

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 PROGETTO DEFINITIVO

File: GRE.EEC.R.14.IT.H.16031.00.002.01 - Relazione Tecnica (revFM).docx

| REV. | DATE | DESCRIPTION | PREPARED | VERIFIED | APPROVED |
|------|------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------|
| 00 | 10/06/2022 | Prima Emissione | M. Vicentini | F. Maugliani M. Vicentini | A. Balestra |
| 00 | 20/04/2022 | Emissione per revisione cliente | M. Vicentini M. Baumann | F. Maugliani M. Vicentini | A. Balestra |

GRE VALIDATION

| | | |
|---------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| | Support Team: <i>F. Torasso</i> | Project Engineer: <i>F. Podio</i> |
| COLLABORATORS | VERIFIED BY | VALIDATED BY |

PROJECT / PLANT

GRE CODE

GUADALAMI

| GROUP | FUNCIÓN | TYPE | ISSUER | COUNTRY | TEC | PLANT | SYSTEM | PROGRESSIVE | REVISION |
|-------|---------|------|--------|---------|-----|-------|--------|-------------|----------|
| GRE | EEC | R | 14 | IT | H | 16031 | 0000 | 02 | 01 |

CLASSIFICATION

UTILIZATION SCOPE

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.

| | | | |
|-----------------|-------------|----------------|-------------------|
| | | | |
| R.01 | 10.06.2022 | ViM | MFr/Bal |
| R.00 | 20.04.2022 | MaBa/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 | Generalità | 1 |
| 1.2 | Tipologia di pompaggio | 1 |
| 1.3 | Caratteristiche tecniche dell'impianto di Guadalami | 3 |
| 1.4 | Documenti analizzati | 7 |
| 1.5 | Fasi di lavoro | 7 |
| 1.6 | Variazioni indotte sulle escursioni di livello nei serbatoi | 8 |
| 2. | DIMENSIONAMENTO GRUPPO DI POMPAGGIO | 10 |
| 2.1 | Obiettivi del Progetto | 10 |
| 2.2 | Descrizione delle opere a progetto | 10 |
| 2.3 | Condizioni al contorno | 13 |
| 2.4 | Connessione alla RTN | 14 |
| 3. | REALIZZAZIONE DI SCAVI E DEMOLIZIONI | 16 |
| 4. | NUOVO SCARICO – SOLUZIONI STRUTTURALI | 19 |
| 4.1 | Configurazione dello scarico, scelte geometriche | 19 |
| 4.2 | Intervento di stabilizzazione delle fondazioni | 20 |
| 4.3 | Fasi esecutive | 21 |
| 5. | CONCLUSIONI | 24 |

INDICE DELLE FIGURE

| | |
|---|----|
| Figura 1: Corografia generale dell'impianto di Guadalami (ENEL, 2013)..... | 3 |
| Figura 2: Profilo longitudinale dell'impianto di Guadalami | 4 |
| Figura 3: Profilo longitudinale canale di presa e restituzione (ENEL, 2013)..... | 6 |
| Figura 4: Schema idraulico d'impianto nella configurazione attuale | 6 |
| Figura 5: Indicazione del limite di fornitura per le attività interne alla centrale. | 13 |
| Figura 6: Sezione geologica longitudinale | 16 |
| Figura 7: Sezione geologica trasversale | 16 |

| | |
|--|----|
| Figura 8: Sezione delle demolizioni previste..... | 17 |
| Figura 9: Particolare degli scavi nella zona del cunicolo di drenaggio. | 18 |
| Figura 10: Posizionamento di progetto gruppo macchina 3 con due alternative di tracciato | 19 |
| Figura 11: Scavi nella zona di installazione della nuova valvola di macchina | 20 |
| Figura 12: Interferenza tra struttura e nuova condotta..... | 21 |
| Figura 13: Fase 1, realizzazione di cortine di micropali, vista in pianta ed in sezione | 22 |
| Figura 14: Fase 2, scavi e demolizioni fino alla quota di posa..... | 22 |
| Figura 15: Fase 3, solidarizzazione delle cortine di micropali..... | 22 |
| Figura 16: Fase 4, demolizione delle parti interferenti con la posa della condotta | 23 |

INDICE DELLE TABELLE

| | |
|---|----|
| Tabella 1: Informazioni tecniche generali sull'impianto Guadalami | 5 |
| Tabella 2: Escursione dell'invaso di Piana degli Albanesi con condizione iniziale baricentrica..... | 9 |
| Tabella 3: Escursione dell'invaso di Guadalami | 9 |
| Tabella 4: Condizioni al contorno valutate in fase di progetto | 13 |
| Tabella 5: Distanze tra trasformatori, ex DM 15 luglio 2014, Tabella A..... | 15 |

1. INTRODUZIONE

1.1 Generalità

Enel Green Power S.p.A. intende incrementare la potenza complessiva disponibile in pompaggio per i propri impianti siti in centro e sud Italia. Lombardi SA ha ricevuto 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, nei comuni di Piana degli Albanesi e di Monreale, in provincia di Palermo. Il nuovo gruppo è previsto in sostituzione di un esistente gruppo di sola generazione ed avrà analoga potenza installata, pari a 20 MW.

La presente relazione descrive gli aspetti tecnici dell'intervento in progetto, rimandando alle altre relazioni specialistiche le tematiche idrauliche, elettromeccaniche e di cantiere per ogni approfondimento.

In particolare, le relazioni tecniche che devono essere considerate di consultazione complementare al presente rapporto sono:

- Relazione Tecnica illustrativa: GRE.EEC.R.14.IT.H.16031.00.001, con riferimento prevalente alla descrizione delle opere esistenti
- Relazione Idraulica: GRE.EEC.R.14.IT.H.16031.00.004, per il dimensionamento idraulico, con riferimento alle verifiche di transitorio ed al calcolo delle perdite di carico
- Relazione Elettromeccanica: GRE.EEC.R.14.IT.H.16031.00.005, per le opere elettriche (generatore/motore, sistemi statici di governo e controllo, quadri elettrici di potenza ed ausiliari)
- Relazione Idromeccanica: GRE.EEC.R.14.IT.H.16031.00.006 per le opere idromeccaniche (turbina reversibile, valvola e paratoia di sezionamento)
- Relazione Cantieristica: GRE.EEC.R.14.IT.H.16031.00.052 per la logistica e l'organizzazione preliminarmente prevista per il cantiere

1.2 Tipologia di pompaggio

Ai fini amministrativi ed in riferimento alla procedura autorizzativa applicabile per l'intervento proposto si ricorda quanto previsto dall' Art. 13 della Legge 27 aprile 2022 n. 34 (legge di conversione del D.L. 01 marzo 2022 n. 17), che aggiunge all'Art. 12 c. 3 del d.lgs. n. 387 del 2003 il seguente periodo

"Per gli impianti di accumulo idroelettrico attraverso pompaggio puro l'autorizzazione è rilasciata dal Ministero della transizione ecologica, sentito il Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili e d'intesa con la regione interessata, con le modalità di cui al comma 4".

L'intervento di potenziamento proposto ricade infatti nella categoria degli impianti di pompaggio puro, secondo la corrente definizione di ARERA:

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

Gli afflussi naturali sull'invaso di monte risultano già in concessione ed al 100% utilizzati in produzione sull'impianto esistente (considerato fra l'altro la mancanza storica di casi di sfioro anche solo eccezionali sulla diga di monte): la sostituzione del gruppo di sola produzione con un gruppo reversibile non implica quindi alcun ulteriore utilizzo delle portate naturali, risultando queste già destinate storicamente all'utilizzo sui gruppi esistenti.

L'intervento di conversione a reversibile del gruppo di sola produzione non implica quindi alcun ulteriore utilizzo delle portate naturali affluenti all'invaso di Piana degli Albanesi, già destinate all'impiego sugli altri gruppi: l'intervento, quindi, è ascrivibile alla categoria dei pompaggi puri, senza effettivo utilizzo degli apporti naturali sul nuovo gruppo, la cui installazione è quindi di competenza autorizzativa riservata al MiTe.

