

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.01
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Studio della variante al progetto definitivo</i>	CODICE INTERNO 2019.0681.002-GC-GEN-RT-701
		Data 07/03/2023
		Pagina 1 di 19

Impianto idroelettrico di Coghinas – Diga di Muzzone

Renewable Energies Italy - O&M Hydro Italy
 Northern Central Area - Territorial Unit Cagliari - UE Coghinas

Comune di Oschiri - Provincia di Sassari

Ripristino dello scarico di fondo

Progetto Esecutivo

STUDIO DELLA VARIANTE AL PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Tecnica

IL COMMITTENTE  ENEL GREEN POWER ITALIA SRL Renewable Energies Italy O&M Hydro Italy Northern Central Area		07/03/2023	
		DATA	ING. M. SESSEGO
IL PROGETTISTA  LOMBARDI SA INGEGNERI CONSULENTI Lombardi SA Ingegneri Consulenti Via Rinaldo Simen, 19 6648 Minusio (Svizzera)		07/03/2023	
		DATA	ING. M. BRAGHINI
IL DIRETTORE LAVORI	L' INGEGNERE RESPONSABILE	IL PROGETTISTA SPECIALISTICO	
	07/03/2023	07/03/2023	
DATA	DATA	ING. M. ARU	DATA ING. A. BALESTRA

LOMBARDI SA INGEGNERI CONSULENTI



Lombardi SA Ingegneri Consulenti
 Via del Tiglio, 2, C.P. 934
 6512 Bellinzona Giubiasco (Svizzera)

	IMPIANTO	CODICE CKS
	Impianto idroelettrico di Coghinas	GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.01
	TITOLO	CODICE INTERNO
	Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Studio della variante al progetto definitivo</i>	2019.0681.002-GC-GEN-RT-701
		Data 07/03/2023
		Pagina 2 di 19

B	07.03.2023	AGi	BF/MFr/Bal
A	15.07.2022	AGi	BF/MFr/Bal
Versione	Data	Redatto	Verificato

Lombardi SA Ingegneri Consulenti
 Via del Tiglio 2, C.P. 934, CH-6512 Bellinzona-Giubiasco
 Telefono +41(0)91 735 31 00
 www.lombardi.group, info@lombardi.group

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.01
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Studio della variante al progetto definitivo</i>	CODICE INTERNO 2019.0681.002-GC-GEN-RT-701
		Data 07/03/2023
		Pagina 3 di 19

INDICE

1.	INTRODUZIONE	4
1.1	Contesto generale e scopo del lavoro	4
1.2	Struttura del rapporto	4
1.3	Documenti analizzati	4
2.	DESCRIZIONE DELL'OPERA	6
3.	STATO DI FATTO DELLO SCARICO DI FONDO	10
4.	INQUADRAMENTO PROGETTUALE	11
4.1	Descrizione dell'intervento in progetto ENEL GP	11
4.2	Variante al progetto definitivo del nuovo scarico di fondo	11
4.2.1	Premessa	11
4.2.2	Motivazione della variante	11
4.2.3	Descrizione della variante al progetto	13
4.2.4	Aspetti idraulici	14
4.2.5	Fasi realizzative	16
5.	APPROFONDIMENTI DEL PROGETTO ESECUTIVO	18
5.1	Attività previste	18
5.2	Approfondimenti	18

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.01
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Studio della variante al progetto definitivo</i>	CODICE INTERNO 2019.0681.002-GC-GEN-RT-701
		Data 07/03/2023
		Pagina 4 di 19

1. INTRODUZIONE

1.1 Contesto generale e scopo del lavoro

Enel Green Power Italia S.r.l. – O&M Hydro Italy – Area Centro Nord – Unità Territoriale di Cagliari, nel seguito Enel GP, Gestore dell'impianto idroelettrico di Coghinas, nel Comune di Oschiri (SS), ha incaricato nel luglio 2020 Lombardi SA per attività d'ingegneria relative alla diga di Muzzone.

Obiettivo dell'incarico è la progettazione esecutiva dell'intervento di ripristino dello scarico di fondo, da sviluppare sulla base del progetto definitivo realizzato da Enel GP nell'aprile del 2016 ed approvato dall'Autorità di Controllo, Ufficio Tecnico per le Dighe di Cagliari (in seguito, UTDCA), Direzione Generale per le Dighe e le Infrastrutture Idriche ed Elettriche ((in seguito, DGD) del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con nota n. 27175 del 14/12/2020.

Rispetto al progetto definitivo approvato, Lombardi SA ha proposto in fase di progettazione esecutiva l'innalzamento dello sbocco del nuovo scarico di fondo, con quota terminale dell'asse che passa dalla quota 113.10 m s.l.m. alla quota 121.20 m s.l.m.

Il presente rapporto è la Relazione Tecnica dello studio di variante al progetto definitivo e provvede quindi alla descrizione generale degli interventi tecnici identificati dal gruppo di progetto per la variante citata, rimandando per maggiori dettagli agli specifici elaborati che sono parte integrante del Progetto Esecutivo.

