

AVAILABLE LANGUAGE: IT

Impianto San Giacomo III
Installazione di un nuovo gruppo di pompaggio
Comune di Fano Adriano (TE)

Progetto Definitivo per Autorizzazione
**RELAZIONE DESCRITTIVA
DELL'ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE**

File: GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.062.01 Relazione cantiere.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED																
01	12/11/2022	<i>Emissione finale</i>	M. Vicentini C. Piccinin	F. Maugliani	A. Balestra																
00	12/08/2022	<i>Emissione per revisione Cliente</i>	M. Vicentini C. Piccinin	F. Maugliani	A. Balestra																
GRE VALIDATION																					
---		Support Team:	Project Engineer: P. VIGANONI																		
COLLABORATORS		VERIFIED BY	VALIDATED BY																		
PROJECT / PLANT SAN GIACOMO III		GRE CODE																			
		GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT		SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION									
		GRE	EEC	D	9	9	I	T	H	1	7	1	7	0	0	0	0	6	2	0	1
CLASSIFICATION PUBLIC					UTILIZATION SCOPE PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE																
<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>																					

R.01	30.09.2022	ViM/PCap	MFr/Bal
R.00	20.07.2022	ViM/PCap	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	Documenti analizzati	1
2.	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	2
3.	AREE DI CANTIERE E ACCESSI	3
4.	ASPETTI DI CANTIERIZZAZIONE	10
4.1	Organizzazione dei diversi fronti	10
4.2	Modalità di scavo in sotterraneo	15
4.3	Descrizione degli interventi	17
4.4	Organizzazione e logistica del cantiere	17
4.4.1	Impresa civile	18
4.4.2	Impresa Idro-Elettromeccanica	19
4.4.3	Impostazione logistica	19
4.5	Bilancio dei materiali	23
4.6	Approvvigionamento del calcestruzzo	25
4.7	Impianto di frantumazione	26
5.	CRONOPROGRAMMA GENERALE DEI LAVORI	28
6.	PROGRAMMA DI INDISPONIBILITÀ DELL'IMPIANTO	30
7.	MONITORAGGIO DURANTE I LAVORI	32
7.1	Collimazione e livellazione	32
7.2	Estensimetri e perdite	32
7.3	Controllo delle vibrazioni	32
7.4	Controllo delle temperature del calcestruzzo	33
7.5	Modalità esecutive per gli interventi di sistemazione dei versanti	33

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Impianto di San Giacomo III – corografia e planimetria generale.....	2
Figura 2: Zone di intervento previste; le aree di cantiere sono concentrate negli ambiti indicati.....	3
Figura 3: Pista esistente lungo l'invaso di Piaganini, dalla SS 80.....	5
Figura 4: Pista di accesso all'area in fregio al lago vicino alle vasche di sedimentazione	6
Figura 5: Tratto finale della pista esistente.....	6
Figura 6: Invaso di Piaganini visto dalla diga	7
Figura 7: Indicazione delle strade principali tra la centrale di San Giacomo ed il lago Piaganini	8
Figura 8: Piazzale di accesso alla centrale di S. Giacomo e scarico nell'invaso di Piaganini	8
Figura 9: Galleria carrabile di accesso alla caverna di S. Giacomo.....	9
Figura 10: Keyplan della cantierizzazione.....	10
Figura 11: Area di cantiere per baraccamenti nei pressi del portale della galleria esistente (CC) ...	11
Figura 12: Aree di cantiere per realizzazione e accesso alla nuova galleria idraulica (CD)	12
Figura 13: Accesso alla zona a valle diga; in primo piano la risalita di falda	13
Figura 14: Vista dell'organo di scarico della diga di Piaganini	13
Figura 15: Area pozzo piezometrico, in adiacenza possibile zona di deposito materiale (CP)	14
Figura 16: Vista da drone: area di intervento per adeguamento pozzo piezometrico (nuove opere in rosso).....	14
Figura 17: layout delle aree di cantiere a valle della diga di Piaganini	20
Figura 18: Piazzale di ingresso all'esistente centrale di San Giacomo	22
Figura 19: Esempio impianto di frantumazione mobile	26

1. INTRODUZIONE

1.1 Contesto generale e scopo del lavoro

Enel SpA – HGT Design & Execution, ha affidato a Lombardi SA l'incarico professionale di ingegneria per la Progettazione Definitiva per Autorizzazione relativa ad un intervento di potenziamento in pompaggio dell'impianto idroelettrico di San Giacomo di proprietà di Enel Produzione SpA, in Comune di Fano Adriano (TE), mediante l'inserimento di un nuovo gruppo pompa.

L'impianto di San Giacomo, realizzato negli anni '50 e non oggetto di interventi, è stato ampliato negli anni '90 con una nuova centrale in caverna dotata di derivazione indipendente e denominata centrale di San Giacomo II. Questa, che deriva sempre dal serbatoio di Provvidenza restituendo nel serbatoio di Piaganini, è dotata di due gruppi di produzione: 1 turbina Pelton (Gr. 6) da 282.48 MW ed un gruppo Francis di tipo reversibile (Gr.7) da 56.30 MW: la capacità di pompaggio attuale è circa del 15% rispetto alla capacità in generazione.

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di una nuova caverna di Centrale contenente un nuovo gruppo pompa, collegato a monte al pozzo forzato di San Giacomo II ed a valle con una nuova galleria forzata direttamente al serbatoio di Piaganini.

Il nuovo ampliamento d'impianto denominato San Giacomo III consente l'incremento della potenza in pompaggio tra i due serbatoi. L'idea del potenziamento nasce per iniziativa delle strutture Tecniche di Enel Green Power con lo scopo di sfruttare al meglio la risorsa idrica disponibile, adeguandone l'utilizzo alle nuove esigenze di regolazione e servizi ancillari di rete.

L'obiettivo della presente Relazione è quello di descrivere l'organizzazione del cantiere, la gestione dello stesso nelle diverse fasi di cantiere e le problematiche annesse, anche con riferimento ai fuori servizio degli impianti attualmente in esercizio, alle tempistiche delle varie fasi, alle criticità delle singole lavorazioni ed alla gestione delle aree di lavoro. Le stime relative alla durata delle lavorazioni sono fatte compatibilmente con la fase progettuale.

1.2 Documenti analizzati

Per la redazione del presente rapporto è stato fatto riferimento ai documenti qui indicati:

- Elaborati grafici originali - Disegni di consistenza dell'impianto ricevuti da Enel GP
- Elaborati del presente Progetto Definitivo
- Cartografia on line (Google Earth® e cartografia regionale e catastale)

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

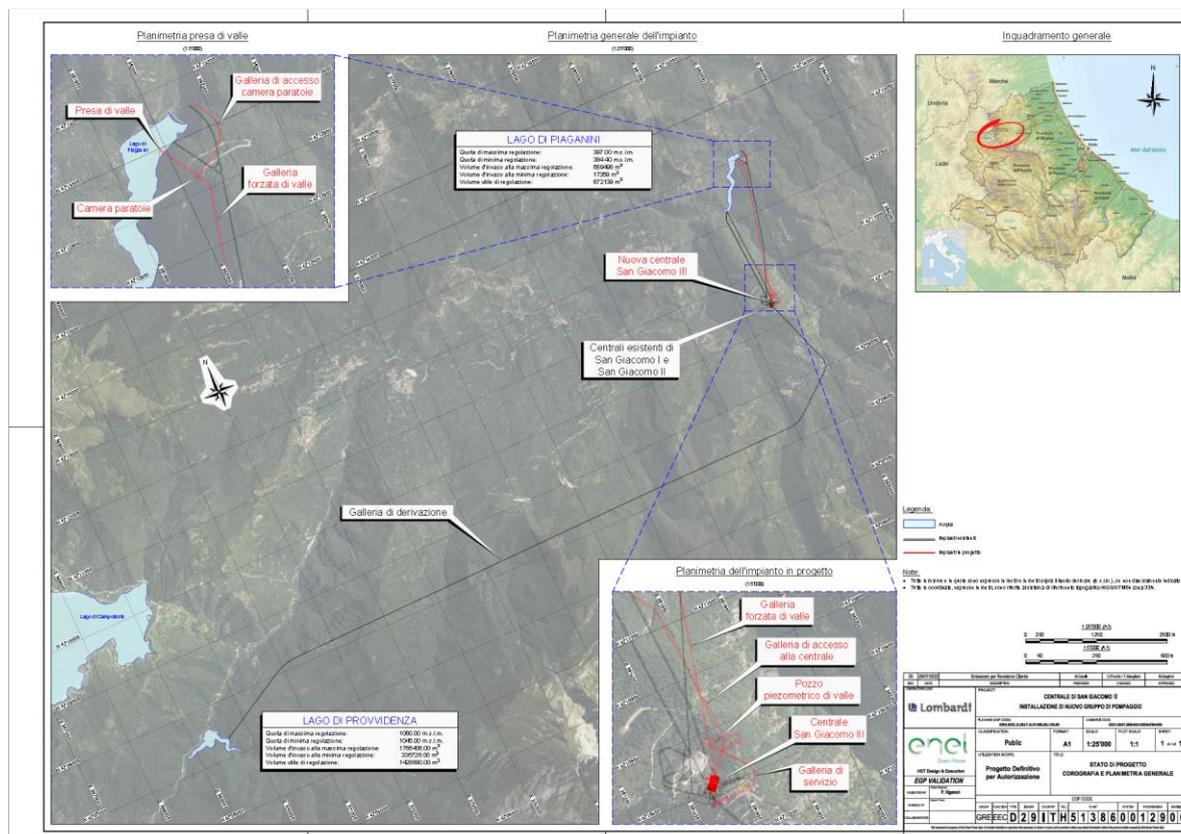


Figura 1: Impianto di San Giacomo III – corografia e planimetria generale

Il progetto prevede in sintesi l'esecuzione delle seguenti opere:

- realizzazione di una nuova caverna sotto le caverne esistenti in cui installare la nuova pompa, dotata di galleria accesso carrabile e galleria di via di fuga;
- connessione alla condotta forzata esistente di San Giacomo II;
- modifiche al pozzo piezometrico di monte finalizzate ad un aumento del volume disponibile;
- costruzione di una nuova galleria d'adduzione di valle e relativo nuovo pozzo piezometrico;
- costruzione di una nuova opera di restituzione/presa nel serbatoio di Piaganini, con camera paratoie in sotterraneo;
- connessione all'esistente trasformatore da 310 MVA, con commutazione rispetto al Gr.7 Pelton.

3. AREE DI CANTIERE E ACCESSI

3.1 Aree di cantiere

Per la realizzazione degli interventi in oggetto le possibili aree di cantiere sono state individuate sulla base delle caratteristiche topografiche, a fronte di un confronto con i Tecnici di ENEL GP ed in seguito ai sopralluoghi effettuati, tenendo conto delle proprietà del gruppo ENEL nella zona, anche nell'ottica di ridurre le interferenze.