1.3 Caratteristiche tecniche dell'impianto di Guadalami



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

La centrale di Guadalami è situata in Sicilia a circa 40 km a Sud di Palermo, in Comune di Piana degli Albanesi (PA). L'impianto è alimentato dalle acque invase nel serbatoio di Piana degli Albanesi. La diga del Lago degli Albanesi (talvolta identificata come di Piana dei Greci) 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.

L'infrastruttura idraulica è costituita dalla presa di monte, una galleria di derivazione in pressione, un pozzo piezometrico di tipo cilindrico e due condotte forzate che alimentano tre turbine Francis ad asse orizzontale (lo schema d'impianto è rappresentato in Figura 1 e Figura 2). Due gruppi sono muniti sulla linea d'asse di una pompa a due stadi e sono quindi ternari e reversibili. Il terzo gruppo GR3, binario e collocato al centro fra gli altri due, è quello oggetto d'intervento.

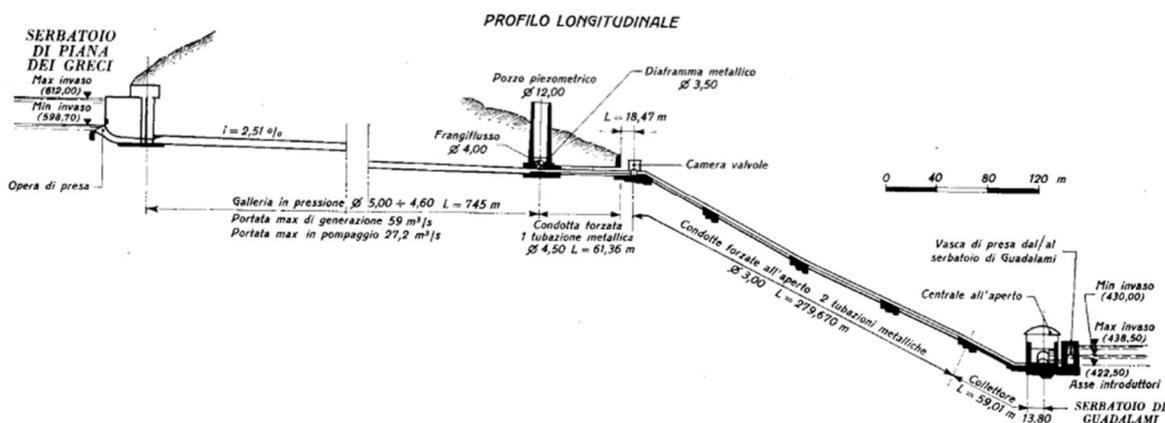


Figura 2: Profilo longitudinale dell'impianto di Guadalami

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 di carico nella rete elettrica. Le caratteristiche principali dell'Impianto possono essere rilevate dalla seguente Tabella 1.

| | |
|---|------------------------|
| Portata massima | 65 m ³ /s |
| Salto massimo | 181.10 m |
| Salto medio | 166 m |
| Salto minimo | 160.90 m |
| Portata di massima piena di progetto | 110 m ³ /s |
| Macchine installate: | |
| - Due gruppi ternari ad asse orizzontale (turbina Francis + pompa) | |
| o Potenza installata | 30 MW |
| o Salto medio | 166 m |
| o Portata turbinaggio | 21.3 m ³ /s |
| o Portata pompaggio | 13.6 m ³ /s |
| - Un gruppo composto da una turbina Francis ad asse orizzontale | |
| o Potenza installata | 20 MW |
| o Salto medio | 166 m |
| o Portata | 14.0 m ³ /s |
| - Un gruppo per servizi ausiliari composta da una turbina Francis ad asse orizzontale | |
| o Potenza installata | 0.8 MW |
| o Salto medio | 166 m |
| o Portata | 0.6 m ³ /s |
| Volume del serbatoio di Guadalami: | 1 Mio m ³ |

| | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Volume d'invaso - Volume utile di regolazione - Volume di laminazione | <p>$1.038 \cdot 10^6 m^3$</p> <p>$0.774 \cdot 10^6 m^3$</p> <p>$0.106 \cdot 10^6 m^3$</p> |
| <p>Superficie del serbatoio di Guadalami:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alla quota di massimo invaso - Alla quota massima di regolazione - Alla quota minima di regolazione | <p>$0.128 km^2$</p> <p>$0.122 km^2$</p> <p>$0.060 km^2$</p> |
| <p>Superficie del bacino imbrifero</p> <ul style="list-style-type: none"> - Direttamente sotteso - Allacciato | <p>$40.40 km^2$</p> <p>$3.75 km^2$</p> |
| <p>Canale di scarico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lunghezza tratto pelo libero - Lunghezza tratto in pressione - Capacità dallo scarico di superficie - Capacità dallo scarico di fondo | <p>$71 m$</p> <p>$135.75 m$</p> <p>$120 m^3/s$</p> <p>$35 m^3/s$</p> |
| <p>Pozzo piezometrico con strozzatura, a canna circolare costante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diametro - Altezza | <p>$12 m$</p> <p>$57.60 m$</p> |
| <p>Condotta forzata metallica libera in galleria:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lunghezza - Diametro | <p>$63 m$</p> <p>$4.50 m$</p> |
| <p>Condotte forzate metalliche (2) posizionate all'aperto dopo una biforcazione</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lunghezza - Diametro | <p>$3.00 m$</p> <p>$250 m$</p> |

Tabella 1: Informazioni tecniche generali sull'impianto Guadalami

Il canale di restituzione delle acque della centrale è a pelo libero, collocato su un lato del fabbricato della centrale, lungo circa m. 70 con sezione interna rettangolare di m. 8,00 di larghezza per m. 18,40 di altezza. In questo canale recapitano 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 svasso) e di m. 438,50 s.l.m. (di normale esercizio).

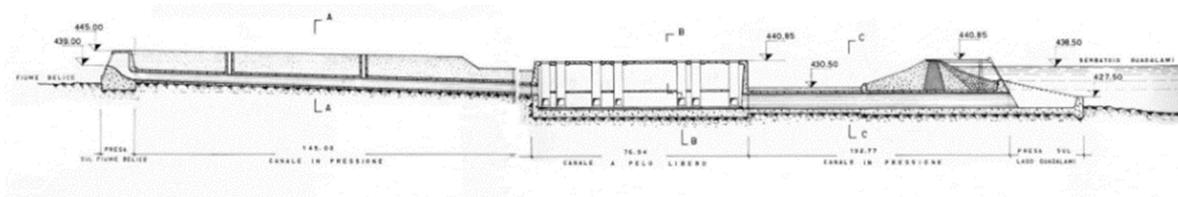


Figura 3: Profilo longitudinale canale di presa e restituzione (ENEL, 2013)

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 Guadalami.

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.

