

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

CENTRALE DI GUADALAMI

Conversione a reversibile del Gruppo 3

Comuni di Piana degli Albanesi e Monreale (PA)

Progetto Definitivo per Autorizzazione

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

File: GRE.EEC.R.14.IT.H.16031.00.001.01 Relazione Illustrativa.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED														
01	10/05/2022	Prima Emissione	M. Vicentini	F. Maugliani	A. Balestra														
00	22/03/2022	Emissione per revisione cliente	J. Vögele M. Baumann	F. Maugliani M. Vicentini	A. Balestra														
GRE VALIDATION																			
COLLABORATORS		VERIFIED BY		VALIDATED BY															
		F. Torasso		F. Podio															
PROJECT / PLANT GUADALAMI	GRE CODE																		
	GROUP	FUNCIÓN	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT			SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION							
	GRE	EEC	R	1	4	I	T	H	1	6	0	3	1	0	0	0	0	1	0
CLASSIFICATION						UTILIZATION SCOPE													
<p><i>This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.</i></p>																			

01	10.05.2022	ViM	MFr/Bal
00	22.03.2022	BaMa	ViM/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

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
1.1	Contesto generale e scopo del lavoro	1
1.2	Descrizione sintetica degli interventi previsti	1
1.3	Documenti analizzati	3
1.3.1	Documentazione dataroom Enel	3
1.3.2	Riferimenti bibliografici	3
2.	DESCRIZIONE DELLE OPERE ESISTENTI	4
2.1	Schema idraulico dell'impianto di Guadalami	4
2.2	Diga di Piana dei Greci o degli Albanesi	5
2.3	Opere di scarico del serbatoio di Piana degli Albanesi	6
2.4	Galleria di derivazione in pressione	8
2.5	Pozzo piezometrico	9
2.6	Condotte forzate	10
2.7	Centrale di Guadalami	12
2.8	Gruppi di produzione	13
2.8.1	Gruppi ternari reversibili	13
2.8.2	Gruppo turbina	14
2.8.3	Gruppo servizi ausiliari	14
2.9	Canale di restituzione della centrale	15
2.10	Serbatoio di Guadalami	17
2.10.1	Diga di Guadalami di valle	17
2.10.2	Diga di Guadalami di monte	19
2.11	Opere di scarico del serbatoio di Guadalami	20
2.12	Stazione di trasformazione	21
3.	CARATTERISTICHE DEI SERBATOI	23
3.1	Serbatoio di Piana degli Albanesi	23
3.1.1	Dati FCEM	24
3.1.2	Dati contenuti nel Piano di Gestione dei Sedimenti	27

3.2	Serbatoio di Guadalami	29
3.2.1	Dati FCEM	30
3.2.2	Dati contenuti nel Piano di Gestione dei Sedimenti	31
3.2.3	Dati storici di livello	32
4.	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	33
4.1	Generalità	33
4.2	Lavori civili	34
4.3	Installazioni elettromeccaniche	35

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Corografia generale dell'impianto di Guadalami (ENEL, 2013).....	4
Figura 2: Planimetria generale dell'impianto di Guadalami (ENEL, 2013).....	5
Figura 3: Opera di presa dal serbatoio di Piana degli Albanesi (ENEL, 2013).....	5
Figura 4: Opera di presa dal serbatoio di Piana dei Greci/degli Albanesi (ENEL, 2013)	6
Figura 5: Lo sfioratore (scarico di superficie) della diga di Piana degli Albanesi (Ferla & Jappelli, 2014)	7
Figura 6: Sezione longitudinale dello scarico di fondo della diga di Piana degli Albanesi (ENEL, 2013)	7
Figura 7: Galleria di derivazione – Planimetria (ENEL, 2013)	8
Figura 8: Galleria di derivazione – Profilo altimetrico (ENEL, 2013).....	8
Figura 9: Sezione pozzo piezometrico (ENEL, 2013).....	9
Figura 10: Condotte forzate - Planimetria e profilo altimetrico (ENEL, 2013).....	11
Figura 11: Ulteriori informazioni sulla condotta forzata (Pistilli, Problemi di moto vario, 1962).....	11
Figura 12: Valvole a farfalla e di rientrata d'aria (ENEL, 2013).....	12
Figura 13: Edificio centrale – Planimetria. Piano Nr. 128700, agosto 1960	13
Figura 14: Edificio centrale – Sezione longitudinale. Piano Nr. 128700, agosto 1960	13
Figura 15: Profilo longitudinale canale di presa e restituzione (ENEL, 2013).....	15
Figura 16: Particolare del canale di presa e restituzione (ENEL, 2013).....	15
Figura 17: Traversa sul fiume Belice e canale di scarico in pressione (ENEL, 2013)	16
Figura 18: Sezione tipo del canale di presa e restituzione (ENEL, 2013)	16

Figura 19: Planimetria del serbatoio di Guadalami (ENEL, 2013)	17
Figura 20: Diga di Guadalami di valle (ENEL, 2013)	18
Figura 21: Diga di Guadalami di valle, pianta (ENEL, 2013)	19
Figura 22: Diga di Guadalami di monte: sezione tipo (ENEL, 2013)	20
Figura 23: Opere di scarico del serbatoio di Guadalami (ENEL, 2013)	21
Figura 24: Serbatoio di Piana degli Albanesi - vista d'insieme	23
Figura 25: Serbatoio di Piana degli Albanesi - diagramma delle aree e dei volumi redatto in fase di progetto	25
Figura 26: Diga di Piana degli Albanesi - curva di portata dello scarico di superficie.....	26
Figura 27: Diga di Piana degli Albanesi - curva di portata dello scarico di fondo	26
Figura 28: Diga di Piana degli Albanesi – curve svuotamento serbatoio.....	27
Figura 29: Serbatoio di Piana degli Albanesi – Curva d'invaso nel 1984 e nel 2015, da rilievi batimetrici	27
Figura 30: Diga di Piana degli Albanesi - serie storica del livello nel serbatoio (2010-2020)	28
Figura 31: Serbatoio Guadalami – vista verso monte	29
Figura 32: Serbatoio di Guadalami - diagramma delle aree e dei volumi.....	31
Figura 33: Serbatoio di Guadalami – Curva invaso	31
Figura 34: Quote invaso 2011-2020 - Guadalami	32
Figura 35: Esempio di un mese di funzionamento del serbatoio in termini di variazioni di quote	32
Figura 36: Indicazione del limite di fornitura per le attività interne alla centrale.	34
Figura 37: Sezione di centrale nello stato di progetto.....	35

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Caratteristiche tecniche dei trasformatori installati.....	22
Tabella 2: Serbatoio di Piana di Albanesi - dati principali	28

1. INTRODUZIONE

1.1 Contesto generale e scopo del lavoro

Enel S.p.A. ha affidato a Lombardi SA l'incarico professionale di ingegneria per la Progettazione Definitiva per Autorizzazione relativo all'intervento di installazione di un nuovo gruppo reversibile nell'impianto idroelettrico di Guadalami, di proprietà di ENEL Produzione, nei comuni di Piana degli Albanesi e di Monreale, entrambi in provincia di Palermo.

Il nuovo gruppo è previsto in sostituzione di un esistente gruppo di sola generazione ed avrà analoga potenza installata.

L'impianto è stato realizzato dall'ex Società Generale Elettrica della Sicilia (S.G.E.S.) nei primi anni '60 allo scopo di fornire nelle ore di punta, o in caso di emergenza, la potenza di 80 MW e di regolare la frequenza della rete elettrica siciliana.

L'impianto è alimentato dalle acque invasate nel serbatoio di Piana degli Albanesi. Le portate scaricate dalle turbine in fase di produzione vengono restituite nel serbatoio di accumulo giornaliero di Guadalami, realizzato sul corso del fiume Belice, poco a valle dell'edificio sala macchine, per essere pompate e rinviate al serbatoio di monte durante le ore di maggiore disponibilità nella rete elettrica.

Attualmente la centrale di Guadalami è dotata di tre gruppi di produzione: 2 gruppi reversibili ternari Francis con Pompe (Gr.1 e Gr. 2) con asse orizzontale e potenza di 30 MW in generazione e 24.6 MW in pompaggio, un gruppo Francis di sola generazione (Gr. 3) con asse orizzontale da 20 MW. Nella centrale è inoltre installato un gruppo che alimenta i servizi ausiliari, costituito da una turbina Francis ad asse orizzontale da 0.8 MW.

L'intervento in progetto prevede la sostituzione del gruppo di sola generazione con un gruppo reversibile. L'ipotesi tecnica di incremento della potenza in pompaggio nasce per iniziativa di Enel Green Power allo scopo di sfruttare al meglio la risorsa idrica disponibile ed aumentare la capacità del servizio di regolazione di rete fornito dall'impianto.

L'obiettivo della presente Relazione è quello di descrivere, per la fase di progettazione relativa all'autorizzazione, il contesto di intervento, le opere esistenti e gli interventi previsti.

1.2 Descrizione sintetica degli interventi previsti

Il progetto prevede la sostituzione di uno dei gruppi installati presso la centrale, il Gruppo 3, attualmente di sola generazione, con un gruppo reversibile, con capacità sia di generazione che di pompaggio.

Il gruppo attuale è di tipo binario ad asse orizzontale, ovvero con linea d'asse orizzontale munita di tre supporti di banco di cui uno con funzione di supporto di spinta: ne è prevista la sostituzione con un

gruppo ad asse verticale, secondo le moderne evoluzioni della tecnica costruttiva di queste macchine, munito di un supporto di banco ed un supporto di spinta, con girante a sbalzo.

Il gruppo turbina generatore nella sala macchine sarà quindi completamente sostituito, comprese le parti idrauliche inghisate, la parte elettrica di potenza, ed i sistemi di regolazione, comando e controllo, compresa la valvola a sfera lato monte.

All'esterno nella cabina MT/AT sarà sostituito il trasformatore elevatore.

La nuova installazione sarà munita di un sistema di regolazione statico a piena potenza che ne consentirà l'esercizio a giri variabili sia in turbinaggio che in pompaggio, oltre che l'utilizzo per servizi di regolazione ancillari richiesti dalla rete (regolazione di potenza, di frequenza e tensione, generazione di potenza reattiva, ecc.).

Come per i due gruppi reversibili esistenti, lo scarico del nuovo gruppo sarà munito di paratoia piana.

Le opere civili previste sono prevalentemente interne all'edificio e consistono in:

- Sezionamento e demolizione delle parti idromeccaniche ed elettromeccaniche da dismettere, con rimessa temporanea a deposito nelle aree di cantiere e successivo allontanamento per il riutilizzo;
- Demolizioni civili nell'area della nuova installazione, dalla flangia di alimentazione del vecchio gruppo mantenuta a monte sino alla parete della vasca di scarico lato valle;
- Montaggio ed inghisaggio delle nuove parti idromeccaniche ed elettromeccaniche;
- Montaggio in posto dei nuovi sistemi di regolazione e controllo con inverter di potenza
- Modifica delle vie cavi per la nuova connessione di potenza.

I lavori prevedono un periodo di fuori servizio completo dell'impianto, ridotto al minimo in relazione alle esigenze di esercizio e compatibilmente con le attività di cantiere.

Un maggiore dettaglio sull'intervento è ottenibili dai seguenti elaborati:

- Relazione Tecnica: GRE.EEC.R.14.IT.H.16031.00.002, con riferimento alle opere civili
- Relazione Idraulica: GRE.EEC.R.14.IT.H.16031.00.004, per le verifiche di transitorio ed il calcolo delle perdite di carico
- Relazione Elettromeccanica: GRE.EEC.R.14.IT.H.16031.00.005, per macchinario e quadri elettrici
- Relazione Idromeccanica: GRE.EEC.R.14.IT.H.16031.00.006 per verifiche idromeccaniche
- Relazione Cantieristica: GRE.EEC.R.14.IT.H.16031.00.052 per la logistica e le scelte di cantiere

1.3 Documenti analizzati

1.3.1 Documentazione dataroom Enel

Per la redazione della documentazione progettuale e della presente relazione ci si è riferiti ai documenti facenti parte della documentazione d'incarico ricevuta da Enel GP nella dataroom di progetto. La documentazione è stata a più riprese integrata dai tecnici di EGP.

Sono stati ottenute le seguenti informazioni tecniche:

- Consistenza delle opere
- Documentazione di collaudo
- Indagini geognostiche ed informazioni geologiche
- Piani di gestione degli invasi
- Uno studio di fattibilità
- Informazioni generali amministrative sull'impianto

Fra questi degno di nota il documento di consistenza ed esercizio dell'impianto, citato più volte come "ENEL, 2013", redatto nel settembre 2013 dalla sezione di Ingegneria Civile e Idraulica di Napoli, che comprende diverse immagini d'archivio, anche storiche.

Si sono inoltre reperiti, per lo più in rete, documenti cartografici di inquadramento e studi specifici sugli invasi oggetto di analisi.

1.3.2 Riferimenti bibliografici

- [1] State Development and Reform Commission – Specification for Design of Hydraulic Tunnels, 2004.
- [2] Sinniger, Hager – Constructions Hydrauliques, EPFL Traité de Génie civil.
- [3] D.S. Miller – Internal Flow systems, BHR Group Limited 1996.
- [4] ASCE – Civil Engineering Guidelines for Planning and Designing Hydroelectric Developments, 1989.
- [5] ENEL, Ingegneria Civile Idraulica Napoli – Impianto Idroelettrico di Guadalami, documento di consistenza ed esercizio, 2013
- [6] Servizio Nazionale Dighe – Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione, dighe di Guadalami e Piana degli Albanesi, 2000

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE ESISTENTI

2.1 Schema idraulico dell'impianto di Guadalami

L'impianto è alimentato dalle acque invase nel serbatoio di Piana degli Albanesi. Le portate scaricate dalle turbine in fase di produzione vengono restituite nel serbatoio di accumulo giornaliero di Guadalami, realizzato sul corso del fiume Belice, poco a valle dell'edificio di centrale, per essere pompate e rinviate al serbatoio di monte durante le ore di maggiore disponibilità di carico nella rete elettrica.

La corografia e la planimetria generale dell'impianto di Guadalami sono rappresentate nelle **Figura 1** e **Figura 2**.



Figura 1: Corografia generale dell'impianto di Guadalami (ENEL, 2013)

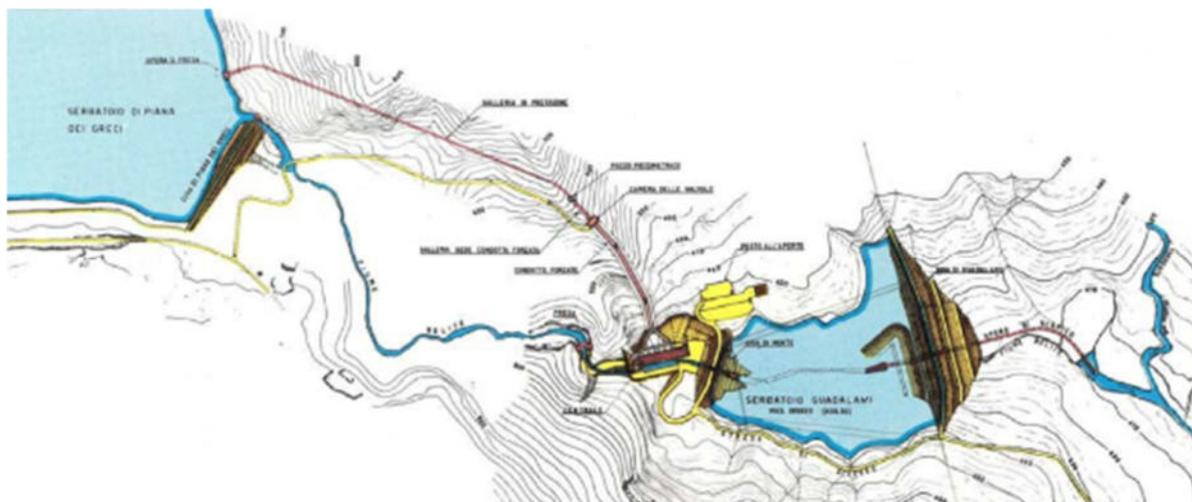


Figura 2: Planimetria generale dell'impianto di Guadalami (ENEL, 2013)

2.2 Diga di Piana dei Greci o degli Albanesi

La diga del Lago di Piana dei Greci/degli Albanesi (vedi **Figura 3**) forma il bacino omonimo ovvero l'invaso di monte del sistema di generazione e pompaggio costituito dal sistema Serbatoio Piana degli Albanesi – Centrale di Guadalami – Serbatoio di Guadalami.