Il cantiere si colloca in un'area montana ai piedi del Gran Sasso d'Italia, ad una distanza di circa 20 km dalla città di Teramo, in un contesto non particolarmente disagiata o impervio, con infrastrutture esistenti idonee ma spazi per le lavorazioni che sono da ricavare oculatamente.

Le superfici utili delle aree sono state definite in funzione delle lavorazioni previste e dei quantitativi dei materiali che verranno impiegati per la realizzazione delle opere, la cui quantificazione è riportata nel Computo metrico estimativo del Progetto Definitivo. L'indicazione delle aree di cantiere è contenuta nella tavola GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.063. In figura si indicano le principali aree di cantiere per semplicità di lettura:

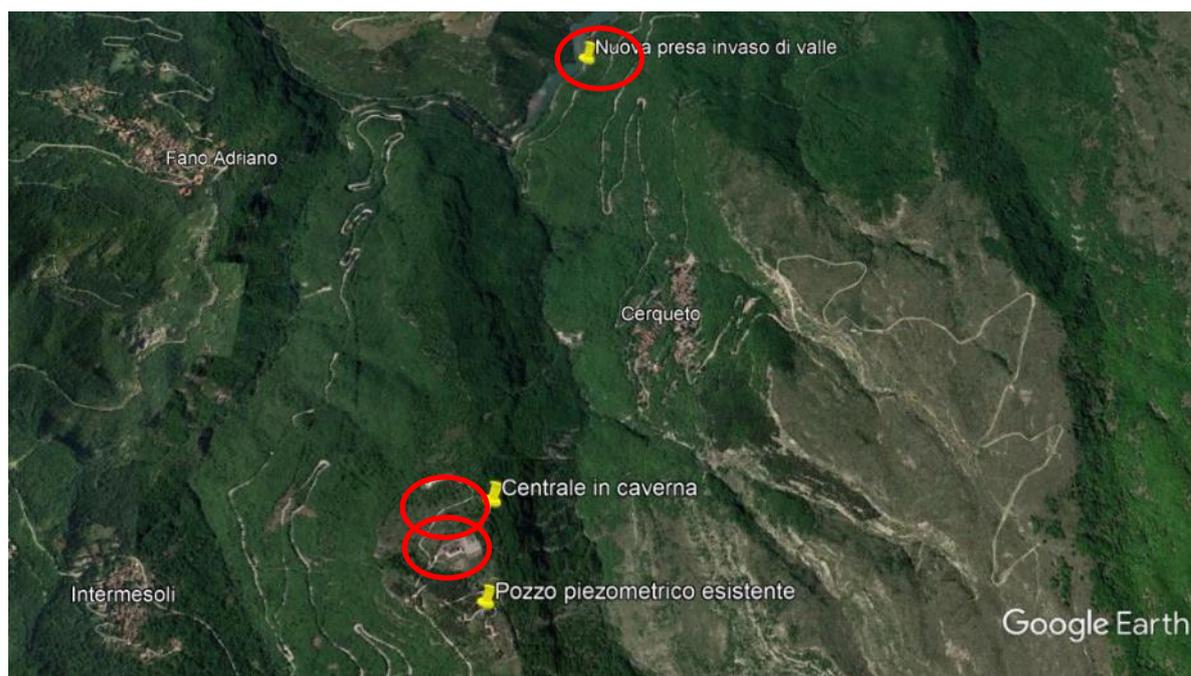


Figura 2: Zone di intervento previste; le aree di cantiere sono concentrate negli ambiti indicati

La centrale che ospiterà il nuovo gruppo pompa sarà realizzata completamente in sotterraneo. Sarà altresì realizzato lo stacco dal pozzo forzato mediante una camera tecnica che consentirà un collegamento idraulico adeguato alla nuova macchina, mediante una condotta dedicata. Dal punto di vista dell'accesso alla caverna, esso sarà realizzato con un tratto dedicato di galleria carrabile che parte all'interno della galleria esistente che consente l'accesso alla caverna dell'impianto di San

Giacomo. Il collegamento tra la caverna per il nuovo gruppo pompa e l'invaso di valle sarà realizzato mediante una galleria forzata idraulica dedicata, che terminerà nella presa di valle.

Nella zona del pozzo piezometrico esistente saranno eseguiti dei lavori di adeguamento del pozzo stesso, in relazione alle maggiori sollecitazioni di progetto, soprattutto in occasione della modifica profilo di produzione (da generazione a pompaggio e viceversa) e dei transitori. In particolare, sarà eseguita una copertura della luce dell'attuale pozzo piezometrico che verrà allungato ed innalzato mediante la realizzazione di un tratto obliquo ed una camera corticale rispetto al piano campagna. Sono inoltre previsti dei lavori sotterranei per la presa in carico del pozzo forzato con l'infrastruttura di aspirazione del gruppo pompa di nuova installazione.

Preliminarmente ai lavori di realizzazione della presa di valle andrà effettuata, compatibilmente con il Piano di Gestione dell'invaso, un'attività di asportazione del materiale detritico per recuperare il volume utile del bacino di Piaganini (questa non facente parte del presente progetto).

Le aree di cantiere individuate, procedendo da monte verso valle, sono le seguenti:

- Area di lavoro in prossimità del **pozzo piezometrico (CP)** per l'adeguamento del pozzo piezometrico a servizio dell'impianto reversibile, con riferimento ai lavori in superficie. Esso, oltre alla presenza di una baracca di appoggio e al transito e alla manovra dei macchinari e al loro stazionamento, potrà essere utilizzato, in aree contermini, per lo stoccaggio temporaneo delle attrezzature di lavoro, e dei materiali.
- Cantiere sotterraneo, in **caverna e tratti in galleria pertinenti (CC)**, per lo scavo della galleria di accesso alla nuova caverna e della nuova caverna stessa. Esso sarà dotato di:
 - area delle baracche, ubicata all'entrata del cantiere. Tale area sarà adibita ad ospitare i baraccamenti ad uso ufficio dell'Impresa Costruttrice e della Direzione Lavori, gli spogliatoi ed i servizi igienici. L'area disponibile è di circa 250 m².
 - aree per stoccaggio e deposito temporaneo di materiali ed attrezzature; l'area disponibile all'uscita del portale della galleria esistente è di circa 400 m².
 - Aree di lavoro varie, secondo la disponibilità temporale delle stesse, anche in aree contermini, da utilizzarsi anche per deposito temporaneo di materiale
- Area di lavoro in prossimità della **diga e della presa di valle (CD)**, a cui si accede facilmente dalla strada che costeggia il lago e che può ricavare, proprio in fregio al lago, un piazzale di accesso per i lavori di scavo. Da questa zona inizierà lo scavo della galleria idraulica. L'area scelta si trova immediatamente a valle della diga di Piaganini, dove al piede è disponibile un'area ampia.

3.2 Accessi

Un aspetto fondamentale del progetto di cantierizzazione dell'opera consiste nello studio della viabilità che verrà utilizzata dai mezzi coinvolti nei lavori. La viabilità che verrà utilizzata dai mezzi coinvolti nei lavori è costituita da tre tipi fondamentali di strade: le piste di cantiere, realizzate specificatamente per l'accesso o la circolazione dei mezzi impiegati nei lavori, la viabilità ordinaria di interesse locale, e la

viabilità extraurbana. La scelta delle strade da utilizzare per la movimentazione dei materiali, dei mezzi e del personale è stata effettuata sulla base delle seguenti necessità:

- minimizzazione della lunghezza dei percorsi lungo viabilità congestionate;
- minimizzazione delle interferenze con aree a destinazione d'uso residenziale;
- scelta dei percorsi più rapidi per il collegamento tra cantieri, aree di lavoro e siti di approvvigionamento dei materiali da costruzione e di conferimento dei materiali di risulta.

Il tracciato, lungo il suo sviluppo, si snoda all'interno di un territorio mediamente infrastrutturato, con un livello medio di interferenza tra il traffico generato a seguito della movimentazione dei materiali e la viabilità locale.

Gli accessi alle aree di cantiere sono per lo più possibili attraverso strade pubbliche. In particolare, nella zona del lago di Piaganini si può accedere attraverso la Strada Statale 80. L'accesso al portale della nuova galleria idraulica va ricavato ampliando e completando una pista in fregio al lago di Piaganini.

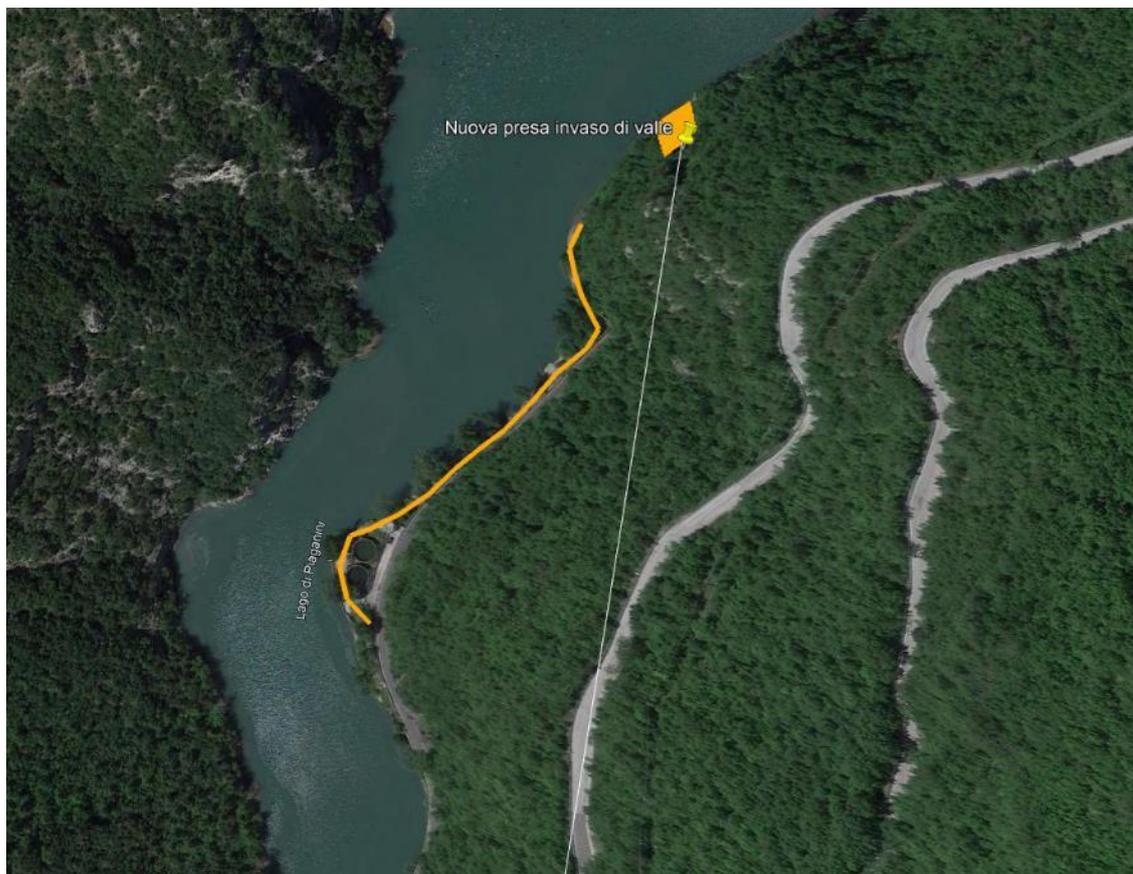


Figura 3: Pista esistente lungo l'invaso di Piaganini, dalla SS 80

Tale pista si diparte proprio dalla Strada Statale all'altezza di due vasche di decantazione esistenti in destra idrografica. La pista, in parte asfaltata, gira attorno alle vasche stesse e costeggia l'invaso.



