilità di effettuare ispezioni e manutenzioni.

AFFIDABILITÀ

- funzione disponibile nelle condizioni previste (ordinarie e di emergenza);
- assenza di singoli punti di vulnerabilità incompatibili con la sicurezza.

MANUTENIBILITÀ

- accessibilità per ispezione;
- possibilità di manutenzione/sostituzione;
- obsolescenza impiantistica.

DOMANDA TECNICA CENTRALE

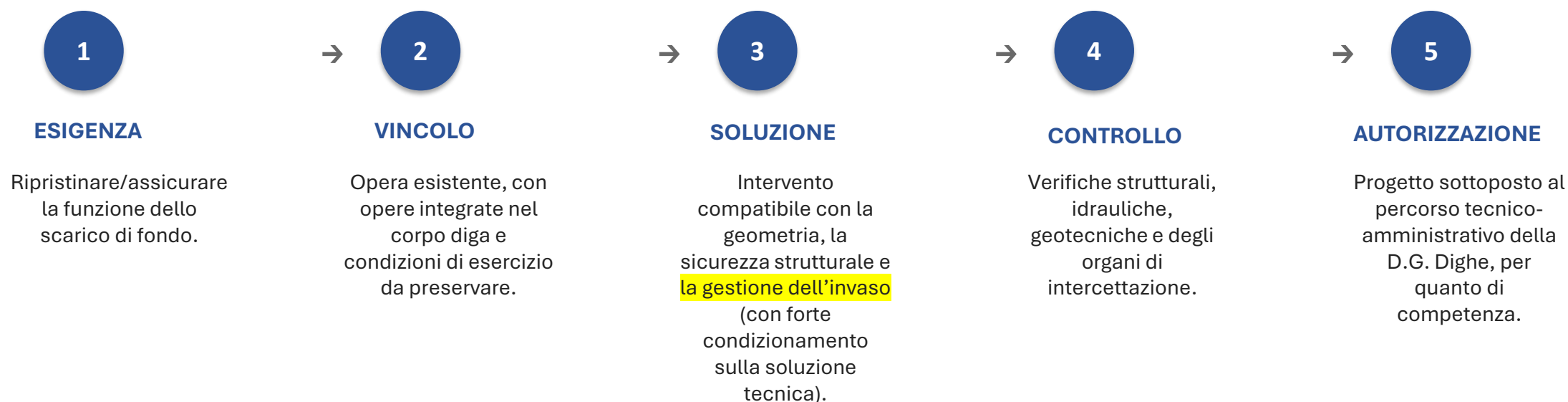
La configurazione esistente mantiene un livello di sicurezza e affidabilità compatibile con la funzione dello scarico lungo la vita utile prevista dell'opera? (funzionalità odierna vs funzione di sicurezza per tutta la vita utile dell'opera)

L'impostazione è perfettamente coerente con il D.M. 26/06/2014, che richiede per gli scarichi di fondo una funzionalità garantita lungo la vita utile della diga.

Motivazioni tecniche generali: da supportare con rilievi, ispezioni e verifiche del caso specifico.

6. DAL REQUISITO NORMATIVO ALLA SCELTA PROGETTUALE

Nel caso di un intervento su una diga storica esistente, la soluzione deve risolvere contemporaneamente il problema funzionale dello scarico e il condizionamento imposto dall'esercizio dell'invaso, spesso con origine esterna rispetto all'esercizio del concessionario per causa della imposizione nel tempo di finalità diverse di uso plurimo condiviso.



Impostazione progettuale riferita al caso Muzzone; requisiti normativi ricondotti a D.M. 26/06/2014 e D.G. Dighe.

7. DAL RILIEVO ALLA DECISIONE PROGETTUALE

ITER TECNICO PER LA MANUTENZIONE STRAORDINARIA

La Direzione Generale Dighe dichiara esplicitamente di svolgere attività di vigilanza anche durante il normale esercizio e di poter prescrivere ulteriori indagini e manutenzioni straordinarie qualora necessarie per la sicurezza.

Fase	Attività
1. Ispezione	rilievo dello stato di conservazione
2. Diagnostica	indagini strutturali, idrauliche e meccaniche
3. Verifica funzionale	manovrabilità e capacità di scarico
4. Valutazione della sicurezza	individuazione delle criticità
5. Analisi delle alternative	riparazione / sostituzione / nuova opera
6. Progettazione	progetto dell'intervento
7. Approvazione	iter tecnico-amministrativo presso la D.G. Dighe
8. Esecuzione	lavori e controlli
9. Collaudo tecnico/verifica finale	ripristino della piena funzionalità

Impostazione progettuale riferita al caso Muzzone; requisiti normativi ricondotti a D.M. 26/06/2014 e D.G. Dighe.

7. DAL RILIEVO ALLA DECISIONE PROGETTUALE: CASI TECNICI

Opera	Concessionario	Caratteristiche e motivazioni dell'intervento tecnico
Pàvana	Enel GP	Svasata dal luglio 2020 per esigenza di manutenzione strutturale Scarico di fondo esistente con presa dal bacino (davanti all'avandiga, usato come deviatore in fase di costruzione) e galleria di scarico indipendente, munito di singola intercettazione (due paratoie affiancate al 50% della luce di scarico), efficiente Prevista la realizzazione di una seconda bocca di presa più elevata con immissione a pozzo nella galleria esistente e doppia intercettazione con gli scopi di: - Controllo del carico di sedimenti nelle portate rilasciate - Mantenimento della capacità esitativa dello scarico a battente ridotto nelle fasi di cantiere
Muzzone	Enel GP	Opera in esercizio ordinario Lo scarico di fondo esistente ha perso funzionalità per accumulo sedimenti ed è stato abbandonato, tamponato nella parte terminale per esigenze di sicurezza. Il nuovo scarico di fondo: - È perforato da valle attraverso il corpo diga (in muratura ciclopica), fino a raggiungere il paramento di monte, con invaso in esercizio parziale minimo per obblighi diversi e quindi sotto battente. La realizzazione richiede specifici accorgimenti (elemento provvisorio di tenuta sul lato di monte applicato in subacquea, impermeabilizzazione sistematica delle parti attraversate) - È munito di doppia paratoia in uscita - E' munito di strutture di dissipazione a valle (ski jump e bacino di dissipazione)
Cucchinadorza	Enel GP	Opera in esercizio ordinario Scarico di fondo esistente (due condotte metalliche con singola paratoia sul lato di monte) con capacità ridotta al 50% per un difetto di tenuta di una paratoia (uno degli scarichi è munito di flangia cieca). Previsto: - Manutenzione delle tenute - Rivestimento interno metallico di entrambe le condotte (con lieve riduzione di sezione e della capacità esitativa) - Seconda paratoia con disegno speciale al termine di ogni condotta per evitare interferenze con le portate sfiorate

8. CASO STUDIO N.1: Diga di Pàvana (Enel Green Power)

Periodo costruzione: 1923-25

Tipo: mista, a volte multiple in calcestruzzo

H = 52 m

L = 145 m

Vutile: 450'000 m³

Bacino sotteso: 41 km²

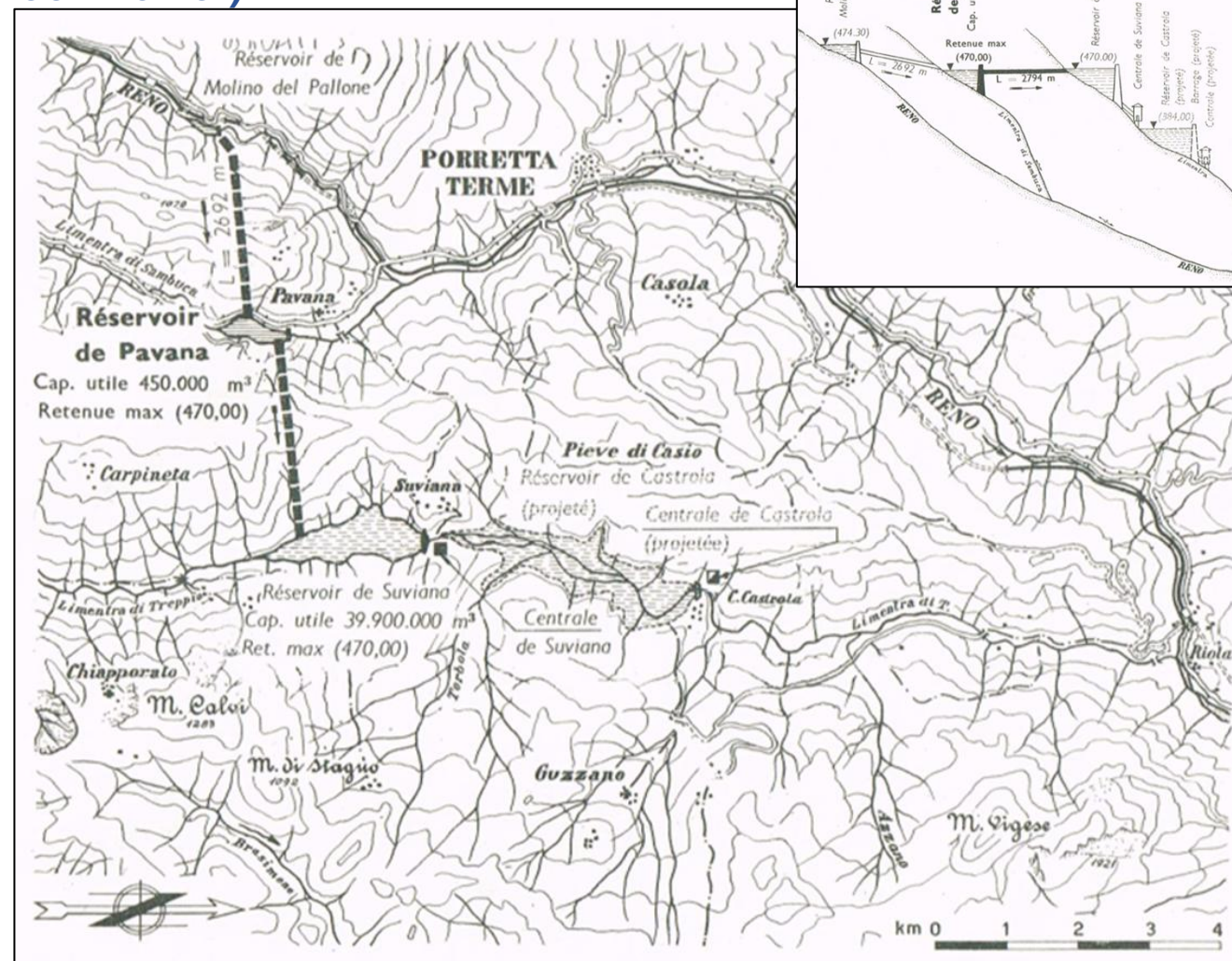
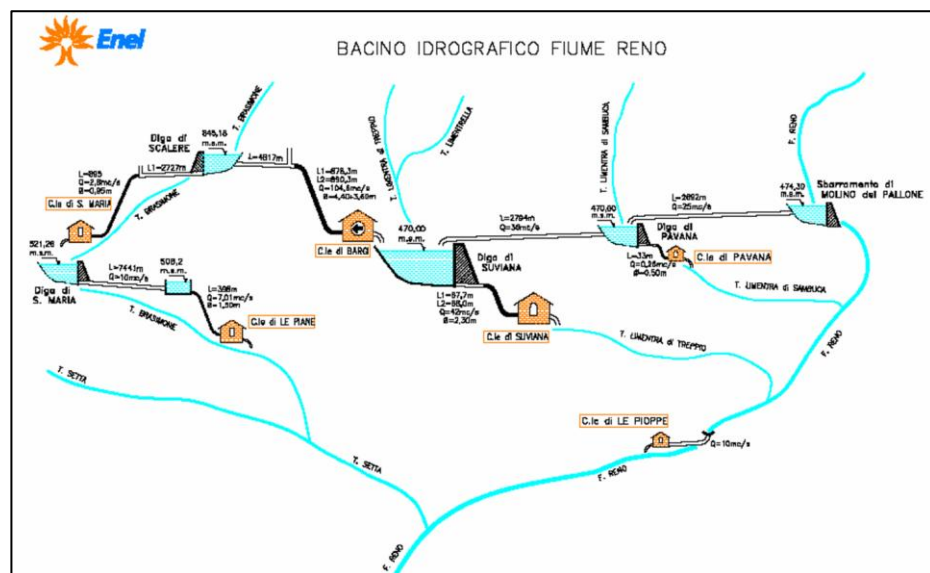
Bacino allacciato: 91 km²