Figura 3: Opera di presa dal serbatoio di Piana degli Albanesi (ENEL, 2013)

La derivazione dell'impianto è collocata sulla sponda sinistra del serbatoio, poco a monte dello sbarramento, ed è in grado di derivare la portata massima di 65 m³/s con un battente minimo sulla soglia di m. 3,40.

La soglia di presa è a quota m. 596 s.l.m., mentre il fondo della presa in corrispondenza della paratoia d'intercettazione è a quota m. 589 s.l.m. (vedi **Figura 4**). L'opera di presa è costituita da una bocca di presa, munita di una griglia grossa, da un tratto di raccordo a sezione variabile e da un pozzo a sezione rettangolare profondo m. 25 dove sono installate una griglia fine a sacco e due paratoie piane di intercettazione a strisciamento, poste in serie, con comando oleodinamico ed aventi ciascuna le dimensioni di m. 2,60 per m. 3,40.

La bocca di presa ed il primo tratto del condotto di raccordo ricadono in una formazione argillosa di ricoprimento dei calcari del monte Maganoce entro i quali è stato impostato il pozzo delle paratoie.

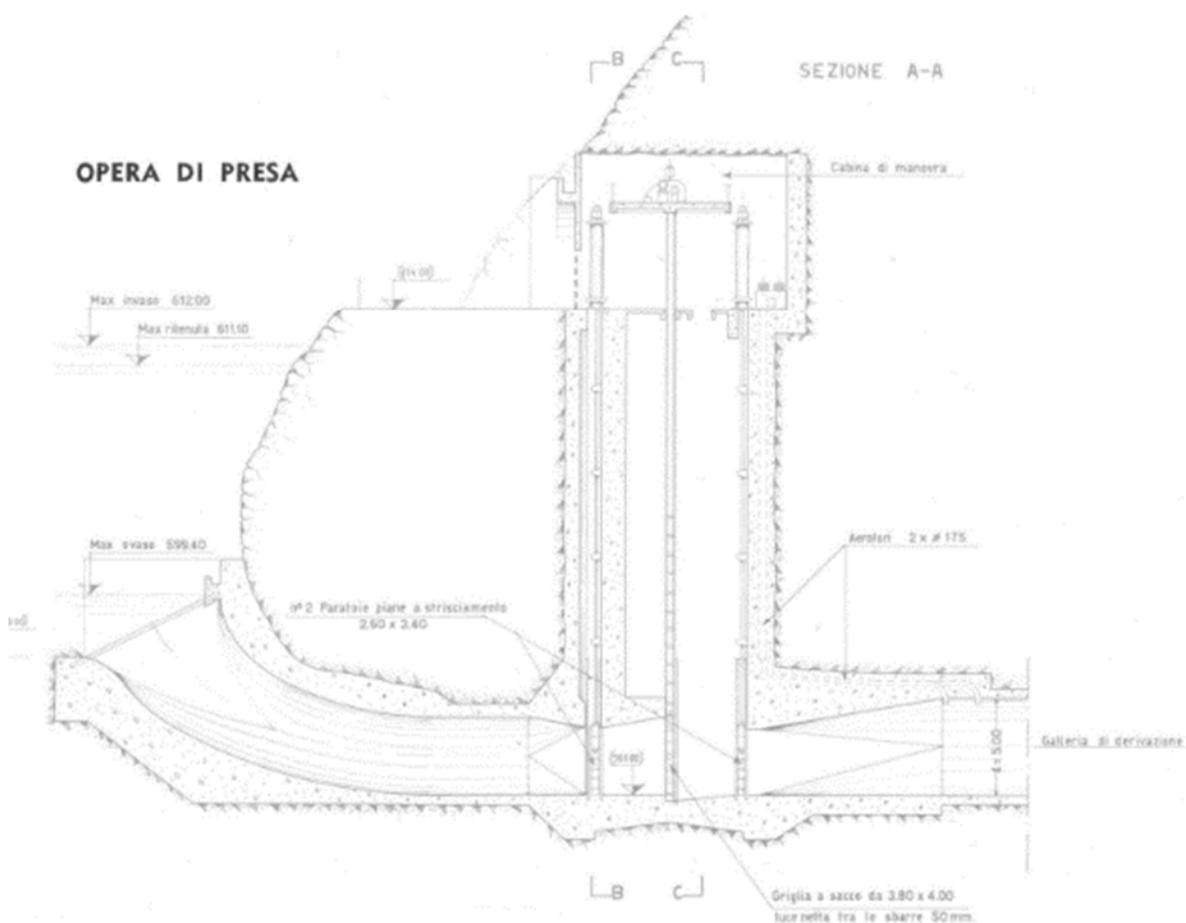


Figura 4: Opera di presa dal serbatoio di Piana dei Greci/degli Albanesi (ENEL, 2013)

2.3 Opere di scarico del serbatoio di Piana degli Albanesi

Il serbatoio dispone di uno scarico di superficie e di uno scarico di fondo (vedi **Figura 5** e **Figura 6**). Lo scarico di superficie è stato ristrutturato e risagomato in una configurazione consistente in un profilo curvilineo a U di 40 m con soglia a gradoni di altezze diverse (vedi **Figura 5**): il primo alla quota 610.00 m slm per una lunghezza di 10 m, il secondo a 611.10 m slm per una lunghezza di 17 m, il terzo a

611.70 m slm per 13 m. Il massimo invaso è a 612.00 m slm con franco minimo di 2 m. Le portate delle opere di scarico dipendono dalle quote del serbatoio, come visibile nella tabella sottostante:

Portate esitata con livello nel serbatoio alle quote	612.00 m slm	611.8 m slm
- Dallo scarico di superficie	92 m ³ /s	72 m ³ /s
- Dallo scarico di fondo	35.6 m ³ /s	35.4 m ³ /s



Figura 5: Lo sfioratore (scarico di superficie) della diga di Piana degli Albanesi (Ferla & Jappelli, 2014)

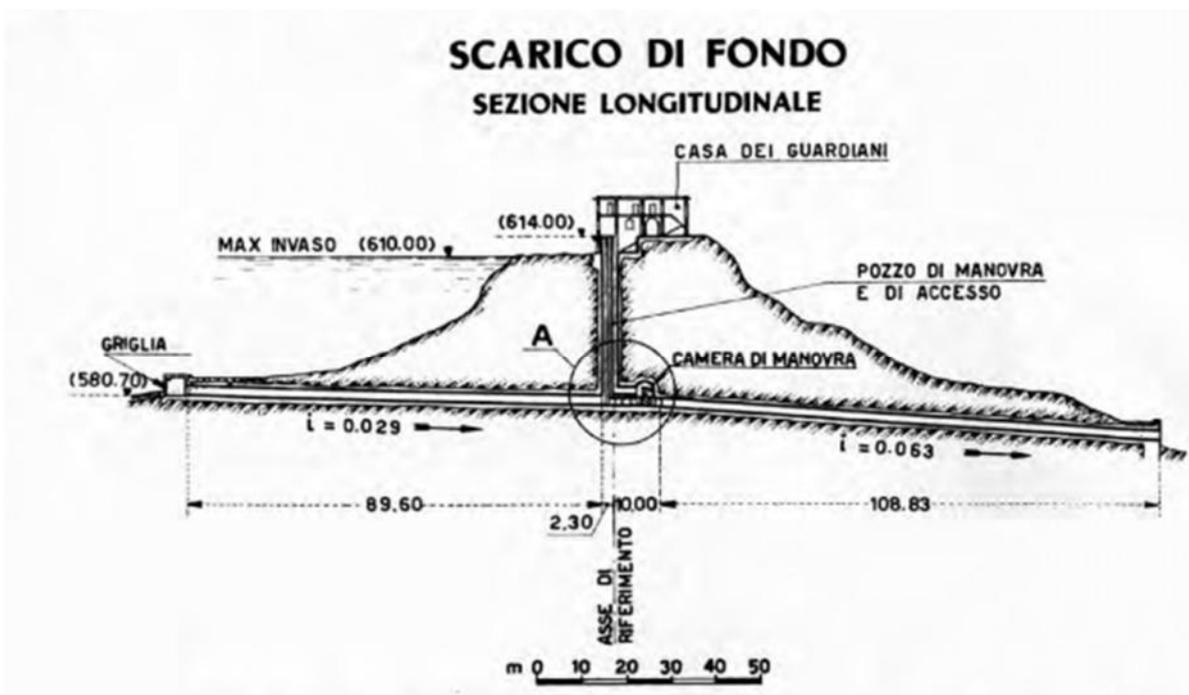


Figura 6: Sezione longitudinale dello scarico di fondo della diga di Piana degli Albanesi (ENEL, 2013)

2.4 Galleria di derivazione in pressione

La galleria di derivazione in pressione (vedi **Figura 7** e **Figura 8**) ha una lunghezza di m. 744, dalle paratoie a valle dell'opera di presa all'asse del pozzo piezometrico, con pendenza costante pari allo 2,5 %, sezione circolare con diametro interno finito variabile da m. 5,00 a m. 4,60 e battente d'acqua massimo di m. 52,80.

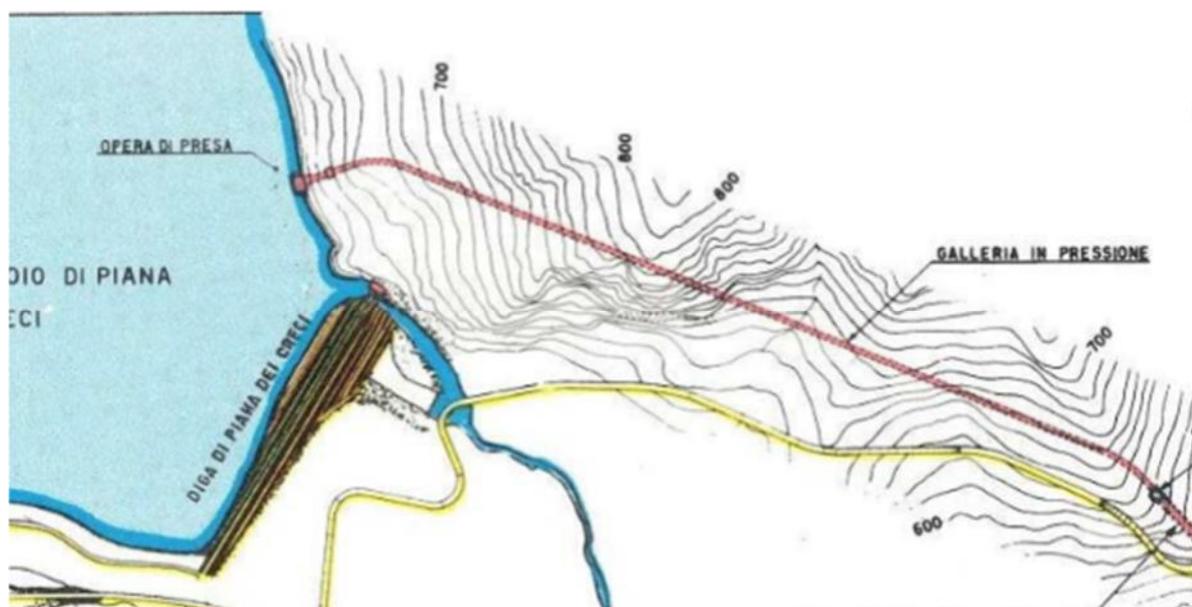


Figura 7: Galleria di derivazione – Planimetria (ENEL, 2013)

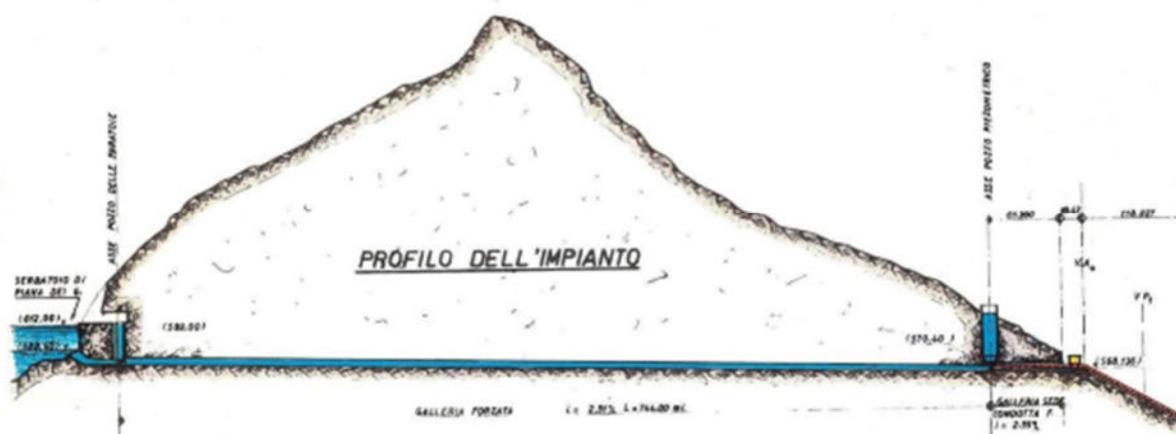


Figura 8: Galleria di derivazione – Profilo altimetrico (ENEL, 2013)

I primi 200 m di galleria si sviluppano in formazioni di calcari più o meno marnosi, mentre la rimanente parte attraversa una formazione di marne, in cui per esigenze statiche è stato applicato un priverivestimento in calcestruzzo. Lo spessore del calcestruzzo varia da m. 0,50 a m. 0,80. La superficie interna è stata rifinita con un intonaco di gunite retinato. Lo scavo della galleria venne eseguito da un solo attacco, procedendo dal pozzo piezometrico sia verso monte che verso valle. Il rivestimento della galleria è stato eseguito con calcestruzzo confezionato con cemento pozzolanico tipo R500 ed inerti

provenienti da una cava di calcari milonitici opportunamente vagliati ed integrati nelle classi di pezzatura deficitarie.

Il rivestimento in calcestruzzo è stato completato con iniezioni di sigillatura ed impermeabilizzazione con boiaccia di cemento, eseguite in più fasi subito dopo la stagionatura e spinte fino ad una pressione massima di circa 12÷13 atm.

Nei tratti di galleria dove in fase di scavo si erano registrate delle venute d'acqua, sia localizzate che diffuse, sono stati praticati dei fori di drenaggio e messe in opera delle valvole di ritegno a clapet.

2.5 Pozzo piezometrico

Il pozzo piezometrico (vedi **Figura 9**) è del tipo cilindrico, con canna circolare del diametro costante di m. 12, alto m. 57,60 con fondo a quota 570,40 e rastremato alla base in corrispondenza dell'attacco con la galleria. Risulta munito di una luce strozzata, del diametro di m. 3,50, realizzata con un diaframma metallico a spigoli vivi, ancorato alle pareti del pozzo. È stata prevista la possibilità di modificare l'effetto della strozzatura aumentandone l'area con l'apertura di fori predisposti nella corona metallica circolare periferica.