Figura 4: Pista di accesso all'area in fregio al lago vicino alle vasche di sedimentazione



Figura 5: Tratto finale della pista esistente

La larghezza della pista va via via diminuendo fino a costituire di fatto un tracciolino. Tale pista ha una lunghezza di circa 250 metri ed una larghezza variabile da 4 a 2,5 metri circa. L'ultimo tratto andrà sistemato con materiale estratto dagli scavi della nuova galleria di accesso. Come si dirà anche nel seguito, lo scavo del tratto di galleria di accesso alla nuova caverna è la prima attività che va eseguita anche al fine di rendere disponibile materiale utile per la sistemazione ed il completamento della pista di accesso al portale di valle della nuova galleria idraulica. Il completamento della pista riguarda un tratto lungo l'invaso della lunghezza di poco inferiore a 100 metri. Il taglio piante che risulta necessario rispetto all'adeguamento ed al completamento della pista risulta piuttosto circoscritto e non riguarda esemplari di pregio.

Al termine della pista sarà realizzato un piazzale per la logistica di accesso alla nuova galleria idraulica, che sarà scavata da valle verso monte e che rappresenta l'attività temporalmente più estesa dell'intervento. Il materiale di scavo utilizzato per la sistemazione della pista e la realizzazione del piazzale è stimato in circa 3000 m³ di materiale estratto. L'infrastruttura andrà inoltre ricaricata durante il corso del cantiere. In **Figura 6** è indicata la zona in cui è previsto l'attacco della galleria idraulica, mediante una foto scattata dalla diga di Piaganini.



Figura 6: Invaso di Piaganini visto dalla diga

Con riferimento all'area di lavoro nei pressi del pozzo piezometrico, ad essa si può accedere grazie alla strada provinciale 43 senza particolari problematiche. La gestione interna di questo fronte di cantiere, con piste interne ed aree di deposito e manovra, dovrà tenere conto di eventuali sottoservizi presenti.

L'accesso alla caverna della centrale è possibile attraverso una strada di servizio. Per la realizzazione della galleria carrabile di accesso alla nuova caverna occorrerà tenere conto della necessità del personale di O&M di accedere alla centrale in esercizio durante l'esecuzione dei lavori. Questa interferenza sarà gestita all'interno delle attività di Coordinamento.

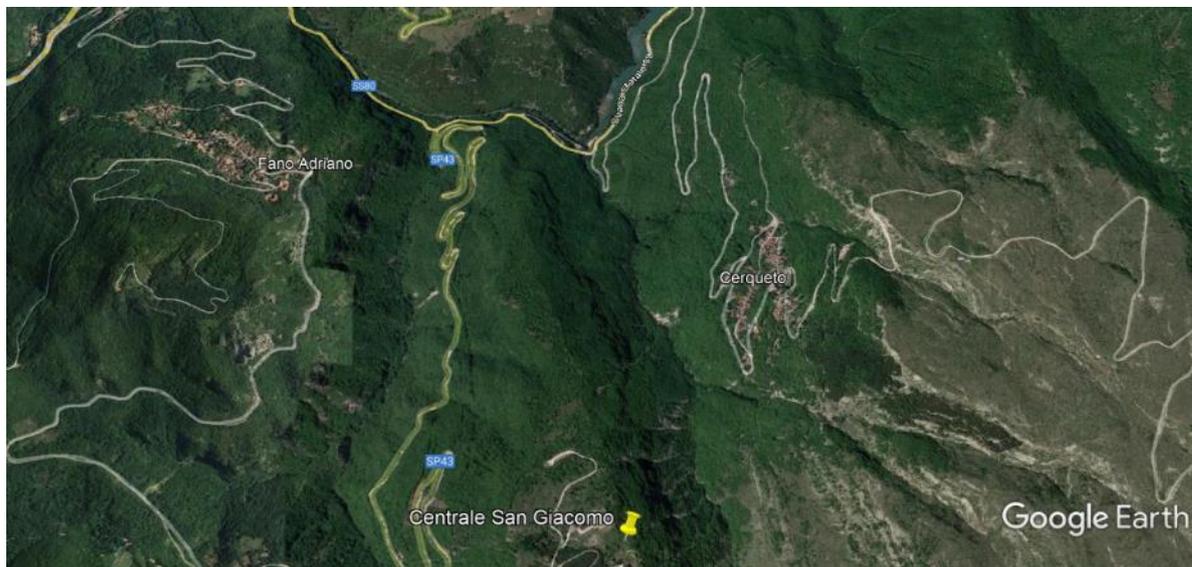


Figura 7: Indicazione delle strade principali tra la centrale di San Giacomo ed il lago Piaganini



Figura 8: Piazzale di accesso alla centrale di S. Giacomo e scarico nell'invaso di Piaganini

L'accesso alla zona dove sarà realizzato il tratto di nuova galleria carrabile è privilegiato, in quanto si tratta di una strada utilizzata solamente da ENEL per accedere alla centrale esistente di San Giacomo. Si tratta di una strada che, a fronte di uno slargo per la manovra, inizia dalla SS 80 in un tratto abbastanza rettilineo che va da Fano Adriano a Montorio al Vomano.



Figura 9: Galleria carrabile di accesso alla caverna di S. Giacomo

In **Figura 9** è illustrato un tratto della galleria carrabile di accesso alla centrale in caverna di San Giacomo. Da essa sarà scavato lateralmente, sulla parete sinistra dirigendosi verso la caverna, il tratto di galleria carrabile a servizio della nuova centrale di San Giacomo III.

In sintesi, le strade pubbliche da utilizzare per la realizzazione di questa iniziativa sono una provinciale ed una statale, ovvero strade di portata senz'altro idonea. Non essendo previsto l'utilizzo di una macchina per scavo meccanizzato, gli accessi alle diverse zone adibite a cantiere e destinate alla realizzazione delle nuove opere è senz'altro piuttosto agevole, adeguata rispetto all'attrezzatura che sarà impiegata. Sono previsti degli accessi alle zone di scavo mediante una galleria carrabile esistente ed una pista di cantiere che andrà adeguata e completata.

4. ASPETTI DI CANTIERIZZAZIONE

4.1 Organizzazione dei diversi fronti

Al fine di realizzare le opere in progetto, è prevista l'installazione di un sistema di cantierizzazione che risponda ad alcuni criteri razionali che, in base alle esigenze, indirizzano le scelte progettuali anche con riferimento all'organizzazione del cantiere.

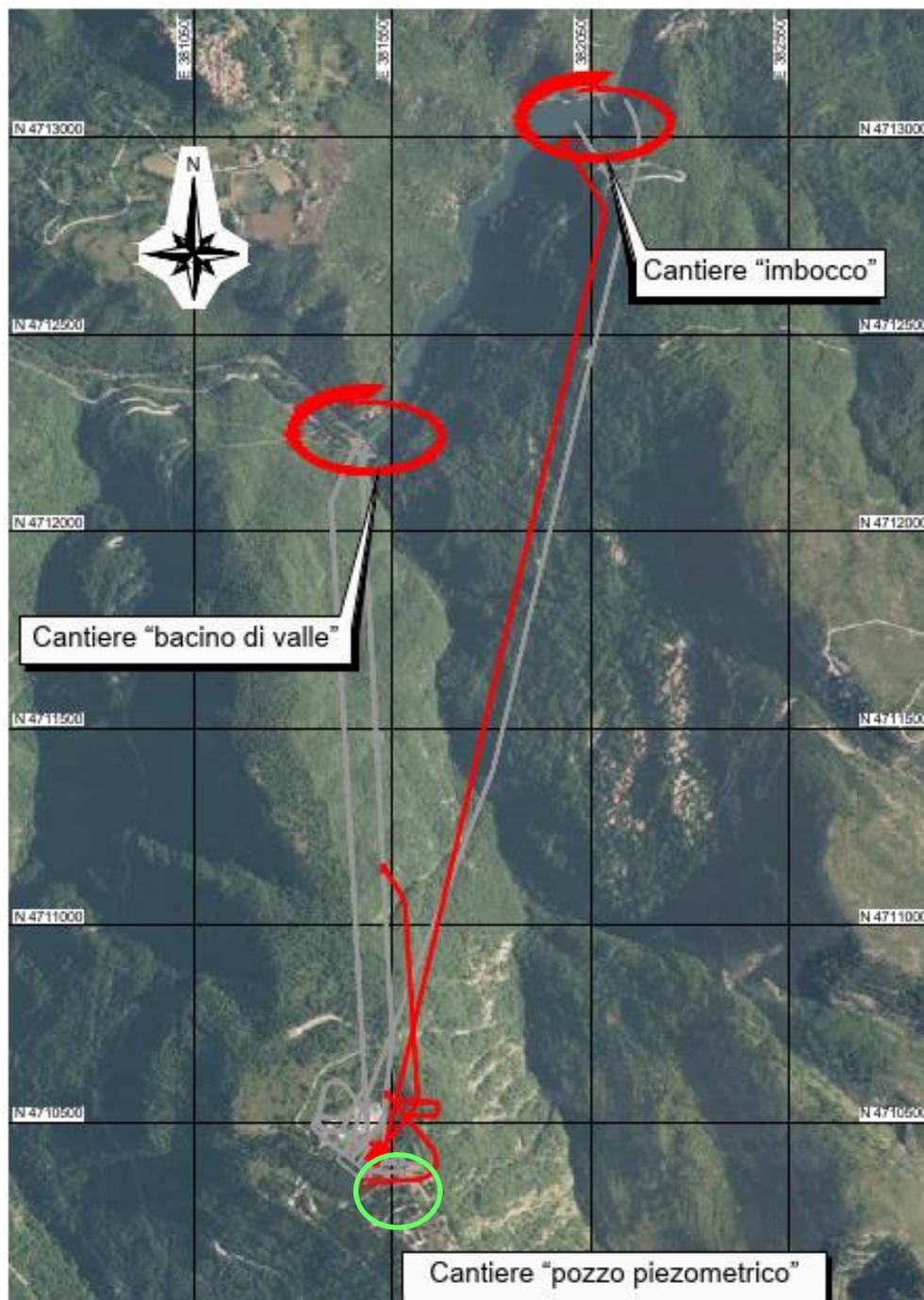


Figura 10: Keyplan della cantierizzazione

In particolare, sono stati considerati i seguenti *driver*:

- utilizzare aree di scarso valore sia dal punto di vista ambientale che antropico;
- scegliere aree che consentano di contenere al minimo gli impatti sulla popolazione e sul tessuto abitativo, prediligendo aree lontane da ricettori critici e da aree densamente abitate;
- realizzare i lavori in tempi ristretti, al fine di ridurre le interferenze con l'esercizio delle infrastrutture stradali ed i costi di realizzazione;
- limitare al minimo indispensabile gli spostamenti di materiale sulla viabilità locale e quindi preferenza per aree vicine agli svincoli degli assi viari principali, facilmente collegabili alla viabilità esistente, senza necessità di apertura di nuova viabilità;
- minimizzare il consumo di territorio e l'impatto sull'ambiente naturale ed antropico.