1.2 Struttura del rapporto

Il presente rapporto ha la seguente struttura:

- **Capitolo 1:** contiene l'introduzione al lavoro;
- **Capitolo 2:** descrive brevemente le caratteristiche della diga esistente;
- **Capitolo 3:** contiene la descrizione dello scarico di fondo allo stato attuale;
- **Capitolo 4:** presenta i principali aspetti progettuali valutati ai fini della predisposizione della presente variante al progetto definitivo;
- **Capitolo 5:** si riportano alcune raccomandazioni per la fase esecutiva.

1.3 Documenti analizzati

- [1] Associazione Nazionale Imprese Produttrici e Distributrici di Energia Elettrica (ANIDEL). Dams for Hydropower in Italy (1963).

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.01
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Studio della variante al progetto definitivo</i>	CODICE INTERNO 2019.0681.002-GC-GEN-RT-701
		Data 07/03/2023
		Pagina 5 di 19

- [2] Diga di Muzzone in comune di Oschiri (SS) (n. arch. S.N.D. 91). Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione, F.C.E.M. (1999).
- [3] ENEL Produzione S.p.A: Diga di Muzzone – Progetto di ripristino dello scarico di fondo – Progetto Definitivo – Relazione idrologica e idraulica, 2016.
- [4] ENEL Produzione S.p.A: Diga di Muzzone – Progetto di ripristino dello scarico di fondo – Progetto Definitivo – Relazione tecnico illustrativa, 2016.
- [5] ENEL Produzione S.p.A: Diga di Muzzone – Progetto di ripristino dello scarico di fondo – Progetto Definitivo – Relazione sulle modalità operative, 2016.
- [6] ENEL Produzione S.p.A: Diga di Muzzone – Progetto di ripristino dello scarico di fondo – Progetto Definitivo – Tavole di progetto, 2016.
- [7] ENEL Produzione S.p.A: Diga di Muzzone – Progetto di ripristino dello scarico di fondo – Progetto Definitivo – Integrazioni, 2019.
- [8] ENEL Produzione S.p.A: Diga di Muzzone – Progetto di ripristino dello scarico di fondo – Progetto Definitivo – Aggiornamento ed integrazioni verifiche di sicurezza, 2019.
- [9] ENEL Produzione S.p.A: Diga di Muzzone – Progetto di ripristino dello scarico di fondo – Progetto Definitivo – Verifiche di sicurezza in relazione al nuovo massimo invaso, 2019.
- [10] ENEL Produzione S.p.A: Diga di Muzzone – Progetto di ripristino dello scarico di fondo – Progetto Definitivo – Caratterizzazione geologica e geomeccanica della roccia di fondazione, 2019.
- [11] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche – Div. 5 – Coordinamento Controllo Dighe in Esercizio – Diga di Muzzone sul fiume Coghinas, in comune di Oschiri (SS), n° arch. S.N.D. 91 – Progetto Definitivo di Ripristino dello Scarico di Fondo – Progetto Definitivo 2016 – Integrazioni 2019 – Relazione Istruttoria.
- [12] NTD2014, Norme Tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse), di cui al D.MIT del 26.06.2014.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.01
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Studio della variante al progetto definitivo</i>	CODICE INTERNO 2019.0681.002-GC-GEN-RT-701
		Data 07/03/2023
		Pagina 6 di 19

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

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. La diga origina a monte un serbatoio di oltre 240x106 m³, con un bacino imbrifero direttamente sotteso di circa 1'900 km².

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

Dal punto di vista statico si tratta di una diga a gravità ordinaria (Aa1), a pianta rettilinea e sezione triangolare, realizzata in muratura costituita da un conglomerato cementizio composto da inerti di pezzatura variabile comprendente numerosi elementi di grosse dimensioni (inerti maggiori di 20-40cm), legati da malta di cemento e materiale fino. La diga è provvista di sei giunti verticali disposti alla distanza media di circa 20 m. La tenuta dei giunti è assicurata da un pozzo verticale riempito di bitume in prossimità del paramento di monte e da un foglio di speciale feltro impermeabile applicato con una leggera incassatura. Verso l'acqua il giunto è chiuso mediante una soletta coprigiunto in cemento armato.

La costruzione è stata eseguita con calcestruzzo con inerti di classe granulometrica variabile da ordinaria a ciclopica (dalle indagini risultano evidenti grosse pezzature). Dalle indagini eseguite da TECNO IN Geosolutions S.p.A. nel 2021, il concio verticale attraversato dagli scarichi profondi e dalla tubazione di presa mostra una costruzione eseguita per strati con inerti di diversa pezzatura, eventualmente intasati con malta.