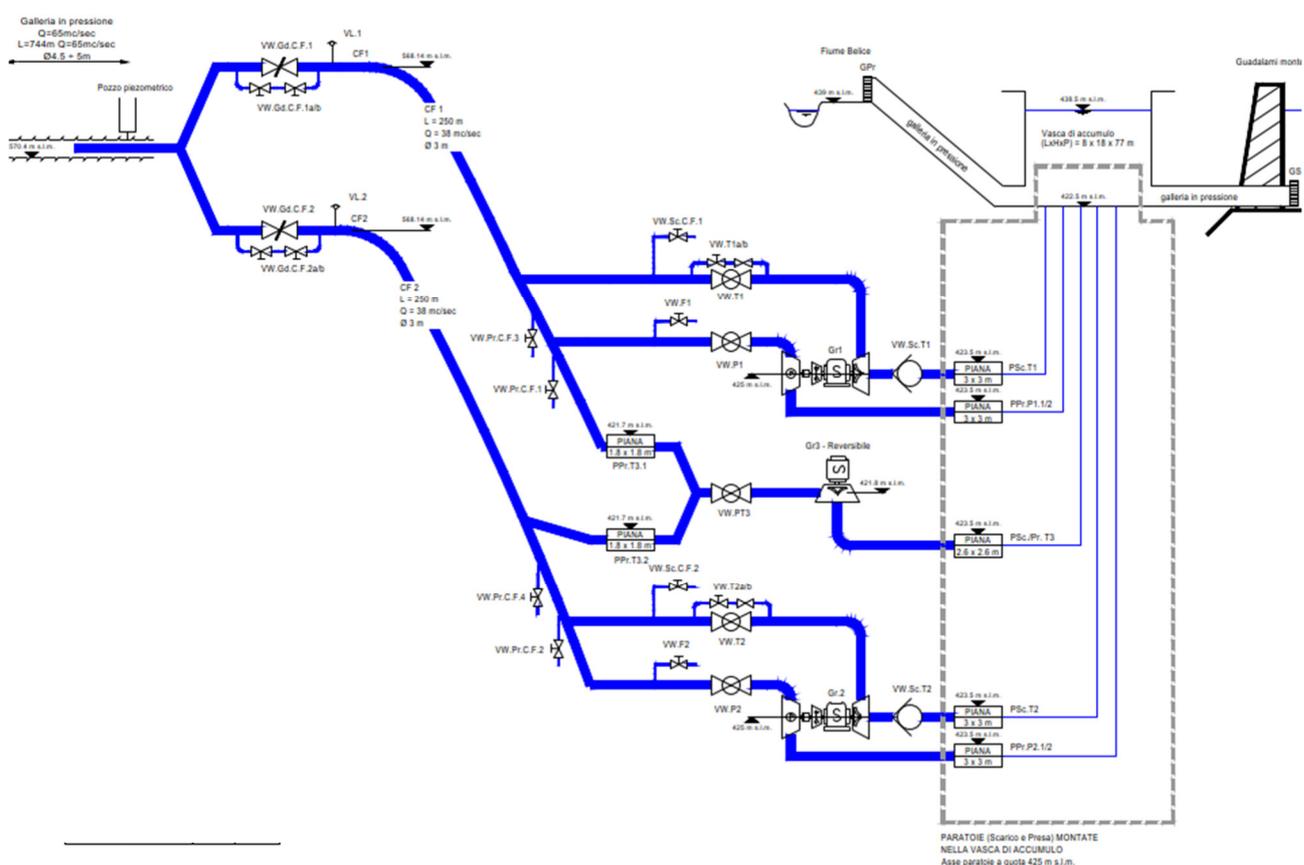


Figura 4: Schema idraulico d'impianto nella configurazione attuale

Le acque che eventualmente potranno sfiorare 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 m s.l.m. costruita sul corso del Belice destro a circa 150 metri a monte della centrale, e di un canale in pressione a sagoma policentrica di m. 4 per m. Lo schema idraulico complessivo dell'impianto è riportato in Figura 4.

1.4 Documenti analizzati

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, comprendente:

- Consistenza delle opere
- Documentazione di collaudo
- Campagne di misure ambientali direttamente eseguite
- Informazioni geologiche
- Documenti di gestione degli invasi
- Studi di fattibilità e documentazione relativa a interventi tecnici pregressi

In particolare, i riferimenti bibliografici sono i seguenti:

- [1] 2021 Report Studio fattibilità pompaggio Guadalami-Piana degli Albanesi 20MW_final
- [2] 2000, Foglio di condizioni per l’esercizio e la manutenzione – dighe di Guadalami valle e Guadalami monte in comune di Piana degli Albanesi, Monreale (PA);
- [3] 2011, Enel – Impianto idroelettrico Guadalami: schema idraulico;
- [4] 2020, Enel – Guadalami: schema unifilare;
- [5] 1960, SGES Società Generale Elettrica della Sicilia – centrale di Guadalami: disposizione d’impianto
- [6] 1959, SGES Società Generale Elettrica della Sicilia Palermo – centrale di Guadalami: III gruppo disposizione d’impianto
- [7] 1958, Co.Si. A.C. SpA - centrale di Guadalami: sezione trasversale generica della centrale
- [8] ENEL, Ingegneria Civile Idraulica Napoli – Impianto Idroelettrico di Guadalami, documento di consistenza ed esercizio, 2013
- [9] Servizio Nazionale Dighe – Foglio di Condizioni per l’Esercizio e la Manutenzione, dighe di Guadalami e Piana degli Albanesi, 2000
- [10] TERNA, Impianti di Generazione (www.terna.it/it/sistema-elettrico/statistiche/publicazioni-statistiche)
- [11] Biosurvey: Curve d’invaso del Lago di Piana degli Albanesi (2015)

Il documento di consistenza ed esercizio dell’impianto, [8], citato più volte come “ENEL, 2013”, redatto nel settembre 2013 dalla sezione di Ingegneria Civile e Idraulica di Napoli riporta diverse immagini d’archivio, anche storiche.

1.5 Fasi di lavoro

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 del gruppo;
- Collaudo finale del gruppo.

1.6 Variazioni indotte sulle escursioni di livello nei serbatoi

Al fine di valutare la stabilità delle sponde degli invasi è necessario considerare le oscillazioni dovute all'esercizio dell'impianto nella nuova configurazione di pompaggio e nella configurazione di generazione.

Sulla base dei livelli di esercizio autorizzati e dello storico dei livelli stessi si sono considerate diverse condizioni al contorno nelle due fasi di esercizio. Il dettaglio dei calcoli è basato essenzialmente sul bilancio dei volumi tra i due serbatoi nell'ipotesi di pompaggio puro e su alcune possibili previsioni relativamente alla durata dalle fasi di esercizio.

Per il serbatoio di monte di piana degli Albanesi la condizione iniziale considerata è quello corrispondente alla quota di 605.00 m s.l.m., pari ad un volume invasato di $9.69 Mm^3$, un valore vicino al livello baricentrico dell'invaso [11].

Il volume del serbatoio di valle, bacino di Guadalami, è molto limitato, da qui una escursione complessiva di 18 metri.

Anche per il serbatoio di valle sono considerate durate diverse delle fasi di funzionamento, assumendo a riferimento come condizioni iniziali la quota minima di esercizio all'inizio della fase di generazione, e la quota massima all'inizio della fase di pompaggio.

Di seguito si presentano i risultati di escursione nelle diverse condizioni iniziali per entrambi gli invasi, considerando il funzionamento a piena potenza di tutti i gruppi disponibili, per un numero di ore differente.

Per ovvi motivi i tempi massimi considerati in generazione sono inferiori rispetto a quelli in pompaggio, che arrivano a tempi massimi di ciclo di 8 ore. Sono indicati con V_p e V_r rispettivamente il volume processato nella fase di riferimento ed il volume utile dell'invaso rimanente.

| Invaso di Piana degli Albanesi | | | | | |
|--------------------------------|-----------------------------|------------|----------------------------------|----------------------------------|--------|
| Fase | Portata [m ³ /s] | Durata [h] | V _p [m ³] | V _r [m ³] | ΔH [m] |
| Pompaggio | 37,2 | 4 | 535'680 | 10'229'346 | 0.23 |
| | | 6 | 803'520 | 10'497'186 | 0.25 |
| | | 8 | 1'071'360 | 10'765'026 | 0.47 |
| Generazione | 56,6 | 4 | 815'040 | 8'878'626 | -0.32 |
| | | 6 | 1'222'560 | 8'471'106 | -0.50 |
| | | | | | |

Tabella 2: Escursione dell'invaso di Piana degli Albanesi con condizione iniziale baricentrica

| Invaso di Guadalami | | | | | |
|---------------------|-----------------------------|------------|----------------------------------|----------------------------------|--------|
| Fase | Portata [m ³ /s] | Durata [h] | V _p [m ³] | V _r [m ³] | ΔH [m] |
| Pompaggio | 37,2 | 4 | 535'680 | 693'320 | -4.62 |
| | | 6 | 803'520 | 425'480 | -7.65 |
| | | 8 | 1'071'360 | 157'640 | -12.05 |
| Generazione | 56,6 | 4 | 815'040 | 815'040 | 14.60 |
| | | 6 | 1'222'560 | 1'222'560 | 16.94 |
| | | 8 | | | |

Tabella 3: Escursione dell'invaso di Guadalami

È importante notare come le oscillazioni dei livelli nei due serbatoi esistenti non varino sostanzialmente nella configurazione di progetto, non venendo modificata la portata turbinata ed aumentando quella in pompaggio di soli 10 m³/s. I volumi d'acqua processati saranno gli stessi, ma la maggiore capacità di pompaggio provocherà uno svuotamento più rapido dell'invaso di Guadalami.