Considerando lo sviluppo dell'opera, la topografia, la logistica e le tecniche di scavo previste, il cantiere può essere schematizzato come in **Figura 10**, con tre diversi fronti di intervento, corrispondenti alle tre zone di intervento già descritte.

- Cantiere “Imbocco” ovvero CD, con l'area di cantiere a valle diga
- Cantiere “Bacino di valle”, ovvero CC, con l'area di cantiere al piazzale della galleria esistente
- Cantiere “Pozzo piezometrico”, ovvero CP, con un'area di cantiere tutta a cielo aperto



Figura 11: Area di cantiere per baraccamenti nei pressi del portale della galleria esistente (CC)

L'accesso alla caverna di nuova costruzione sarà realizzato mediante una specifica derivazione della galleria carrabile di accesso esistente. Questa soluzione consente di ridurre gli scavi necessari, e dunque i costi ed il materiale di risulta. All'esterno della galleria carrabile esistente saranno installati i baraccamenti ed una piazzola di lavoro e deposito dei mezzi e degli equipaggiamenti. L'area disponibile è di oltre 600 m² e corrisponde al piazzale esterno rispetto al portale della galleria, che ha un'ottima accessibilità

Lo smarino ottenuto dalla galleria di accesso sarà in parte riutilizzato per realizzare il secondo fronte del cantiere, ovvero l'imbocco della galleria idraulica. Lo scavo della galleria idraulica sarà affrontato da valle verso monte. La strada statale costeggia il bacino artificiale di Piaganini ed è possibile, qualche centinaio di metri a valle delle vasche di sedimentazione in destra lago, realizzare una discenderia ed una zona di deposito di materiale, costituendo un piazzale di circa 500 m². Il piazzale sarà appunto realizzato mediante il primo materiale di scavo in uscita dallo scavo della galleria di accesso alla nuova centrale in caverna.

Ai lati del piazzale saranno realizzate delle sponde più alte ed una savanella al fine di proteggere il fronte di scavo dalle oscillazioni del bacino, che rimarrà in esercizio nello schema idraulico del Vomano attualmente funzionante. Una volta realizzata la presa di valle e posizionati i panconi, lo scavo potrà proseguire con una viabilità di cantiere in accesso dedicata.

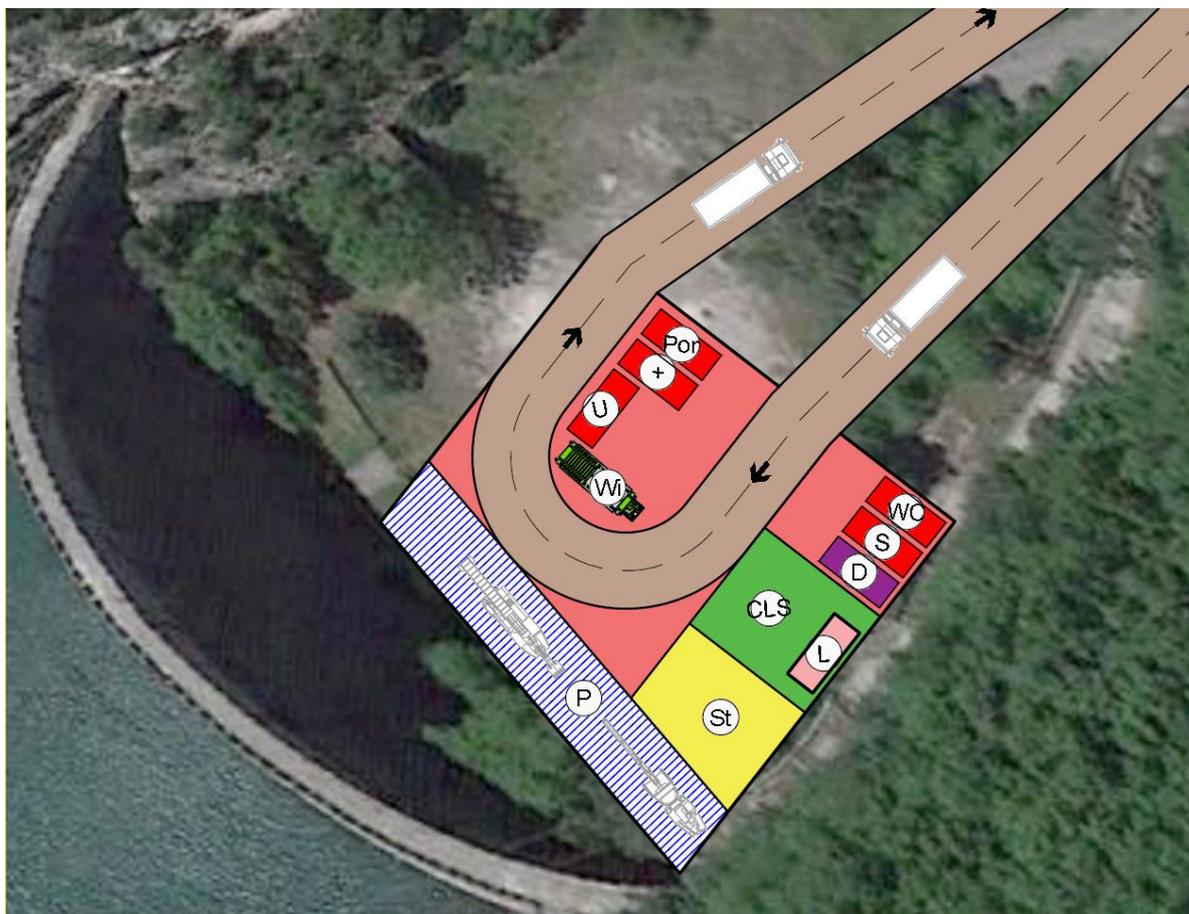


Figura 12: Aree di cantiere per realizzazione e accesso alla nuova galleria idraulica (CD)

L'area di cantiere presso la diga di Piaganini si suddivide in due zone ben distinte: una a monte della diga, all'interno dell'invaso dove è previsto il portale della nuova galleria, ed una a valle della diga stessa, dove sarà realizzato un breve tratto in sotterraneo volto a collegarsi con la galleria idraulica. A valle della diga potrà essere realizzata un'area di cantiere più ampia grazie all'accesso privilegiato con un breve tratto di strada che si connette all'arteria Statale, e uno spazio di oltre 1200 m² per posizionare officine e baraccamenti, oltre che fungere da deposito di materiali.



Figura 13: Accesso alla zona a valle diga; in primo piano la risalita di falda



Figura 14: Vista dell'organo di scarico della diga di Piaganini

L'area a valle della diga è interessata da una depressione in cui il livello di falda ha creato un piccolo stagno. In questo specchio d'acqua scaricano gli organi idraulici della diga di Piaganini. Al fine di proteggere la zona di cantiere andrà realizzata un'opera di contenimento, ovvero una savanella, che protegga le installazioni di cantiere rispetto ai livelli idrici che si possono instaurare a fronte

dell'azionamento delle opere idrauliche. Tale savanella può essere realizzata utilizzando il materiale estratto dalle gallerie.

L'ambito in corrispondenza del pozzo piezometrico è senz'altro quello che, dal punto di vista delle tempistiche, della produzione dei materiali e dei vincoli logistici ha le minori problematiche, potendo contare su una zona facilmente accessibile, lavorazioni corticali e la possibilità di avere un'area di cantiere che, non lontana, potrebbe essere utilizzata anche per il conferimento del materiale di risulta.



Figura 15: Area pozzo piezometrico, in adiacenza possibile zona di deposito materiale (CP)



Figura 16: Vista da drone: area di intervento per adeguamento pozzo piezometrico (nuove opere in rosso)

L'ammontare del materiale di risulta senz'altro inferiore, in termini quantitativi, rispetto agli altri due contesti ed è quantificato in questa fase in 5'000 m³. Dal punto di vista degli scavi particolare attenzione andrà posta rispetto a possibili sottoservizi ancora in servizio che dovessero essere posizionati nella zona vicina al pozzo piezometrico.

4.2 Modalità di scavo in sotterraneo

Lo scavo del tunnel idraulico e della galleria di accesso sarà realizzato completamente con tecnica tradizionale, con cariche controllate. La tecnica, cosiddetta "Drill&Blast" è da considerarsi come convenzionale e si contrappone allo scavo meccanizzato, che peraltro è molto diffuso in ambito urbano e per sviluppi più lunghi. La scelta, nel caso in esame, è ricaduta su un metodo che richiede una cantierizzazione meno impegnativa per lo scavo di due tratti non particolarmente estesi, pari a circa 1000 metri per la galleria di accesso e 2600 metri per la galleria idraulica. Le fasi di esecuzione dell'attività di scavo con esplosivo sono descritte di seguito.

Perforazione: prima dell'esecuzione della volata, la piattaforma di perforazione esegue i fori progettati in fase di predisposizione del piano di brillamento. I fori sono eseguiti sul fronte di scavo del tunnel con un mezzo chiamato "jumbo" che pratica i fori in parete. Tipicamente questo macchinario ha tre bracci di perforazione ed una cabina operatore per la manovra del mezzo che può praticare fori con una lunghezza variabile da 2 a 6 metri. I fori sono di norma realizzati in due diversi set: uno con direzione parallela allo scavo, che si realizzano ai bordi del fronte, ed uno con fori inclinati verso il centro. Questa tecnica consente una migliore gestione della roccia a valle della volata.