Capacità scarichi: - sfioratore 260 m³/s

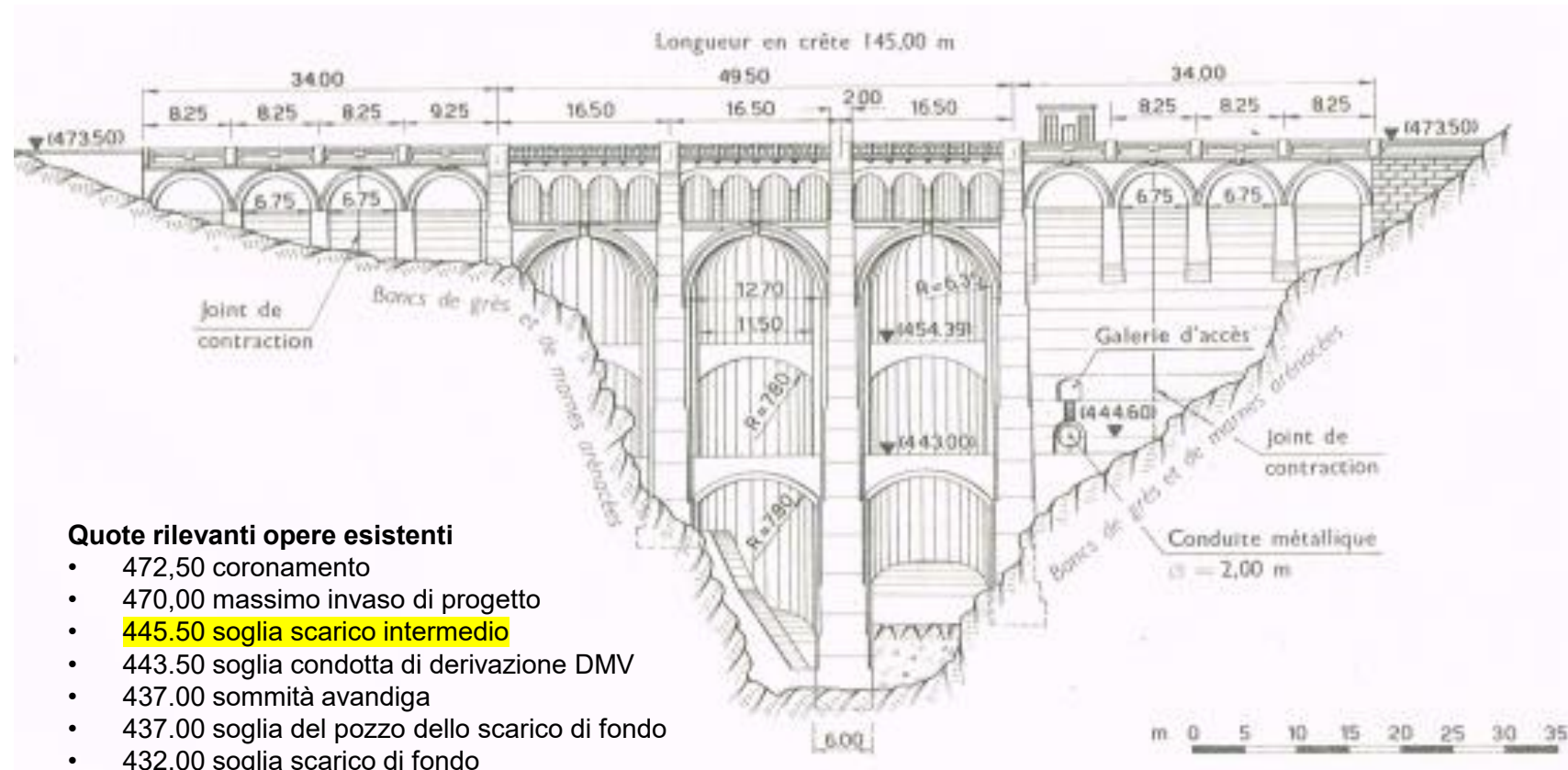
- scarico intermedio 40 m³/s

- scarico di fondo **150 m³/s**

Portata millenaria 450 m³/s, rivalutata in 420 m³/s

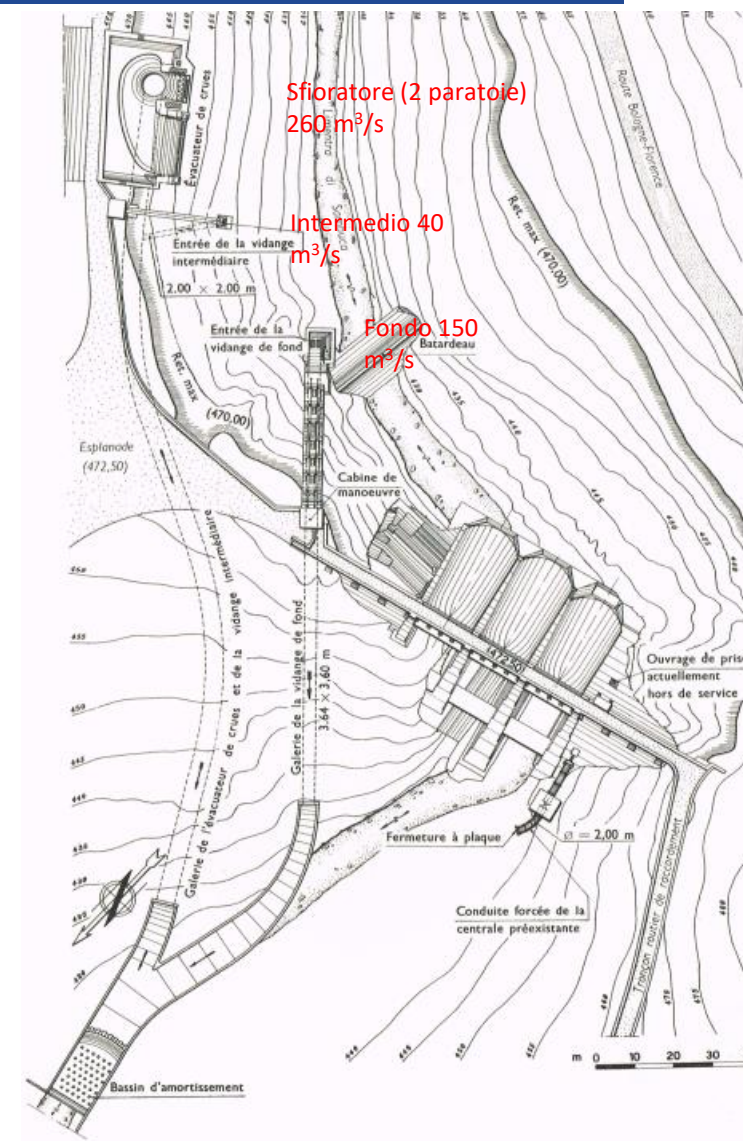


8. CASO STUDIO N.1: Diga di Pàvana (Enel Green Power)



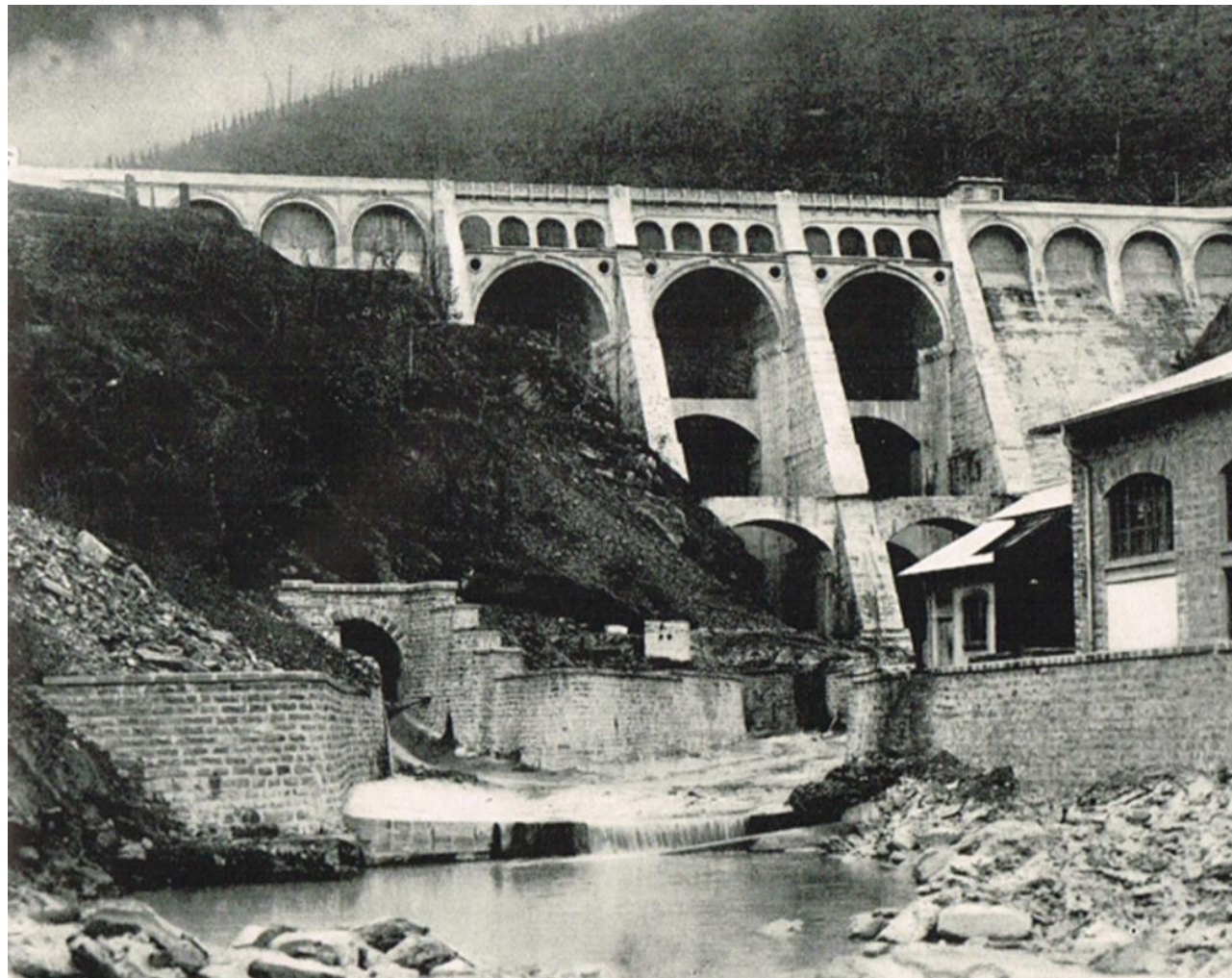
Quote rilevanti opere esistenti

- 472,50 coronamento
- 470,00 massimo invaso di progetto
- **445.50 soglia scarico intermedio**
- 443.50 soglia condotta di derivazione DMV
- 437.00 sommità avandiga
- 437.00 soglia del pozzo dello scarico di fondo
- 432.00 soglia scarico di fondo



Paramento di valle

8. CASO STUDIO N.1: Diga di Pàvana (Enel Green Power)





8. CASO STUDIO N.1: Diga di Pàvana (Enel Green Power)

La diga è utilizzata per il trasferimento delle acque dei due bacini del fiume Reno (derivato presso la diga di Molino del Pallone) e del Limentra di Sambuca, verso l'invaso di Suviana, per l'utilizzo presso l'impianto di Suviana e l'impianto reversibile di Bargi.

Per la diga, del tipo a contrafforti e volte, soggetta ad un fenomeno espansivo del calcestruzzo in massa per causa di una reazione AAR, è pianificato un importante intervento di manutenzione, con la trasformazione della parte centrale con le tre volte ad uno schema a gravità massiccia. L'intervento è attualmente in avanzato iter istruttorio.

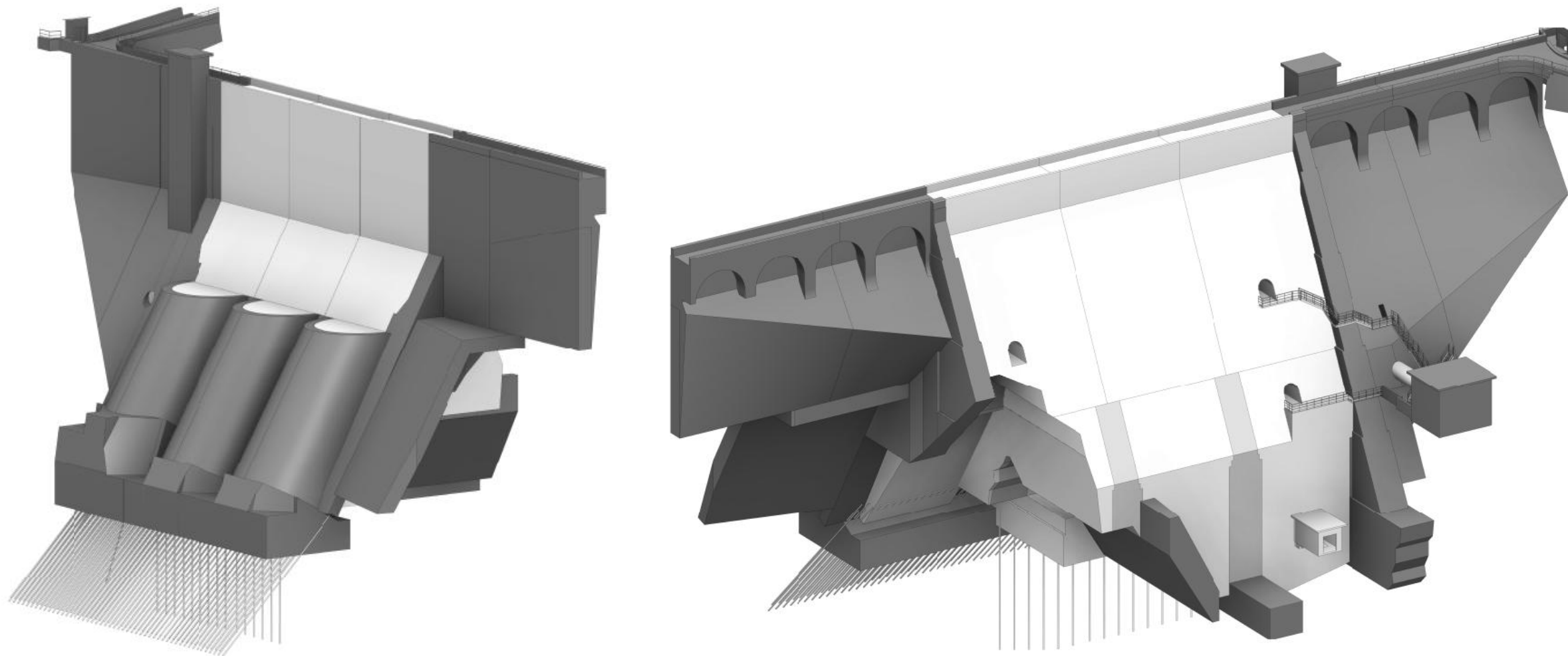
La diga è stata svasata per disposizione della autorità di vigilanza nel luglio 2020, utilizzando lo scarico di fondo, soggetto ad un importante fenomeno di interrimento, con il rilascio a valle, nelle ultime fasi, di portate con elevata concentrazione di sedimenti. Successivamente, in esercizio limitato ordinario, lo scarico di fondo è stato sottoposto ad un intervento di sorbonatura con rimozione dei sedimenti, ed ad una manutenzione delle opere idromeccaniche delle paratoie.