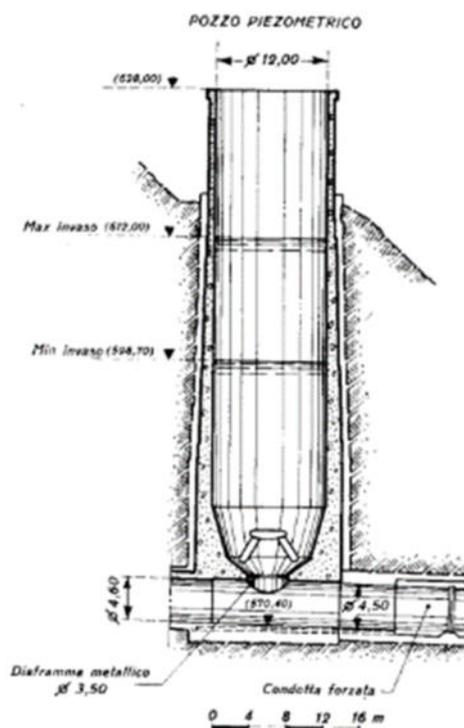


Figura 9: Sezione pozzo piezometrico (ENEL, 2013)

Al di sopra del diaframma, ad una distanza di m. 4,00 dal suo piano di giacitura, è situato un frangi flusso costituito da una piastra circolare del diametro di m. 4,00 in cemento armato, sostenuta da quattro pilastri ancorati alla base del pozzo. Gli ultimi 12 m del pozzo si sviluppano all'esterno sul pendio mentre la parte inferiore è realizzata in una formazione di marne fratturate. Il pozzo è stato

eseguito mediante un priverestimento della roccia con conci di calcestruzzo e successivo intasamento di un'ampia zona circostante a mezzo di iniezioni di malta di cemento.

Fra il priverestimento e la canna in calcestruzzo armato è stato interposto uno strato filtrante di tavole in laterizi forati collegato in basso a un doppio collettore per lo scarico all'esterno delle infiltrazioni e delle eventuali perdite d'acqua.

Le oscillazioni del pelo libero dell'acqua nel pozzo sono dell'ordine di m. 11 circa.

2.6 Condotte forzate

Dal pozzo piezometrico ha inizio una condotta forzata metallica della lunghezza di m. 63 e del diametro di m. 4,50, posta libera in galleria avente una sagoma policentrica di m. 6 di altezza e m. 7 di larghezza.

Allo sbocco della sede in galleria, un'apposita biforcazione suddivide la tubazione di m. 4,50 in due condotte forzate anch'esse metalliche, del diametro costante di m. 3, le quali si sviluppano per tutta la loro lunghezza, pari a circa m. 250, sul pendio di un costone roccioso. Seguono i collettori che per ciascuna condotta forzata sono costituiti da tre rami di tubazione poste a ventaglio. Per ognuna delle condotte il primo e secondo ramo rispettivamente si collegano alla turbina e alla pompa di un gruppo ternario da 30 MW, mentre il terzo ramo alimenta la turbina del terzo gruppo di 20 MW che, come indicato, è di sola produzione. Su ciascun terzo ramo è inserita una saracinesca cosicché è possibile l'alimentazione della turbina del terzo gruppo indifferentemente da una delle due condotte forzate o da entrambe (condizione di esercizio normale).

Le due condotte hanno un interasse di m. 8, presentano quattro vertici altimetrici e due planimetrici. Fra le due condotte corre incassato il piano inclinato di servizio. La planimetria ed il profilo delle condotte forzate sono rappresentate nella **Figura 10**.

Le condotte forzate sono del tipo saldato all'arco elettrico. Sono state dimensionate con riferimento ai carichi idrostatici ed alle sovrappressioni di seguito indicati:

- carico idrostatico massimo all'inizio della condotta:	m 39,414
- carico idrostatico massimo nella sez. terminale delle derivazioni:	m 189,500
- sovrappressione dovuta al moto transitorio nel pozzo piezometrico:	m 11,168
- sovrappressione di colpo d'ariete riferita al carico idrostatico max.	25%
- sovrappressione in pompaggio per impestiva chiusura della valvola a farfalla:	m 76,50

Gli spessori delle condotte e dei collettori sono variabili da 10 a 24 mm.

Come rappresentato in **Figura 10** e **Figura 12**, all'inizio delle due condotte forzate e dopo la biforcazione sono installate due valvole a farfalla a chiusura automatica, per eccesso di velocità dell'acqua in condotta mediante dispositivo differenziale manometrico, e manuale con comando in posto e a distanza dal quadro della centrale.

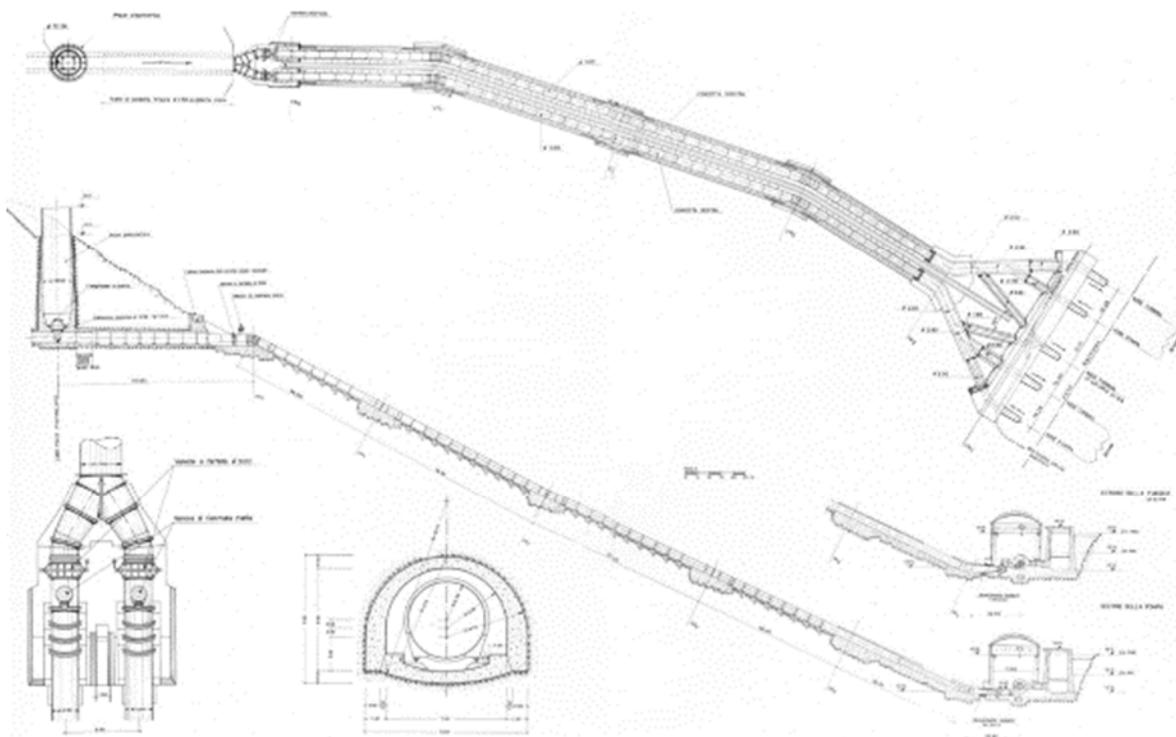


Figura 10: Condotte forzate - Planimetria e profilo altimetrico (ENEL, 2013)

Tratto N.	l (m)	D (mm)	q (mc/s)	s (mm)	q (mc/sec)	V (m/sec)	c (m/sec)	l/c	Note
1	61,38	4500	15,896	10	63,00	3,963	598	0,10264	Tratto unico
2	9,00	3000	7,065	14	31,50	4,458	794	0,01133	Fino al giunto valvola farfalla
3	45,50	3000	7,065	10	31,50	4,458	704	0,06463	
4	38,00	3000	7,065	12	31,50	4,458	752	0,05053	
5	36,50	3000	7,065	14	31,50	4,458	794	0,04596	
6	45,75	3000	7,065	16	31,50	4,458	830	0,05512	
7	41,00	3000	7,065	18	31,50	4,458	864	0,04745	
8	33,37	3000	7,065	20	31,50	4,458	891	0,03145	
9	35,00	3000	7,065	22	31,50	4,458	917	0,03816	
10	23,50	3000	7,065	24	31,50	4,458	938	0,02505	
11	38,00	2800	6,154	24	23,00	3,740	938	0,03957	Fino al VA ₁
12	10,00	2800	6,154	24	23,00	3,740	938	0,01043	VA ₂ ingr. centr.
13	11,80	variab.	variab.	variab.	23,00	variab.			Fino asse macchina
	$\Sigma l = 429,60$							$\Sigma c = 0,52842$	

Figura 11: Ulteriori informazioni sulla condotta forzata (Pistilli, Problemi di moto vario, 1962)

Le valvole automatiche di uscita e rientrata d'aria hanno diametro pari a m. 1,00.

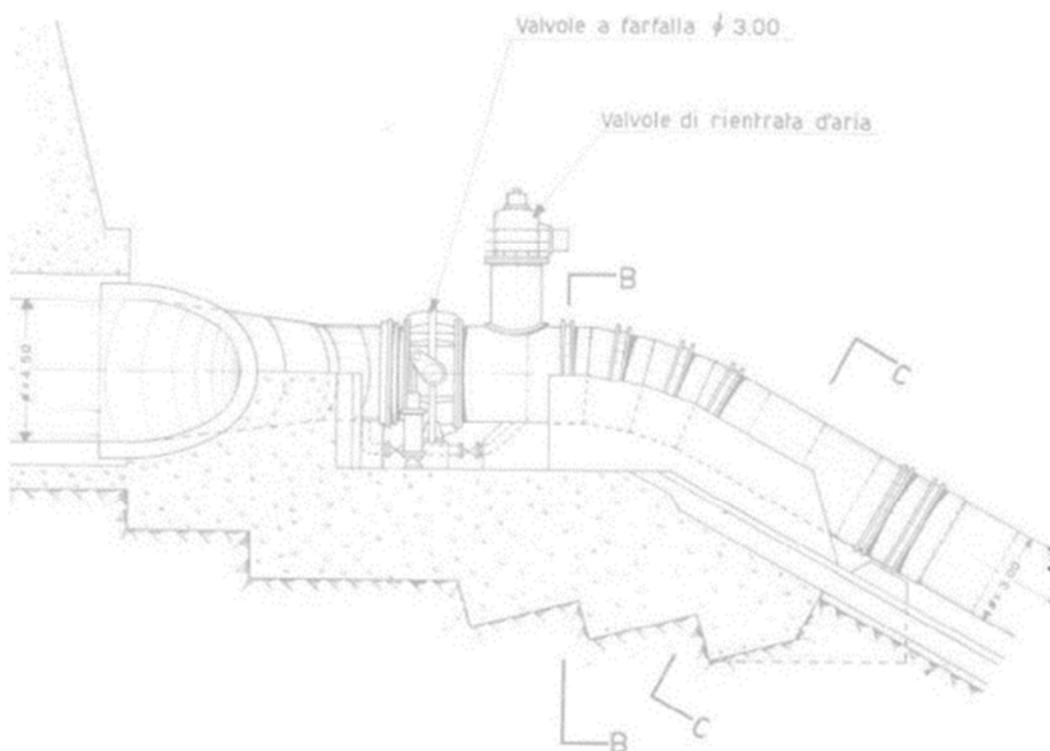


Figura 12: Valvole a farfalla e di rientrata d'aria (ENEL, 2013)

2.7 Centrale di Guadalami

L'edificio centrale è stato realizzato con strutture portanti in calcestruzzo armato (vedi **Figura 13** e **Figura 14**). Risulta costituito da:

- un locale montaggio macchine con pavimento a quota 430,50 delle dimensioni di m. 17,50 di larghezza e m. 18,00 di lunghezza con ingresso carraio dal piazzale antistante;
- un'attigua sala macchine di uguale larghezza e di m. 80 circa di lunghezza. Questi due locali sono serviti da due gru a carro ponte scorrevole aventi ciascuna la portata di 70 t e luce di m. 18,50;
- un locale apparecchiature e servizi vari sottostante al locale montaggio;
- un locale quadri di comando e controllo della centrale delle dimensioni di m. 20 per m. 10,50;
- un locale sottoquadri di uguali dimensioni;
- un locale interruttori MT a 10 KV;
- locali destinati a uffici e servizi vari.

La planimetria e la sezione longitudinale dell'edificio centrale sono rappresentate nelle successive figure.

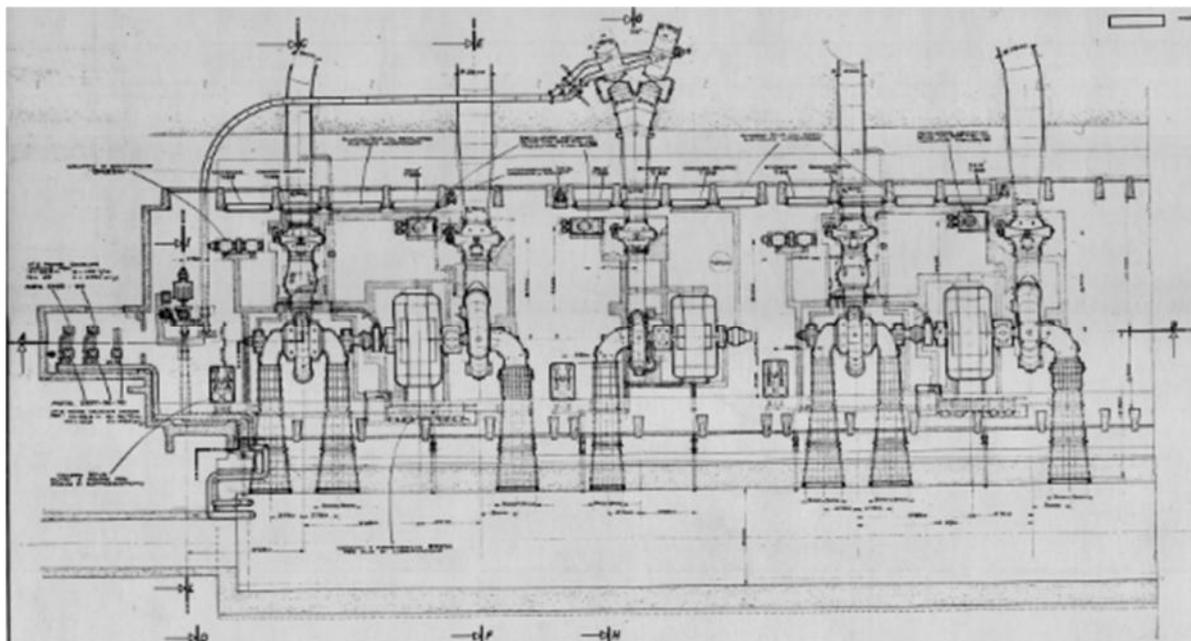


Figura 13: Edificio centrale – Planimetria. Piano Nr. 128700, agosto 1960

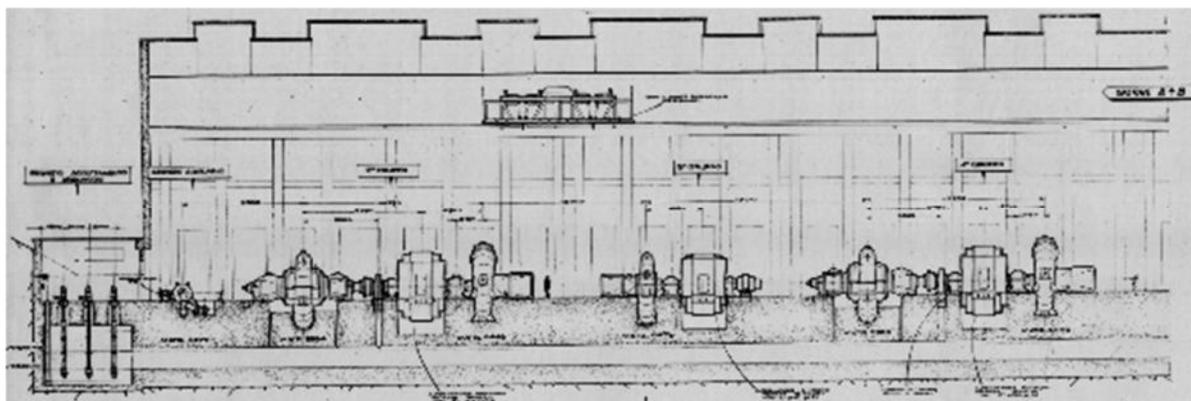


Figura 14: Edificio centrale – Sezione longitudinale. Piano Nr. 128700, agosto 1960