Caricamento e brillamento: successivamente alla realizzazione dei fori, essi vengono riempiti con l'esplosivo e collegati ai detonatori. Questi ultimi sono collegati a dispositivi esplosivi, ovvero la linea di tiro, ed i singoli dispositivi esplosivi sono collegati tra loro nel cosiddetto circuito di brillamento. Una volta messa in sicurezza l'area l'esplosione può essere innescata dalla macchina di brillamento. I fori sono fatti saltare in sequenza dal centro verso l'esterno. Anche per sequenze di oltre 100 esplosioni, la volata si completa in pochissimi secondi, con intervalli specifici di pochi millisecondi. La tecnica del frazionamento della volata consiste nel far esplodere per prime le cariche poste al centro del fronte di scavo o del nucleo roccioso e, successivamente, quelle poste verso l'esterno del contorno di scavo. La prima esplosione ha lo scopo di distendere il nucleo roccioso prima dell'esplosione delle restanti cariche; essa crea altresì una superficie di distacco al contorno che agisce, sotto certi aspetti, da schermo alle onde d'urto provocate dal resto delle volate. In questo modo aumenta anche la capacità di frantumazione dell'esplosivo, ottenendo materiali di risulta di dimensioni ridotte.

Ventilazione: l'esplosione provoca, oltre alla frantumazione della roccia, una grande quantità di polvere che si mescola con i gas generati dall'esplosione. Per poter riprendere le attività di disaggio e smarino del materiale frantumato, l'aria carica di polvere e gas deve essere allontanata dal tunnel, immettendo aria fresca. Questo viene fatto attraverso i sistemi di canalizzazione dell'aria ovvero lunghi tubi di acciaio oppure di plastica collegati sulla volta del tunnel. Le tubazioni convogliano aria fresca al fronte di scavo. La differenza di pressione localizzata spinge l'aria sporca verso l'uscita del tunnel.

Per limitare la formazione di polvere durante le volate, quando è possibile, vengono utilizzati dei getti d'acqua indirizzati sul fronte di scavo.

Smarino: una volta che i pezzi di roccia sciolti sono stati rimossi dal fronte di scavo, il materiale, sotto forma di macerie di diversa pezzatura, viene trasportato fuori dal tunnel attraverso autocarri o cassoni installati su rotaie. Giunto fuori dal tunnel esso può essere destinato a discarica, ovvero a sito di conferimento, oppure può venire utilizzato all'interno del cantiere, in relazione alla qualità della roccia, come inerte per calcestruzzo, per riempimenti, per la formazione di rilevati. In questo caso è necessario intervenire all'uopo sulla pezzatura dello smarino, con impianti dedicati.

Rivestimento: finite le operazioni di smarino generalmente viene applicato un rivestimento temporaneo costituito da spritz-beton a rapida presa, utilizzato per la stabilizzazione delle pareti, anche al fine di proteggere gli operatori da accidentali distacchi di roccia. A seconda del tipo di roccia è possibile implementare diverse misure di fissaggio come rete metallica, centine, bulloni, chiodi che possono essere spinti nella roccia. Per la messa in opera di bulloni o chiodi i fori sono praticati da uno jumbo. La distanza e la profondità di fissaggio tra bulloni e chiodi è determinata dalla Direzione Lavori con il supporto del geologo, e costituisce il rivestimento temporaneo di stabilizzazione. In presenza di rocce di scarsa resistenza meccanica e con uno strato fessurativo importante, può essere necessario mettere in opera le centine, ovvero archi in acciaio che sostengono le pareti e la volta del tunnel. In situazioni differenti può essere fissata alle pareti una rete d'acciaio al fine di evitare la caduta di materiali sfusi sulle zone di lavoro.

Mappatura geologica: una volta messo in sicurezza il fronte di scavo esso è accessibile ed è possibile per il geologo accedere ed effettuare la mappatura della roccia. Lo scopo della mappatura è determinare il tipo di roccia, la giacitura, lo stato fessurativo. I geologi individuano eventuali pieghe, la presenza di piani di scorrimento e le faglie eventualmente già mappate in fase preliminare ed esecutiva della progettazione. Sono in questa fase rilevate e documentate le caratteristiche meccaniche della roccia, la reazione della massa rocciosa al processo di scavo e l'eventuale infiltrazione di acque di stillicidio. Il rapporto di mappatura che viene realizzato è di fondamentale importanza per la progettazione e la messa in opera degli interventi di stabilizzazione del tunnel.

Tempistiche di scavo: diversi fattori devono essere presi in considerazione durante la progettazione della perforazione: perforabilità, effetti dell'esplosione sulla roccia, tipo di esplosivo da impiegare, limiti di vibrazione e requisiti di precisione. Ogni sito ha le proprie caratteristiche peculiari quindi anche i modelli di perforazione sono specifici per ogni contesto e per tipo di roccia da abbattere. Le tempistiche di scavo dipendono da una serie di variabili. Considerando la geometria della galleria e le rocce di qualità non troppo scadente è ipotizzabile un avanzamento di 6 metri al giorno, corrispondente a due volate al dì dello spessore di 3 metri. Considerando il lavoro sui due turni, per ogni inizio turno potrà essere previsto il trasporto dell'esplosivo, il caricamento ed il brillamento, per poi dedicare il resto del turno alle attività di smarino, rivestimento e mappatura e poi realizzare, a fine turno, la nuova perforazione. Per la galleria idraulica, considerando lo sviluppo consistente in lunghezza, sarà valutata la possibilità di eseguire il lavoro su tre turni, 7 giorni su 7. L'utilizzo dell'esplosivo sarà in modalità *just*

in time, ovvero senza deposito. Con riferimento allo scavo della caverna in questa fase è prevista una produzione, per ogni volata, di circa 400 m³.

Non è previsto, infatti, quantomeno in questa fase di progetto, il deposito dell'esplosivo in quanto si ritiene sia fattibile, mediante un'oculata programmazione, l'arrivo giornaliero dell'esplosivo, al fine di evitarne il deposito con le conseguenze del caso in termini di spazi, cautele e procedure da adottare.

4.3 Descrizione degli interventi

Gli interventi previsti sono descritti nelle tavole di progetto e nella Relazione Tecnica Generale. In sintesi, gli interventi proposti per la realizzazione dell'Impianto di San Giacomo III sono:

- Allestimento del cantiere;
- Realizzazione del tratto di galleria carrabile che si collega alla nuova caverna;
- Realizzazione della nuova caverna di centrale;
- Realizzazione dello stacco con il pozzo forzato esistente;
- Realizzazione di condotta forzata dedicata al nuovo gruppo di pompaggio;
- Realizzazione di un nuovo pozzo piezometrico di valle con camera di espansione superiore;
- Realizzazione di nuova galleria idraulica e dell'accesso da valle diga alla stessa;
- Realizzazione di nuova opera di presa nel bacino di valle;
- Lavori idromeccanici ed elettromeccanici;
- Realizzazione dei collegamenti elettrici tra caverna e trasformatore esistente;
- Collegamenti elettrostrumentali;
- Lavori di adeguamento del pozzo piezometrico esistente di monte;
- Ripristini ambientali;
- Disallestimento del cantiere;
- Periodo di prova ed accettazione dell'impianto.

In occasione dei lavori di realizzazione della presa di valle potrà essere effettuata, compatibilmente con il Piano di Gestione dell'invaso, un'attività di asportazione del materiale detritico per recuperare il volume utile del bacino di Piaganini.

4.4 Organizzazione e logistica del cantiere

Per la realizzazione degli interventi in oggetto sono previsti tre fronti di lavoro: l'accesso alla nuova caverna centrale e la realizzazione della centrale stessa, l'imbocco della galleria idraulica dal bacino di valle, l'area del pozzo piezometrico. Si prevede la presenza di almeno due imprese principali contemporanee: l'impresa civile (CIV) e quella idro-elettromeccanica (IEM), oltre alla presenza della Direzione Lavori, del Coordinatore per la Sicurezza e delle figure delegate dalla Committenza.

4.4.1 Impresa civile

L'impresa civile sarà impegnata in lavori in sotterraneo, lavori di adeguamento del pozzo piezometrico ed attività interne alla caverna, relative al trattamento delle pareti, organizzazione degli spazi, inghisaggi e supporto alle installazioni elettromeccaniche.

Durante la fase di realizzazione delle opere in sotterraneo (sia per la galleria carrabile sia per la galleria idraulica) si prevedono: 3 squadre su doppio turno giornaliero 5.5 giorni a settimana (per ogni turno 1 capocantiere, 1 assistente, 1 addetto sicurezza e primo soccorso, 1 caposquadra, 4 addetti fronte scavo, 1 fuochino, 2 addetti rimozione materiale, 1 attrezzista, 1 escavatorista, 2 addetti betonaggio, 2 conducenti dumper e betoniera). I mezzi utilizzati per squadra saranno i seguenti:

	Elemento	Dimensioni	Numero
Mezzi	Jumbo	Standard	1
	Attrezzatura iniezioni	Standard	1
	Attrezzatura per spritz beton	Standard	1
	Dumper	Standard	1
	Pala	Standard	1
	Escavatore	Standard	1

Tabella 1: Mezzi utilizzati per le attività di scavo

Come già accennato, sarà valutata la possibilità di estendere su 3 turni e 7 giorni di lavoro il fronte di scavo della galleria idraulica.

Il relativo cantiere necessita delle seguenti attrezzature, meglio descritte ed individuate dal CSP nel Piano di Sicurezza e Coordinamento, che sarà redatto in fase di progettazione per la gara d'appalto:

- Uffici, suddivisi in una baracca per l'impresa ed una per la DL e la Committenza
- Spogliatoi per 35 persone
- Docce e bagni per 15 persone
- Mensa cucina per 18 persone
- Infermeria e Pronto Soccorso
- Officina elettrica/meccanica
- Deposito materiali per cantiere
- Centrale di Betonaggio per spritz e cls con depositi: Essendo presente a Caldarola ditta di produzione di calcestruzzi, non si ritiene necessario prevedere l'impianto.
- Gruppo elettrogeno
- Impianto aria compressa esterno con compressori
- Raccolta acque con separatore oli

Questi apprestamenti saranno collocati sul piazzale di ingresso alla centrale di San Giacomo II e nella zona a valle della diga di Piaganini. Come si è già detto, in questa fase di progettazione non è prevista un'area di deposito giornaliero dell'esplosivo.

Durante la fase di realizzazione delle opere in caverna, specificatamente in assistenza all'impresa IEM si prevede la riduzione delle risorse CIV e delle relative attrezzature di cantiere. Per l'assistenza agli inghisaggi e la realizzazione di opere in cemento armato in centrale sono previste due squadre, ciascuna composta da 1 Caposquadra e 4 addetti carpentieri.

Per le attività al pozzo piezometrico saranno impiegate due squadre di lavoro al fine di ridurre le tempistiche potenzialmente interferenti col funzionamento della centrale di San Giacomo II.