2. DIMENSIONAMENTO GRUPPO DI POMPAGGIO

2.1 Obiettivi del Progetto

Enel GP ritiene opportuno rendere l'impianto di Guadalami più versatile con l'installazione di un nuovo gruppo reversibile al fine di incrementare la capacità di pompaggio dell'impianto e poter fruire di una maggiore flessibilità operativa nella fornitura dei servizi di regolazione di rete.

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, la portata in pompaggio è il limite tecnico corrispondente della macchina nel funzionamento reversibile.

Il progetto prevede di:

- Incrementare la potenza in pompaggio dell'impianto;
- Migliorarne la capacità in regolazione, con installazione di una macchina a giri variabili governata da inverter statico;
- Consentire la fornitura di altri servizi di rete: regolazione di frequenza sia in generazione sia in pompaggio, fornitura di potenza reattiva, ecc..
- Mantenere le portate di progetto invariate rispetto ai valori già autorizzati negli atti di concessione

2.2 Descrizione delle opere a progetto

La posa in opera di un gruppo di potenza ad asse verticale prevede 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. Nel seguito del presente rapporto sono illustrate le fasi di scavo, demolizione e posa della tubazione di scarico.

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
- massimizzare i rendimenti idraulici
- ridurre le attività civili.

Il limite di fornitura è indicato nella Figura 5 che illustra lo stato di fatto, con il Gruppo 3 attualmente in esercizio.

La struttura del nuovo gruppo di generazione è la seguente (rif. 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 CFMS 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 |

Per i particolari sulle installazioni elettriche si rimanda alla Relazione Elettromeccanica (GRE.EEC.R.14.IT.H.16031.00.005).

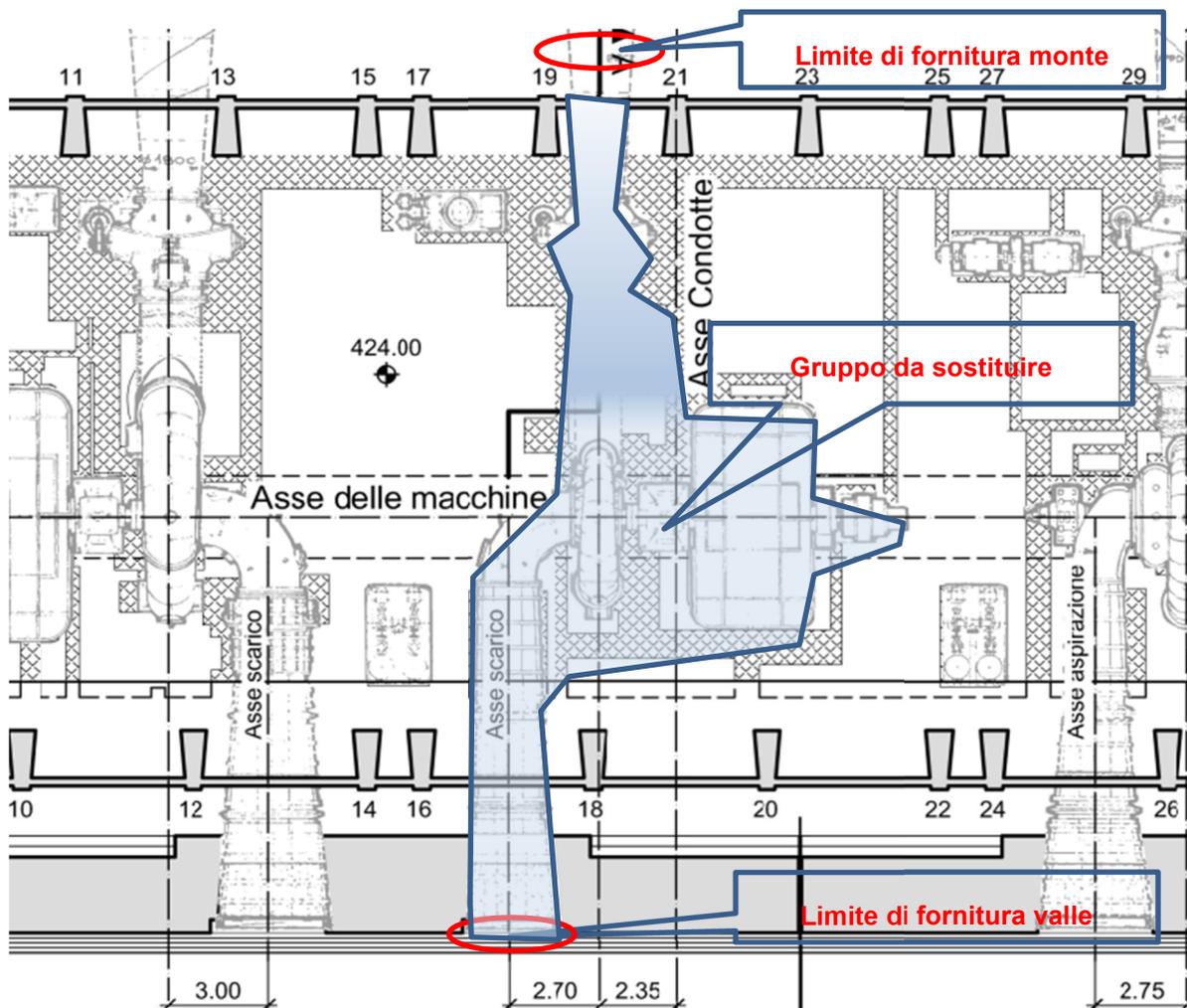


Figura 5: Indicazione del limite di fornitura per le attività interne alla centrale.

2.3 Condizioni al contorno

I principi di progetto adottati per il corretto dimensionamento del gruppo macchine 3 (Gr. 3) e degli appositi organi di sicurezza sono le seguenti:

| Ambito | Principio di progetto |
|-----------|---|
| Meccanico | Riutilizzo delle condotte fino al limite di fornitura. |
| Elettrico | Potenza massima di generazione limitata alla configurazione esistente. Riutilizzo dei servizi ausiliari comuni. Gruppo completamente regolato con inverter di tipo FSFC |
| Idraulico | La nuova capacità di pompaggio deve essere adeguata rispetto all'infrastruttura idraulica esistente. L'altezza minima d'aspirazione per il pompaggio dovrà essere verificata in tutte le condizioni. |

Tabella 4: Condizioni al contorno valutate in fase di progetto

Le verifiche idrauliche riguardano la sommergenza dell'opera di presa ed i transitori che si realizzano nel pozzo piezometrico nelle seguenti condizioni di transitorio:

- Apertura degli organi idraulici delle turbine in fase di generazione
- Chiusura rapida del distributore in fase di generazione
- Avvio delle macchine idrauliche in fase di pompaggio
- Arresto delle pompe con tempistiche diverse

Le verifiche idrauliche dell'infrastruttura sono illustrate, in tutte le condizioni di funzionamento della nuova configurazione, nella Relazione Idraulica (GRE.EEC.R.14.IT.H.16031.00.004.00).