2.8 Gruppi di produzione

Qui di seguito si riassumono le principali caratteristiche dei gruppi di produzione installati:

2.8.1 Gruppi ternari reversibili

- 2 gruppi reversibili con turbina Francis e pompa centrifuga a doppia spirale, ad asse orizzontale (Gr.1 e Gr.2)
- Salto medio turbine: 166 m
- Asse gruppo: 425 m slm
- Dati targa turbina:
 - o Portata: 21,3 m³/s
 - o Potenza: 30 MW

- Dati targa pompe:
 - o Portata: 13,6 m³/s
 - o Potenza: 30 MW
- Soglia scarico: 427.5 m slm
- Dati targa generatore:
 - o Tipo: sincrotrono trifase
 - o Tensione: 10 kV
 - o Potenza: 43,5 MVA Cos ϕ : 0,7-0,9 R Freq: 50 Hz

2.8.2 Gruppo turbina

- 1 gruppo di produzione con turbina Francis, ad asse orizzontale (Gr. 3)
- Salto medio: 166 m
- Asse gruppo: 425 m slm
- Soglia scarico: 427,5 m slm
- Dati targa turbina:
 - o Portata: 14 m³/s
 - o Potenza: 20 MW
- Dati targa generatore:
 - o Tipo: sincrotrono trifase
 - o Tensione: 10 kV
 - o Potenza: 31 MVA Cos ϕ : 0,7 R Freq: 50 Hz

2.8.3 Gruppo servizi ausiliari

- 1 gruppo di produzione con turbina Francis per i servizi ausiliari della centrale, ad asse orizzontale
- Salto medio: 166 m
- Asse gruppo: 425 m slm
- Soglia scarico: 427,5 m slm
- Dati targa turbina:
 - o Portata min/max: 0,6 m³/s
 - o Potenza min/max: 0,8 MW

Quest'ultimo gruppo può essere alimentato da una delle due condotte forzate o da entrambe.

2.9 Canale di restituzione della centrale

Il canale di restituzione delle acque della centrale (vedi **Figura 15**) è costituito da un tratto a pelo libero antistante e parallelo alla sala macchine, lungo circa m. 70 con sezione interna rettangolare di m. 8,00 di larghezza per m. 18,40 di altezza, al quale fanno capo le tubazioni di scarico e aspirazione delle turbine e delle pompe. Il pelo dell'acqua in questo tratto di canale segue quello del serbatoio di raccolta fra le quote di m. 430 s.l.m. (di massimo svaso) e di m. 438,50 s.l.m. (di normale esercizio).

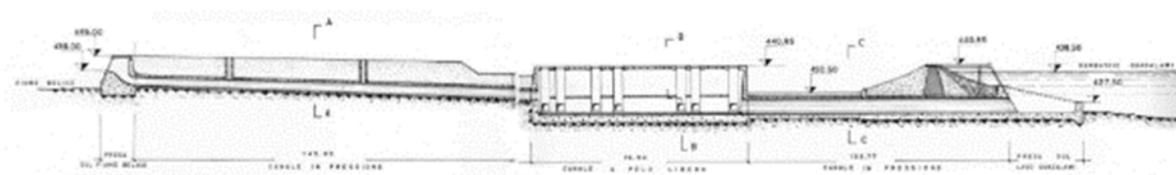


Figura 15: Profilo longitudinale canale di presa e restituzione (ENEL, 2013)

Segue verso valle un secondo tratto di canale in pressione della lunghezza di m. 135 circa a sezione policentrica di m. 6,00 di altezza e m. 8,00 di larghezza che sottopassa il piazzale della centrale e la diga di ritenuta verso monte del serbatoio di raccolta (vedi **Figura 16**).

Lo sbocco, con soglia a quota 427,50 e che in fase di pompaggio funziona da presa, è munito di una griglia grossa e di una griglia fissa fine con sgrigliatore doppio mobile.

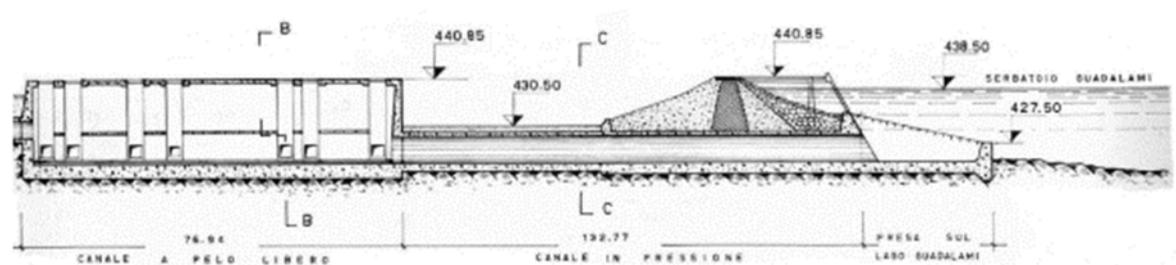


Figura 16: Particolare del canale di presa e restituzione (ENEL, 2013)

Le acque che eventualmente sfiorino dal sovrastante serbatoio di Piana degli Albanesi, e quelle che normalmente defluiscono dal residuo bacino imbrifero sottostante a tale serbatoio, vengono immesse nel canale a pelo libero di cui sopra e quindi avviate nel serbatoio di Guadalami a mezzo di una traversa, con soglia a quota 439 costruita sul corso del Belice destro a circa 150 metri a monte della centrale, e di un canale in pressione a sagoma policentrica di 4 per 4 metri (vedi **Figura 17**).

Le sezioni trasversali del canale di presa e restituzione sono rappresentate nella successiva **Figura 18**.

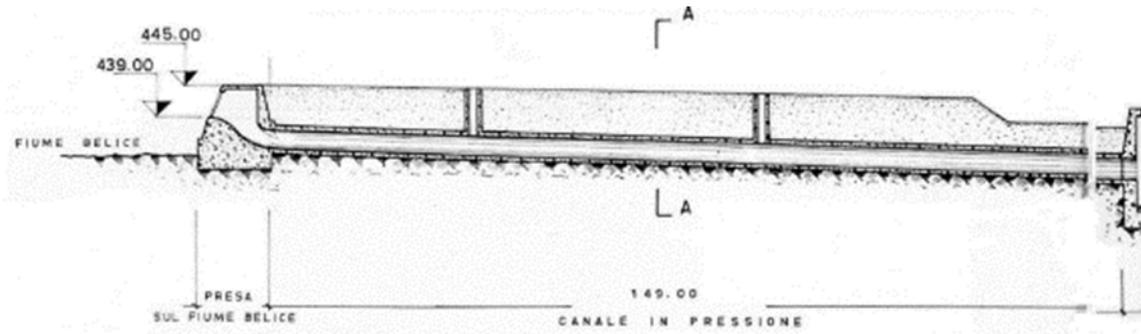


Figura 17: Traversa sul fiume Belice e canale di scarico in pressione (ENEL, 2013)

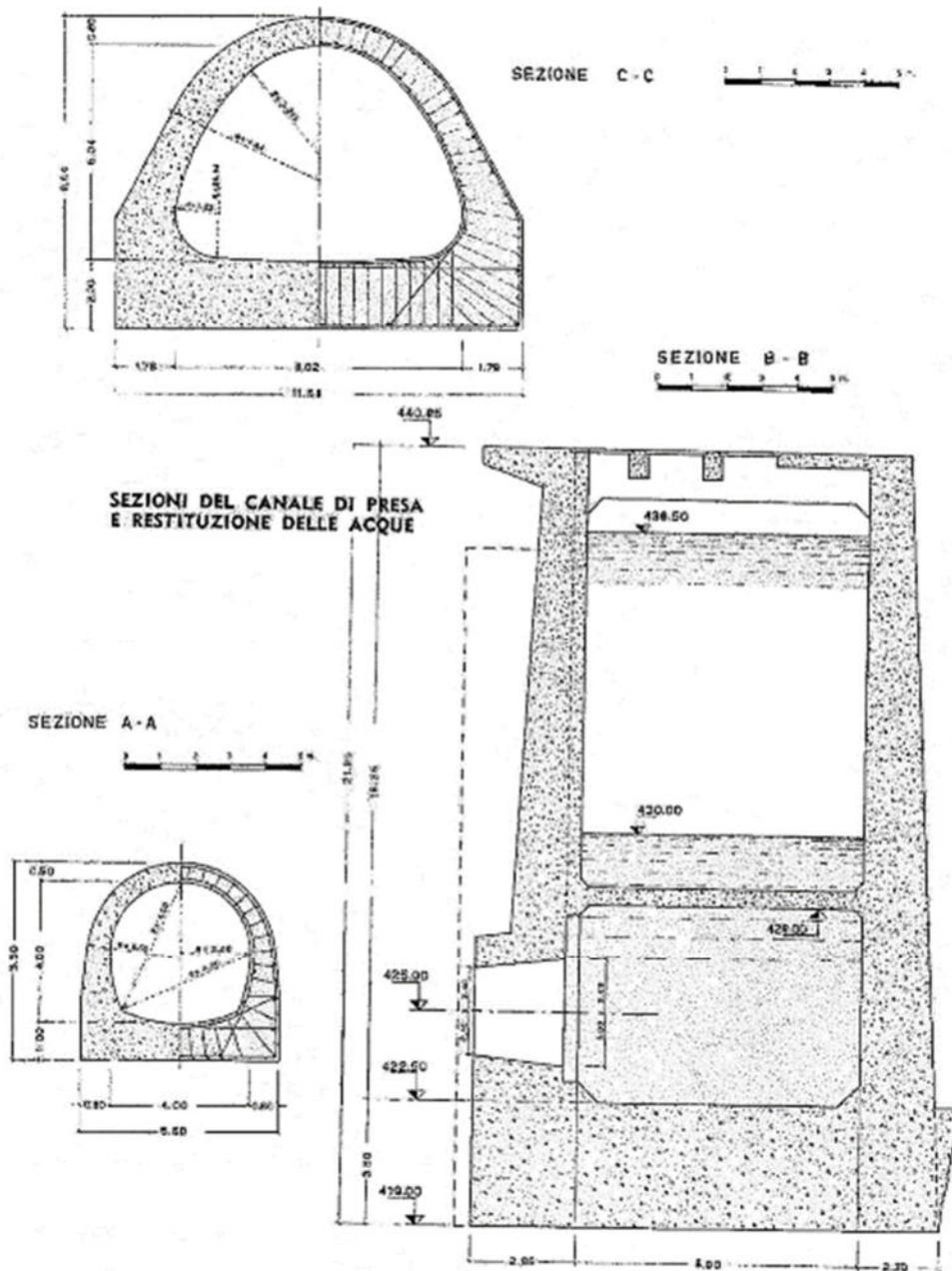


Figura 18: Sezione tipo del canale di presa e restituzione (ENEL, 2013)

2.10 Serbatoio di Guadalami

Il serbatoio di Guadalami è limitato da due sbarramenti, una diga a valle e una a monte (vedi Figura 19). Lo scopo della diga a monte è quello di non far invadere dalle acque la zona della centrale che, per scelta tecnica di costruzione, funzionale all'esercizio in pompaggio, si trova all'interno del vecchio alveo al di sotto della quota di minimo invaso del serbatoio di raccolta.

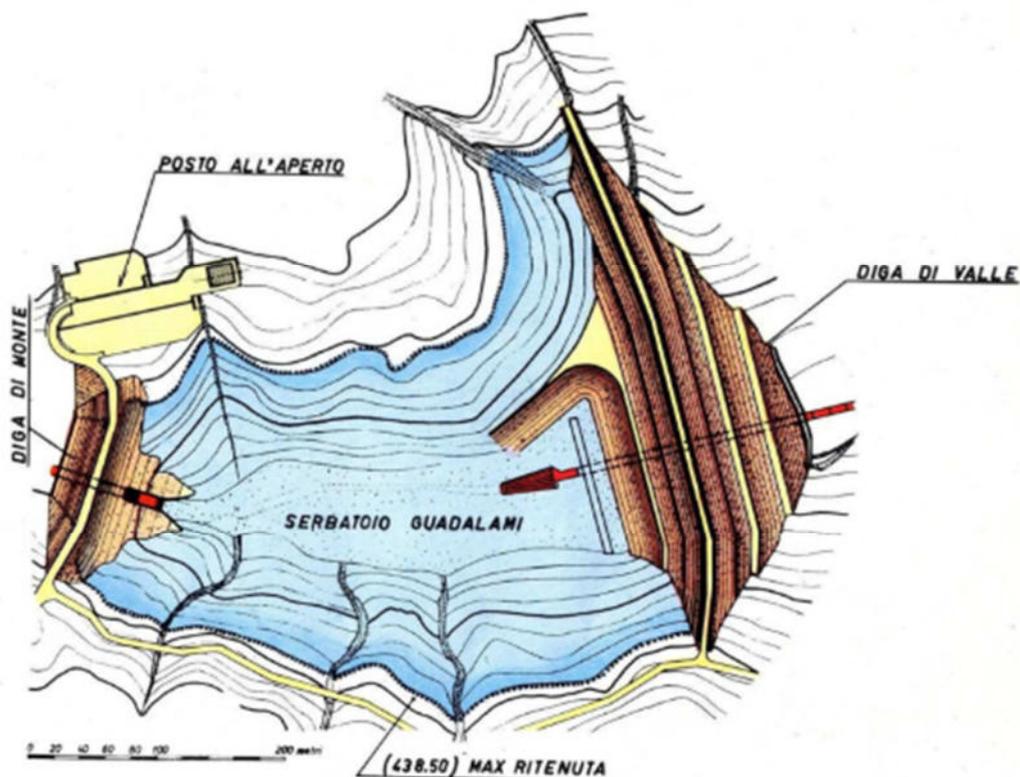


Figura 19: Planimetria del serbatoio di Guadalami (ENEL, 2013)

Le dighe sono impostate su una formazione argillosa di base, di età miocenica, molto compatta e resistente, ricoperta da una coltre di terreni parimenti argillosi, ma chiaramente rimaneggiati, di spessore variabile tra qualche metro fino ad una decina di metri.

La capacità utile del serbatoio di raccolta, di circa un milione di metri cubi fra le quote 430 e 438,50, consente il funzionamento giornaliero in produzione della centrale al suo pieno carico, per circa quattro ore. In fase di pompaggio lo svuotamento del serbatoio avviene in circa otto ore.