4.4.2 Impresa Idro-Elettromeccanica

Durante la fase di montaggio delle opere idro-elettromeccaniche si prevede una squadra di montatori meccanici che lavora in giornata per 5.5 giorni a settimana, composta da: 1 capomontatore, 1 caposquadra, 4 montatori meccanici 2 montatori elettrici 1 tecnico SCADA ed un gruista. Il relativo cantiere necessita delle seguenti attrezzature, che saranno meglio descritte ed individuate dal CSP nel Piano di Sicurezza e Coordinamento:

- Uffici: 1 baracca per l'impresa
- Infermeria e Pronto Soccorso
- Officina elettrica/meccanica
- Deposito materiali per montaggi

Questi apprestamenti saranno collocati all'interno della caverna di nuova realizzazione. La Committenza e la Direzione Lavori potranno contare su un ufficio da posizionare nell'esistente centrale di San Giacomo II. All'esterno, nei pressi del piazzale ingresso della centrale elettrica, saranno collocati:

- Spogliatoi per 18 persone
- Docce e bagni per 18 persone
- Refettorio/Mensa per 18 persone

Sarà facoltà delle due imprese principali accordarsi per l'utilizzo promiscuo dell'area mensa, di docce e spogliatoi, in considerazione del differimento temporale in cui le diverse forze lavoro saranno impiegate.

4.4.3 Impostazione logistica

L'impostazione logistica del Cantiere, così come qui preliminarmente impostata e progettata e come sviluppata nelle fasi successive dal Coordinatore per la Sicurezza in fase di progettazione, dovrà garantire condizioni ordinate, salubri e nel totale rispetto della Sicurezza. Le tre aree di cantiere, da considerarsi separatamente, sono:

- Cantiere "imbocco", per la galleria carrabile e la caverna
- Cantiere "bacino di valle", per la galleria idraulica
- Cantiere "pozzo piezometrico", per le attività civili esterne

Tali aree avranno una durata del cantiere diversa e, in massima parte, non correlata alle altre due. I tre ambiti condivideranno alcuni apprestamenti di cantiere, come l'area mensa e gli spogliatoi.

In ognuno degli ambiti di cantiere saranno presenti i servizi igienici ed un punto di medicazione, oltre che una baracca per gli uffici. Con riferimento alla portineria del cantiere essa sarà prevista all'ingresso della galleria carrabile esistente e dovrà occuparsi, oltre che del riconoscimento delle persone che accedono al cantiere, di applicare il protocollo di accesso alla centrale in esercizio del personale ENEL di O&M. Anche nell'area a valle della diga di Piaganini sarà previsto un presidio in ingresso. Non è prevista portineria, invece, sul fronte del pozzo piezometrico, né all'imbocco della nuova galleria idraulica. In ogni caso l'accesso alla galleria idraulica sarà inibito, a fine giornata, mediante la chiusura dell'accesso alla galleria stessa secondo modalità che saranno concordate con il CSE.



Legenda:

(S)	Spogliatoio / docos	(ET)	Area di stoccaggio
(Wc)	Servizi igienici	(LE)	Area di betonaggio, valorizzazione inerti e frantio
(Wp)	Impianto di trattamento acque di prima pioggia	(P)	Area di stazionamento mezzi
(Wi)	Impianto di trattamento acque industriali	(S)	Area a servizio personale di cantiere
(Por)	Portineria cantiere	(U)	Unità di cantiere
(L)	Laboratorio prove	(Pista)	Pista di cantiere
(+)	Infermeria	(Strada)	Strada esistente
(D)	Deposito	(Strada battuta)	Strada esistente in terra battuta adeguata alla viabilità di cantiere

Figura 17: layout delle aree di cantiere a valle della diga di Piaganini

Nei pressi del piazzale della centrale di San Giacomo sono presenti alcuni edifici in discreto stato di conservazione. Sarà valutato assieme ad EGP, proprietaria degli edifici, l'opportunità di destinarli ad

uso uffici, appannaggio delle ditte appaltatrici, a seguito di eventuali adeguamenti. Questo accorgimento potrà rendere ulteriori spazi disponibili all'ingresso della centrale esistente.

L'area mensa sarà collocata all'ingresso della galleria di accesso alla centrale di San Giacomo II, essa prevede: la cucina, la dispensa, il refettorio, l'area di carico e scarico merci, l'area con i cassoni per i rifiuti. La cucina e la dispensa sono state in questa fase ipotizzate in un unico edificio prefabbricato ad un piano (2.5 x 12 m). La cucina/dispensa potrà essere affiancata da un piazzale di carico/scarico per gli approvvigionamenti e dai cassoni per i rifiuti (a conveniente distanza). La stessa area di carico/scarico verrà quindi utilizzata anche dai mezzi della nettezza urbana per lo svuotamento dei cassoni dei rifiuti. Il refettorio, di dimensioni 2.5 x 12 m, sarà collocato in un altro edificio affiancato alla cucina/dispensa. Nonostante l'utilizzo della mensa sia normalmente diviso in più turni, il refettorio è dimensionato per accogliere potenzialmente tutto il personale residente in cantiere, al fine di poter utilizzare tale spazio coperto anche per le riunioni per le quali è necessaria la presenza di tutti.

Gli spogliatoi, le docce ed i servizi igienici saranno anch'essi collocati presso il cantiere "Imbocco" e consistono di almeno un edificio che ospita gli spogliatoi/docce (2.5 x 6 m o 2.5 x 12 m) e almeno uno per i servizi igienici (2.5 x 6 m o 2.5 x 12 m).

Per gli ambiti "Imbocco" e "Invaso valle" sono previsti anche i seguenti impianti ed apprestamenti:

- Impianti antincendio: il cantiere base sarà dotato di impianto antincendio, comprensivo di serbatoi o vasche per l'acqua dolce, delle pompe e delle tubazioni.
- Sistema di trattamento delle acque reflue: conformemente alla normativa vigente l'Impresa Appaltatrice dovrà provvedere e realizzare/installare opportuni sistemi di gestione e trattamento delle acque reflue provenienti dalle lavorazioni. Si prevede il trattamento di tutte le acque fangose provenienti dalle lavorazioni in gallerie e dal betonaggio mediante impianto di trattamento industriale munito di filtropressa. Le acque di prima pioggia saranno invece trattate da un modulo fisso in calcestruzzo ripartito in due vasche.
- Deposito: sarà adibito almeno un deposito per ogni area di cantiere (2.5 x 6 m).
- Laboratorio prove: il laboratorio prove materiali sarà costituito da un modulo prefabbricato (2.5 x 6 m). Se gli spazi lo consentono, su un lato dell'edificio viene di norma realizzata un'area coperta da tettoia per il deposito di materiali sensibili agli agenti atmosferici e per agevolare il carico e lo scarico di materiali in qualunque condizione meteorologica.
- Officina (Elettrica e Meccanica): l'officina è necessaria per effettuare la manutenzione ordinaria dei mezzi di lavoro. Si tratta generalmente di un edificio prefabbricato simile a quello adibito a deposito. È sempre dotata di uno o più ingressi carrabili e, se gli spazi lo consentono, di tettoia esterna.
- Cabina elettrica: ogni area di cantiere sarà dotata di cabina elettrica le cui dimensioni minime saranno 6 x 2.5 m, comprensive altresì delle aree di rispetto.

- Area deposito olii e carburanti: i lubrificanti, gli olii ed i carburanti utilizzati dagli automezzi di cantiere verranno stoccati in un'apposita area recintata, dotata di soletta impermeabile in calcestruzzo e di sistema di recupero e trattamento delle acque.
- Ventilatore, Gruppo elettrogeno e Compressore: ogni cantiere operativo sarà equipaggiato con tali installazioni al fronte scavo.
- Impianto lavaruote: posto al limite con la viabilità ordinaria consentirà il lavaggio degli pneumatici all'uscita delle piste di cantiere in terra battuta.



Figura 18: Piazzale di ingresso all'esistente centrale di San Giacomo

Non è prevista la realizzazione di strutture recettive, ovvero alloggi per il personale operativo di cantiere. All'interno dell'area di accesso alla centrale di San Giacomo II ed in un'area vicina a lato della strada statale esistente, saranno ricavati anche i seguenti spazi:

- parcheggi per mezzi d'opera;
- aree di stoccaggio dei materiali da costruzione;
- eventuali aree di stoccaggio delle terre da scavo;
- aree per lavorazione ferri e assemblaggio carpenterie;
- impianti di betonaggio/prefabbricazione, valorizzazione inerti e frantoio.

In via preliminare, la superficie complessiva impegnata dalle baracche è stimata in modo parametrico considerando una popolazione complessiva di 50 addetti:

• Infermeria e primo soccorso:	10.0 m ² /50 addetti	10	m ²
• Refettorio:	1.4 m ² /addetto	70	m ²
• Servizi igienici e docce:	0.8 m ² /addetto	40	m ²
• Spogliatoi:	1.5 m ² /addetto	75	m ²
• Uffici (8 addetti):	7.5 m ² /addetto	60	m ²

Per un totale di circa 250 m², da disporre su 2 livelli per risparmiare spazio. Lo spazio appare sufficiente se collocato all'esterno dell'ingresso della centrale di San Giacomo II, dove rimane un congruo spazio disponibile per deposito di materiali ed attrezzature nonché per la sosta temporanea dei mezzi di cantiere. Per il deposito di macchinari da lavoro e di materiali potrà essere utilizzato anche lo spazio disponibile nell'area a valle della diga di Piaganini.

4.5 Bilancio dei materiali

I bilanci dei materiali sono presentati nel documento "Piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo" (codice GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.096) che è parte integrante del presente progetto. Come è già stato accennato in precedenza una parte del materiale sarà utilizzato per realizzare piste di accesso, un ulteriore volume potrà servire per produrre inerte da impiegare nella miscelazione di calcestruzzo, ovvero per realizzare riempimenti, ed un'altra frazione del materiale scavato andrà destinata a siti di deposito temporaneo e definitivo.

La movimentazione dei materiali connessa al progetto determinerà dei flussi di traffico sulla viabilità afferente, dovuta al trasporto dei materiali, in particolare delle terre di scotico e frantumato da scavi in roccia provenienti dalla zona del pozzo piezometrico e del portale della galleria idraulica. Questi materiali saranno per lo più destinati al conferimento presso siti esterni a discarica e in cava. Saranno inoltre prodotti inerti che potranno essere utilizzati, in parte, per la realizzazione del calcestruzzo all'interno del cantiere, ovvero in altri cantieri. Una parte dello smarino sarà inoltre utilizzata per realizzare l'area di imbocco della galleria idraulica, in sponda dell'invaso di Piaganini. I flussi sono relativi ai materiali principali da movimentare e quindi significativi in termini di quantità, contraddistinti come di seguito:

- Fabbisogno: volume complessivo (espresso in m³ "in banco") degli inerti e del calcestruzzo necessario alla realizzazione delle opere di pertinenza del cantiere operativo di riferimento.
- Riutilizzo scavi: volume complessivo degli scavi delle opere di pertinenza del cantiere di riferimento, di cui si prevede un riutilizzo nell'ambito dell'intervento (sia nelle opere di pertinenza del cantiere sia in quelle di pertinenza degli altri cantieri).