Ai fini di:

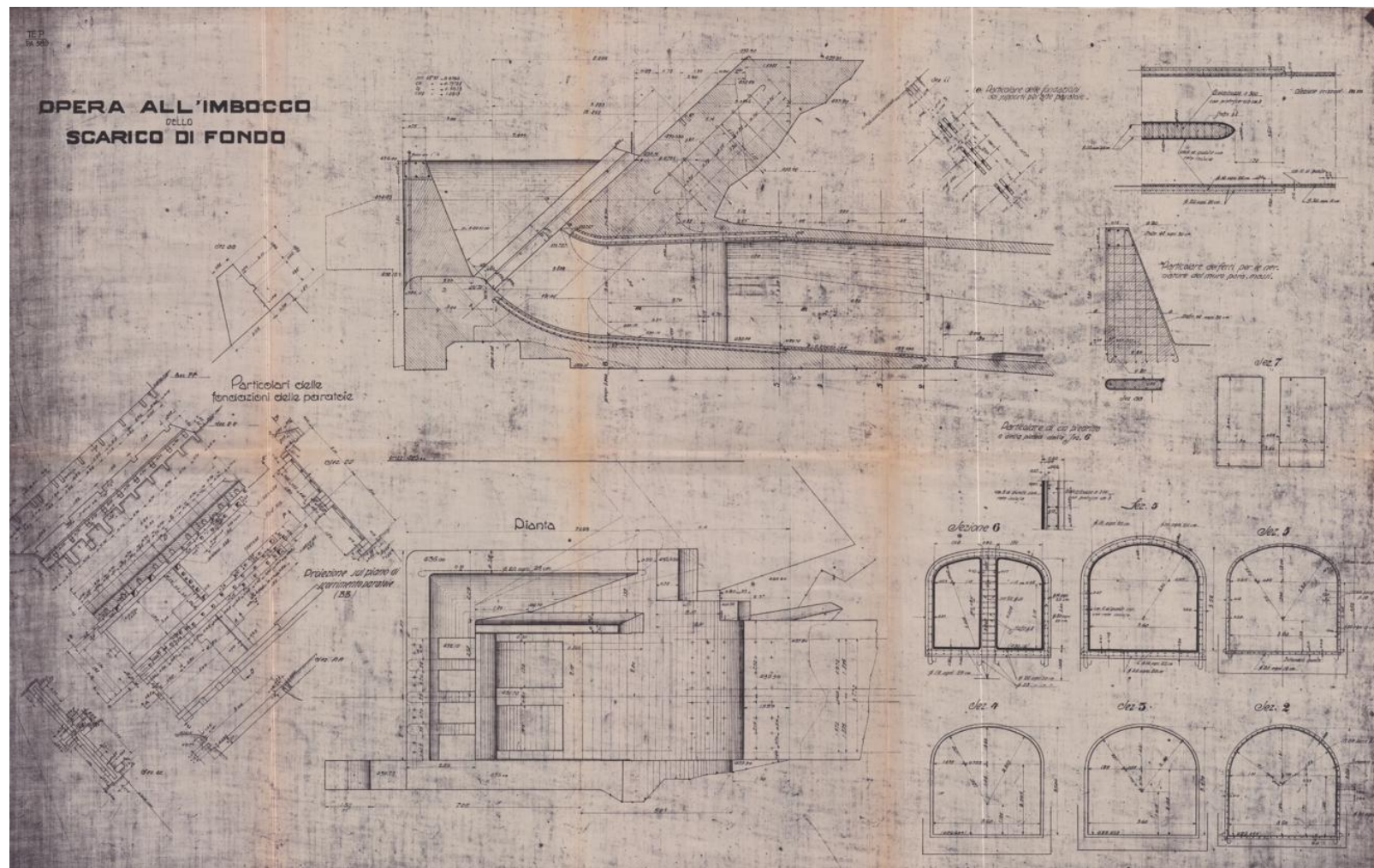
- Di garantire il rilascio di portate dallo scarico di fondo senza movimentazione di sedimenti;
- Della sicurezza idraulica durante i lavori di demolizione e ricostruzione della parte centrale della diga;

Il concessionario ha deciso di provvedere ad una modifica della configurazione dello scarico di fondo mediante la realizzazione di una ulteriore bocca di presa, con recapito nella galleria di scarico esistente, a quota più elevata (445,50 m slm) dell'attuale (432,00 m slm), comunque al di sopra della quota degli attuali depositi sedimentari.

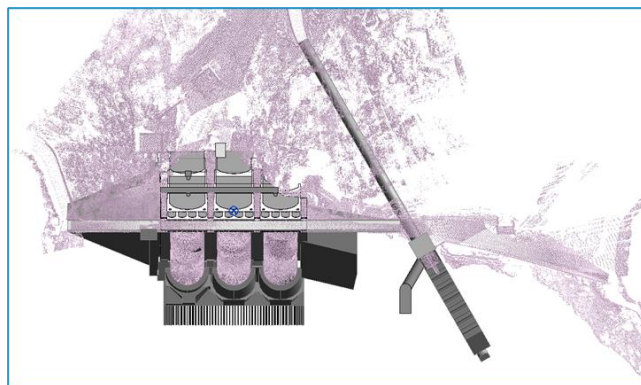
8. CASO STUDIO N.1: Diga di Pàvana (Enel Green Power)



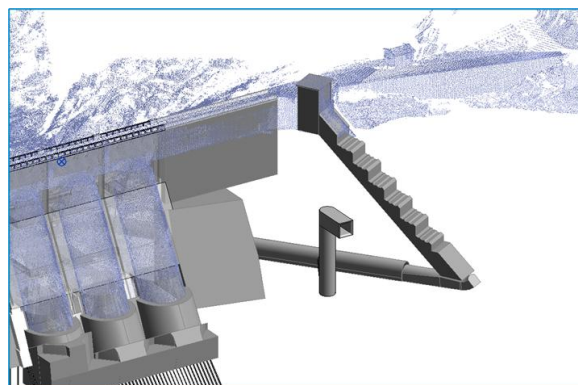
8. CASO STUDIO N.1: Diga di Pàvana (Enel Green Power)



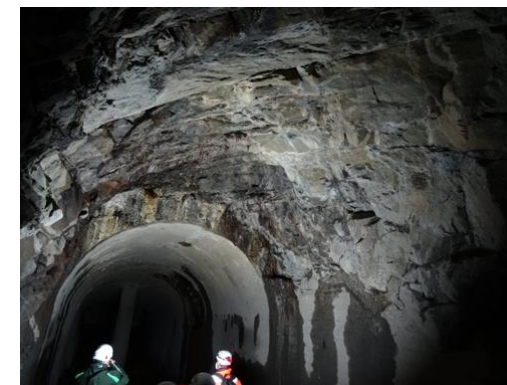
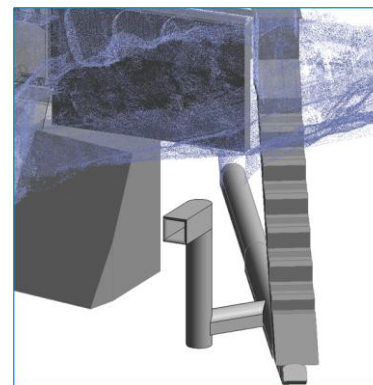
8. CASO STUDIO N.1: Diga di Pàvana (Enel Green Power)



23/09/2026



Remtech 2026 – F.Maugliani, Lombardi Ingegneria Srl

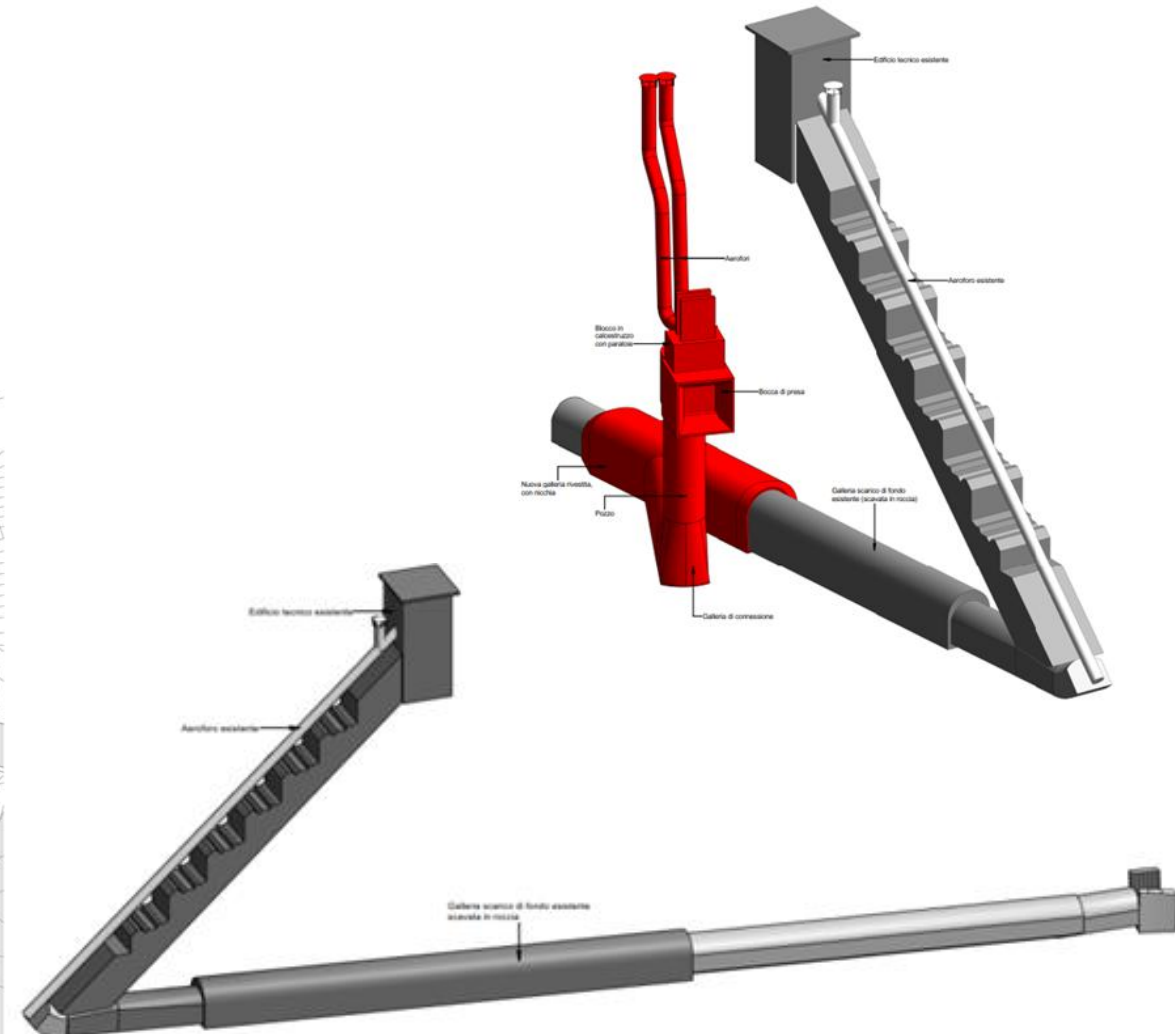
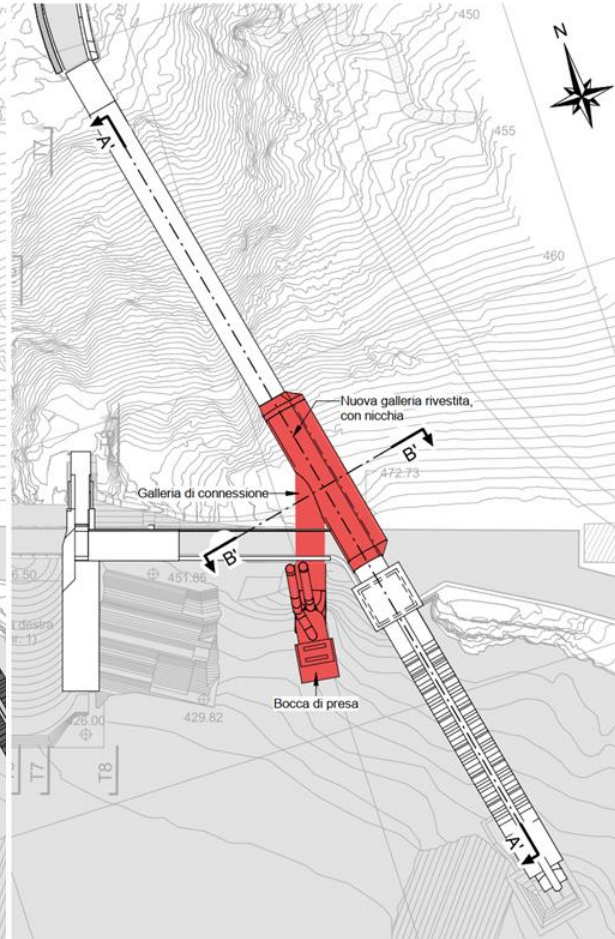


Slide 17

8. CASO STUDIO N.1: Diga di Pàvana (Enel Green Power)

Planimetria stato di fatto
(1 : 500)

Planimetria stato di progetto
(1 : 500)



8. CASO STUDIO N.1: Diga di Pàvana (Enel Green Power)

L'istruttoria presso l'Autorità di controllo (DGD del MI ed UTD Firenze) relativa al progetto definitivo della modifica allo scarico di fondo si è conclusa nel marzo 2022, con «Nulla osta tecnico con richiesta di integrazioni».