2.4 Connessione alla RTN

A seguito di richiesta di connessione alla RTN per la centrale di Guadalami, così come risultante dal rinnovamento del gruppo 3, Terna ha risposto in data 01 febbraio 2022 fornendo la STMG, in cui si indica:

“La soluzione tecnica minima generale per Voi elaborata prevede che per la Vs. centrale venga mantenuto l'attuale schema di connessione”.

Pertanto, nessuna modifica o attività speciale è da effettuare sul montante AT del gruppo 3 di Guadalami.

In altri termini il Gestore della Rete di Trasmissione esprime 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, con riferimento alla sostituzione del TR3 esistente da 30 MVA di Guadalami seguono alcune considerazioni tecnico-normative in base a quanto a oggi vigente.

La macchina TR3 esistente (costruttore Getra, anno 2014) è posizionata tra altre due (TR1 e TR2), e insiste sopra una tramoggia che è originariamente dimensionata per raccogliere tutto l'olio contenuto; a tal proposito, si rammenta che in tempi passati era presente altra macchina di analoga potenza (costruttore Breda SpA, anno 1961), che conteneva 30 T di olio (equivalenti a stimati 34,09 m³). Si ritiene pertanto che la capacità attuale della tramoggia sia pari a quella originaria, stimata cautelativamente quindi in almeno 35 m³. Tale volume disponibile appare ampiamente sufficiente alle necessità del nuovo trasformatore TR3, che in questa fase si stima possa contenere tra 18 e 25 T di olio.

L'olio raccolto dalla tramoggia viene poi fatto confluire in un serbatoio sotterraneo cieco. Non sussistono problemi in termini di capacità per quanto attiene alla capacità di stoccaggio dell'olio del serbatoio, che è unico per tutte e tre le macchine installate: esso risulta dimensionato per un volume di contenimento complessivo pari a 133,76 m³.

Sono state inoltre verificate le interdistanze necessarie tra le diverse macchine, in base alla normativa tecnica cui si fa riferimento. Ai sensi della vigente normativa antincendio, ci si riferisce alla Tabella A del Titolo II Capo II della Regola Tecnica di cui al DM 15 luglio 2014, di seguito presentata:

| POTENZA NOMINALE [MVA] | DISTANZA [m] |
|------------------------|--------------|
| Oltre 1 fino a 10 | 3 |
| Oltre 10 fino a 40 | 5 |
| Oltre 40 fino a 200 | 10 |
| Oltre 200 | 15 |

Tabella 5: Distanze tra trasformatori, ex DM 15 luglio 2014, Tabella A

Dalla tabella si ricava che nella fattispecie del nuovo TR3 il valore di riferimento è pari a 5 m.

Ai sensi delle norme elettrotecniche, che per quanto espresso dalla legge 186/1968 sono a tutti gli effetti legge per lo stato italiano, si nota che la CEI EN 61936-1:2014-09 all'art. 8.7.2.1 e nella tabella 3 allegata riportano altre valutazioni, che fanno emergere che il valore di riferimento diventa pari a 10 m se il quantitativo dell'olio contenuto dal trasformatore supera i 20 m³.

Diventa dunque importante comprendere il volume effettivo dell'olio della nuova macchina che verrà installata: qualora esso possa essere inferiore al limite di 20 m³, il limite dell'interdistanza tra i trasformatori affiancati sarà pari a 5 m; qualora superiore ai 20 m³ (ma inferiore a 45), il limite passerà a 10 m. Sulla base delle informazioni disponibili, che sono coerenti e reperite sia dai disegni di consistenza che da immagini satellitari e fotografie, si estrapola che, in base alla situazione attuale, che vede posizionato al posto indicato con TR3 un trasformatore Getra da 31 MVA, l'interdistanza o luce esistente tra il TR3 e le macchine adiacenti è di circa 12,5 m. È stato appurato che il nuovo TR3 da 30 MVA che sostituirà l'attuale da 31 MVA avrà dimensioni comparabili, e si esclude che queste superino di oltre 5 m lineari le attuali: questo permette di affermare che anche con la nuova macchina di trasformazione, le interdistanze risultanti tra le macchine adiacenti non scenderanno sotto i 10 m lineari.

3. REALIZZAZIONE DI SCAVI E DEMOLIZIONI

A seguito della modellazione geologica si sono ricavate le sezioni geologiche da cui emerge come la centrale di Guadalami si sviluppi attraverso il contatto tettonico tra due unità geologiche: la Formazione Hybla (CA) a nord e la F.ne di San Cipirello (MA) a sud. La faglia è orientata circa 185/65 e passa circa al centro dell'impronta della centrale, proprio in prossimità della zona di intervento. La faglia non è visibile sul terreno ma la sua posizione è stata definita partendo dai dati bibliografici del periodo di realizzazione dell'opera e prendendo in considerazione le evidenze geomorfologiche. Questa condizione fa sì che sussista un livello di incertezza nella sua posizione, stimato in circa 30-40 m, sulla base delle informazioni geologiche disponibili.



Figura 6: Sezione geologica longitudinale

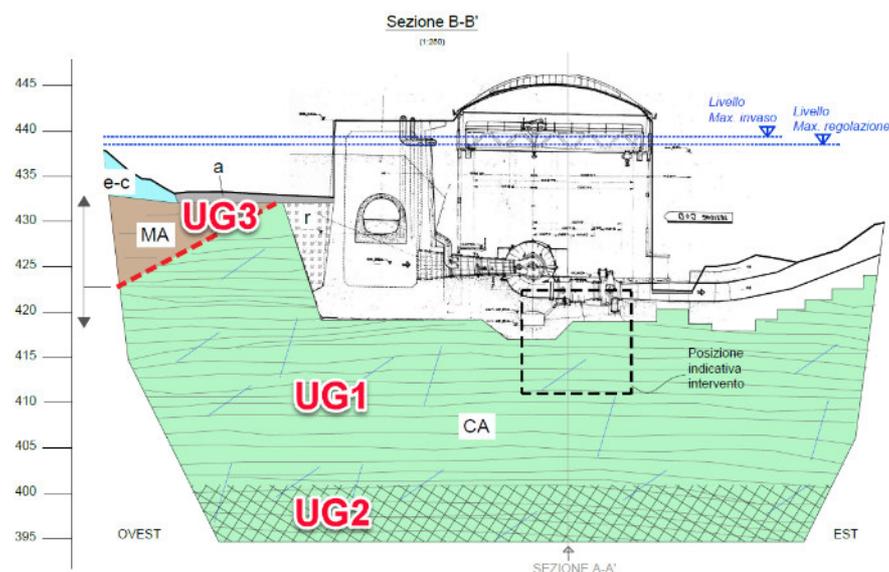


Figura 7: Sezione geologica trasversale

uno sviluppo complessivo di 16 metri. La pendenza del cunicolo si ridurrà in maniera trascurabile, dall'attuale 1% a 0,9%, elemento che non ne pregiudica il funzionamento idraulico.

Durante i lavori le estremità del cunicolo saranno tamponate con muratura al fine di consentire il servizio degli altri due gruppi. Una pompa di aggotamento consentirà di allontanare l'acqua dal tratto di canale che non ha garantita la continuità.

Lo smontaggio del gruppo attualmente in esercizio ed il montaggio del nuovo gruppo saranno realizzati mediante l'utilizzo del carro ponte. Il carro ponte sarà nuovamente collaudato prima dell'utilizzo per l'attività specifica e nel caso non si rivelasse idoneo, si provvederà alla sua sostituzione preliminare.