2.10.1 Diga di Guadalami di valle

La diga di sbarramento verso valle (vedi **Figura 20** e **Figura 21**) è in terra del tipo non omogeneo con fianchi costituiti da materiale detritico misto a limo e con nucleo centrale impermeabile realizzato mediante miscelazione del materiale detritico con argilla polverizzata.

Il paramento di monte è costituito da due zone nettamente diverse:

- con materiale detritico quella adiacente al nucleo e sulla base del fianco di monte medesimo;

- con pietrame calcareo quella situata nella parte più vicina al serbatoio.

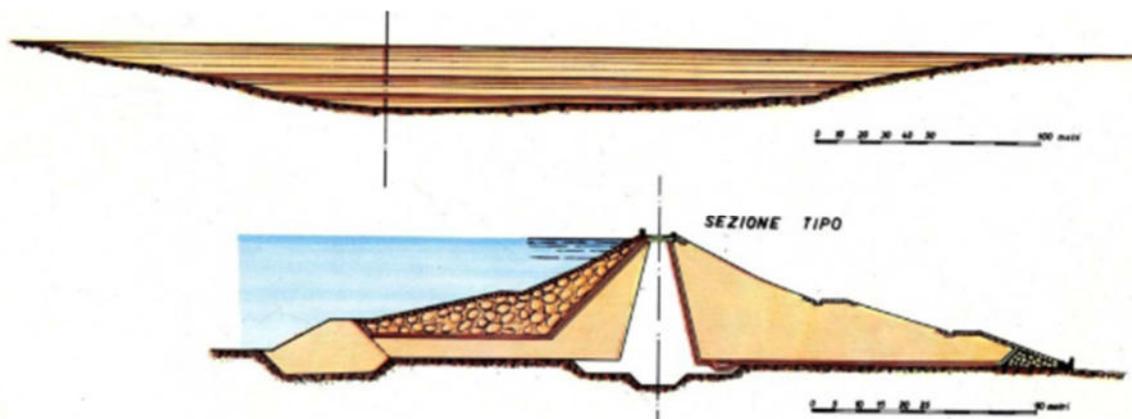


Figura 20: Diga di Guadalami di valle (ENEL, 2013)

La diga ha le seguenti caratteristiche geometriche:

Quota del piano di coronamento:	440,85 m slm
Altezza del piano di coronamento sul punto più depresso:	31,00 m
Franco rispetto al piano di coronamento	
- Sul livello di ritenuta normale	2,35 m
- Sul livello di massimo invaso	2,35 m
Sviluppo del coronamento	460 m
Inclinazione del paramento di monte:	
- da quota 440,85 a quota 432,00	2/1
- da quota 432,00 a quota 427,00	2,5/1
- da quota 427,00 a quota 422,00	5/1
Inclinazione del paramento di valle:	
- da quota 440,85 a quota 432,00	2/1
- da quota 432,00 a quota 427,00	2,5/1
- da quota 427,00 a quota 419,50	5/1
- da quota 419,50 a quota 415,60	3/1
Volume della diga	700`000 m ³

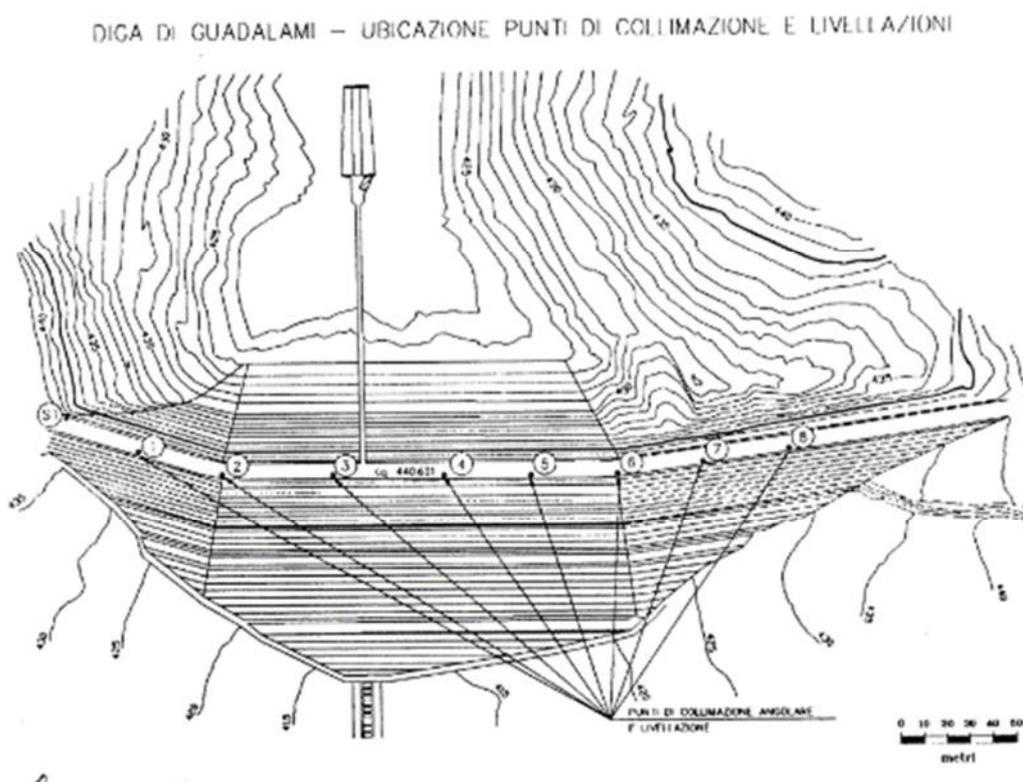


Figura 21: Diga di Guadalami di valle, pianta (ENEL, 2013)

2.10.2 Diga di Guadalami di monte

La diga di contenimento verso monte è situata nelle immediate vicinanze dell'edificio centrale allo scopo di proteggere la centrale dall'invaso. È costruita come la diga di valle ed ha le seguenti caratteristiche geometriche:

Quota del piano di coronamento:	440,85 m slm
Altezza del piano di coronamento sul punto più depresso:	15,00 m
Franco rispetto al piano di coronamento:	
- Sul livello di ritenuta normale	2,35 m
- Sul livello di massimo invaso	1,50 m
Sviluppo del coronamento:	200 m
Inclinazione del paramento di monte (lato centrale):	2/1 ; 3/1
Inclinazione del paramento di valle (lato serbatoio):	2/1; 3/1; 5/1
Volume della diga:	140`000 m ³

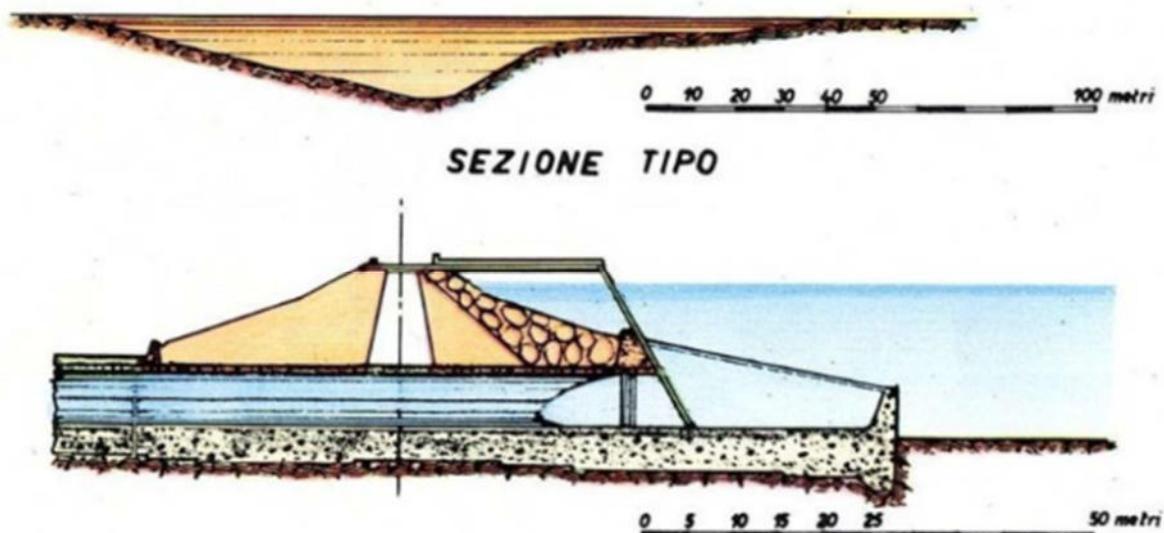


Figura 22: Diga di Guadalami di monte: sezione tipo (ENEL, 2013)

2.11 Opere di scarico del serbatoio di Guadalami

Il serbatoio dispone di uno scarico di superficie e di uno scarico di fondo.

Lo scarico di superficie (vedi **Figura 24**) è costituito da un manufatto in calcestruzzo armato, ubicato all'interno del serbatoio, e consta di una doppia soglia sfiorante con ciglio a quota m. 438,50 s.l.m. dello sviluppo complessivo di m. 75,00 in grado di smaltire la portata di 120 m³/s con un sovrizzo di m. 0,85. Le acque sfiorate vengono addotte in un canale collettore a cielo aperto e successivamente, attraverso un canale chiuso a forte pendenza, vengono immesse in un canale in galleria artificiale con pendenza pari a 0,8 ‰ che sottopassa il nucleo della diga.

Il canale è costituito dai seguenti tronchi:

- scivolo a forte pendenza della lunghezza di m. 47,73;
- un tratto di m. 81,80 con rivestimento interno metallico della sezione policentrica di m. 3,40 per m. 3,75 di larghezza;
- tratto di m. 77,90 a sezione policentrica di m. 6 per m. 3,75 di larghezza.

A valle della diga il canale prosegue per altri m. 226,30 a sezione rettangolare aperta di m. 6,00 di altezza per m. 3,75 di larghezza ed immette le eventuali acque di scarico del serbatoio nell'alveo del fiume Belice destro attraverso apposito dissipatore di energia.

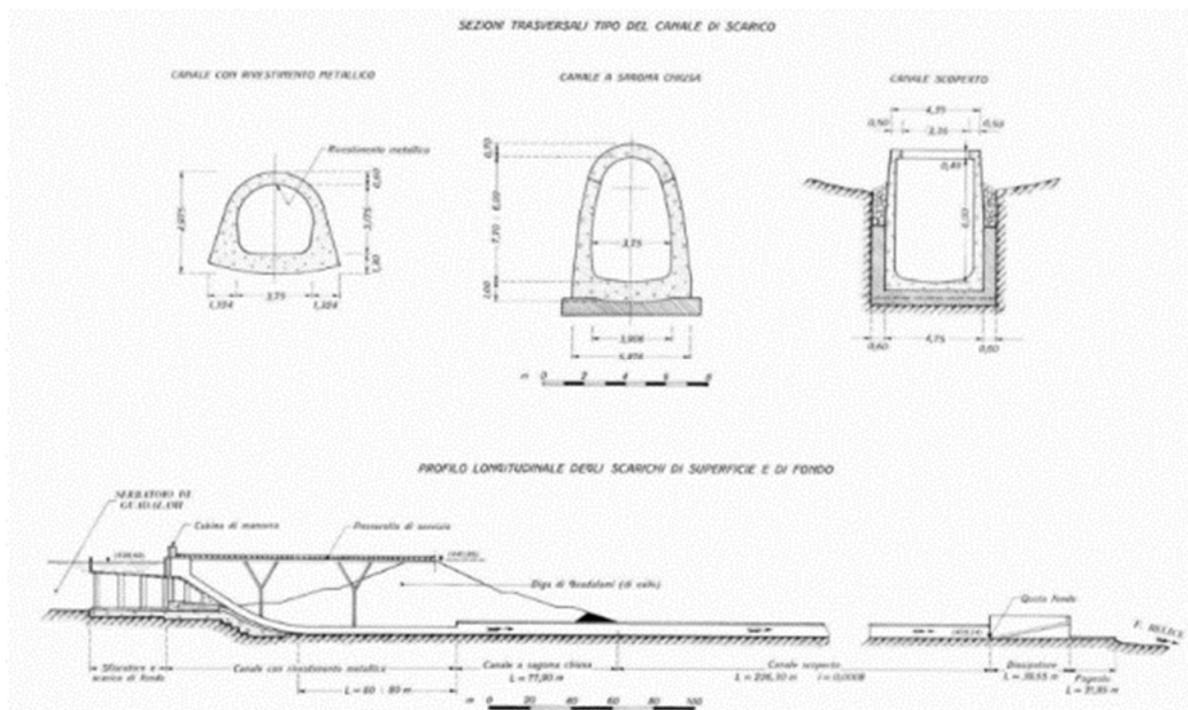


Figura 23: Opere di scarico del serbatoio di Guadalami (ENEL, 2013)

Lo scarico di fondo è realizzato a mezzo di un imbocco di forma rettangolare, protetto da griglia, con soglia a quota 422,00 m s.l.m. La sua capacità massima è di m^3/s 35,5 con livello nel serbatoio a 439,35 m s.l.m.

Gli organi di intercettazione consistono in due paratoie piane, poste in serie di m. 1,40 x 1,70, azionabili con comando oleodinamico da apposita cabina di manovra avente il piano di calpestio a quota m. 440,85 s.l.m. e collegata al coronamento della diga mediante apposita passerella.

Le portate esitate dallo scarico di fondo vengono immerse nello stesso canale dello scarico di superficie. La galleria artificiale, sede del canale di scarico, attraversa le argille marnose di cui è costituita la formazione in situ.

2.12 Stazione di trasformazione

La stazione di trasformazione è situata a mezza costa su tre piazzali collegati con la centrale mediante cavidotti interrati. Nel primo piazzale sono installate le apparecchiature a 70 KV e le uscite delle linee MT; nel secondo sono posizionati i trasformatori e nel terzo le apparecchiature a 150 KV con le relative uscite delle linee elettriche.

Le macchine elettriche fisse in esame hanno le seguenti potenze nominali S_n :

MACCHINA ELETTRICA	CODICE IDENTIFICAZIONE [MATRICOLA]	POTENZA [MVA]	MASSA OLIO [TONNELLATE]	VOLUME OLIO [MC]
TR 1 150 KV/10KV	GETRA SPA 86379 ANNO 2005	43	16	18,18
TR 2 150 KV/10KV	GETRA SPA 102430 ANNO 2009	43	15	17,05
TR 3 150 KV/10KV	GETRA SPA 81025 ANNO 2015	32	15	17

Tabella 1: Caratteristiche tecniche dei trasformatori installati

È prevista la sostituzione del TR 3 con una macchina adeguata alle caratteristiche del nuovo gruppo ed alle esigenze di funzionamento.