Scavi in esubero: volume complessivo degli scavi delle opere di pertinenza del cantiere di riferimento, che saranno trasportati come esuberanti in siti esterni all'intervento a deposito definitivo.

La stima dei quantitativi dei principali materiali impiegati per la costruzione delle opere risulta fondamentale ai fini della determinazione delle aree necessarie per i cantieri ed in particolare per gli spazi da dedicare allo stoccaggio. Inoltre, tale stima consente di determinare i flussi di traffico prevedibili nel corso dei lavori di costruzione sulla viabilità esterna ai cantieri, e quindi di verificare l'adeguatezza della stessa e le eventuali criticità. I dati riportati di seguito, relativi ai quantitativi dei materiali da costruzione, sono da intendersi indicativi e finalizzati al dimensionamento delle aree di cantiere e di stoccaggio dei materiali e per definire i flussi di traffico lungo la viabilità di accesso alle diverse aree di cantiere. Per maggiori dettagli sui quantitativi dei materiali da movimentare durante i lavori e sulle caratteristiche dei siti di approvvigionamento e smaltimento dei terreni si rimanda agli elaborati di progetto specifici.

I materiali principali (dal punto di vista quantitativo) coinvolti nella realizzazione delle opere sono costituiti da:

- terre e rocce provenienti dagli scavi;
- inerti necessari alla preparazione del calcestruzzo;
- terre e rocce in esubero da conferire a discarica/cava

Di seguito si sintetizzano i volumi provenienti dagli scavi. I volumi delle terre riportati nella seguente tabella sono da intendersi in banco (coefficiente moltiplicativo per il passaggio da banco a mucchio è stimabile pari a 1.35).

Produzione complessiva materiali di scavo		
Opera	Tipo di scavo	Volume [m³]
Espansione Pozzo di monte	M. movimento terra	9'000
Accesso camera valvole di monte	Drill&Blast	20'000
Pozzo forzato e galleria idraulica di collegamento	Drill&Blast	5'000
Nuova galleria di accesso alla centrale	Drill&Blast	85'000
Nuova caverna centrale	Drill&Blast	66'000
Nuovo pozzo di valle e galleria di accesso	Drill&Blast	17'000
Nuova galleria idraulica forzata	Drill&Blast	89'000
Nuova camera paratoie	Drill&Blast	14'000
Nuovo pozzo verticale per cavidotti	Drill&Blast	9'000
Totale		314'000

Tabella 2: Produzione complessiva di materiali di scavo (in banco)

Con riferimento alle stime riportate, i materiali provenienti dagli scavi, definiti considerando un incremento del 30% circa, che porta ad una stima di 410'000 m³) saranno pertanto gestiti come segue:

- circa **60'000 m³** di materiale da scavo potrà essere riutilizzato nell'ambito degli interventi del presente progetto per la realizzazione di rinterri e rilevati. Ai fini del riutilizzo di parte degli scavi potranno essere impiegate le aree di cantiere e in particolare quelle ipotizzate per lo stoccaggio

non lontano dalla zona di ampliamento del pozzo piezometrico esistente (si rimanda per maggiori dettagli agli elaborati grafici di cantierizzazione).

- circa **30`000 m³** di materiale potrà essere riutilizzato nelle aree di cantiere durante i lavori, al fine di rendere le aree idonee ad ospitare le installazioni, ed a fine lavori nell'ambito del reinserimento ambientale delle aree stesse, sia a valle della diga di Piaganini, sia nelle altre zone di cantiere.
- circa **60`000 m³** potrà essere utilizzato per la produzione di inerti per calcestruzzo.
- Circa **200`000 m³** saranno impiegati per il recupero ambientale della cava dismessa di Cusciano, frazione di Montorio al Vomano. Questa destinazione, oltre che ad essere particolarmente opportuna in quanto consente un reale impatto positivo su un'area dismessa a pochi chilometri dall'esecuzione dei lavori, è stata preliminarmente valutata con gli *stake holder* locali in termini di opportunità.
- I volumi di scavo in esubero e/o contaminati (circa **60`000 m³**), non impiegabili per interventi di inserimento ambientale, saranno conferiti a siti esterni al cantiere per la destinazione finale (impianti di recupero, discariche per inerti, discariche per rifiuti non pericolosi).

I volumi riportati nella tabella precedente sono da intendersi quali una stima di massima finalizzata alle valutazioni del presente progetto di cantierizzazione; pertanto, si rimanda al computo metrico di progetto per ogni maggiore dettaglio sulle quantità da movimentare durante i lavori.

4.6 Approvvigionamento del calcestruzzo

Nell'ambito del presente progetto di cantierizzazione è stata prevista la possibilità, da parte dell'appaltatore, di prevedere dei propri impianti di betonaggio di cantiere per la produzione del calcestruzzo, nell'area di cantiere a valle della diga di Piaganini ed a livello del pozzo piezometrico esistente.

Gli impianti saranno caratterizzati da una superficie di circa 800 m². Le aree dove insisteranno gli impianti saranno dotate di un piazzale di cemento impermeabile caratterizzato da una superficie omogenea avente lievi pendenze sui quattro lati per consentire la raccolta delle acque meteoriche e i residui delle acque di percolamento dalle betoniere, durante la fase di carico del prodotto miscelato. Le acque meteoriche di dilavamento del piazzale e quelle derivanti dall'impianto di lavaggio delle autobetoniere saranno depurate e riutilizzate in buona parte nel ciclo produttivo, con notevole risparmio idrico. I fanghi saranno periodicamente estratti dall'impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e conferiti a smaltimento tramite ditta autorizzata.

L'impianto, che sarà definito in una successiva fase progettuale, avrà produzione massima complessiva pari a 200 m³/h. Dovrà essere previsto un sistema di abbattimento delle polveri nel rispetto della tutela dell'ambiente. Si segnala che nei pressi dell'ingresso agli impianti, è sempre prevista un'area di stoccaggio preliminare della materia prima (inerti di cava), suddivisa in box separati da setti. I box saranno presidiati da idonei erogatori d'acqua che periodicamente saranno attivati per limitare la diffusione delle polveri, soprattutto prima di uno spostamento e dopo lo scarico. Gli inerti

depositati, all'occorrenza saranno prelevati con pale gommate e trasportati alle tramogge dell'impianto di calcestruzzo.

Scopo dell'impianto di betonaggio è il dosaggio, in quantità ben definite e variabili a seconda delle miscele di progetto, di inerti, cemento ed acqua ed il successivo carico delle autobetoniere. L'intera modalità di dosaggio dei componenti, approfondita in una fase progettuale successiva, sarà regolata da un sistema computerizzato mediante un responsabile che darà via alle operazioni selezionando la miscela di progetto prevista.

Se necessario saranno individuati sul territorio circostante ulteriori impianti di betonaggio esistenti potenzialmente utilizzabili durante i lavori, che potranno essere impiegati in alternativa o in aggiunta agli eventuali impianti di betonaggio di cantiere.

4.7 Impianto di frantumazione

Per la produzione di aggregati riciclati non legati, al fine di realizzare calcestruzzo, verrà utilizzato un gruppo mobile per la frantumazione.



Figura 19: Esempio impianto di frantumazione mobile

La frantumazione, ovvero l'azione meccanica disgregatrice dei materiali (rocce o rifiuti) può avvenire per schiacciamento, per impatto o per triturazione. Ognuna di queste modalità di frantumazione è ottenuta tramite frantoi di tipo diverso. Quando una roccia o materiale subisce il passaggio all'interno di un frantoio, comincia a essere disgregata in elementi dal diametro sempre più ridotto. Per arrivare

alla dimensione più piccola, passando dalle pezzature più grandi (pietrisco), alle più piccole (sabbia), occorrono diversi stadi, successivi l'uno all'altro.

Le caratteristiche del frantoio prescelto dipendono quindi dal materiale che si prevede scavare e saranno definite in una successiva fase progettuale. Naturalmente il posizionamento della macchina all'interno di aree apposite (100 m² circa) è stato oggetto di una scelta strategica in grado di non arrecare danni o disturbi agli ambienti circostanti. La possibile collocazione dei frantoi potrà essere valutata nell'area a valle della diga di Piaganini ed in corrispondenza del pozzo piezometrico. Sarà predisposto un laboratorio per eseguire prove di qualità sugli inerti.

5. CRONOPROGRAMMA GENERALE DEI LAVORI

Il programma generale dei lavori prevede l'esecuzione dell'intervento sull'arco di circa 24 mesi, a partire dalla consegna degli stessi all'impresa esecutrice. L'inizio effettivo dei lavori è previsto in febbraio o marzo, con l'installazione del cantiere, mentre gli ultimi interventi impiantistici in centrale sono previsti entro dicembre del secondo anno, per dedicare una coda del cantiere a collaudi e smobilitazione del cantiere durante il terzo anno. L'esercizio provvisorio è previsto a partire dal terzo anno e durerà sei mesi, ovvero la durata prevista dagli accordi contrattuali.

Gli interventi principali programmati nel corso del **primo anno** d'attività possono essere riassunti come segue:

- Allestimento cantiere lavori civili all'imbocco della galleria carrabile esistente
- Predisposizione parcheggi ed altre aree di servizio
- Attacco della diramazione per la nuova galleria di accesso carrabile
- Predisposizione di un piazzale in sponda del lago Piaganini con il materiale di risulta
- Predisposizione del cantiere nella zona a valle della diga di Piaganini
- Realizzazione del portale della galleria idraulica
- Realizzazione della connessione tra galleria idraulica e zona del cantiere a valle diga
- Scavo della galleria idraulica – prima parte
- Scavo del Pozzo Piezometrico di valle
- Scavo della galleria carrabile
- Scavo della nuova caverna – prima parte

Durante il **secondo anno** le attività proseguono fino alla conclusione dei lavori:

- Lavori di adeguamento del pozzo piezometrico
- Scavo della nuova caverna – seconda parte
- Scavo della galleria idraulica – seconda parte
- Realizzazione dei cementi armati di centrale
- Installazione del carroponete di centrale
- Montaggi meccanici ed inghisaggi
- Realizzazione del collegamento idraulico con il pozzo forzato (cd. Tie-In)
- Montaggio motore elettrico
- Montaggi dei quadri elettrici
- Realizzazione impianti di centrale (illuminazione, distribuzione BT, MT, ausiliari, antincendio/allagamento, SCADA, CC, TLC, posto controllo, ventilazione)
- Realizzazione dei cavedi e posa di cavi e connessioni
- Proseguimento e conclusione dello scavo della galleria idraulica
- Realizzazione degli impianti tecnici di galleria
- Connessione con il trasformatore esistente

- Modifiche elettriche e piccoli adeguamenti civili della sala trasformatore

A seguire avverranno le operazioni di collaudo e messa in esercizio del nuovo gruppo, consistenti in:

- Commissioning (prove funzionali in bianco, prove per parti);
- Primo avviamento;
- Perfezionamento funzionale SCADA;
- Collaudo e accettazione provvisoria;
- Esercizio provvisorio;
- Accettazione finale.