Per quanto riguarda gli ASPETTI IDRAULICI:

«la Divisione specialistica ritiene che il progetto esaminato sia stato elaborato secondo idonei standard ingegneristici, ed inoltre evidenzia come il comportamento idraulico dell'opera – pur non essendo stato indagato con prove su modello fisico o di calcolo numerico (metodi di verifica consoni per le verifiche su opere di maggiore rilevanza) – appaia sufficientemente sviluppato mediante il ricorso a formulazioni empiriche idonee alla verifica richiesta, vista anche la tipologia di intervento e la funzione sussidiaria dello scarico»

Fra le osservazioni di UTD Firenze:

3. Capacità idraulica dello scarico di fondo. L'allargamento della galleria esistente nella tratta di immissione della nuova galleria di raccordo determina un allargamento della sezione idraulica (anche verso monte) ed un suo successivo restringimento con la conseguenza di possibili perdite di carico piezometrico della corrente fluida all'interno della medesima galleria. Occorre che nel progetto venga verificato che la variazione delle condizioni idrauliche della galleria esistente determinate dalla immissione in progetto (presenza di una tratta in allargamento e presenza delle turbolenze in immissione) non comporti una variazione in diminuzione della portata idraulica rilasciata dallo scarico di fondo nella condizione di paratoie aperte dell'opera di presa esistente e paratoie chiuse dell'opera di presa in progetto. Inoltre occorre determinare la capacità di scarico complessiva dello scarico di fondo nella condizione di paratoie aperte in contemporanea dell'opera di presa esistente e dell'opera di presa in progetto.»

Obbligato quindi il passaggio ad una modellazione CFD per la risposta ai quesiti sollevati: la modellazione numerica è infatti in grado di descrivere puntualmente il campo di moto, a differenza del modello analitico.



8. CASO STUDIO N.1: Diga di Pàvana (Enel Green Power)

Verifica CFD eseguita con software Flow3D Hydro: il **modello** comprende

Opere esistenti

- Imbocco dello scarico di fondo esistente e semi-gallerie a valle delle paratoie dell'imbocco esistente
- Galleria in roccia dello scarico di fondo, Galleria di scarico rivestita in calcestruzzo e galleria di scarico rivestita in bolognini
- Canale di scarico

Opere di progetto

- Imbocco dello scarico di progetto
- Pozzo e galleria di raccordo tra il nuovo imbocco e la galleria esistente;
- Nuova galleria con nicchia

Simulazioni CFD richieste

- Verifica capacità idraulica scarico attuale
- Verifica capacità idraulica soluzione di progetto
- Verifica capacità idraulica per funzionamento contemporaneo delle due bocche di presa

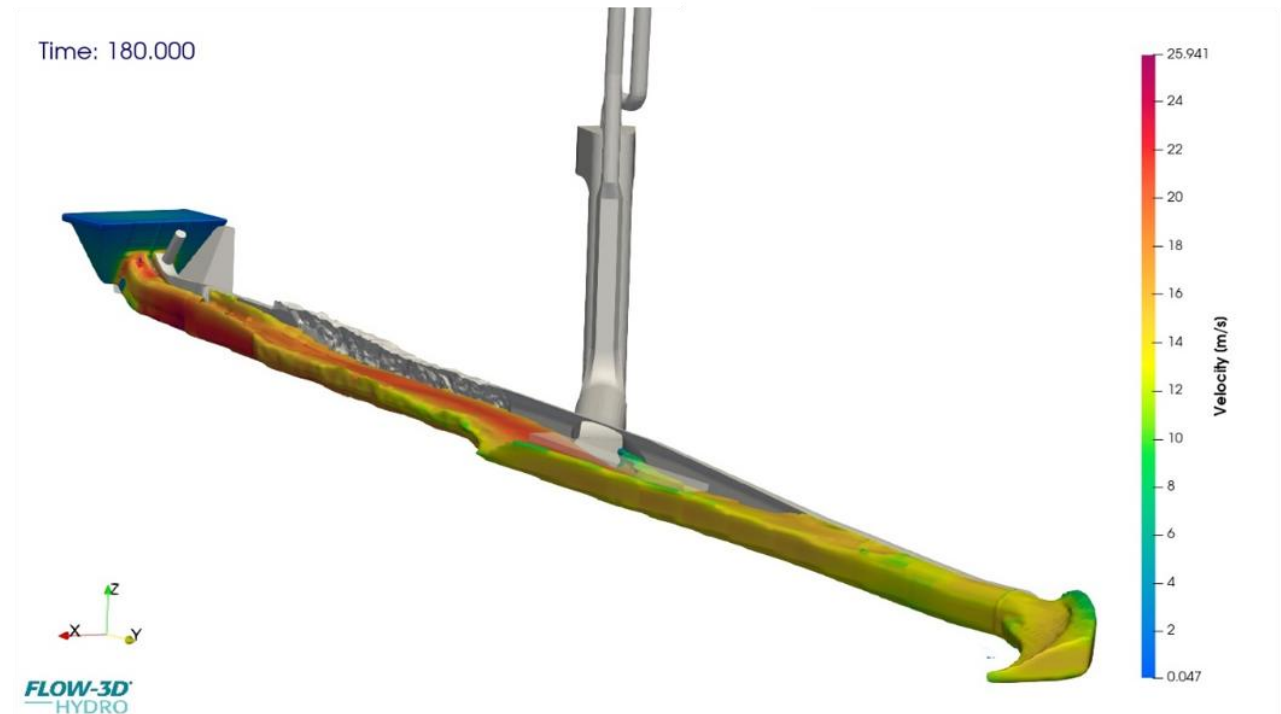
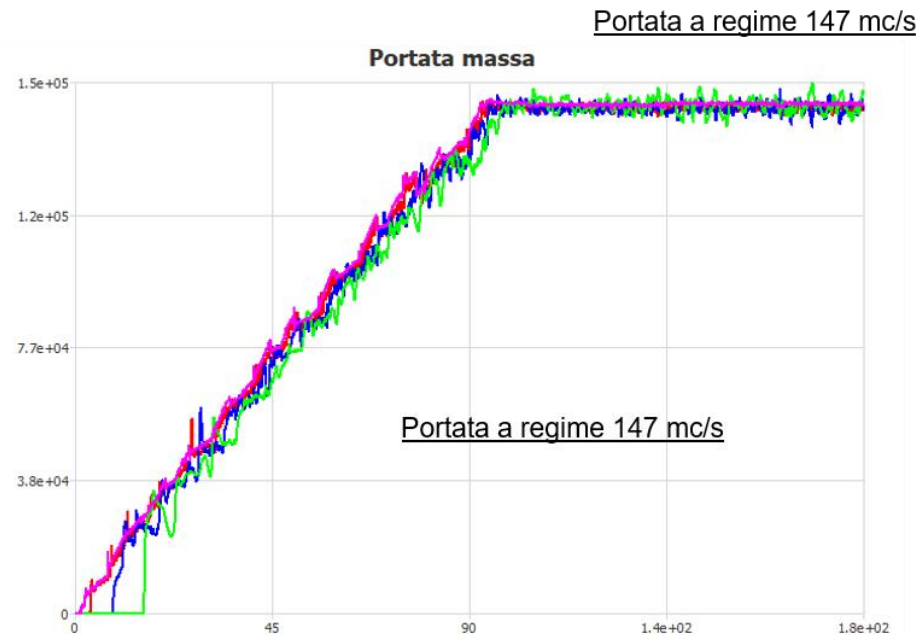
Simulazioni CFD aggiuntive eseguite

- Verifica ed affinamento soluzioni di progetto per gli eventuali effetti puntuali non evidenti con dimensionamento analitico

8. CASO STUDIO N.1: Diga di Pàvana (Enel Green Power)

Verifica ed affinamento soluzioni di progetto: verifica scarico esistente in assetto finale (470 m s.l.m.)

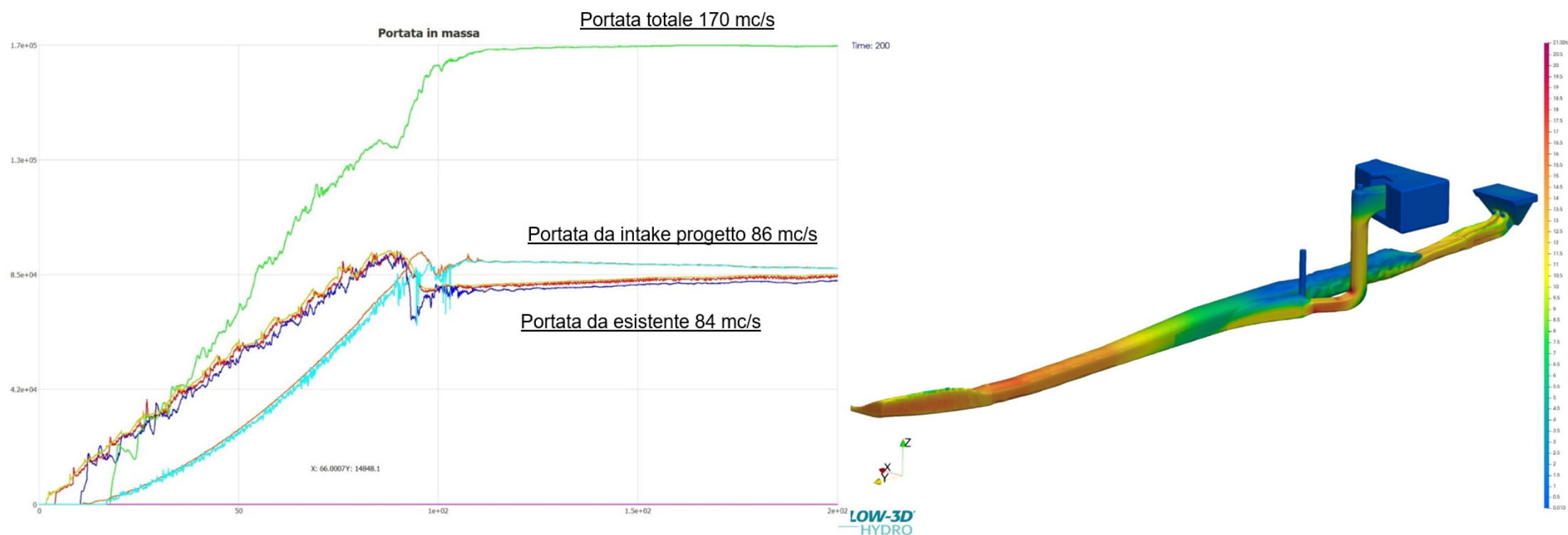
La portata scaricata non è influenzata dal nuovo layout di progetto (camerone e deflettore inseriti lungo la galleria di scarico esistente)



8. CASO STUDIO N.1: Diga di Pàvana (Enel Green Power)

Verifica capacità idraulica per funzionamento contemporaneo delle due bocche di presa (451 m s.l.m.)

Fase di cantiere diga - apertura di entrambi gli scarichi (invaso 451 m s.l.m.): Il sistema va in pressione: condizione accettabile provvisoriamente fino alla conclusione del cantiere



9. CASO STUDIO n. 2: Diga di Muzzone (Enel Green Power)

La diga di Muzzone, costruita fra il 1924 ed il 1927, è ubicata in corrispondenza dell'omonima stretta lungo il corso del Fiume Coghinas, circa 7 km a valle della confluenza del Rio Mannu di Ozieri e del Rio Mannu di Berchidda nel Comune di Oschiri, Provincia di Sassari.

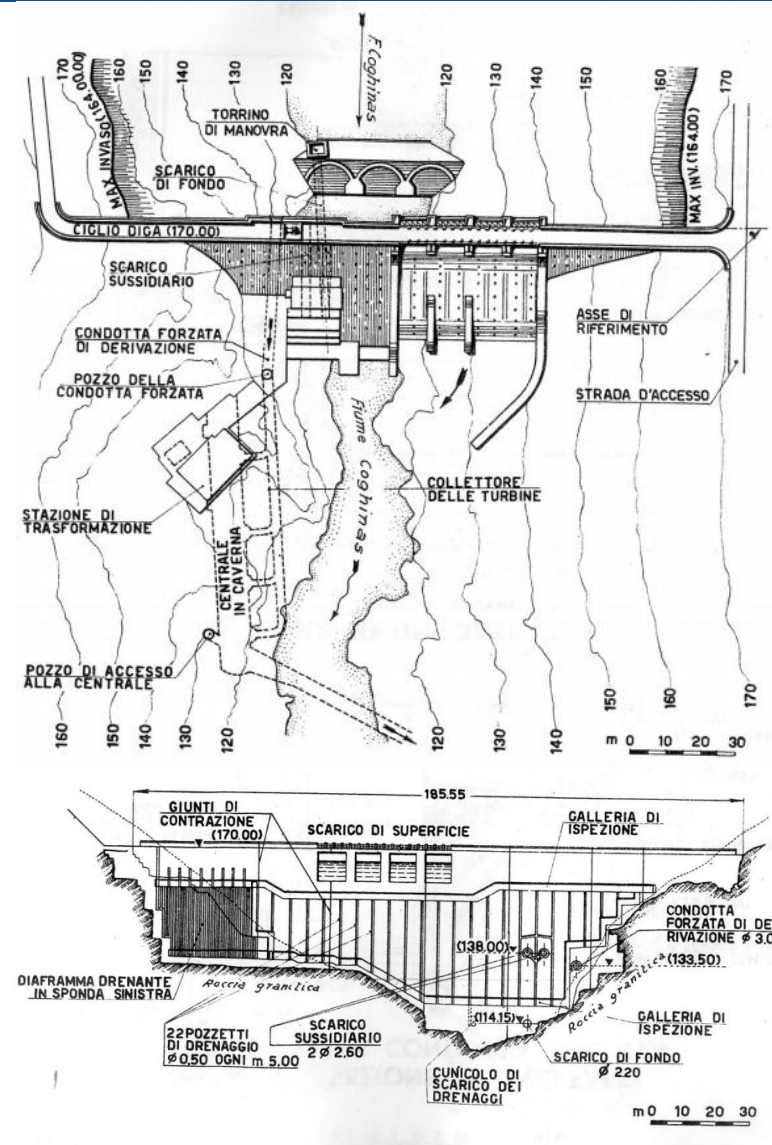
Il serbatoio permette la regolazione stagionale delle portate del fiume Coghinas sia per la produzione di energia elettrica che per uso irriguo, industriale e potabile.