3. CARATTERISTICHE DEI SERBATOI

3.1 Serbatoio di Piana degli Albanesi



Figura 24: Serbatoio di Piana degli Albanesi - vista d'insieme

3.1.1 Dati FCEM

Dati principali del serbatoio da FCEM

Quota di massimo invaso	612,00 m slm
Quota massima di regolazione	609,00 m slm
Quota minima di regolazione	599,40 m slm
Superficie dello specchio liquido	
• Alla quota di massimo invaso	3,78 km ²
• Alla quota massima di regolazione	3,35 km ²
• Alla quota minima di regolazione	1,33 km ²
Volume totale di invaso (ai sensi del D.M. 24.03.'82)	39,90x10 ⁶ m ³
Volume di invaso (ai sensi della L.584/1994)	32,75x10 ⁶ m ³
Volume utile di regolazione	23,80x10 ⁶ m ³
Volume di laminazione	7,15x10 ⁶ m ³
Superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso	37,60 km ²
Superficie del bacino allacciato	3,75 km ²
Portata di massima piena di Progetto	600,00 m ³ /s
Tempo di ritorno della piena di progetto	500 anni

Note: per effetto dell'interrimento, come calcolato con rilievo batimetrico realizzato nel 1984 si hanno ora i seguenti nuovi valori:

• Superficie dello specchio liquido alla quota di max regolazione	3,29 km ²
• Volume totale di invaso (ai sensi del D.M. 24.03.'82)	36,40x10 ⁶ m ³
• Volume di invaso (ai sensi della L.584/1994)	23,80x10 ⁶ m ³
• Volume utile di regolazione	29,80x10 ⁶ m ³

Dati principali della diga desunti da FCEM:

Altezza della diga (ai sensi del D.M. 24.03.'82)	48,00 m
Altezza della diga (ai sensi della L. 584/'94)	38,00 m
Altezza di massima ritenuta	34,00 m
Quota coronamento	614,00 m slm
Franco (ai sensi del D.M. del 24.03.'82)	2,00 m
Franco netto (ai sensi del D.M. del 24.03.'82)	1,26 m

Sviluppo del coronamento	260,00 m
Volume della diga	180.000 m ³
Grado di sismicità assunto nel Progetto	non sismico
Classifica ai sensi del D.M: 24.03.'82	(B/b)

Dati principali delle opere di scarico

Portata esitata con livello nel serbatoio alle quote:	612,00 m slm	611,80 m slm
Dallo scarico di superficie	92,00 m ³ /s	72,00 m ³ /s
Dallo scarico di fondo	35,60 m ³ /s	35,40 m ³ /s

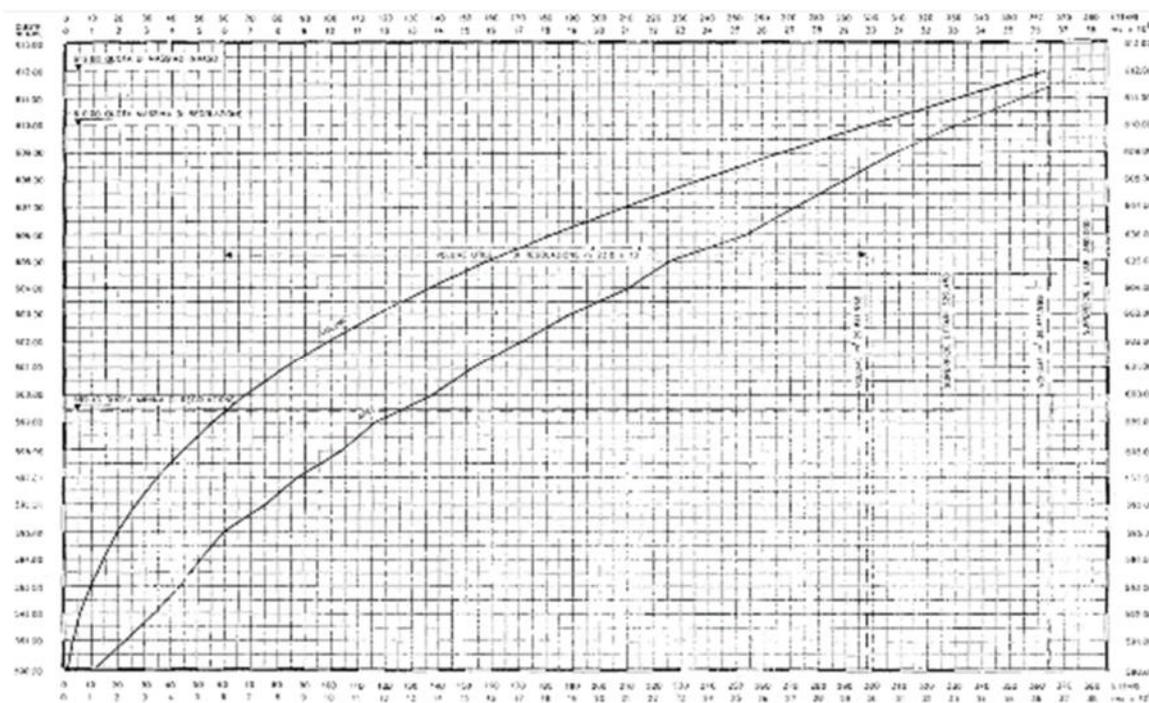


Figura 25: Serbatoio di Piana degli Albanesi - diagramma delle aree e dei volumi redatto in fase di progetto

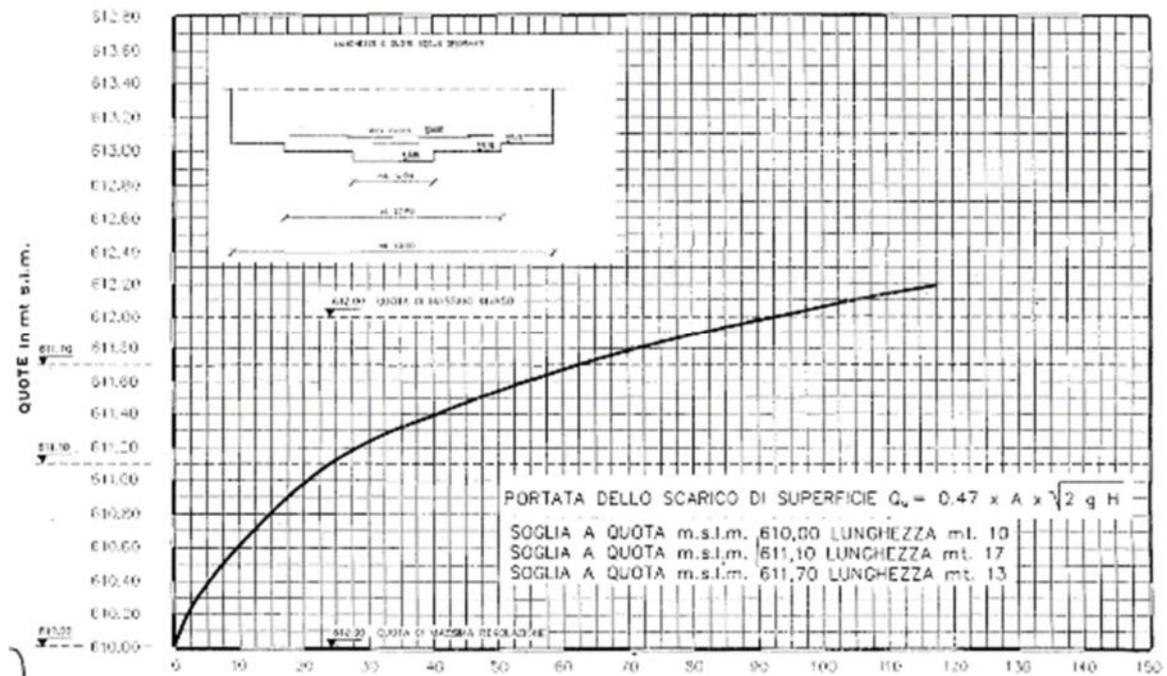


Figura 26: Diga di Piana degli Albanesi - curva di portata dello scarico di superficie

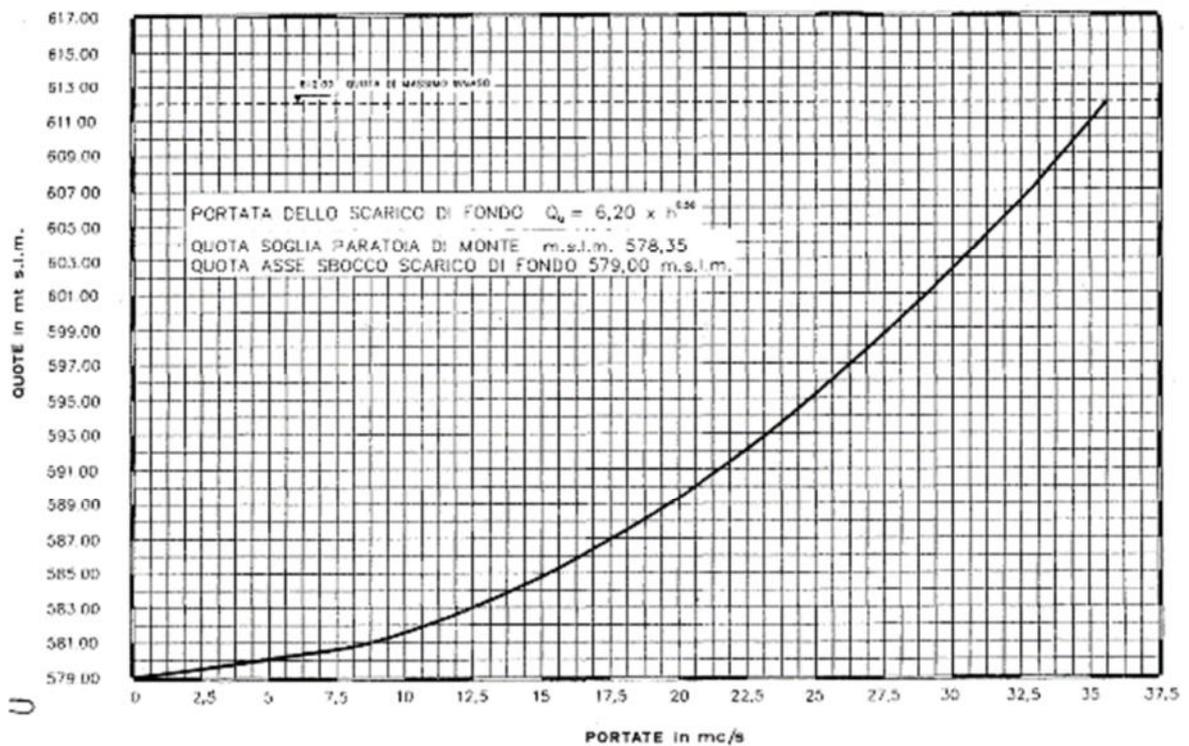


Figura 27: Diga di Piana degli Albanesi - curva di portata dello scarico di fondo

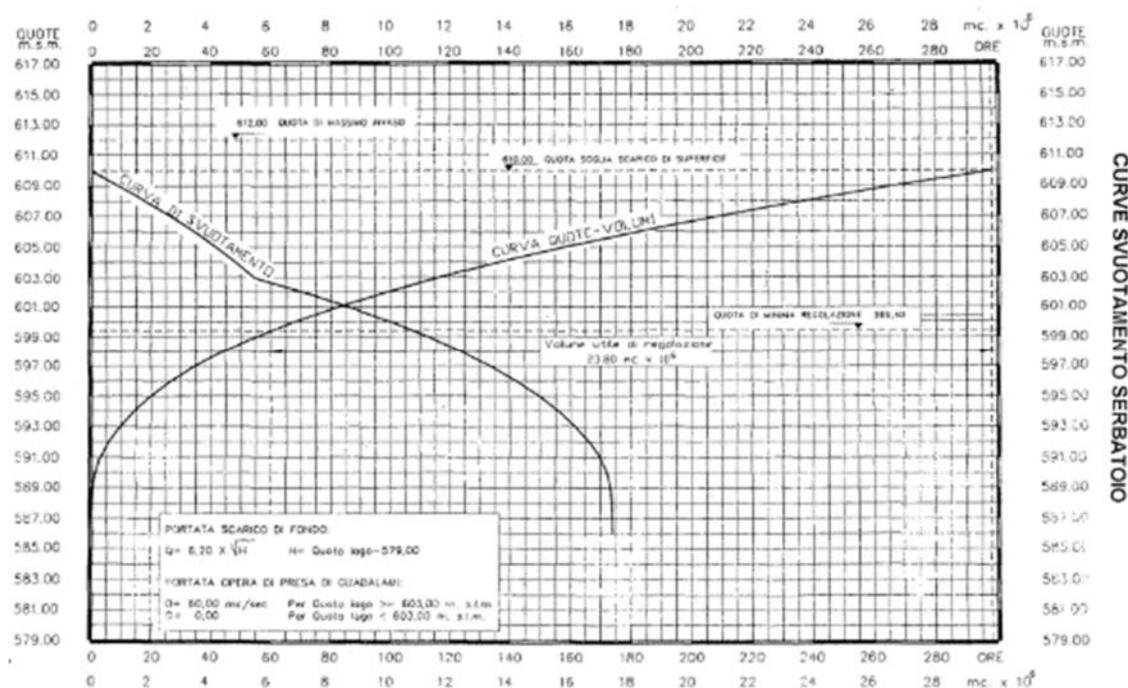


Figura 28: Diga di Piana degli Albanesi – curve svuotamento serbatoio

3.1.2 Dati contenuti nel Piano di Gestione dei Sedimenti

Nel 2015 è stata effettuato un rilievo topo-batimetrico del serbatoio che ha aggiornato le curve caratteristiche rispetto a quelle originali:

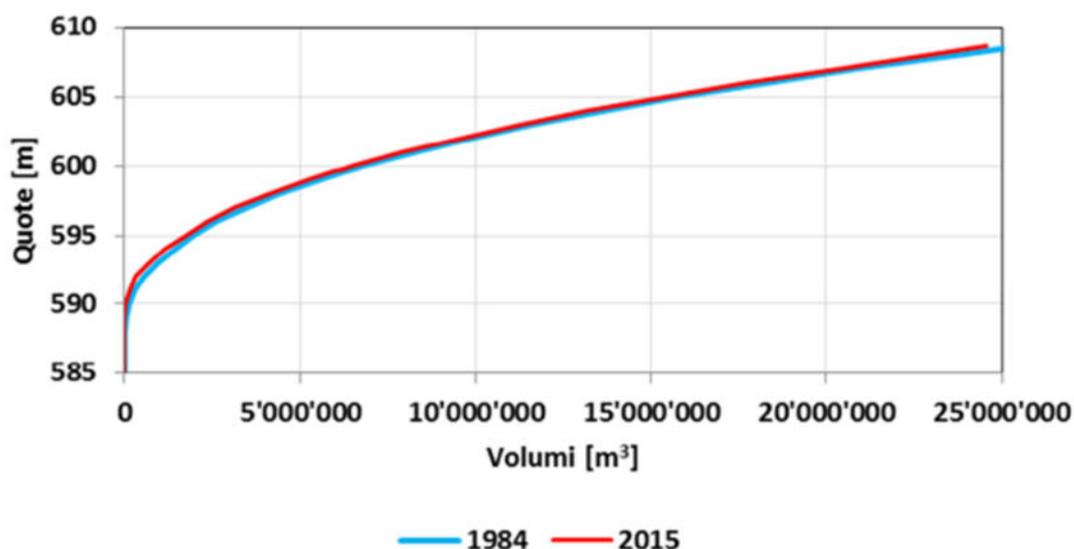


Figura 29: Serbatoio di Piana degli Albanesi – Curva d'invaso nel 1984 e nel 2015, da rilievi batimetrici

L'invaso ha un tasso di interrimento relativamente basso come si può vedere nella **Figura 29**. Dai risultati del rilievo del 1984 si è stimata una riduzione della capacità d'invaso di circa 2'950'000 m³ rispetto al volume d'invaso originario mentre il volume utile è rimasto invariato. Le ultime misurazioni batimetriche effettuate nel 2015 risultano in un incremento d'interrimento del bacino di circa 850'000

m³. Tra l'inizio dell'esercizio d'impianto e il 2015 si stima un interrimento finale di circa 4'000'000 m³, ovvero un grado di interrimento di circa il 12% rispetto alle condizioni originarie. Negli ultimi 30 anni il tasso annuo medio di interrimenti si è abbassato di circa il 30%, da 48'400 m³/anno fino al 1984, a 35'000 m³/anno dal 1984 al 2015. Le sedimentazioni non hanno comportato una riduzione del volume utile, schematizzato nella seguente **Tabella 2** (si noti che la quota massima a 608,50 m slm da fine dicembre a fine marzo):

Livelli	FCEM originale m slm	Volume originale Mm ³	Volume 2015 Mm ³
MAX.INVASO	612,00	32,75	29,80
MAX.REG.	610,00	24,60	23,80*
MIN.REG.	599,40	7,15	7,15
FONDO	564,00	-	-

Tabella 2: Serbatoio di Piana di Albanesi - dati principali

Enel GP ha fornito i dati storici disponibili del livello nel serbatoio, per il periodo 2010-2021 (vedi Figura 30).