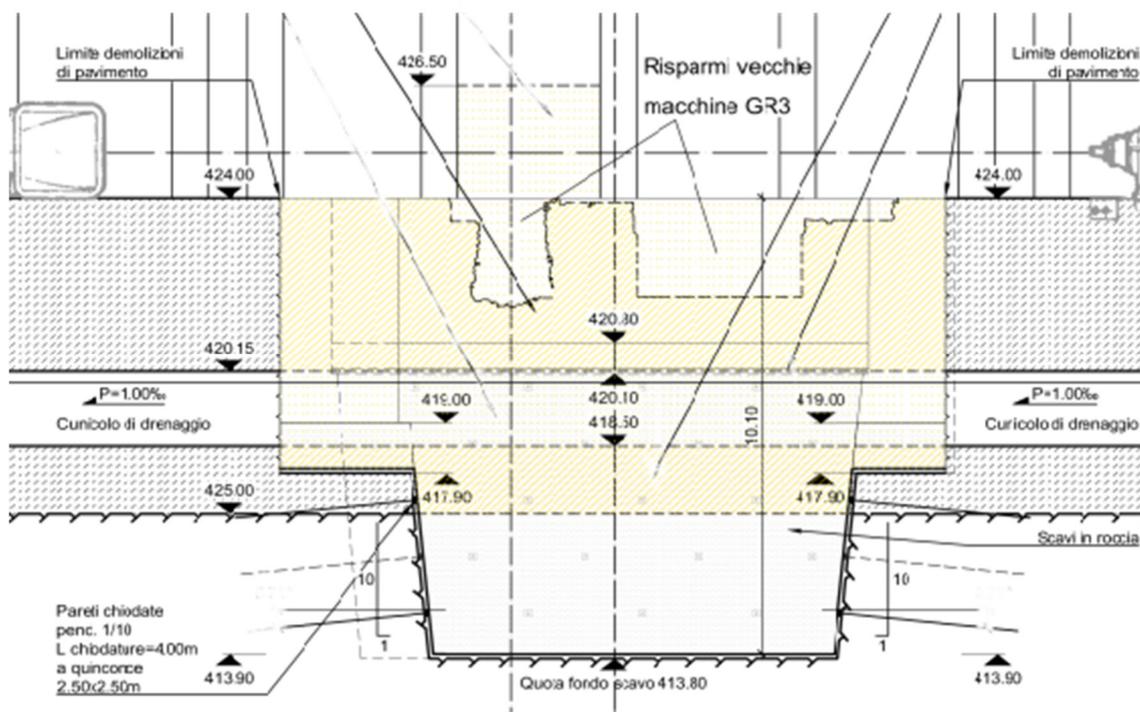


Figura 9: Particolare degli scavi nella zona del cunicolo di drenaggio.

4. NUOVO SCARICO – SOLUZIONI STRUTTURALI

4.1 Configurazione dello scarico, scelte geometriche

Il nuovo gruppo sarà installato nella posizione del gruppo 3 attualmente in esercizio.

Questo nuovo gruppo reversibile ad asse verticale sarà posizionato come visibile in Figura 10. Lo scarico del nuovo gruppo dovrà fungere anche da presa di aspirazione, per la configurazione di pompaggio, ed avrà una posizione planimetrica differente rispetto al precedente, che sarà quindi tamponato.

Al fine di progettare in modo più performante lo scarico, sono state valutate tre varianti di tracciato e collegamento al serbatoio di carico. L'opzione scelta è lo sbocco in sinistra, un tracciato che consente di minimizzare la lunghezza della tubazione e di evitare un consistente ingresso di detriti e materiale solido nella condotta.

Il nuovo scarico sarà presidiato con una paratoia piana, normalmente aperta, di nuova fornitura.

Lo schema concettuale di intervento strutturale, descritto nel seguito, fornisce delle indicazioni sulle modalità di consolidamento statico delle fondazioni, eseguita in modo da poter ricavare, proprio all'interno delle stesse, un vano idoneo al passaggio della nuova tubazione. Il consolidamento proposto consente di eseguire i lavori di scavo e demolizione, e di dare stabilità anche nella nuova condizione di progetto.

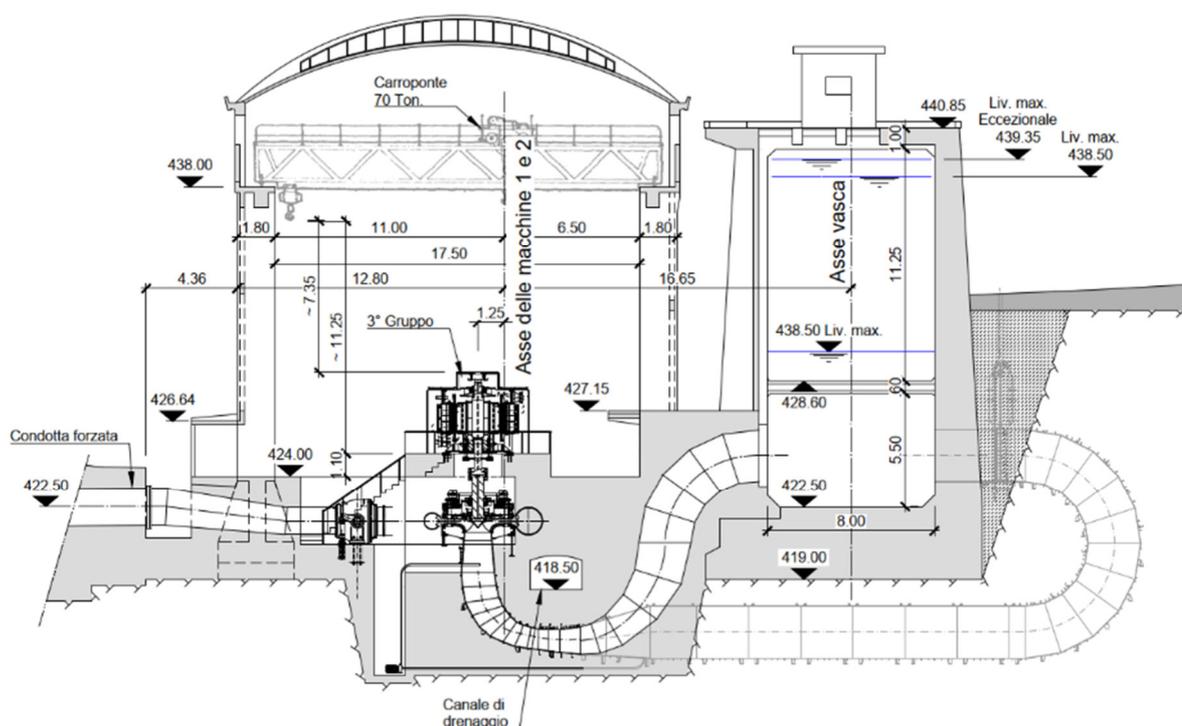


Figura 10: Posizionamento di progetto gruppo macchina 3 con due alternative di tracciato

4.2 Intervento di stabilizzazione delle fondazioni

Viene proposto un intervento strutturale nella zona dove è previsto il passaggio della nuova tubazione di scarico ed aspirazione connessa al nuovo reversibile.

La soluzione proposta si configura come un intervento locale secondo NTC2018 §8. In altre parole, si apporta una modifica ad una porzione limitata della struttura, senza di fatto modificarne il comportamento d'assieme.

Il progetto impiantistico richiede l'installazione di una nuova valvola di macchina, in posizione planimetrica identica rispetto a quella esistente (tra gli allineamenti che nella tavola GRE.EEC.D.14.IT.H.16031.00.027 sono indicati con 19 e 21).