Il paramento di valle è rivestito in pietrame di granito con pezzatura irregolare. Il paramento di monte in calcestruzzo è rivestito con intonaco retinato impermeabilizzato con apposite vernici. Nel corpo diga, in prossimità del paramento di monte, sono predisposti pozzi verticali drenanti, collegati superiormente ed inferiormente da due gallerie d'ispezione.

Come riportato nel F.C.E.M. attuale, la diga è dotata dei seguenti organi di scarico:

- Scarico di superficie: è costituito da quattro luci di 8.00 m ciascuna, realizzate in fregio al coronamento, nella parte centrale della diga, con soglia a quota 159.70 m s.l.m., intercettate da paratoie a settore autolivellanti di m 8.00x4.30.
- Scarico di mezzofondo: è costituito da due condotti circolari affiancati del diametro di m 2.40, attraversanti la diga nella parte centrale, con l'asse a quota 138.00 m s.l.m. Sono intercettati, in prossimità dello sbocco, da due paratoie piane a strisciamento di m 2.25x2.00 a comando oleodinamico.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.01
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Studio della variante al progetto definitivo</i>	CODICE INTERNO 2019.0681.002-GC-GEN-RT-701
		Data 07/03/2023
		Pagina 7 di 19

- Scarico di alleggerimento: consiste in una tubazione metallica del diametro di m 1.60, con asse a quota 133.50 m s.l.m. ed intercettata a valle da due paratoie piane a strisciamento di m 1.20x0.90, inserita nella sede della preesistente derivazione forzata.
- Scarico di fondo: consiste in una tubazione metallica del diametro di m 2.20, che attraversa il corpo diga un poco obliquamente rispetto ad essa; pressoché orizzontale, sbocca a valle con asse a quota 114.15 m s.l.m. Presso l'estremità a valle è disposta una paratoia piana, ormai bloccata in posizione di chiusura a causa dell'ossidazione degli organi di manovra. Oggi l'imbocco dello scarico risulta completamente al di sotto dei sedimenti e la tubazione è stata definitivamente chiusa con un tampone in calcestruzzo.



Figura 1: Aerofoto della diga di Muzzone.

La stretta, nella quale è costruito lo sbarramento, è incisa profondamente nel granito. Questa roccia è attraversata da filoni diabasici paralleli, ma l'insieme si presenta sul fondo completamente sano e compatto e costituisce un'ottima base per la fondazione. Nella sponda destra il granito presenta delle fessurazioni che danno luogo ad alcune perdite dalla roccia. A titolo esemplificativo si espone una foto dell'area in esame: le venute (sulla sinistra) sono attribuite, per posizione, entità e variabilità, all'infiltrazione nelle fratture dell'ammasso roccioso delle acque dello scarico in alveo dei drenaggi

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.01
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Studio della variante al progetto definitivo</i>	CODICE INTERNO 2019.0681.002-GC-GEN-RT-701
		Data 07/03/2023
		Pagina 8 di 19

(sulla destra, al termine del canaletto di adduzione). L'ordine di grandezza delle acque emergenti è dell'ordine delle frazioni di litro per secondo.



Figura 2: Perdite d'acqua in roccia in corrispondenza della sponda destra a valle diga.

Sulla sponda sinistra la diga si addentra maggiormente nel versante, in quanto le condizioni della roccia in posto hanno reso necessario dare uno sviluppo particolarmente accurato al sistema di drenaggio, per cui qui, anteriormente alla diga, è stato realizzato un grande diaframma a protezione della fondazione, munito di 9 pozzi verticali di drenaggio collegati inferiormente da una galleria.

Il bacino imbrifero comprende una vasta zona interna della parte settentrionale della Sardegna e ricade in terreni granitici e trachitici. Le sponde sono in prevalenza ricoperte da terreno vegetale con macchia mediterranea, degradanti con leggera pendenza verso l'invaso. L'alveo a valle corre tortuosamente incassato tra sponde rocciose, fino a sfociare nell'invaso di Casteldoria.

Le principali caratteristiche dell'opera si riassumono in seguito:

- altezza della diga (ai sensi del DM 24/03/1982): 58.00 m
- altezza della diga (ai sensi della L. 584/94): 54.00 m
- altezza di massima ritenuta: 50.00 m
- quota coronamento: 170.00 m s.l.m.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.01
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Studio della variante al progetto definitivo</i>	CODICE INTERNO 2019.0681.002-GC-GEN-RT-701
		Data 07/03/2023
		Pagina 9 di 19

– quota di massimo invaso:	166.00	m s.l.m.
– quota di massimo invaso rivalutata:	167.60	m s.l.m.
– quota di massima regolazione:	164.00	m s.l.m.
– quota di minima regolazione:	143.00	m s.l.m.
– volume totale d’invaso (ai sensi del D.M. 24/03/82):	283.56x10 ⁶	m ³
– volume d’invaso (ai sensi della L. 584/94):	258.74x10 ⁶	m ³
– volume utile di regolazione:	223.90x10 ⁶	m ³
– portata di massima piena di progetto:	1'200	m ³ /s

Occorre sottolineare che, i vari volumi d'invaso e la portata massima di progetto indicati in precedenza corrispondono ai dati riportati nel F.C.E.M. e possono essere per questo non necessariamente aggiornati alle attuali condizioni d'esercizio.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.01
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Studio della variante al progetto definitivo</i>	CODICE INTERNO 2019.0681.002-GC-GEN-RT-701
		Data 07/03/2023
		Pagina 10 di 19

3. STATO DI FATTO DELLO SCARICO DI FONDO

Attualmente lo scarico di fondo si presenta fuori servizio ed in condizioni di sicurezza. L'imbocco di monte è completamente interrato.