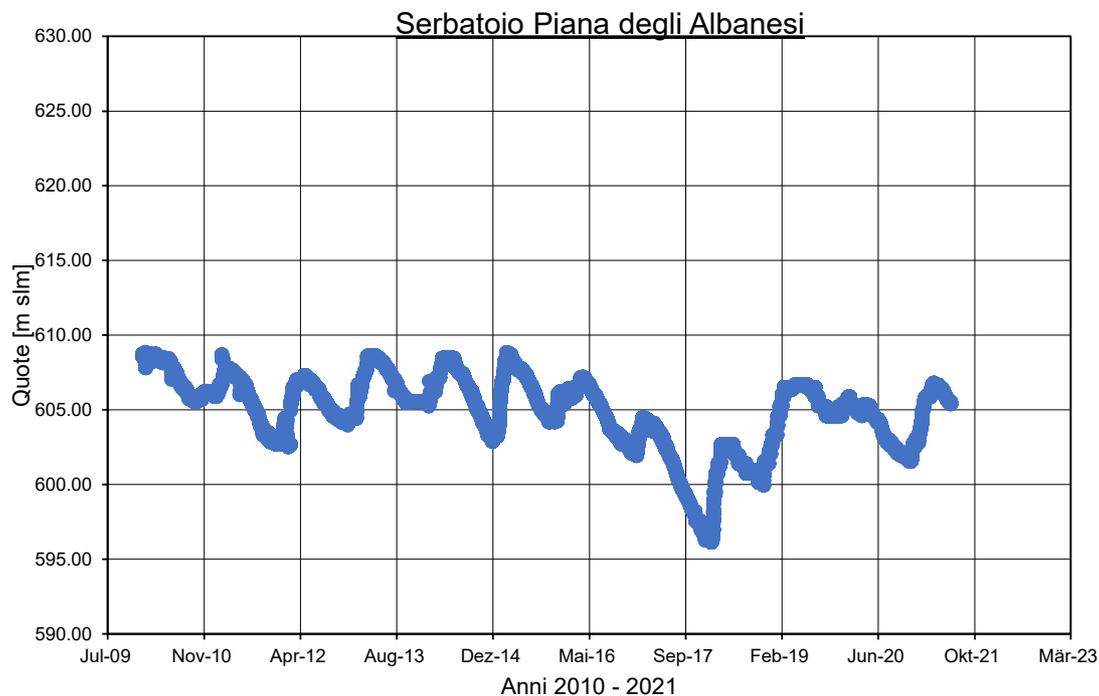


Figura 30: Diga di Piana degli Albanesi - serie storica del livello nel serbatoio (2010-2020)

Visibile nella Figura 30 l'abbassamento del livello del serbatoio nel 2017/2018 al di sotto della quota di 599.4 m slm, quota minima di funzionamento dell'impianto di Guadalami. Il dato rilevato corrisponde ai livelli di esercizio del serbatoio di Guadalami (vedi Figura 34), molto probabilmente si tratta del periodo in cui sono state svolte manutenzioni rilevanti o lavori di rinnovo all'impianto.

3.2 Serbatoio di Guadalami



Figura 31: Serbatoio Guadalami – vista verso monte

3.2.1 Dati FCEM

Dati principali del serbatoio da FCEM

Quota di massimo invaso	439,35 m slm
Quota massima di regolazione	438,50 m slm
Quota minima di regolazione	430,00 m slm
Superficie dello specchio liquido	
• Alla quota di massimo invaso	0,128 km ²
• Alla quota massima di regolazione	0,122 km ²
• Alla quota minima di regolazione	0,060 km ²
Volume totale di invaso (ai sensi del D.M. 24.03.'82)	1,144x10 ⁶ m ³
Volume di invaso (ai sensi della L.584/1994)	1,038x10 ⁶ m ³
Volume utile di regolazione	0,774x10 ⁶ m ³
Volume di laminazione	0,106x10 ⁶ m ³
Superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso	40,40 km ²
Superficie del bacino allacciato	3,75 km ²
Portata di massima piena di Progetto	110,00 m ³ /s
Tempo di ritorno	non specificato

3.2.1.1 Diagrammi aree-volumi del serbatoio di Guadalami

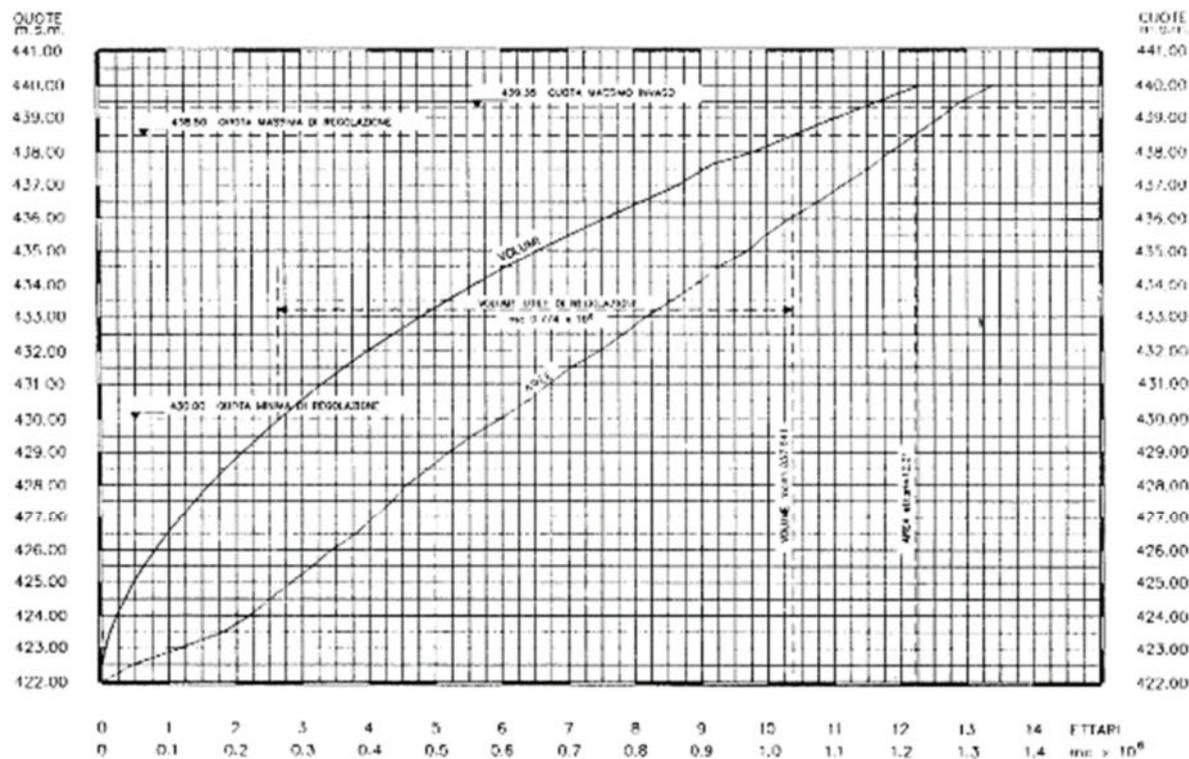


Figura 32: Serbatoio di Guadalami - diagramma delle aree e dei volumi

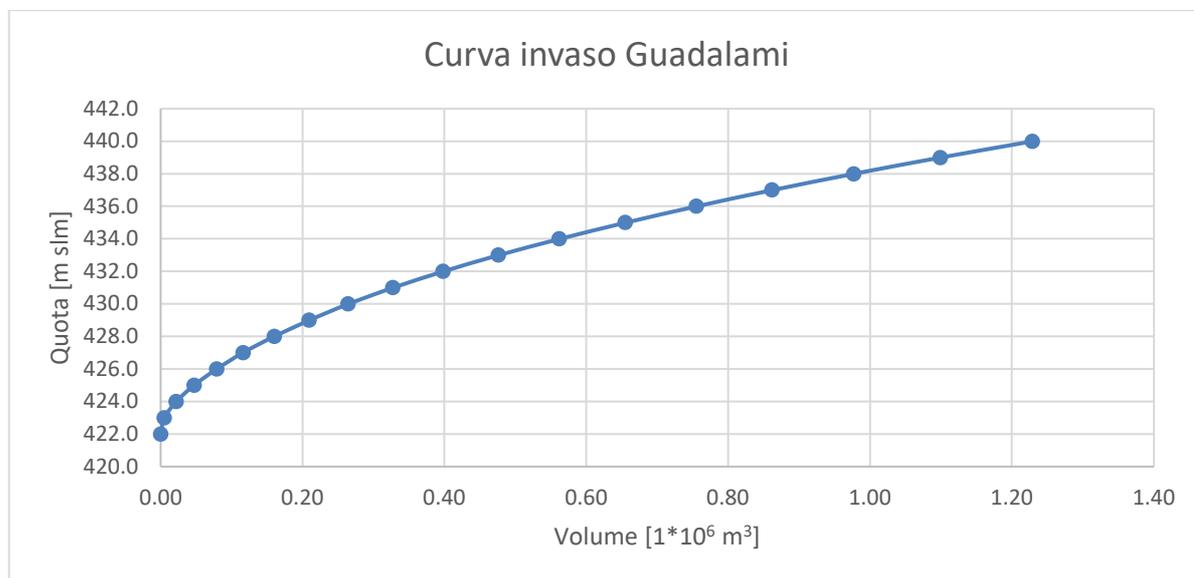


Figura 33: Serbatoio di Guadalami – Curva invaso

3.2.2 Dati contenuti nel Piano di Gestione dei Sedimenti

Secondo il PdG di Guadalami, il bacino non è interessato da significativi fenomeni di accumulo del sedimento. Le zone spondali sono caratterizzate da materiale grossolano, con presenza di massi e ciottoli di varie dimensioni, fortemente stabili nei confronti dei continui processi di svaso e invaso che caratterizzano la gestione del bacino.

Viene inoltre sottolineato dal PdG Guadalami che all'interno del serbatoio non esiste un apporto naturale diretto che possa favorire un trasporto solido consistente nel tempo; l'acqua utilizzata per invasare il bacino è quella in arrivo dal soprastante bacino di Piana degli Albanesi tramite la centrale idroelettrica di Guadalami, tipicamente priva di apprezzabile carico di trasporto solido.

3.2.3 *Dati storici di livello*

Enel GP ha fornito i dati storici disponibili del livello nel serbatoio, per il periodo 2011-2020 (vedi Figura 34). È ben visibile che il serbatoio di Guadalami viene svuotato e riempito più volte nell'arco di un mese, con regolazione tipica giornaliera.

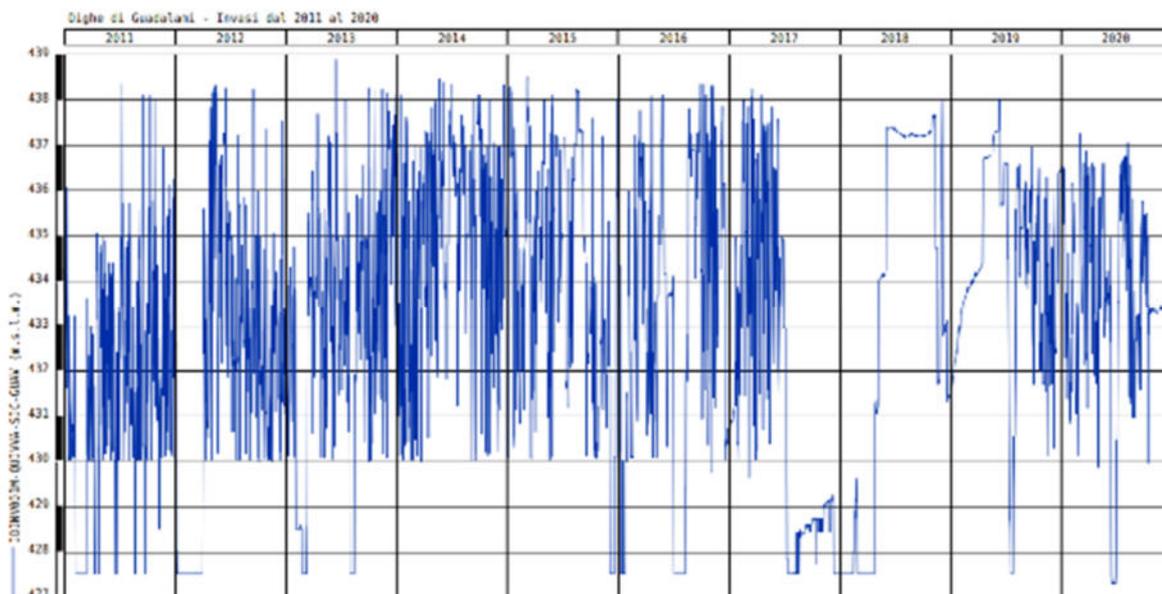


Figura 34: Quote invaso 2011-2020 - Guadalami

Quote invaso Guadalami mese agosto 2011

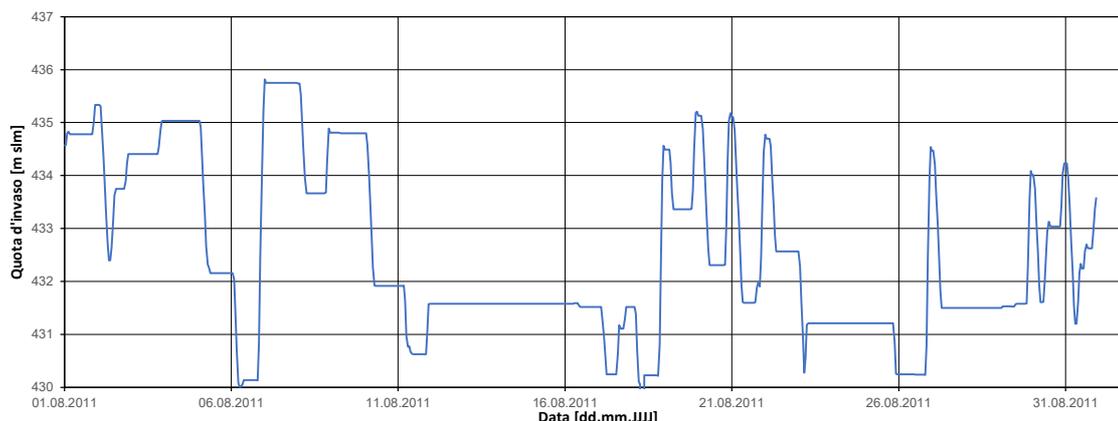


Figura 35: Esempio di un mese di funzionamento del serbatoio in termini di variazioni di quote

4. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

4.1 Generalità

Come si è detto in fase introduttiva, il progetto prevede la sostituzione di uno dei gruppi installati presso la centrale, il Gruppo 3, attualmente di sola generazione, con un gruppo reversibile, ovvero con capacità sia di generazione che di pompaggio. Le questioni progettuali di maggior dettaglio tecnico sono trattate nella Relazione Tecnica (v. doc. GRE.EEC.R.14.IT.H.16031.00.002) e sono in questo capitolo riassunte.