Dati caratteristici invaso:

– Volume di invaso (L. 584/94):	258.74 hm ³
– Volume di invaso (D.M. 24/03/82):	283.56 hm ³
– Quota max. di regolazione:	164.00 m s.l.m.
– Quota min. di regolazione:	143.00 m s.l.m.
– Quota max. invaso (F.C.E.M):	166.00 m s.l.m.
– Quota max. invaso (rivalutata):	167.60 m s.l.m.
– Portata di progetto:	1'200 m ³ /s

Dati caratteristici diga:

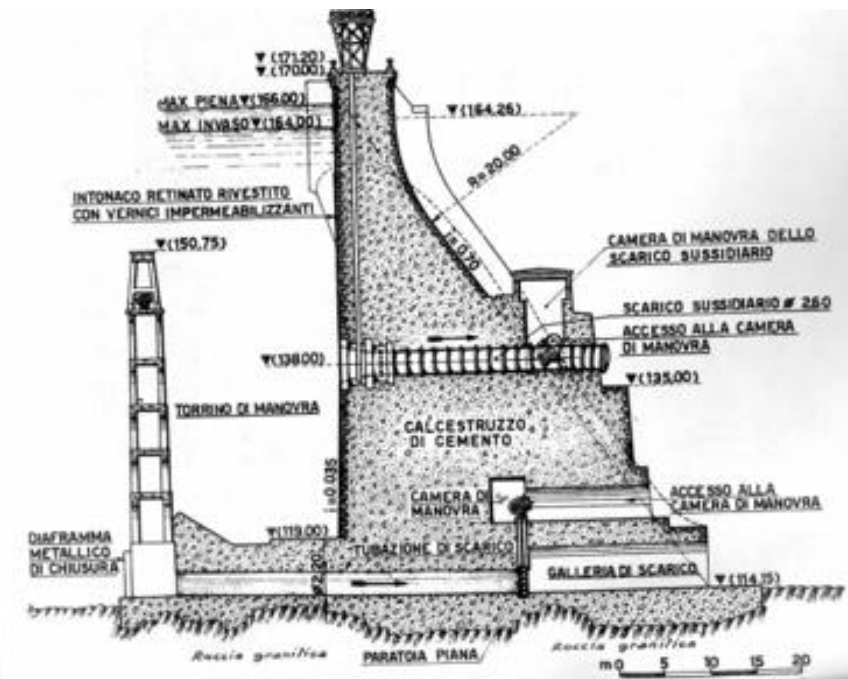
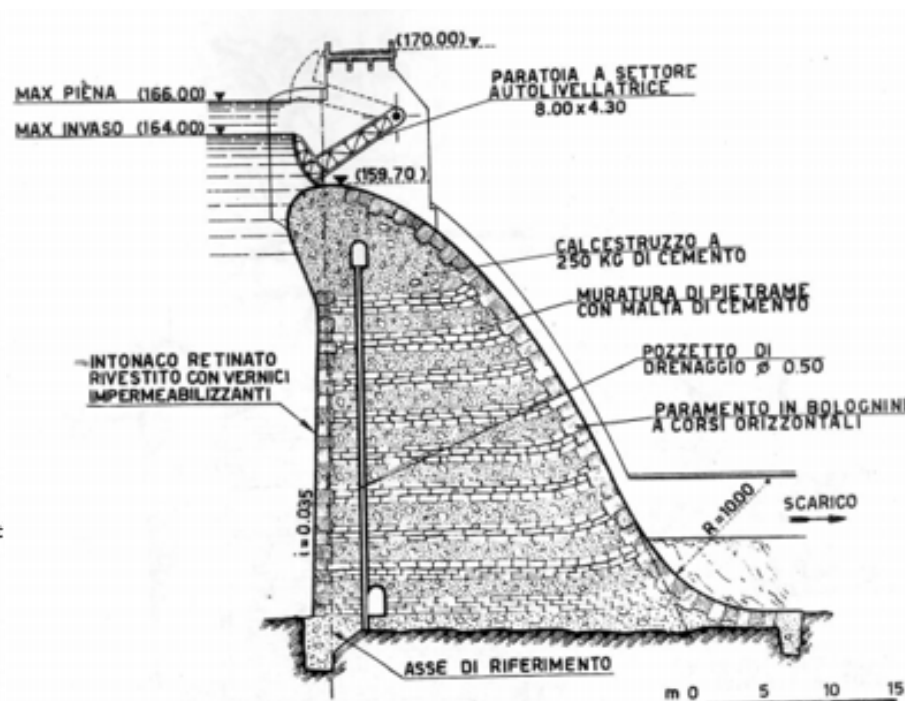
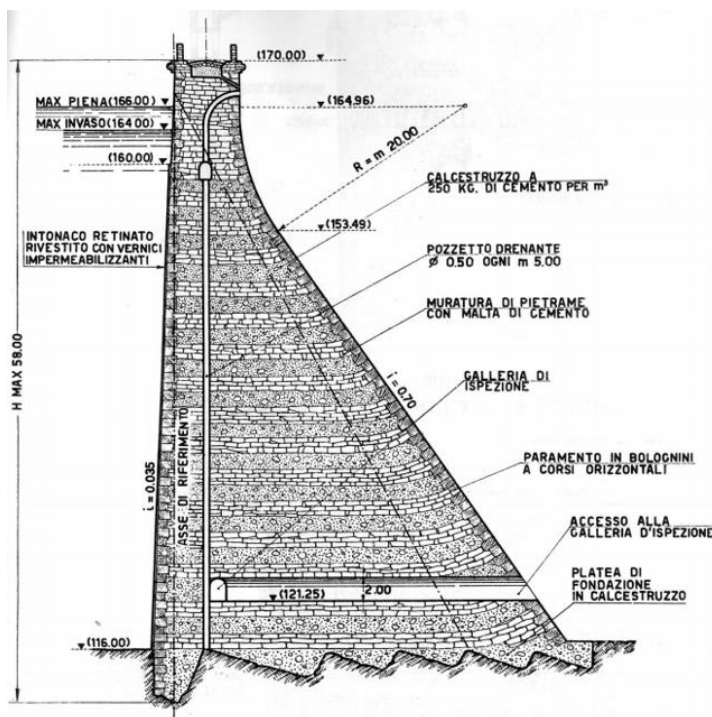
– Altezza della diga (L. 584/94):	54.00 m
– Altezza della diga (DM 24/03/1982):	58.00 m
– Altezza di massima ritenuta:	50.00 m
– Quota coronamento:	170.00 m s.l.m.
– Tipologia:	A gravità (Aa1)



9. CASO STUDIO n. 2: Diga di Muzzone (Enel Green Power)

Caratteristiche organi di scarico:

- Scarico di superficie: quattro luci di 8.00 m con soglia alla 159.70 m s.l.m., intercettate da paratoie a settore autolivellanti
- Scarico di mezzofondo: due condotti circolari di diametro 2.40 m, con asse alla 138.00 m s.l.m., intercettati da due paratoie piane a strisciamento.
- Scarico di alleggerimento: tubazione metallica del diametro di m 1.60, con asse alla 133.50 m s.l.m., intercettata a valle da due paratoie piane a strisciamento (vecchia derivazione d'impianto)
- Scarico di fondo: tubazione metallica del diametro di m 2.20 con sbocco a valle con asse alla 114.15 m s.l.m. Attualmente l'imbocco dello scarico risulta completamente al di sotto dei sedimenti (rilievo 2011 circa 12,50 m sopra l'imbocco) e la tubazione è stata definitivamente chiusa con tampone in calcestruzzo (2012)



9. CASO STUDIO n. 2: Diga di Muzzone (Enel Green Power)

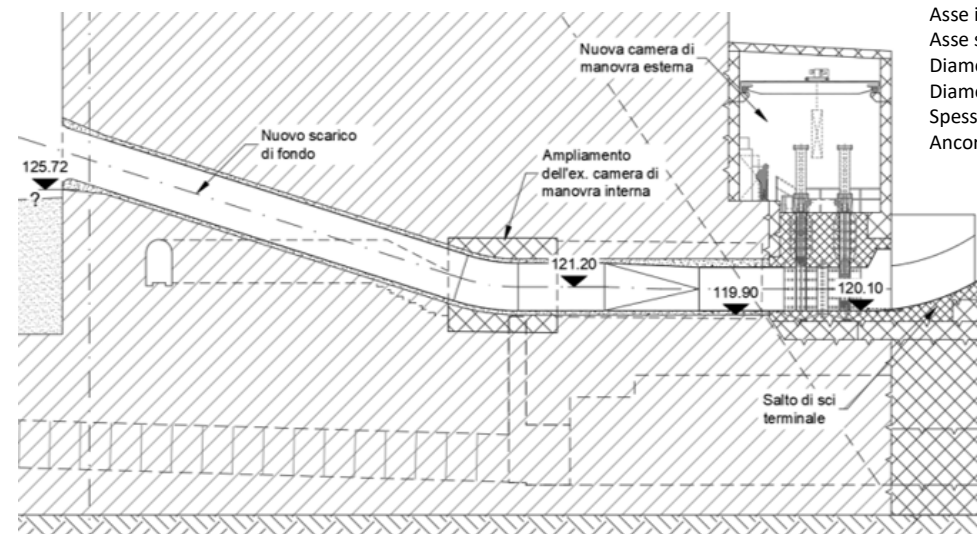
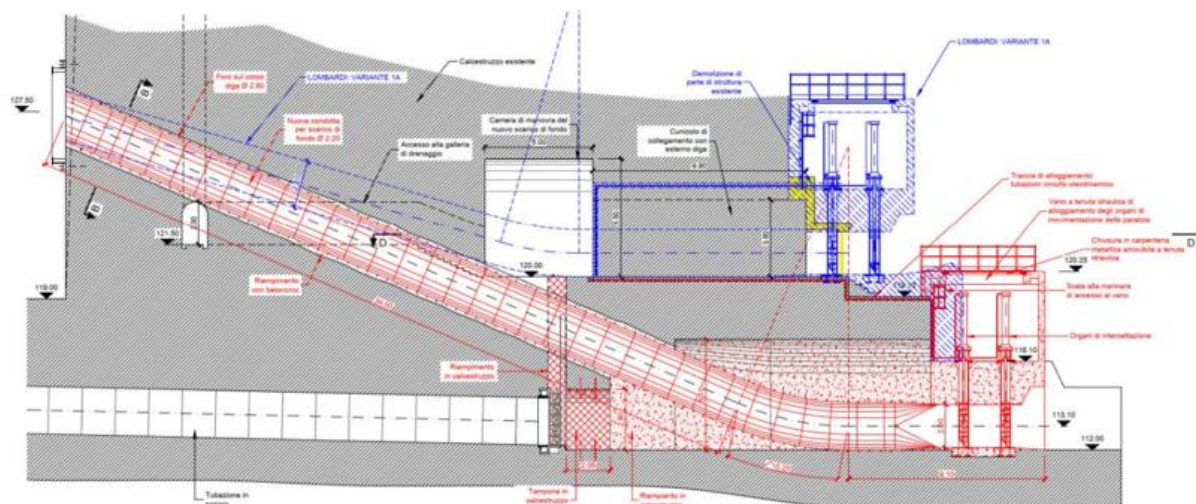
Il progetto esecutivo per appalto di Lombardi è una revisione del progetto definitivo approvato, al fine dell'ottimizzazione della costruzione (costi e tempi).