Una batimetria effettuata nel 1988 ha evidenziato che i sedimenti al tempo raggiungevano all'incirca quota 121.00 m s.l.m., circa 8 m al di sopra dell'imbocco dello scarico di fondo posto a quota 113.00 m s.l.m.

L'ultima batimetria effettuata nel 2011 evidenzia una quota dei sedimenti nel tratto antistante il paramento della diga di 125.50 m s.l.m., con altezza del banco fino a 12.50 m al di sopra dell'imbocco.

Nel corso del 2012 lo scarico di fondo è stato oggetto di lavori di messa in sicurezza, con la chiusura definitiva dello scarico mediante la realizzazione di un tampone in calcestruzzo, a tergo della paratoia di intercettazione, di spessore 200 cm ed inghisato alle murature esistenti. Le pareti del tratto di galleria esistente a contatto con il tampone sono state ravvivate e sagomate in modo da ottenere una superficie concava che impedisca a quest'ultimo di spostarsi in virtù della sua forma geometrica.

La tenuta idraulica fra vecchio e nuovo calcestruzzo è stata ottenuta tramite iniezioni effettuate, dopo la maturazione del calcestruzzo, con tubi disposti entro il getto con estremità di uscita lungo il contatto tra vecchio e nuovo calcestruzzo.

A seguito dei lavori effettuati lo scarico di fondo originario è stato pertanto messo definitivamente fuori servizio.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.01
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Studio della variante al progetto definitivo</i>	CODICE INTERNO 2019.0681.002-GC-GEN-RT-701
		Data 07/03/2023
		Pagina 11 di 19

4. INQUADRAMENTO PROGETTUALE

4.1 Descrizione dell'intervento in progetto ENEL GP

Il nuovo scarico di fondo, secondo quanto previsto nel progetto definitivo elaborato da ENEL GP, è costituito da una tubazione in acciaio alloggiata all'interno del corpo diga con imbocco ad una quota superiore rispetto al livello attuale dell'interrimento e dotato di due paratoie piane di intercettazione poste in prossimità dell'uscita della condotta dal corpo diga.

Nel progetto definitivo approvato il tracciato del nuovo scarico di fondo, caratterizzato da una condotta in acciaio di diametro interno 2'200 mm e spessore 15 mm, è composto da un primo tratto inclinato collegato tramite raccordo curvo al tratto finale orizzontale, sezionato nella parte terminale da due paratoie piane di intercettazione immediatamente a valle dell'uscita dal corpo diga. L'asse dell'imbocco è a quota 127.50 m s.l.m., mentre quello dell'uscita è a quota 113.10 m s.l.m., in corrispondenza della galleria di restituzione al servizio del vecchio scarico di fondo, attualmente inutilizzata.

La portata massima scaricabile con livello pari a quello di massimo invaso, calcolata in fase di progetto definitivo, è pari a ca. 83 m³/s.

4.2 Variante al progetto definitivo del nuovo scarico di fondo

4.2.1 Premessa

Il progetto esecutivo oggetto dell'incarico assegnato a Lombardi è successivo alla scelta di mettere fuori servizio lo scarico esistente ed allo sviluppo del progetto definitivo di un nuovo scarico con imbocco a quota maggiore rispetto all'originale.

Per tale motivo Lombardi ha provveduto solamente ad una revisione critica del progetto definitivo, con l'obiettivo di confermare la soluzione tecnica di progetto e proporre alcune modifiche migliorative.

4.2.2 Motivazione della variante

Le principale motivazione che ha portato alla definizione di una nuova variante risiede nell'attuale layout del progetto definitivo, che prevede un'area di lavoro per l'esecuzione della perforazione all'interno della camera di espansione in uscita allo scarico di fondo originale, con piano di calpestio alla quota 112.00 m s.l.m.

Ciò fa sì che tale area di cantiere sia:

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.01
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Studio della variante al progetto definitivo</i>	CODICE INTERNO 2019.0681.002-GC-GEN-RT-701
		Data 07/03/2023
		Pagina 12 di 19

- immediatamente al di sotto del punto di uscita degli scarichi intermedi;
- collocata nel punto più basso di una depressione naturale a valle della diga;
- interessata durante i lavori dall'esercizio degli scarichi intermedi e dello scarico di alleggerimento, e quindi a causa dell'orografia locale, da un rigurgito delle acque scaricate a valle.