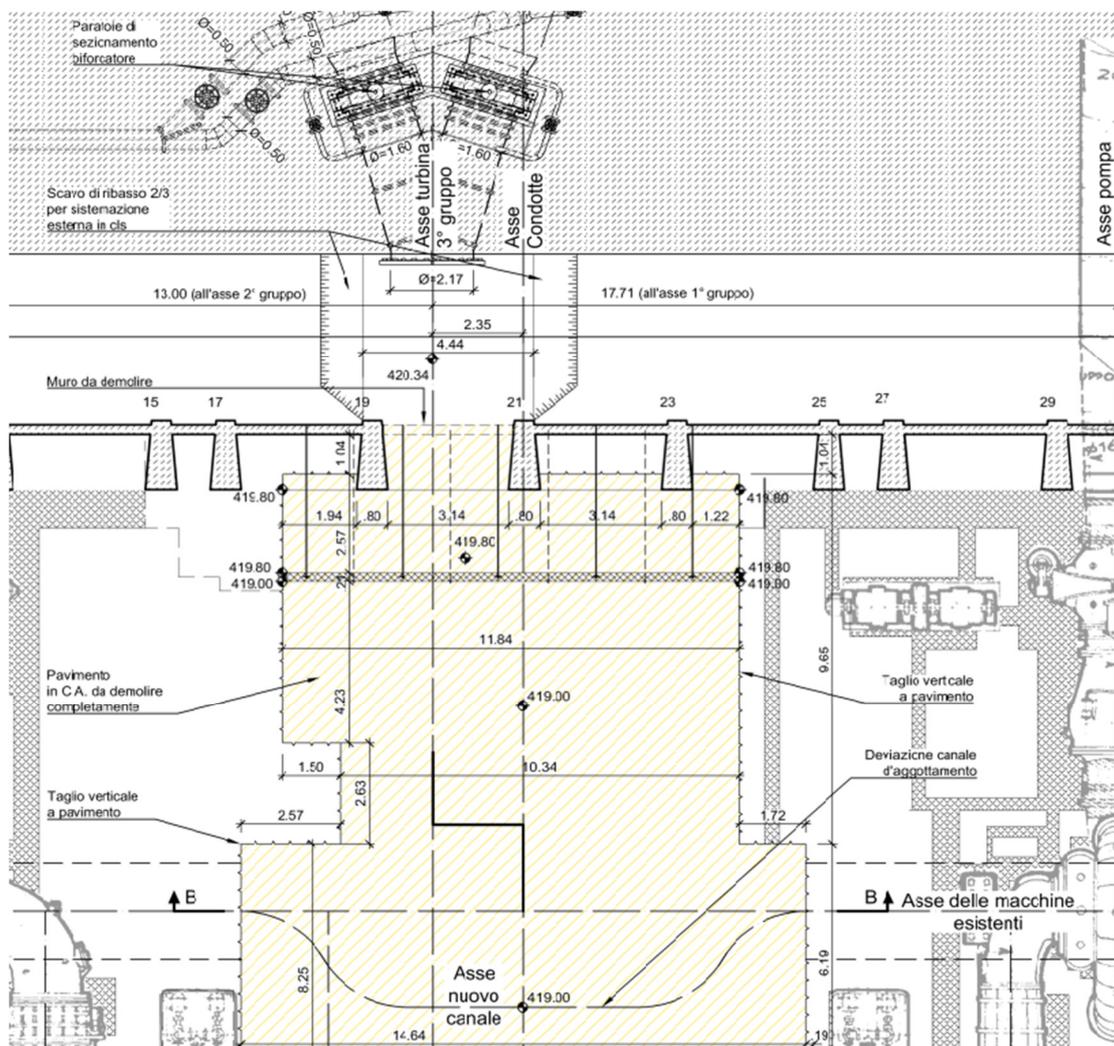


Figura 11: Scavi nella zona di installazione della nuova valvola di macchina

La diversa tipologia della nuova installazione causa, considerando la conformazione della condotta di scarico, un'interferenza con la suola di fondazione della trave rovescia in cemento armato e la passerella di servizio superiore, sul lato dell'edificio centrale adiacente al manufatto di scarico.

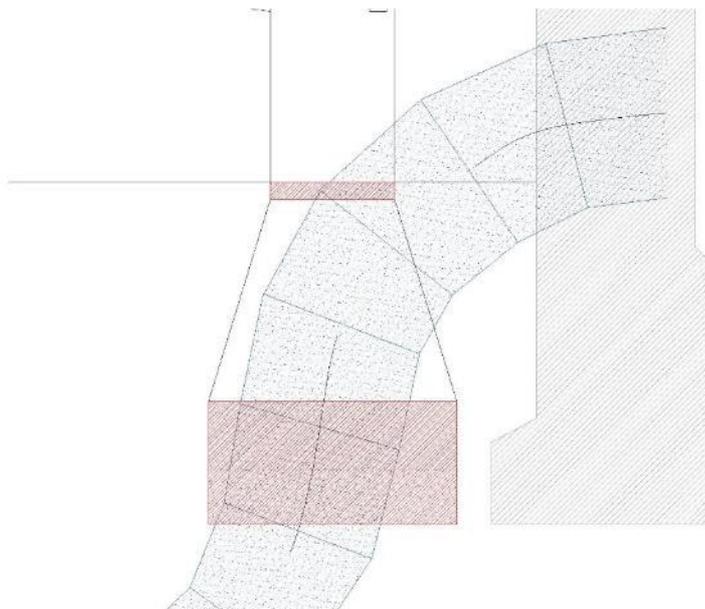


Figura 12: Interferenza tra struttura e nuova condotta

Per consentire l'alloggiamento della tubazione è quindi necessario prevedere la demolizione localizzata degli elementi interferenti. Nel caso del camminamento superiore, trattandosi di elemento secondario, se ne prevede la demolizione senza alcun intervento di ripristino strutturale mentre per la trave di fondazione (elemento portante principale) è necessario prevedere un intervento di rinforzo sia per le fasi di cantiere che in fase definitiva.

4.3 Fasi esecutive

L'intervento previsto è così articolato:

- **FASE 1.** Realizzazione di n.4x22 micropali trivellati $\phi 160$, armati con tubo $\phi 101.6$, sp.10mm, da intestare nel substrato roccioso, realizzati con iniezione unica globale (IGU).
- **FASE 2.** Scavo/demolizione fino a quota estradosso fondazione esistente (+420.80)
- **FASE 3.** Realizzazione di getti massivi a solidarizzazione dei micropali con la struttura di fondazione esistente, opportunamente collegati mediante barre inghisate e passanti.
- **FASE 4.** Demolizione di parte della suola di fondazione e della passerella superiore interferenti.

Al termine della fase 4 sarà posata la nuova tubazione. Successivamente lo scavo verrà ripristinato con un riempimento in calcestruzzo al fine di solidarizzare quanto precedentemente realizzato, così da garantire la stabilità oltre che nella fase di cantiere anche nell'esercizio a lungo termine nella nuova configurazione. Di seguito sono riportati gli schemi di intervento previsti.

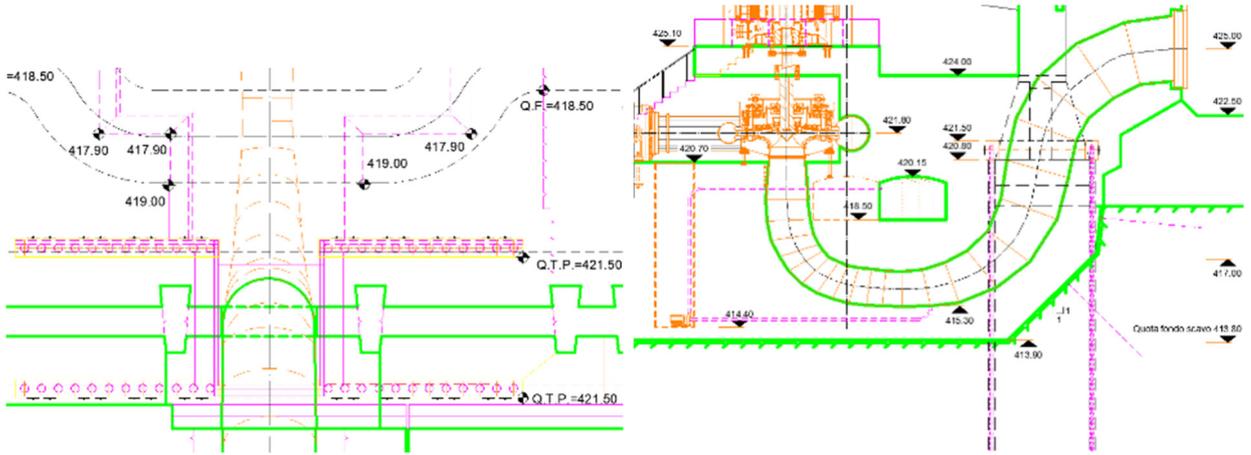


Figura 13: Fase 1, realizzazione di cortine di micropali, vista in pianta ed in sezione