La configurazione del nuovo scarico di fondo, con sbocco alla 113.10 m s.l.m. secondo il layout approvato, richiederebbe:

- la protezione dell'area di lavoro dalle acque in uscita dagli scarichi intermedi, collocati direttamente al di sopra del recapito dello scarico di fondo, e dalle acque della pozza di smorzamento che si crea per causa dell'orografia dell'alveo a valle della diga durante l'esercizio degli scarichi
- il progetto di un'opera provvisoria con cui le acque dallo scarico di alleggerimento, di cui è previsto l'uso prevalente durante i lavori, siano recapitate più a valle per alcune decine di metri, in zona dove l'orografia locale impedisca il rigurgito
- la realizzazione di una camera di manovra a tenuta stagna all'uscita del nuovo scarico, necessaria per l'alloggiamento dei servomotori e dei dispositivi di manovra delle due nuove paratoie, in grado di sopportare un battente di alcuni metri

Lombardi ha previsto dunque l'innalzamento dello sbocco del nuovo scarico di fondo alla quota 121.20 m s.l.m. e recapito in aria a mezzo di salto di sci. Ciò permette di:

- Disporre di un'area di lavoro interna che riutilizza in parte la camera di manovra esistente
- Garantire aree di cantiere collocate al di fuori delle aree bagnate in alveo, senza opere ulteriori
- Impedire rigurgiti sullo sbocco o problemi legati alla dissipazione della corrente a valle



Asse imbocco: 127.50 m s.l.m.
Asse sbocco: 121.20 m s.l.m.
Diametro scavo: $\approx 2'600$ mm
Diametro tubazione: 2'200 mm
Spessore tubazione: 15 mm
Ancoraggio tubazione: Betoncino di riempimento

9. CASO STUDIO n. 2: Diga di Muzzone (Enel Green Power)

1. Ampliamento ex-camera di manovra:

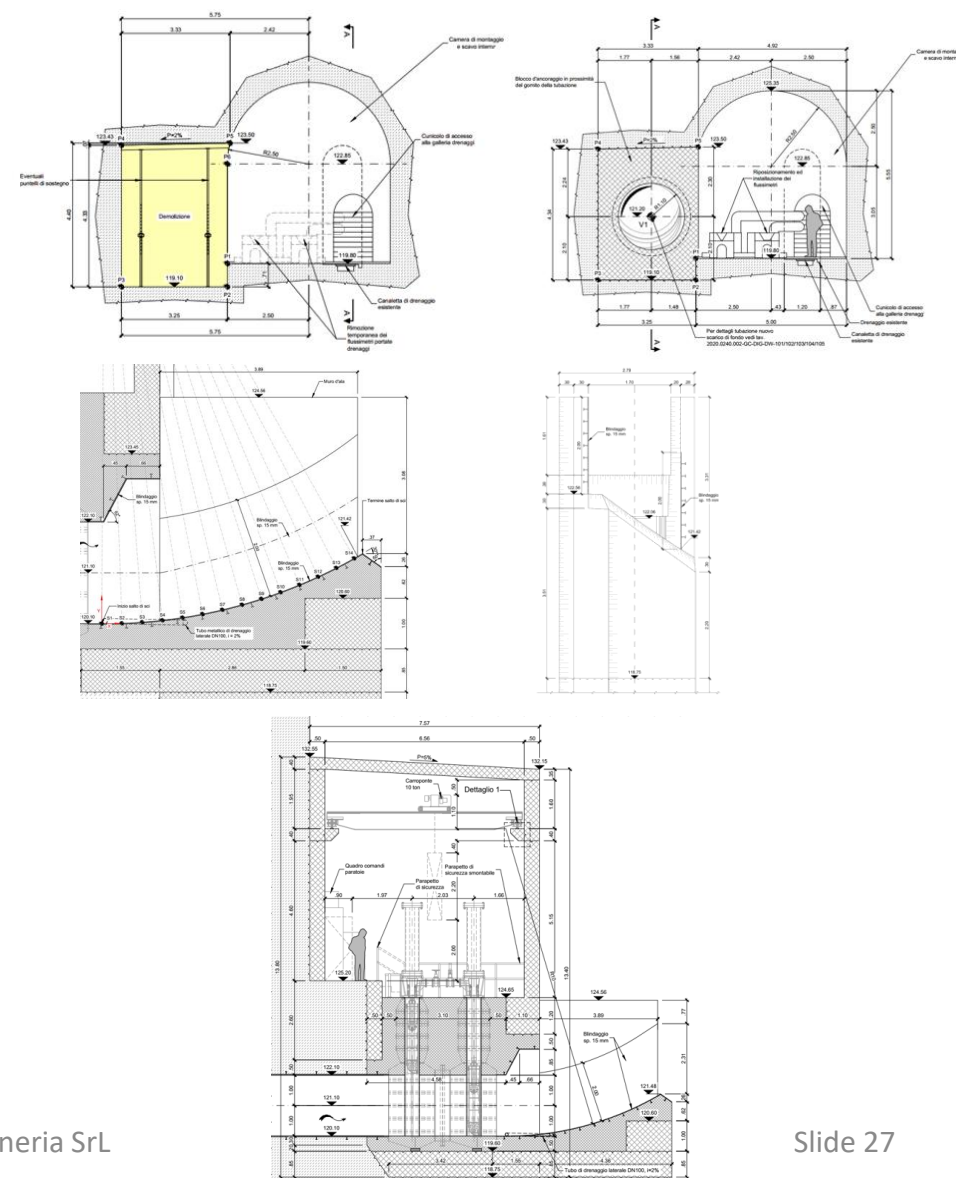
- Motivazione: Spostamento planimetrico dello scarico di 4.0 m per interferenze cunicoli interni
- Utilizzo: Camera di scavo e montaggio nuovo scarico
- Volume d'ampliamento: $\approx 75 \text{ m}^3$
- Volume blocco ancoraggio: $\approx 55 \text{ m}^3$
- Attività aggiuntive: Demolizione/ricostruzione vasche raccolta drenaggi

2. Salto di sci terminale:

- Quota invert: 120.10 m s.l.m.
- Quota max. labbro inf: 122.56 m s.l.m.
- Quota min. labbro inf: 121.45 m s.l.m.
- Deviazione orizzontale: 3°
- Raggio: 10.00 m
- Angolo uscita flusso: 30°

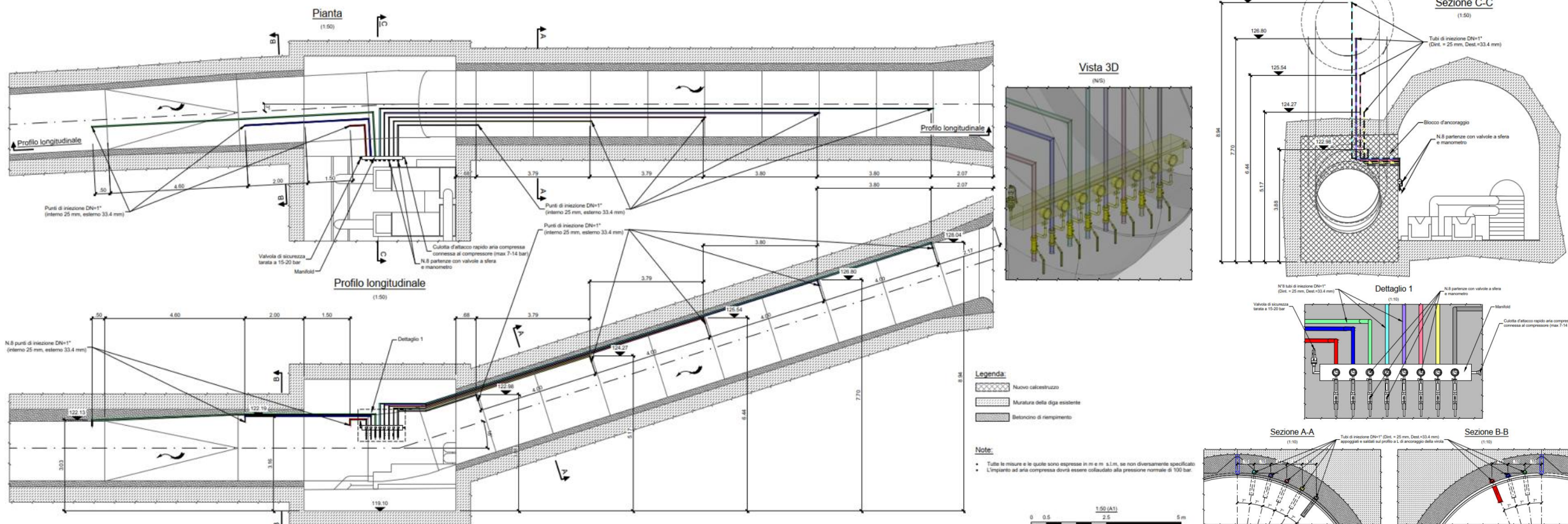
3. Camera esterna paratoie:

- Posizione: Esterna in adiacenza al paramento di valle
- Paratoie: Tipo: Piane a cassa chiusa (2X)
Dimensione: 2.0 x 2.0 m
Soglia: 120.10 m s.l.m
- Sistemi O/E: Impianto oleodinamico completo con servomotore e centralina (possibilità azionamento multiplo)
Impianto elettrico completo con quadri elettrici per alimentazione apparecchiature e servizi ausiliari



9. CASO STUDIO n. 2: Diga di Muzzone (Enel Green Power)

SISTEMA DI MANUTENZIONE AD ARIA COMPRESSA



10. CASO STUDIO n. 3: Diga di Cucchinadorza

La Diga di Cucchinadorza, secondo sbarramento sull'asta idroelettrica del Taloro, è costituito da una diga a gravità massiccia ordinaria, in calcestruzzo (Aa1), entrata in esercizio negli anni 1961-62.

Il lago, dalla forma allungata e irregolare a "virgola", si estende sui confini dei comuni di Teti, Ollolai e Ovodda, nella regione storica della Barbagia.

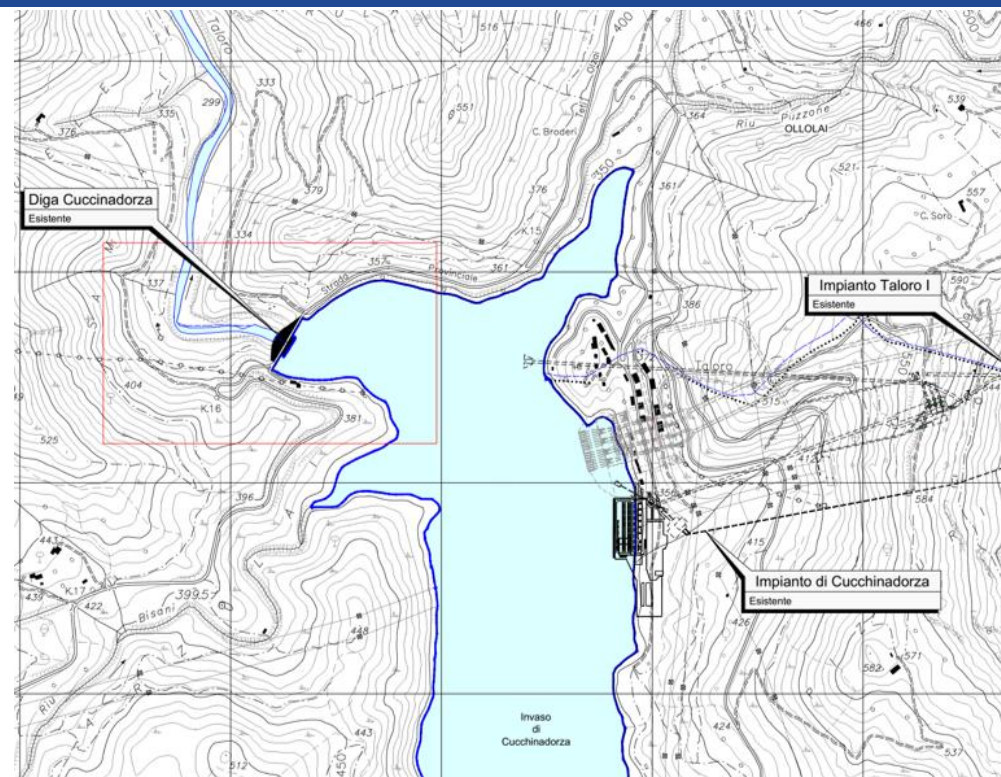
La superficie del lago è di circa 1.23 km² e l'altitudine è ca. 350 m s.l.m.

Dati caratteristici invaso:

- Volume totale di invaso: 20.00 Mm³
- Volume utile di regolazione: 16.45 Mm³
- Volume di laminazione: 1.20 Mm³
- Bacino imbrifero sotteso: 108.00 km²
- Quota di massimo invaso: 349.00 m s.l.m.
- Quota di massima regolazione: 348.00 m s.l.m.
- Quota di minima regolazione: 327.30 m s.l.m.

Dati caratteristici diga:

- Altezza della diga (DM. 26/06/1914): 45.50 m
- Altezza della diga (da fondazione): 51.50 m
- Sviluppo del coronamento: 162 m
- Tipologia: A gravità (Aa1)



10. CASO STUDIO n. 3: Diga di Cucchinadorza

Caratteristiche organi di scarico:

- Scarico di superficie: tre luci sfioranti di 12.00 m cadauna, con soglia alla 340.00 m s.l.m., intercettate da paratoie a settore autolivellanti, portata 1'940,00 m³/s (max invaso)
- Scarico di fondo: due tubazioni metalliche del diametro di m 2.00, lunghezza di 37,50 m, quota soglia imbocco 307,30 m s.l.m. portata esitata di 107 m³/s (max invaso)

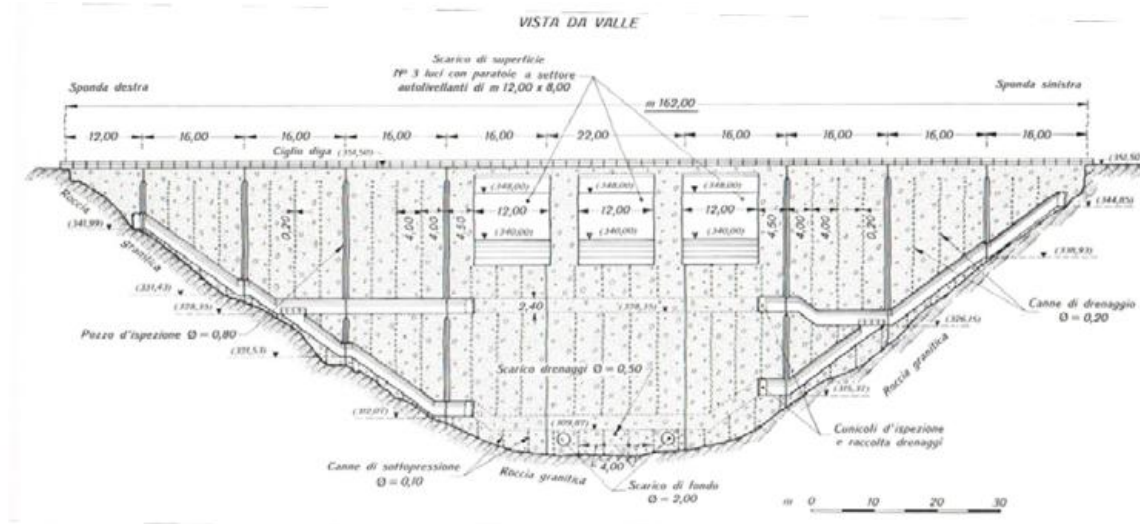


Figura 1: Sezione longitudinale della diga di Cucchinadorza (rif. [4]).