La morfologia dell'alveo a valle è infatti costituita da blocchi di granito della formazione locale distaccati del basamento durante l'esercizio degli scarichi e disposti nel tempo e sotto l'azione delle acque scaricate a creare una pozza di smorzamento naturale: è questa che crea un battente d'acqua sulla galleria del vecchio scarico di fondo.

La configurazione del nuovo scarico di fondo, secondo il layout del progetto definitivo approvato, richiederebbe dunque:

- la protezione dell'area di lavoro dalle acque in uscita dagli scarichi intermedi, dalle acque della pozza di smorzamento che si crea per l'orografia dell'alveo a valle della diga durante l'esercizio degli scarichi;;
- il progetto di un'opera provvisoria o definitiva (tubo metallico o canale in calcestruzzo) 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; questa camera di manovra dovrebbe comunque disporre anche di un tetto amovibile in carpenteria metallica, a tenuta idraulica, per consentire il calaggio dal coronamento delle parti costituenti le paratoie

Tali problematiche sono risolte dalla variante proposta da Lombardi che prevede l'innalzamento dello sbocco del nuovo scarico di fondo, con quota terminale dell'asse che passa dalla quota 113.10 m s.l.m. alla quota 121.20 m s.l.m e recapito in aria a mezzo di salto di sci. Questa configurazione permette infatti di avere un'area di lavoro che riutilizza in parte la camera di manovra esistente ed aree di cantiere collocate al di fuori delle aree bagnate in alveo.

Oltre a questo, impedisce che vi siano condizioni di rigurgito o problemi legati alla dissipazione della corrente a valle che ne riducano la portata teorica di dimensionamento e la funzionalità per l'uso come ausilio allo smaltimento delle piene o per la vuotatura dell'invaso per motivi di sicurezza.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.01
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Studio della variante al progetto definitivo</i>	CODICE INTERNO 2019.0681.002-GC-GEN-RT-701
		Data 07/03/2023
		Pagina 13 di 19

4.2.3 Descrizione della variante al progetto

Il nuovo scarico di fondo secondo la variante proposta da Lombardi si mantiene allineato in pianta al tracciato del progetto definitivo, e dunque coincidente con l'originale.

In fase di esecutivo, potrà subire una correzione dell'orientamento in direzione orizzontale in esito agli accertamenti topografici che verranno eseguiti all'interno dei cunicoli della diga ed alle possibili interferenze rilevate.

Rispetto al progetto definitivo si propone una variazione del layout verticale dello scarico, innalzando l'asse dello sbocco dalla quota 113.10 m s.l.m. alla quota 121.20 m s.l.m. e prevedendo quanto segue:

- utilizzo della vecchia camera di manovra superiore come camera di scavo e montaggio, di cui si prevede l'allargamento e la modifica dell'accesso dall'esterno a partire dal camminamento alla quota 119.10 m s.l.m.;
- installazione delle due paratoie allo sbocco dello scarico ed all'interno di una camera di manovra esterna, al di sopra del battente lato valle creato dall'esercizio degli scarichi;
- evacuazione delle portate in uscita dalla scarico di fondo mediante uno ski-jump opportunamente dimensionato per la dissipazione in aria dell'energia della portata scaricata.

La geometria della camera di montaggio del nuovo condotto è modificata rispetto al progetto definitivo per il mantenimento di una singola linea d'asse del condotto lungo la perforazione: sarà disposta in orizzontale solo la blindatura del tratto delle paratoie, con inghisaggio del gomito all'interno dei volumi della camera di montaggio. La linea d'asse unica consente di eseguire la saldature delle virole negli spazi della camera di montaggio, in condizioni a vista e con ampie possibilità di controllo, e successivamente provvedere al progressivo tiro in avanti della condotta durante il montaggio, mediante scorrimento su rotaia o su rulli.

L'accorgimento consente inoltre una possibile leggera riduzione del diametro effettivo di scavo nella muratura.

Oltre a questo, nell'intercapedine di scavo si prevede l'installazione di un sistema ad aria compressa che permetta la prima movimentazione del limo eventualmente accumulato all'interno della condotta di scarico, al fine di innescare un funzionamento iniziale a canaletta che dopo alcuni minuti provochi l'attivazione dello scarico a piena sezione.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.01
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Studio della variante al progetto definitivo</i>	CODICE INTERNO 2019.0681.002-GC-GEN-RT-701
		Data 07/03/2023
		Pagina 14 di 19