Un cronoprogramma più dettagliato è redatto nel documento GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.059.

6. PROGRAMMA DI INDISPONIBILITÀ DELL'IMPIANTO

L'esistente impianto idroelettrico di San Giacomo è suddiviso negli impianti di San Giacomo I e II. Essi collegano idraulicamente, con derivazioni e restituzioni distinte, i serbatoi di Provvidenza, realizzato sbarrando il Fiume Vomano vicino ad Ortolano (AQ) con una diga ad arco, e di Piaganini, realizzato sbarrando il Fiume Vomano in comune di Fano Adriano (TE) con una diga ad arco gravità.

La centrale di San Giacomo I, sita in comune di Fano Adriano (TE), è stata costruita nel 1947 ed è equipaggiata con 3 gruppi turbina Pelton/alternatore ad asse orizzontale (GR1, GR2 e GR3) della potenza di targa ognuno pari a 282,5 MW. Sono altresì disponibili 2 gruppi che hanno dimensioni assai ridotte, aventi lo scopo di alimentare i servizi di centrale.

La centrale di San Giacomo II, sita in comune di Fano Adriano (TE), è stata costruita negli anni '90 come ampliamento della centrale di San Giacomo I. L'accesso avviene dal portale sito in riva al serbatoio Piaganini, tramite l'esistente galleria lunga circa 2 km, dalla quale si stacca la nuova galleria di accesso lunga circa 145 m. La sala macchine di San Giacomo II è equipaggiata con due gruppi: il gruppo Pelton (Gr. 6) da 282,5 MW ed il gruppo Francis reversibile (Gr. 7) da 56,3 MW.

Entrando nella caverna centrale di San Giacomo II dapprima si incontra la galleria trasformatori, dove sono ubicati su lati opposti i due trasformatori a servizio di entrambe le centrali. Questo locale tecnico sarà oggetto di adeguamento per la connessione anche del nuovo gruppo di pompaggio, che usufruirà del trasformatore esistente a servizio del gruppo Pelton di generazione.

Il programma di costruzione del nuovo impianto di San Giacomo III prevede una esecuzione delle lavorazioni totalmente non interferente con il funzionamento dell'esistente centrale di San Giacomo I, e solo in parte interferente con l'esercizio della centrale di sola generazione di San Giacomo II. Esistono infatti alcune necessarie lavorazioni per eseguire il collegamento e l'adeguamento degli impianti esistenti, per le quali è necessario mettere in fuori servizio totale dell'impianto di San Giacomo II. In particolare:

- **Modifica del pozzo piezometrico;** tale modifica è prevista con un cantiere a piano campagna nella zona di sbocco dell'attuale pozzo piezometrico della centrale di San Giacomo II. I lavori di ampliamento interesseranno un'area di proprietà della Committenza, che sarà bonificata ed in cui saranno realizzate le camere di espansione del nuovo pozzo. Il collegamento della canna esistente del pozzo con la nuova espansione prevede dei lavori di getto e di carpenteria con tempi di fuori servizio stimati in **un mese**, necessari per le demolizioni, i getti e le connessioni idrauliche.
- **Tie-in sul pozzo forzato di San Giacomo II;** questa attività consiste nella realizzazione di un camerone tra la nuova infrastruttura idraulica di nuova realizzazione ed il pozzo forzato. L'attività di realizzazione di questo camerone, in termini di scavo, connessioni e finiture, ha una durata stimata di **3 mesi**.

I due periodi di fuori servizio sono stati programmati, in questa fase progettuale, nella stagione estiva del primo e del secondo anno di lavori. Questa collocazione temporale consente, mediante un'oculata

programmazione e gestione degli invasi, di minimizzare il *loss of profit*. In particolare, nel primo anno di lavori, il fuori servizio è previsto in solamente un mese durante il minimo idrologico della zona (nel mese di luglio), per cui l'esercizio dell'impianto di San Giacomo I in configurazione reversibile, e la gestione appropriata dell'asta del Vomano, potrà presumibilmente annullare le perdite di energia prodotta. Di contro durante il secondo anno il fuori servizio è più dilatato ma dovrà essere ancora una volta collocato nel periodo più propizio in questo senso. La programmazione di questa fase ha adottato un approccio che consenta di ottimizzare l'utilizzo della risorsa anche durante i lavori.

Nella fase di connessioni elettriche e di test finale del nuovo gruppo potranno verificarsi dei fuori servizi limitati dell'impianto di San Giacomo II, certamente assai circoscritti in termini di tempo.

Durante la realizzazione della nuova caverna, le volate potranno interferire, a causa delle vibrazioni indotte, con il funzionamento delle centrali di San Giacomo I e San Giacomo II. Durante il secondo anno la realizzazione della caverna si colloca, almeno in parte, "in ombra" al fuori servizio dell'impianto di San Giacomo II. In ogni caso, per intervenire rispetto a blocchi intempestivi dei gruppi, riducendo possibili sbilanciamenti nella produzione programmata, saranno concordati con la Committenza protocolli di intervento sia da remoto, mediante il posto di teleconduzione, sia in sito, mediante la presenza di personale operativo.

7. MONITORAGGIO DURANTE I LAVORI

Per il monitoraggio delle opere esistenti durante i lavori si ricorrerà a nuovi strumenti di misura, in aggiunta rispetto a quanto già presente sugli impianti. Una particolare rilevanza assume il controllo delle vibrazioni provocate dai lavori di demolizione e realizzazione di tunnel e caverna. In generale, tutti i dati relativi alle vibrazioni indotte saranno periodicamente registrati ed inseriti in un database che consenta di individuare tempestivamente le eventuali azioni correttive.

7.1 Collimazione e livellazione

Saranno predisposti punti di misura di collimazione e livellazione, sulla base di eventuali punti di riferimento esistenti, che rimarranno in funzione per l'intera durata dei lavori. I punti di riferimento saranno localizzati sia nei tunnel esistenti sia nelle caverne e nei locali tecnici sotterranei.

7.2 Estensimetri e perdite

Nuovi estensimetri saranno installati sui giunti e sulle fessure più evidenti rilevate prima dell'inizio degli interventi, in posizioni da definire sul posto, e su tutte quelle fessure che si manifestassero durante l'esecuzione dei lavori.

Le perdite dalle volte della caverna e delle gallerie dovranno essere tutte rilevate, captate ed incanalate a valle, prima che si eseguano i getti dei rivestimenti permanenti, in modo da proteggere il calcestruzzo. Dove necessario, le perdite saranno otturate tramite opportune iniezioni di impermeabilizzazione, una volta completati i getti di riempimento.

7.3 Controllo delle vibrazioni

Durante l'esecuzione delle opere, il controllo delle vibrazioni è da considerarsi obbligatorio per l'intera durata dei lavori, in special modo nelle fasi di demolizione di fabbricati esterni e nelle fasi di scavo in sotterraneo e demolizioni, in prossimità delle opere esistenti. È infatti possibile che le vibrazioni indotte possano causare vibrazioni indesiderate sulle parti d'impianto che devono poter rimanere operative e fessurazioni sulle parti strutturali delle quali si vuole mantenere l'integrità. Come si è detto sarà implementato, assieme ad EGP, un protocollo che consenta la rapida soluzione di problemi di blocco intempestivo.

La norma UNI 9916 fornisce una guida relativa ai metodi di misura, di trattamento dei dati e di interpretazione dei fenomeni vibratorii, in modo da permettere la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici. I valori limite di velocità di vibrazione sono individuati in riferimento alla normativa tedesca DIN 4150-3, e dipendono dalla tipologia della costruzione e dalla frequenza delle vibrazioni che giungono sulle strutture da conservare. Per le strutture di interesse si fa riferimento ai valori limite di velocità di vibrazione definiti per la Classe 1, Costruzioni industriali, edifici industriali e

costruzioni strutturalmente simili (vedi Appendice D, Prospetto D.1 della UNI 9916, Vibrazioni di breve durata):

- $V_{max} = 20$ mm/s, da 1 a 10 Hz
- $V_{max} = 20\div 40$ mm/s, da 10 a 50 Hz
- $V_{max} = 40\div 50$ mm/s, da 50 a 100 Hz

I valori di riferimento indicati sono quelli al di sotto dei quali è ragionevole presumere che non vi sia danno. L'Appaltatore dovrà presentare, prima dell'inizio dei lavori di scavo con esplosivo e demolizione, una relazione tecnica comprendente una descrizione dettagliata della metodologia, mezzi d'opera ed organizzazione dei lavori, con riferimento anche al monitoraggio continuo delle vibrazioni indotte dalle tecnologie di scavo e demolizione adottate, ed al rispetto dei limiti di velocità di vibrazione prescritti.

7.4 Controllo delle temperature del calcestruzzo

Per i getti strutturali normali, saranno applicate le consuete procedure previste dalla normativa vigente. Per quanto riguarda invece l'esecuzione di getti massivi, le temperature del calcestruzzo dovranno essere monitorate durante le fasi di getto e maturazione del calcestruzzo, mediante l'inserimento di termocoppie, al fine di contenere le escursioni termiche entro i limiti previsti dal mix design di progetto, tenendo conto degli eventuali sistemi di raffreddamento degli inerti o dell'acqua.

7.5 Modalità esecutive per gli interventi di sistemazione dei versanti

Il materiale proveniente dagli scavi sarà temporaneamente stoccato in opportune aree per poi essere riutilizzato, insieme con il materiale di smarino, per sistemazione finale dei contesti individuati nel piano per le Terre e Rocce d scavo. Le operazioni di stoccaggio definitivo del materiale di scavo saranno portate a termine procedendo dal basso verso l'alto, a mano a mano, mediante i sistemi di sostegno indicati nelle tavole di progetto. Non sarà ammissibile la completa realizzazione di berme e scarpate senza la progressiva e continua installazione delle misure di sostegno e l'estensione delle tappe di scavo dovrà essere commisurata, con opportuna sicurezza, alle condizioni del terreno in posto. Oltre alle misure di sostegno di berme e scarpate dovranno anche essere progressivamente installati i drenaggi profondi.

La realizzazione di rilevati, temporanei o definitivi, avverrà anch'esso procedendo dal basso verso l'alto. I rilevati dovranno essere realizzati mediante la compattazione per strati sino a raggiungere almeno il 95% della prova di compattazione Proctor. Il materiale sarà quindi posizionato al fine di ottenere una configurazione stabile a lungo termine (sotto qualsiasi condizione) e le superfici saranno modellate al fine di garantire il ripristino delle geometrie dei versanti naturali e sottoposti ad interventi di ingegneria naturalistica per l'inserimento degli stessi dal punto di vista ambientale.

Durante le fasi esecutive l'Impresa dovrà provvedere al controllo e regimazione delle acque di ruscellamento superficiale dei versanti impedendo che raggiungano le aree dei lavori.