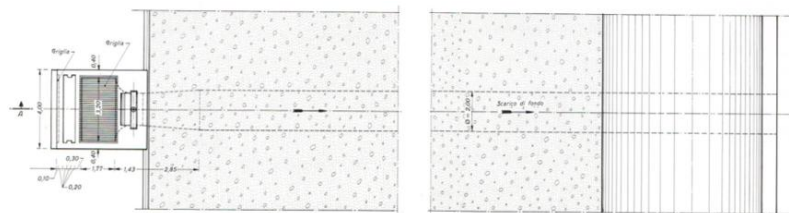


Figura 4: Sezione orizzontale in corrispondenza del bordo superiore della struttura scatolare di presa dello scarico di fondo della diga di Cucchinadorza (rif. Anidel [4]).

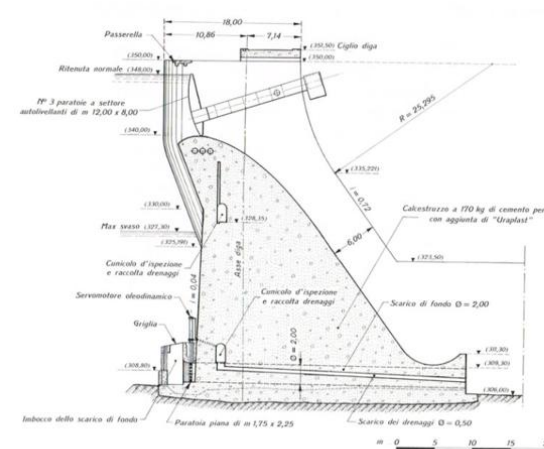


Figura 2: Sezione trasversale in corrispondenza dello sfioratore della diga di Cucchinadorza (rif. [4]).



Figura 8: Vista da monte dello sfioratore e dell'opera scatolare di presa destra dello scarico di fondo, munita di paratoia con servomotore idraulico, della diga di Cucchinadorza (Leporati '62, [5]).

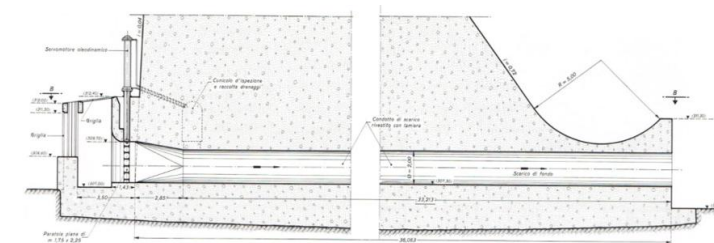


Figura 3: Sezione trasversale di dettaglio in corrispondenza dello scarico di fondo della diga di Cucchinadorza (rif. Anidel [4]).

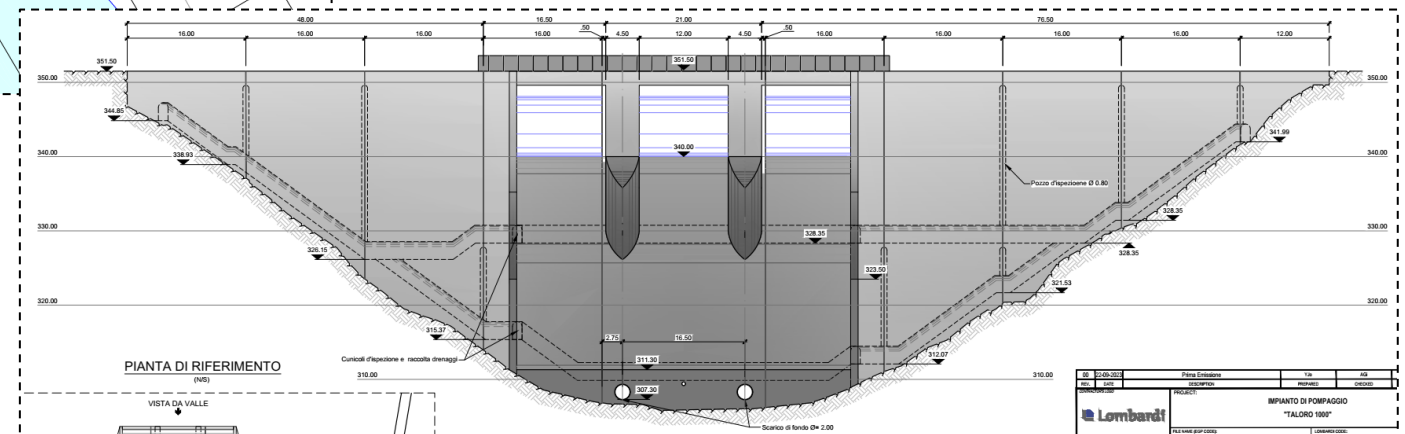
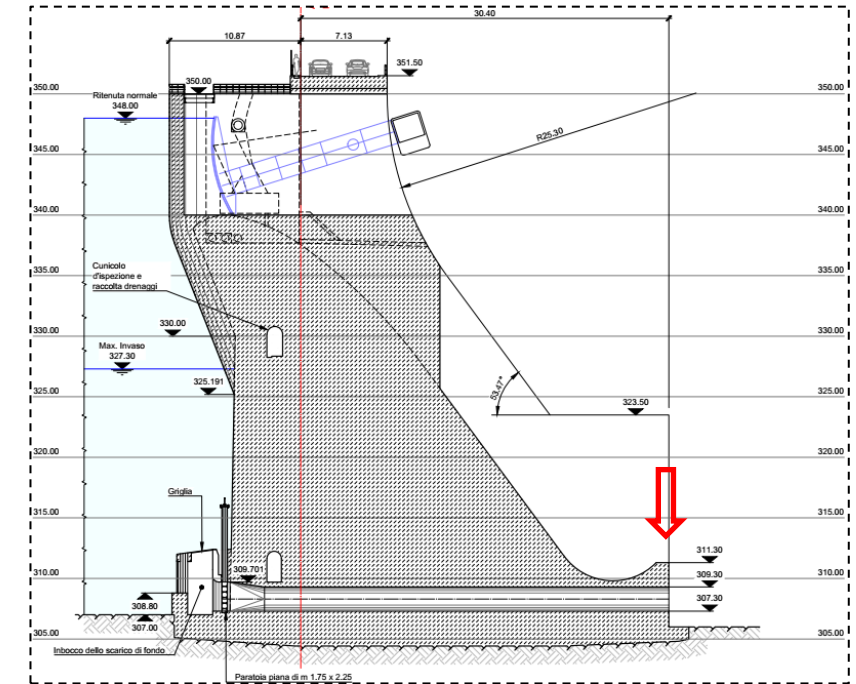
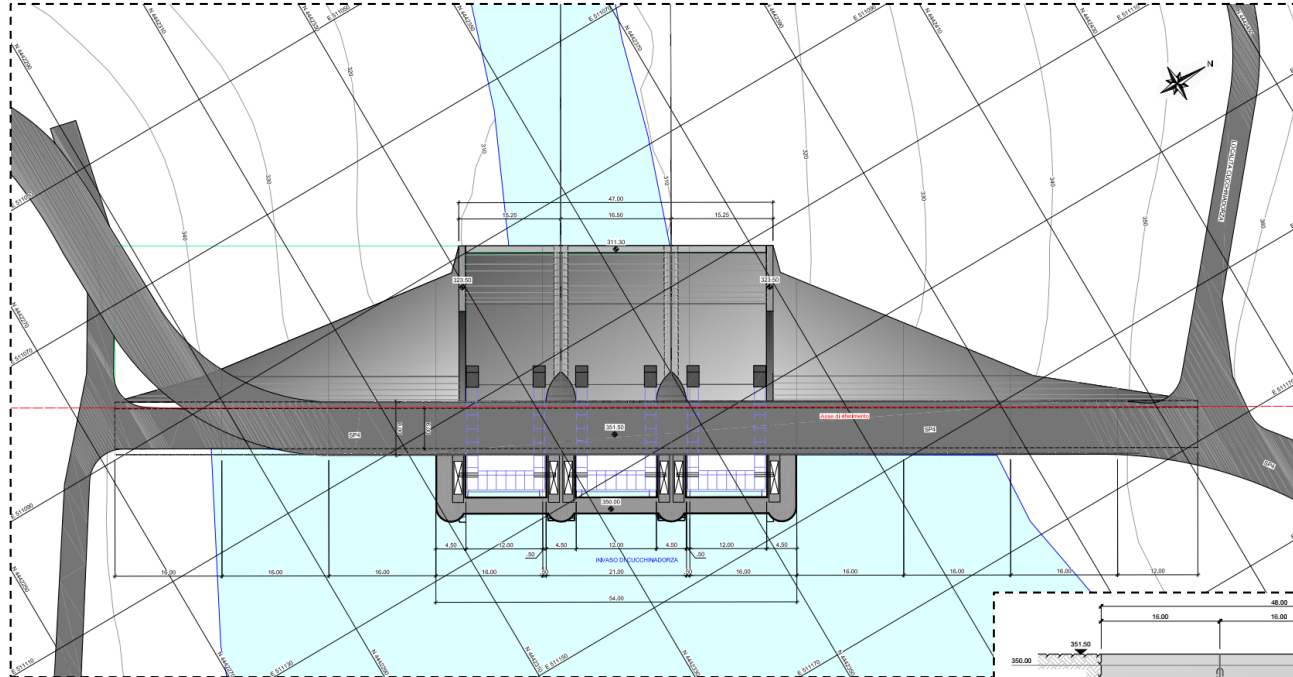
10. CASO STUDIO n. 3: Diga di Cucchinadorza

Nel 2013 il gestore dell'impianto ha messo in atto degli interventi di manutenzione degli organi di intercettazione degli scarichi di fondo. In questa occasione sono state rimossi i diaframmi delle paratoie di intercettazione, sottoposti a manutenzione mediante sabbiatura, ciclo di verniciatura e successivamente riposizionati.

Dei due scarichi, quello sinistro è rimasto inutilizzato dal 2013 a causa di un danneggiamento del gargame superiore del telaio della paratoia in occasione delle prime manovre, con deformazione del listello di tenuta sulla battuta superiore, che ha compromesso la tenuta idraulica del sistema.



10. CASO STUDIO n. 3: Diga di Cucchinadorza



10. CASO STUDIO n. 3: Diga di Cucchinadorza

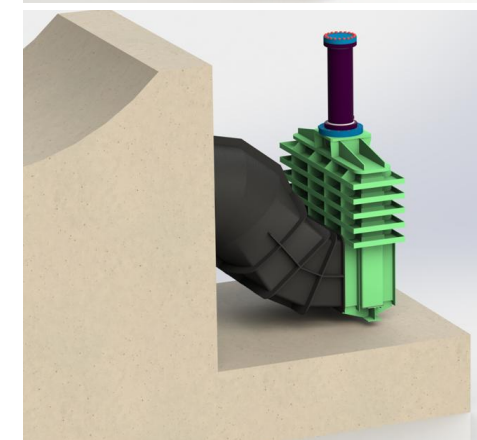
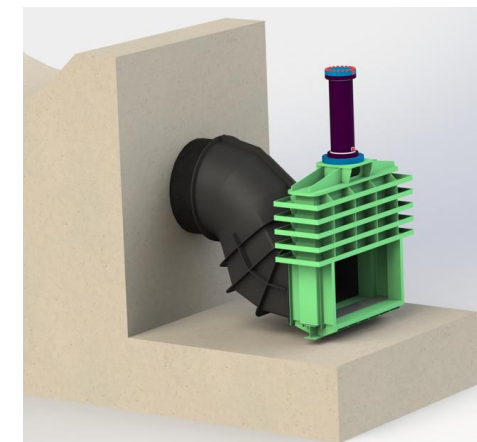
Soluzione tecnica di riferimento per lo sviluppo del progetto:

- Intervento da progettare su entrambi gli scarichi (con esecuzione in due fasi annuali e priorità su scarico sx):
 - a. *lining metallico interno di entrambe le condotte (saldato lato monte e intasato con boiacca di formulazione specifica)*
 - b. *inserimento di singola paratoia allo sbocco delle nuove condotte, inghisata in un blocco di calcestruzzo armato in configurazione protetta rispetto alle portate sfiorate, con percorso di accesso in sicurezza agibile in assenza di sfioro*
 - c. *manutenzione delle paratoie lato monte esistenti (manutenzione del gargame sx eseguita con interventi subacquei)*
 - d. *iniezioni nel corpo murario attorno alle condotte di scarico*
 - e. *manutenzione dei drenaggi sul piano di fondazione*
- Interventi opzionali:
 1. *Manutenzione dei giunti di ripresa del getto nel paramento di monte, in corrispondenza delle vasche dei galleggianti delle paratoie, previo rilievo stato fessurativo mediante lidar*
 2. *Sistema ad aria compressa*