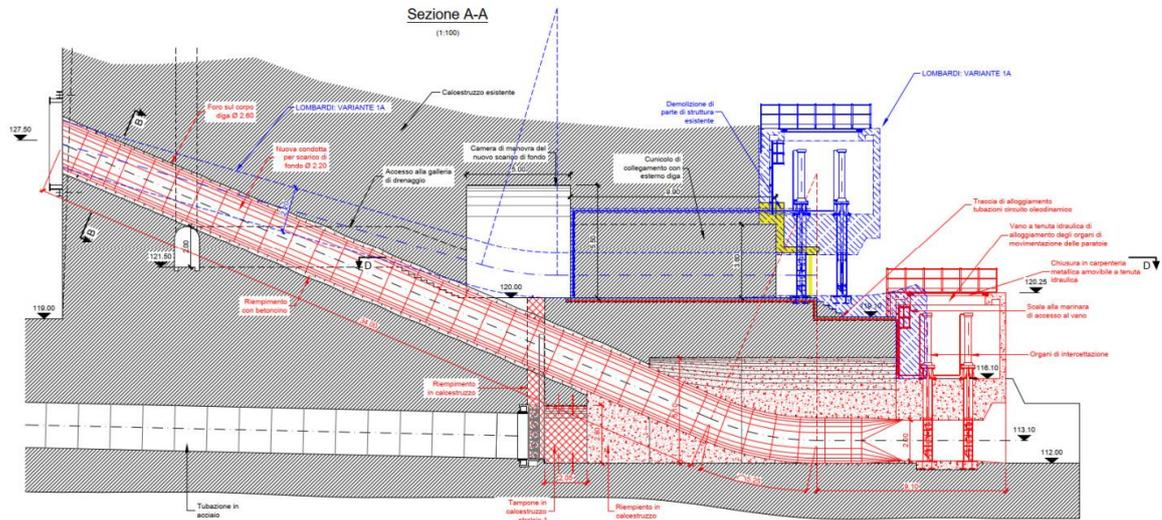


Figura 3: Sezione del nuovo scarico di fondo (rosso: progetto definitivo ENEL, blu: variante Lombardi).

4.2.4 Aspetti idraulici

Secondo il Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione (F.C.E.M.), il bacino creato dalla diga di Muzzone sul fiume Coghinas contiene, alla quota di massimo invaso 166.0 m s.l.m. un volume di ca. $284 \times 10^6 \text{ m}^3$ di acqua.

La **Figura 4** mostra la curva d'invaso secondo la batimetria URS eseguita nel 2011, oltre alle quote d'asse dei diversi organi di scarico della diga.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.01
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Studio della variante al progetto definitivo</i>	CODICE INTERNO 2019.0681.002-GC-GEN-RT-701
		Data 07/03/2023
		Pagina 15 di 19

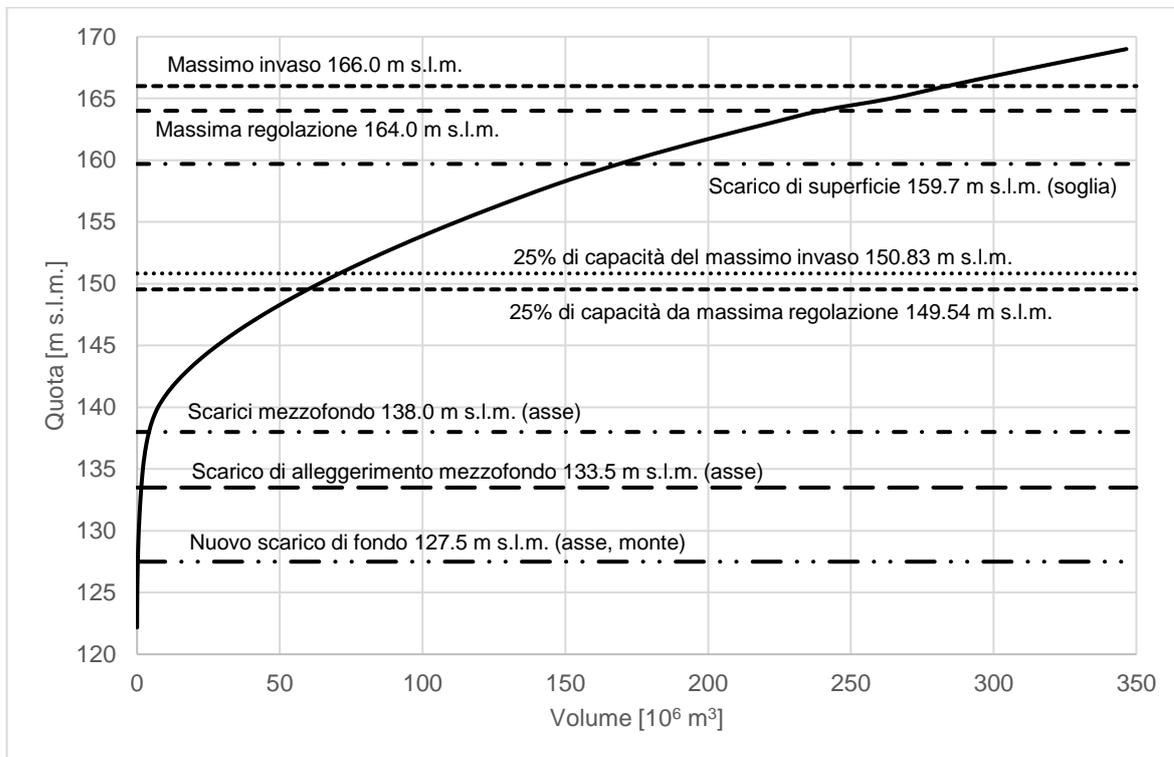


Figura 4: Curva d'invaso del serbatoio di Coghinas.