L'intervento di potenziamento proposto ricade nella categoria degli impianti di pompaggio puro, secondo la corrente definizione di ARERA, di seguito riportata: "Impianto idroelettrico con pompaggio puro: un impianto di pompaggio con pompaggio volontario in cui gli apporti naturali all'invaso superiore sono in media inferiori o uguali al 5% del volume d'acqua mediamente turbinata in un anno". Nel caso dell'impianto di Guadalami si ricorda che:

- il serbatoio superiore è costituito dal serbatoio esistente di Piana degli Albanesi;
- il serbatoio inferiore è costituito dall'invaso esistente di Guadalami;
- l'impianto è attualmente costituito da due gruppi reversibili e da un gruppo di sola produzione.

La sostituzione del gruppo ad asse orizzontale di sola generazione con un gruppo reversibile ad asse verticale prevede le seguenti fasi di lavoro:

- smontaggio dell'esistente GR3 (generatore, turbina ed ausiliari);
- installazione della nuova paratoia di scarico;
- scavo di un vano della profondità di circa 10 metri ($V \cong 1500 m^3$);
- scavo per il collegamento del diffusore al serbatoio di carico ($V \cong 100 m^3$);
- installazione del nuovo GR3 reversibile a velocità variabile;
- installazione del nuovo trasformatore GSU nella sottostazione AT esterna;
- realizzazione delle connessioni AT con il montante esistente del GR3;
- realizzazione delle connessioni MT tra trasformatore GSU e gruppo di generazione/pompaggio;
- realizzazione di tutte le connessioni BT necessarie, ivi incluse quelle ai servizi ausiliari di centrale;
- commissioning e collaudo finale del gruppo.

Le caratteristiche preliminari di dimensionamento del nuovo gruppo reversibile sono le seguenti:

- portata pompata pari a 10.0 m³/s; Potenza assorbita: 20.9 MW;
- portata turbinata pari a 14.0 m³/s; Potenza erogata: 20.9 MW.

La portata in generazione corrisponde all'attuale massima portata turbinabile dal gruppo esistente, mentre la portata in pompaggio è il limite tecnico corrispondente della macchina nel funzionamento reversibile. Le portate di progetto mantengono invariati i valori di concessione.

Il progetto consente dunque di incrementare la potenza in pompaggio dell'impianto e di migliorarne la capacità in regolazione, con installazione di una macchina a giri variabili governata da inverter statico. L'impianto, così configurato con una potenza complessiva di circa 80 MW sia in produzione (come attualmente) sia in pompaggio (come da progetto) potrà fornire anche altri servizi di rete come la regolazione di frequenza, sia in generazione sia in pompaggio e la fornitura di potenza reattiva.

4.2 Lavori civili

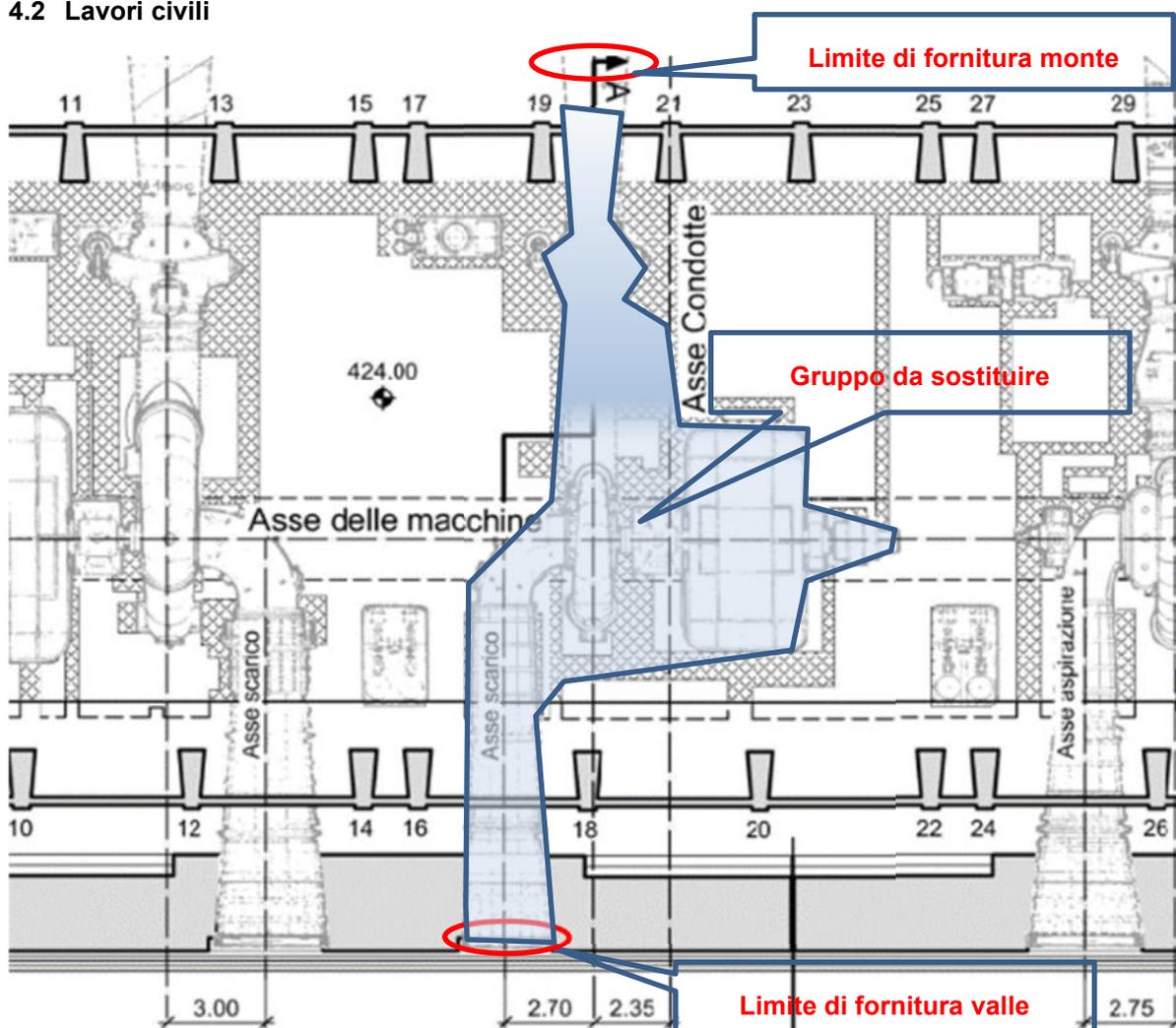


Figura 36: Indicazione del limite di fornitura per le attività interne alla centrale.

L'installazione di un gruppo di potenza ad asse verticale necessita di una serie di lavori civili che consistono, a valle dello smontaggio del gruppo attualmente in esercizio, nella demolizione del calcestruzzo in opera al fine di rimuovere le parti inghisate, oltre alla preparazione di vani e cunicoli tecnici per la posa del nuovo gruppo. La tubazione di scarico/presa sarà realizzata in posizione differente rispetto all'attuale scarico del Gruppo 3. Con riferimento alle perdite idrauliche all'interno dello scarico,

nelle diverse condizioni di esercizio, si rimanda alla relazione idromeccanica (GRE.EEC.R.14.IT.H.16031.00.06.00).

Gli spazi disponibili ed i vincoli idraulici e strutturali sono stati valutati attentamente, al fine di posizionare il nuovo gruppo e la nuova valvola di macchina in modo da minimizzare i tempi di posa, di massimizzare i rendimenti idraulici e ridurre le attività civili. Il limite di fornitura è indicato nella **Figura 36** che illustra lo stato di fatto, con il Gruppo 3 attualmente in esercizio.

Gli aspetti strutturali sono stati oculatamente valutati e sono descritti nella relazione tecnica. La soluzione con scarico sulla parete sinistra del manufatto scatolare consente di minimizzare la lunghezza della tubazione e di evitare un consistente ingresso di detriti e materiale solido nella condotta.

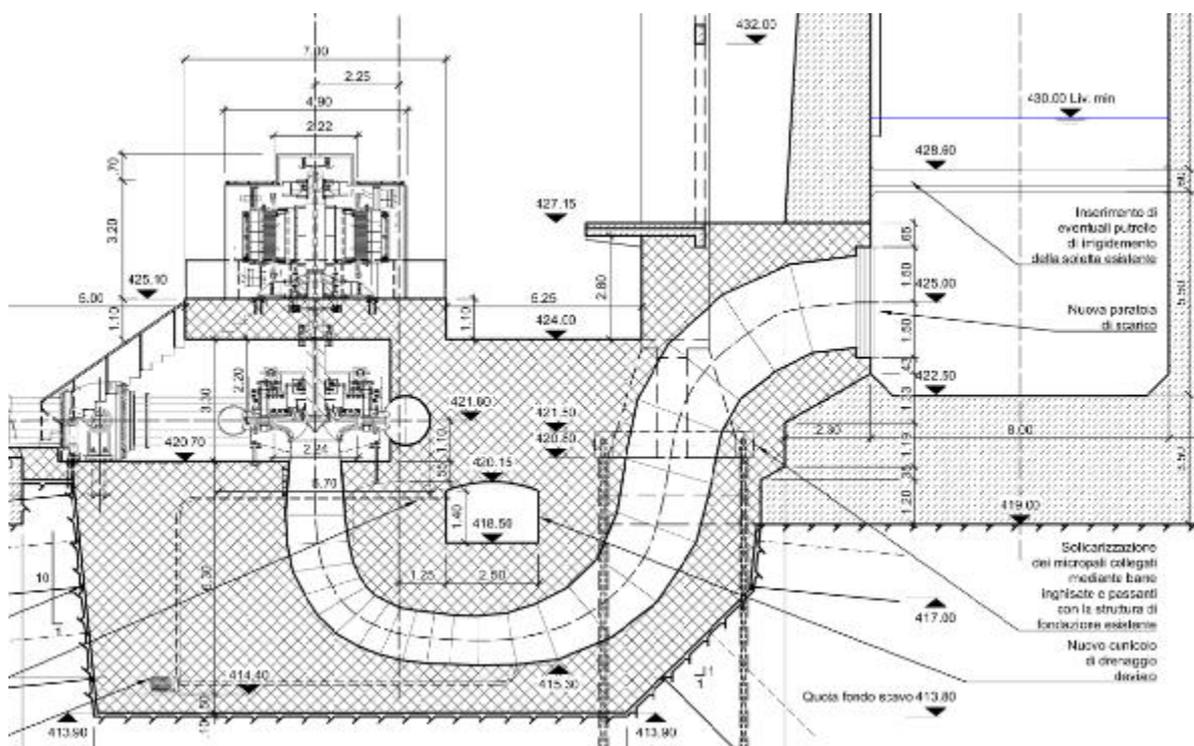


Figura 37: Sezione di centrale nello stato di progetto

4.3 Installazioni elettromeccaniche

La struttura del nuovo gruppo di generazione è la seguente (come illustrato anche nella relazione elettromeccanica GRE.EEC.R.14.IT.H.16031.00.005):

- 1) Al livello inferiore (indicativamente sotto quota 420,00 m s.l.m.): gomito di scarico della turbina/aspirazione della pompa, realizzato in lamiera di acciaio, che si estende dall’asse del gruppo verso la vasca di valle per poco meno di 15 m, per terminare con sezione circolare con diametro indicativo di 2,5 m in corrispondenza alla sua immissione nella vasca di valle: qui è presente una paratoia piana del tipo su ruote, con tenuta sui quattro lati, ai fini manutentivi della pompa/turbina; dato l’uso limitato della paratoia, il relativo comando è previsto mediante motoriduttore elettrico.
- 2) Al livello turbina (indicativamente a quota 422,070 m s.l.m.):

- chiocciola della girante in lamiera di acciaio, indicativamente di dimensioni massime 5,70 x 5,20 m, posizionata con la linea mediana del distributore a circa 421,80 m s.l.m.
- girante turbina/pompa in acciaio inox diametro indicativo di 2,24 m, per una velocità di rotazione nominale di riferimento di 500 rpm, velocità di fuga di circa 700 rpm;
- cuscinetto turbina di sola guida;
- valvola rotativa di sicurezza turbina, diametro indicativo di 1,25 m, PN 30, completa di accessori oleodinamici e idraulici per la gestione dell'organo stesso e delle tenute di monte e valle;
- skid di regolazione oleodinamica (SOD), che include il sollevamento rotore, o raffreddamento, evacuazione delle perdite delle tenute;
- quadro turbina (Q-TUR) con le relative misure idrauliche.

3) Al livello del piano della sala macchine (quota 424,00 m s.l.m.):

- skid di lubrificazione, irrorazione tenute, accumulo aria per la frenatura;
- eccitatrice e sistema di eccitazione statica, con trasformatore di eccitazione inglobato in resina e collocato in box e i quadri di potenza e regolazione relativi;
- gruppo di conversione statica totale (converter full-power), necessario per la gestione integrale del gruppo, costituito da moduli di conversione statica, sistema di raffreddamento dedicato ai moduli di conversione statica, quadri di comando e controllo relativi;
- centro stella generatore, con i relativi componenti (CS);
- quadri MT di gruppo (QMT);
- quadro di distribuzione dei servizi in corrente alternata del gruppo 3 (QSA-CA, MCC);
- quadro di distribuzione dei servizi in corrente continua del gruppo 3 (QSA-CC);
- quadro contenente il regolatore di velocità (RV);
- quadro automatismi di gruppo (AUT);
- quadro protezioni elettriche di gruppo (Q-PR);
- sistema di supervisione SCADA;
- armadio server SCADA.

4) Al livello del piano generatore (quota 425,10 m s.l.m.):

- albero di accoppiamento al generatore in acciaio forgiato;
- generatore sincrono trifase, con cuscinetti di guida (superiore) e guida/spinta (inferiore), diametro indicativo di 4,9 m, altezza indicativa 5 m (dal giunto di accoppiamento con il semialbero di turbina), uscite di potenza in bus isolato oppure cavi verso il centro stella e il trasformatore di macchina; il rotore è di tipo tradizionale, a poli salienti, eccitato in c.c.;
- quadro frenatura;
- quadro generatore.

In aggiunta, comuni a tutti i gruppi sono altresì già presenti i componenti facenti parte dei servizi generali di centrale, che non verranno modificati.

Dal punto di vista elettrico, la struttura dei gruppi di generazione/pompaggio CFSM ha una configurazione del tutto particolare che è descritta nel dettaglio nella Relazione Elettromeccanica. Le caratteristiche principali del macchinario previsto sono le seguenti:

- | | |
|--|-----------------------|
| – generatore sincrono, potenza apparente massima | 22 MVA in generazione |
| – motore sincrono, potenza apparente massima | 21 MVA in pompaggio |
| – gruppo di conversione, potenza massima | 23 MVA |
| – trasformatore GSU, potenza massima | 30 MVA |

Dal punto di vista elettrico, per la parte di alta tensione, il Gestore della Rete di Trasmissione ha espresso un parere positivo rispetto alle attività proposte, che non necessitano, per la Rete Elettrica, di alcun adeguamento delle capacità o degli assetti.

A seguito della previsione di trasformazione del gruppo 3 da sola generazione a generazione/pompaggio è però necessario sostituire il trasformatore di gruppo (TR3 esistente da 30 MVA) con un trasformatore GSU da 30 MVA. Il trasformatore è un componente non convenzionale, e soggetto a progettazione e dimensionamento curati e particolari. Ha una struttura con un avvolgimento primario a 132 kV e 4 secondari a 6,6 kV.

Sia dal punto delle interdistanze con gli altri trasformatori di macchina, sia per la capienza della tramoggia e della vasca di raccolta, il nuovo trasformatore non presenta criticità.

Giubiasco, 10 Maggio 2022

Lombardi SA

MaBa/VIM/MFr