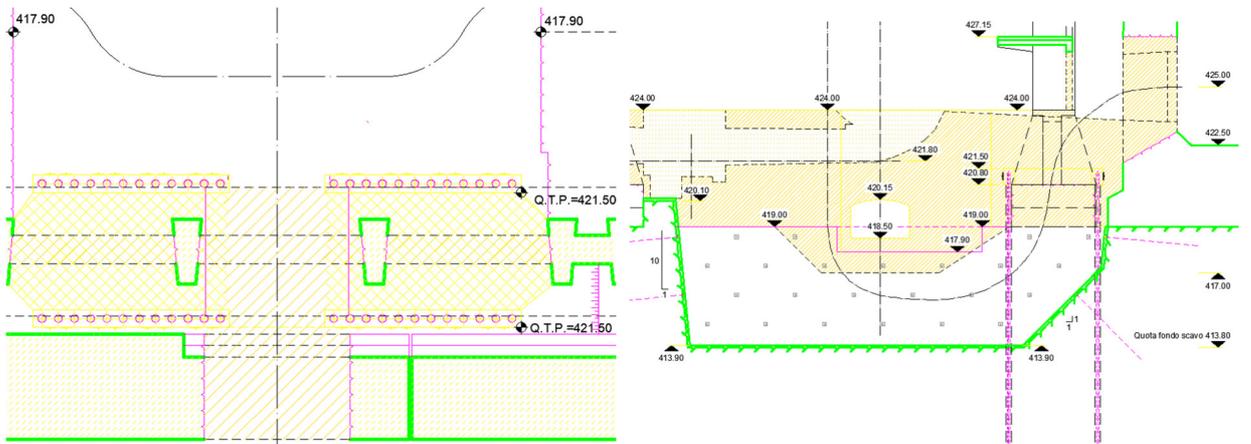


Figura 14: Fase 2, scavi e demolizioni fino alla quota di posa

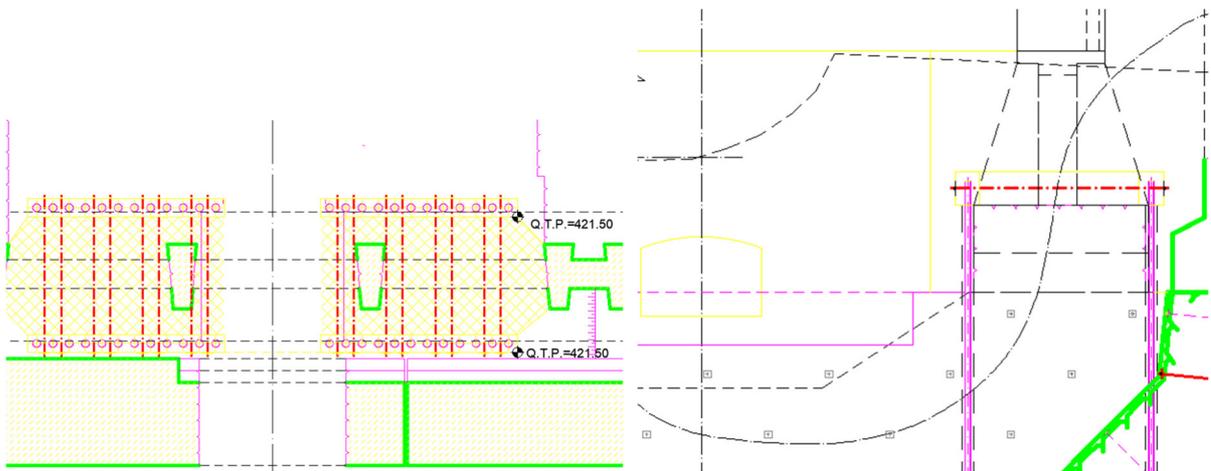


Figura 15: Fase 3, solidarizzazione delle cortine di micropali

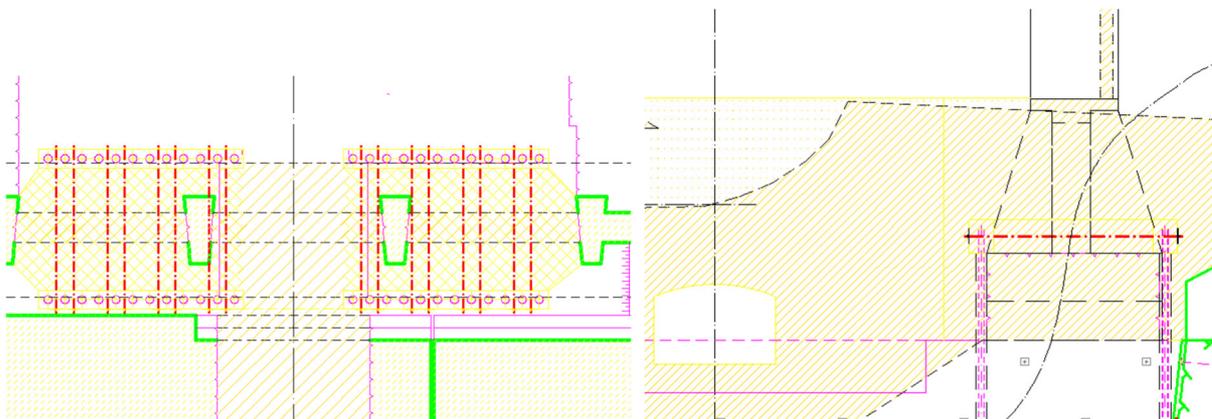


Figura 16: Fase 4, demolizione delle parti interferenti con la posa della condotta

Il montaggio della condotta sarà eseguito mediante il carroponete, come il montaggio del gruppo reversibile. La descrizione del macchinario e delle parti accessorie è riportata nella relazione Elettromeccanica (GRE.EEC.R.14.IT.H.16031.00.005).

5. CONCLUSIONI

Enel Green Power S.p.A. ha affidato a Lombardi SA l'incarico professionale di ingegneria per la Progettazione Definitiva dell'intervento di potenziamento dell'impianto idroelettrico di Guadalami, sito nei Comuni di Piana degli Albanesi e di Monreale.

L'intervento intende incrementare la potenza complessiva disponibile in pompaggio, mediante la sostituzione di un gruppo di potenza. Il nuovo gruppo è previsto in sostituzione di un esistente gruppo di sola generazione ed avrà analoga potenza installata, pari a 20 MW. La presente relazione descrive gli aspetti tecnici dell'intervento in progetto, con riferimento alla parte civile ed ai principali aspetti elettromeccanici rimandando alle altre relazioni specialistiche le tematiche idrauliche, elettromeccaniche specifiche e di cantiere.

L'intervento previsto ricade nella categoria dei pompaggi puri.

Gli interventi previsti sono:

- Smontaggio del gruppo esistente;
- Installazione della nuova paratoia di scarico;
- Demolizioni e scavi per la realizzazione dell'alloggio del nuovo gruppo
- Scavo per il collegamento del diffusore al serbatoio di carico
- Installazione del nuovo GR3 reversibile a velocità variabile;
- Installazione del nuovo trasformatore GSU nella sottostazione AT esterna;
- Realizzazione delle connessioni a diversa tensione
- Collaudo finale del gruppo.

Giubiasco, 10 Giugno 2022

Lombardi SA

ViM/MFr