Il nuovo scarico di fondo sarà in grado di evacuare, alla quota di massimo invaso (166.0 m s.l.m., riferimento secondo F.C.E.M.), la portata di ca. 88 m³/s, grazie all'adozione di alcuni accorgimenti idraulici specifici nel disegno.

Come indicato dalla NTD2014 al par. C.1 *“Gli scarichi a battente, nel loro insieme con esclusione dello scarico di esaurimento, devono rendere possibile la vuotatura del 75% del volume d'invaso del serbatoio a partire dalla quota massima di regolazione, in un periodo di 8 giorni se la capacità del serbatoio è uguale o superiore a 200 milioni di m³”*.

A tal proposito, come descritto nel documento *“2020.0240.002-ID-DIG-RT-701 Valutazione dei tempi di vuotamento dell'invaso”*, risulta di estrema importanza per la sicurezza idraulica della diga il contributo dello scarico di fondo allo smaltimento dei volumi d'invaso. Dai risultati, infatti, si evince che nella condizione attuale di scarico di fondo fuori servizio e con i soli scarichi di alleggerimento e di mezzofondo, la suddetta verifica non risulta soddisfatta poiché il tempo necessario per lo svuotamento del 75% dell'invaso è di circa 12 giorni. Attraverso il ripristino dello scarico di fondo, secondo la variante proposta, è possibile invece ridurre il tempo di vuotamento a ca. 7 giorni e permettere dunque il rispetto della condizione imposta per la verifica di sicurezza idraulica.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.01
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Studio della variante al progetto definitivo</i>	CODICE INTERNO 2019.0681.002-GC-GEN-RT-701
		Data 07/03/2023
		Pagina 16 di 19

Relativamente alla parte terminale dello scarico di fondo, si prevede l'evacuazione delle acque attraverso uno ski-jump.

Tale configurazione è prevista per favorire la dissipazione dell'energia cinetica del flusso che scorre attraverso lo scarico e conseguentemente per ridurre l'erosione dell'alveo al piede della diga. La geometria dello ski-jump sarà dunque dimensionata, in fase di progetto esecutivo, in modo tale da convogliare la caduta del getto d'acqua ad una distanza tale da ridurre al minimo l'erosione al piede diga nella condizione di battente minimo a valle ed evitare un funzionamento rigurgitato dello scarico in occasione del possibile uso per lo smaltimento delle piene.

4.2.5 Fasi realizzative

L'importanza dell'invaso del Coghinas come riserva idrica per la Sardegna Settentrionale rende quanto mai difficoltoso programmare ed attuare uno svasso prolungato del serbatoio.

Per questo motivo si è studiata una modalità realizzativa del nuovo scarico che riduca al minimo la durata delle condizioni di vaso ai minimi livelli.

La principale difficoltà nella realizzazione del nuovo scarico consiste pertanto nell'eseguire la perforazione nel corpo diga in presenza di un battente idraulico notevole. Per superare questa difficoltà si è previsto di ricorrere ad un cassone metallico a tenuta idraulica da applicare sul paramento di monte nella posizione nella quale dovrà sbucare la perforazione, in modo da isolarla dall'invaso.

La fase di installazione del cassone e di realizzazione della tenuta idraulica fra questo e la diga si presenta come la più delicata. Il livello minimo di svasso del serbatoio per l'esecuzione dei lavori e l'installazione della paratia di contenimento è fissato alla quota 148.30 m s.l.m., corrispondente alla riserva strategica da garantire nel caso di situazione di forte emergenza idrica.

Le principali attività previste per la realizzazione del nuovo scarico sono dunque le seguenti:

1. Approntamento del cantiere e demolizioni esterne.
2. Perforazione del primo tratto in orizzontale del nuovo scarico fino al ex camera di manovra interna dello scarico esistente ed ampliamento di quest'ultima.
3. Perforazione del tratto inclinato fino a 5 m dal paramento a monte e esecuzione di iniezioni di impermeabilizzazione e/o consolidamento della muratura esistente.
4. Abbassamento della quota del lago fino alla quota necessaria per l'esecuzione delle lavorazioni in sicurezza ed il varo della paratia di contenimento (scudo di tenuta).
5. Installazione ed inghisaggio della tubazione nel tratto orizzontale del nuovo scarico.
6. Realizzazione del salto di sci e della camera esterna di manovra paratoie del nuovo scarico ed installazione delle relative opere complementari.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.01
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Studio della variante al progetto definitivo</i>	CODICE INTERNO 2019.0681.002-GC-GEN-RT-701
		Data 07/03/2023
		Pagina 17 di 19