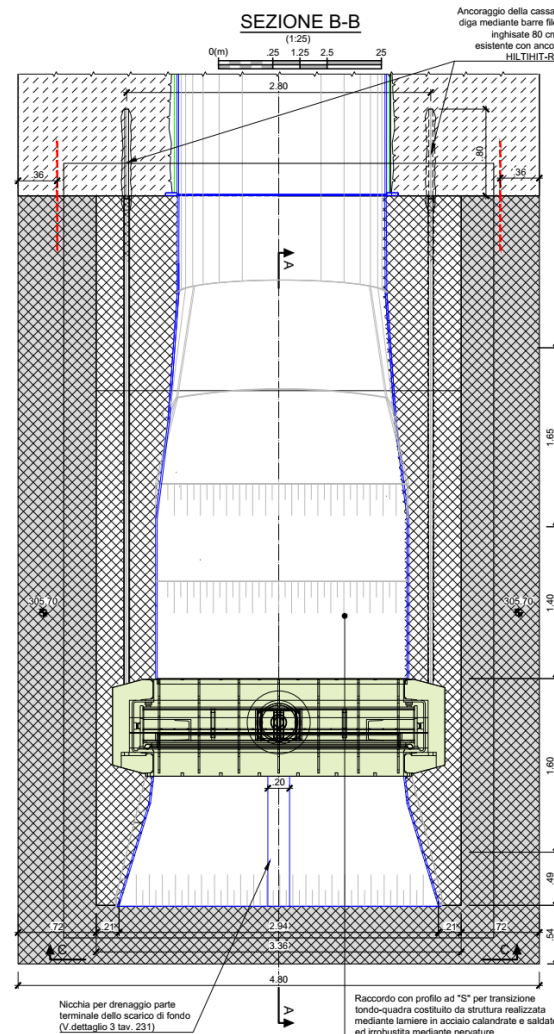
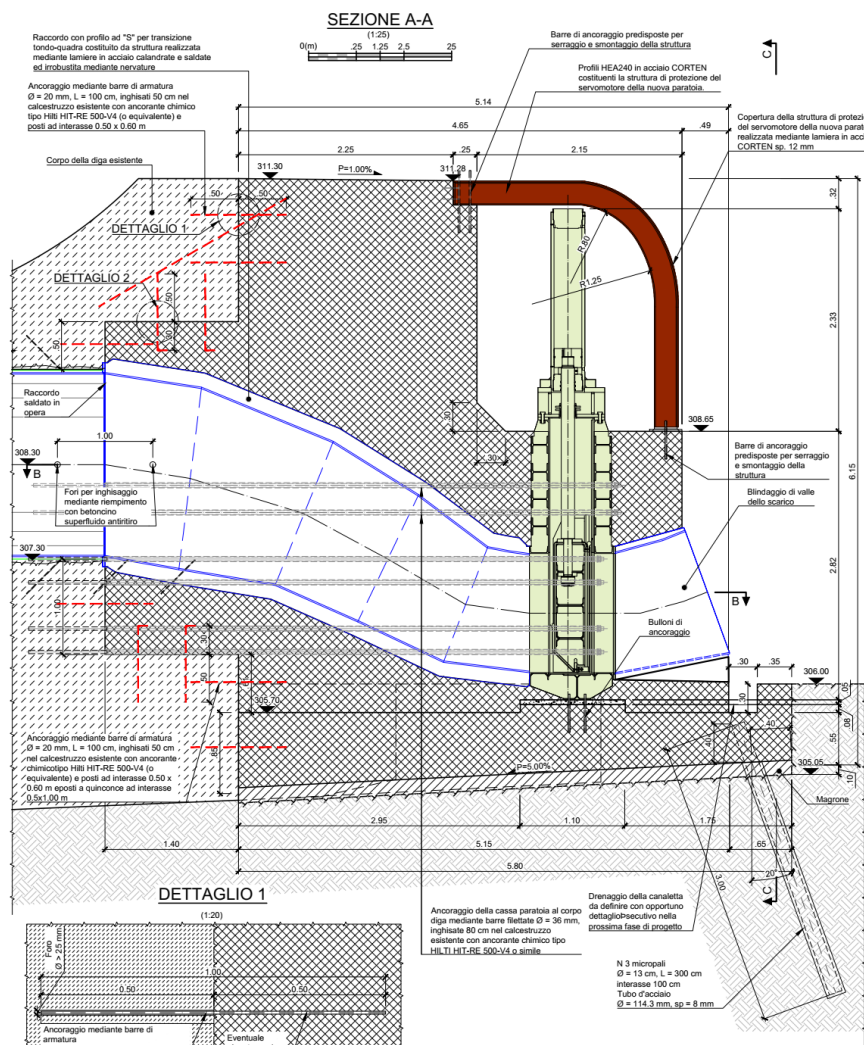
Le due tubazioni dello scarico di fondo sono collocate planimetricamente all'interno delle parte interessata dallo scivolo dello scarico di superficie: tipicamente dotate come organo di manovra di un pistone superiore richiedono la protezione con deflettori ubicati sul salto di sci. Le possibili soluzioni alternative:

1. Installazione di paratoie con pistone inserito nel diaframma e dunque caratterizzate da altezza inferiore rispetto ad un organo standard;
2. Installazione di paratoie con viti non salienti con servomotore meccanico;
3. Installazione di paratoie standard rettangolari invece che quadrate, al fine di ridurre l'altezza del diaframma e contenere così l'ingombro totale della paratoia (incluso servomotore) al di sotto del labbro di valle del salto di sci.

Tutte le soluzioni, comunque a cassa chiusa per motivi di sicurezza e per realizzare la tenuta lato valle, richiedono comunque una "protezione" superiore per difendere la paratoia dagli urti di corpi galleggianti durante sfiori intensi e prolungati: le soluzioni proposte riducono gli interventi di protezione ad un semplice carter metallico, senza modifica del profilo dello sfioratore.

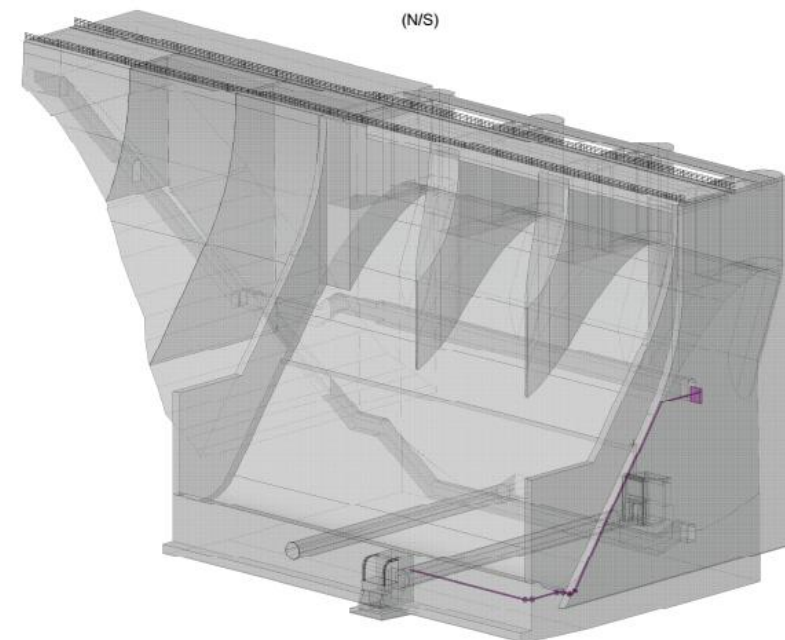


10. CASO STUDIO n. 3: Diga di Cucchinadorza

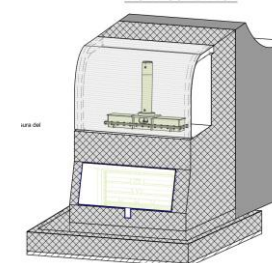


MODELLO 3D

(N/S)

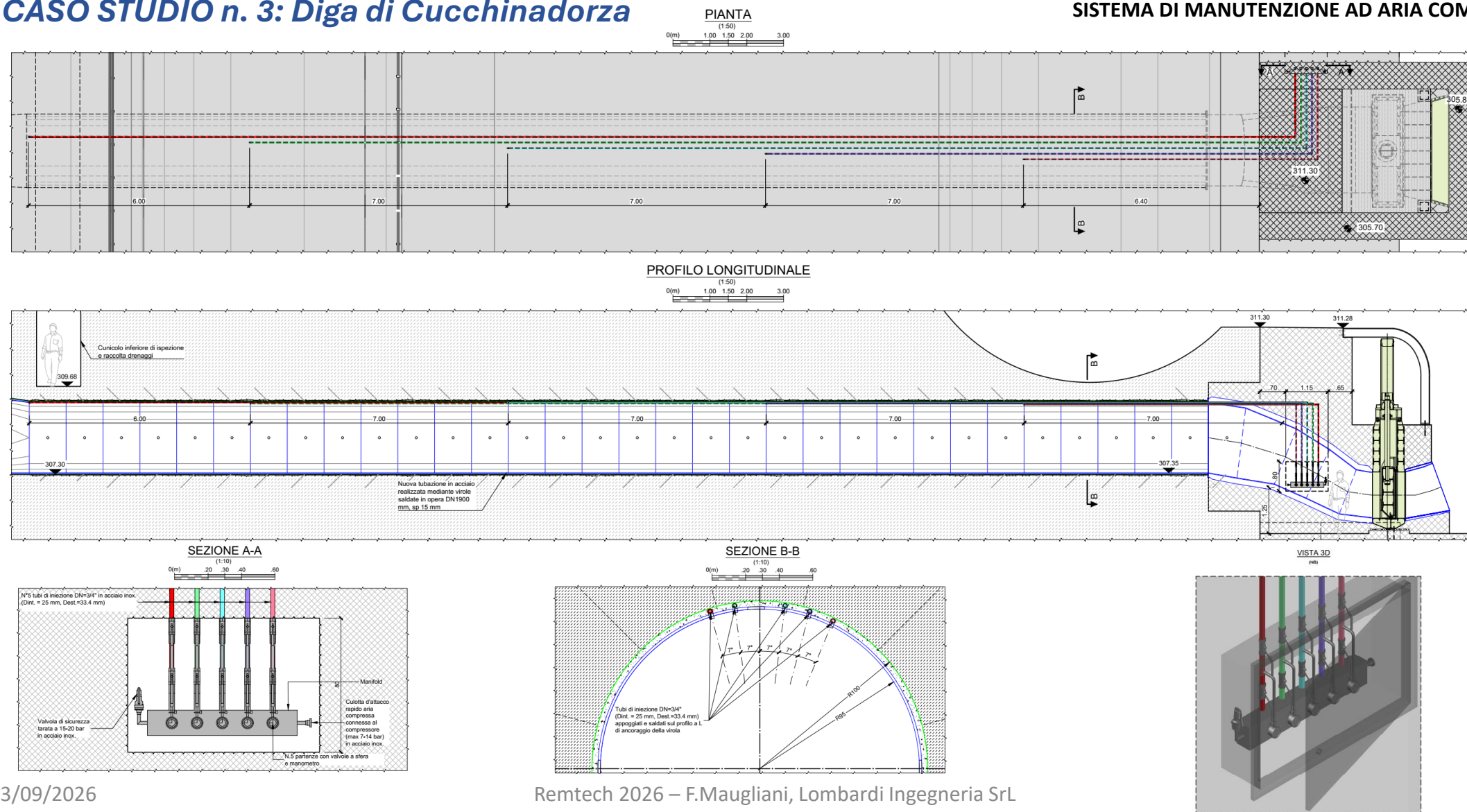


VISTA ISOMETRICA



10. CASO STUDIO n. 3: Diga di Cucchinadorza

SISTEMA DI MANUTENZIONE AD ARIA COMPRESSA





11. MANUTENZIONE DEGLI SCARICHI DI FONDO: CONDIZIONE DI SICUREZZA

- Il problema tecnico deve essere letto in termini di affidabilità futura dello scarico di fondo, non soltanto di funzionamento attuale.
- L'analisi dello stato di conservazione deve considerare qualsiasi parte (opere civili, condotta, rivestimenti, organi di intercettazione, sistemi di manovra, ecc.)
- La soluzione progettuale deve garantire la funzione di scarico mantenendo, per quanto possibile, le enecessarie condizioni di sicurezza anche durante l'esecuzione.
- Nel caso di interventi sul corpo diga e sugli scarichi, il percorso autorizzativo e di vigilanza della D.G. Dighe costituisce parte integrante dell'attività di progetto, anche per il miglioramento e la conferma delle soluzioni tecniche proposte.

Quindi:

1. Gli scarichi di fondo sono organi essenziali per la gestione dell'invaso, in condizioni di esercizio ordinario e di emergenza;
2. Il concessionario ha l'obbligo di garantirne la funzionalità, permanente ed in ogni condizione, in riferimento alle prestazioni del progetto autorizzato, da verificare periodicamente con interventi ispettivi;
3. L'organo è soggetto, nell'esercizio prolungato, a **DEGRADO / OBSOLESCENZA / RIDUZIONE DELL'AFFIDABILITÀ**
4. L'attività di controllo, propria e dell'organo istituzionale di vigilanza , definisce la **NECESSITÀ DI INTERVENTO**
5. L'intervento manutentivo ha la finalità del **RIPRISTINO DEL LIVELLO DI SICUREZZA E AFFIDABILITÀ DELL'OPERA**, per la vita utile residua.



With energy for the future

Franco Maugliani, Senior Engineer & PM
franco.maugliani@lombardi.group

Lombardi Ingegneria S.r.l.
Via Giotto 36, IT-20145 Milano, Italy
tel: +39 02 583 03 324
cell. +39 348 367 8724

Unità locale Roma
Via XX Settembre 98/G, IT-00185 Roma, Italy

Unità locale Torino
Via Raimondo Montecuccoli 9, IT-10121 Torino, Italy

www.lombardi.group

Ringraziamenti

- Silvia Danesi, Senior Project Engineer
- Daniele Polverelli, Project Engineer & CFD Engineer
- Andrea Balestra, Head of Lo04 Idraulica 01