7. Messa in opera sul paramento di monte della diga della paratia di contenimento. Per questa lavorazione sarà necessario operare tramite sommozzatori. Lo scopo di questa struttura di protezione è quello di permettere la perforazione in sicurezza della diga fino al paramento di monte anche in presenza di battente idrico.
8. Perforazione dell'ultimo tratto inclinato dello scarico di lunghezza 5 m, completamento della posa e dell'inghisaggio della restante parte di condotta.
9. Rimozione dello scudo di protezione e successiva installazione della virola all'imbocco mediante tecnologia subacquea.
10. Collaudo delle varie opere, ripristino del livello dell'invaso e messa in servizio del nuovo scarico di fondo.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.01
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Studio della variante al progetto definitivo</i>	CODICE INTERNO 2019.0681.002-GC-GEN-RT-701
		Data 07/03/2023
		Pagina 18 di 19

5. APPROFONDIMENTI DEL PROGETTO ESECUTIVO

5.1 Attività previste

La progettazione esecutiva, per la quale Lombardi ha ricevuto l'incarico da parte di Enel GP, comprenderà il disegno di tutte le opere e degli interventi previsti per la realizzazione del nuovo scarico di fondo della diga di Muzzone secondo la variante al progetto definitivo, le cui caratteristiche sono state descritte all'interno del presente rapporto.

Il progetto oltre a comprendere quanto necessario per lo sviluppo della fase esecutiva, comprenderà tutti gli approfondimenti ed i contenuti dell'istruttoria al progetto definitivo, adempiendo così alle prescrizioni dell'Autorità di Controllo, UTDCA e DGD.

I contenuti del progetto esecutivo saranno dunque sviluppati in accordo alle prescrizioni dagli artt. 2, 3 e 4 del D.P.R. n.1363/1959, dall'art. 23 del D.L. n. 50/2016 e dagli artt. 33-43 del D.P.R. n. 207/2010, nonché dalle NTC2018. Inoltre, il progetto verrà realizzato in ottemperanza anche della indicazioni delle NTD2014, "Norme Tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)", e documento della DGD contenente i riferimenti per l'istruttoria sulle "Verifiche sismiche delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere complementari e accessorie - Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26.06.2014 (NTD14) e al D.M. 17.01.2018 (NTC18)" del Luglio 2018.

5.2 Approfondimenti

Fra le prestazioni del progetto esecutivo è compreso il rilievo esterno del concio centrale in cui l'intervento è localizzato. Al fine di rilevare possibili interferenze tra la perforazione ed i drenaggi, in accordo con il Cliente, verrà esteso il rilievo laser scanner ai cunicoli interni della diga per il solo concio di interesse, ovvero quello in cui sarà ubicato il nuovo scarico di fondo.

Poiché la principale difficoltà nella realizzazione del nuovo scarico consiste nell'eseguire la perforazione nel corpo diga in presenza di un battente idraulico notevole a monte, la soluzione tecnica di progetto da realizzare mediante lavorazioni subacquee sarà approfondita in fase di esecutivo, lasciando comunque la scelta definitiva delle modalità esecutive a carico dell'Impresa.

Si provvederà alla definizione della logistica e dell'organizzazione di cantiere, così come all'individuazione delle aree necessarie per i lavori e alla designazione delle norme di sicurezza in fase di costruzione.

	IMPIANTO Impianto idroelettrico di Coghinas	CODICE CKS GRE.OEM.R.90.IT.H.79008.10.092.01
	TITOLO Diga di Muzzone: Progetto di ripristino dello scarico di fondo <i>Studio della variante al progetto definitivo</i>	CODICE INTERNO 2019.0681.002-GC-GEN-RT-701
		Data 07/03/2023
		Pagina 19 di 19

Particolare attenzione verrà posta nella definizione della tecnica di perforazione per la realizzazione del nuovo scarico di fondo, la cui metodologia dovrà consentire di realizzare le demolizioni nel calcestruzzo utilizzando apparecchiature di modeste dimensioni, facilitando così l'esecuzione in considerazione delle difficoltà d'accesso al cantiere. La scelta del modo di costruzione terrà anche conto del materiale del concio, che sarà analizzato in dettaglio con indagini strutturali e geognostiche, eseguite nella fase iniziale del progetto esecutivo.

Infine, con lo scopo di garantire le durabilità dell'esercizio del nuovo scarico di fondo, il progetto esecutivo verrà integrato con tutte le soluzioni reputate necessarie dal gruppo di progettazione (ad es. paratoia all'imbocco, sistema ad aria compressa, profilo all'imbocco).