

# PROGETTO DI IMPIANTO IDROELETTRICO DI REGOLAZIONE SUL BACINO DI CAMPOLATTARO (BN)

MARZO 2011



COMMITTENTE



**R.E.C. S.r.l.**

Via Uberti 37-20129 Milano

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE

Mandataria :



**ETATEC** S.R.L.  
SOCIETA' DI INGEGNERIA

20133 MILANO - via Bassini, 23 - tel.(02) 26681264

fax (02) 26681553 - E-Mail: ETATEC@ETATEC.IT

AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO UNI EN ISO 9001:2008

**SINCERT**

SICV - SC 06-647/EA 34

PROGETTISTA: Prof. Ing. Alessandro Paoletti

Mandante :

**CeAS**

CENTRO DI ANALISI STRUTTURALE S.R.L.  
AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'

SERVIZI DI INGEGNERIA CIVILE  
CIVIL ENGINEERING SERVICES

SISTEMA QUALITA'  
UNI EN ISO 9001 : 2008  
CERTIFICATO K031 RILASCIATO  
DA



PROGETTISTA: Dott. Ing. Giovanni Canetta

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE TECNICA PARTICOLAREGGIATA

Revisione	Data	Descrizione	Redazione	Verifica	Approvazione	
A	31/03/2011	EMISSIONE PER VALUTAZIONE D'IMPATTO AMBIENTALE	F. Malingegno	A. Paoletti	A. Paoletti	
B	24/09/2012	EMISSIONE PER ITER AUTORIZZATIVO	F. Malingegno	A. Paoletti	A. Paoletti	
C						
CODICE COMMESSA		TIPOLOGIA COMMESSA	TIPOLOGIA ELABORATO	FASE PROGETTAZIONE	PARTE DI IMPIANTO	PROGRESSIVO ELABORATO
483-01E		ET	R	D	A	020
						SCALA: —

## INDICE

1.	PREMESSA.....	1
1.1	IL PROGETTO DI MASSIMA .....	1
1.2	IL PROGETTO DEFINITIVO .....	4
1.3	DATI CARATTERISTICI DELL'IMPIANTO .....	7
2.	CARATTERISTICHE IDRAULICHE ED ENERGETICHE DELL'IMPIANTO.....	8
3.	CRITERI PROGETTUALI .....	10
3.1	INTRODUZIONE.....	10
3.2	CONSIDERAZIONI GENERALI.....	10
3.3	DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO IN PROGETTO.....	12
3.4	CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'IMPIANTO .....	13
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO .....	19
4.1	GENERALITÀ .....	19
4.2	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE PRINCIPALI .....	19
4.3	CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE PRINCIPALI .....	21
4.4	ASPETTI SISMOTETTONICI.....	21
4.5	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE PRINCIPALI .....	22
5.	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....	24
5.1	PREMESSA.....	24
5.2	BACINO SUPERIORE DI MONTE ALTO .....	25
5.2.1	Invaso di accumulo .....	25
5.2.2	Canale di gronda .....	29
5.2.3	Strada perimetrale lungo il coronamento dell'invaso .....	33
5.2.4	Argine Sud .....	33
5.3	OPERE DI SCARICO DEL BACINO DI MONTE ALTO .....	35
5.3.1	Sfioratore di superficie.....	36
5.3.2	Galleria di scarico di fondo.....	39
5.4	OPERA DI PRESA DI MONTE ALTO .....	42
5.5	CAMERA PARATOIE DI MONTE ALTO .....	43
5.6	POZZO PIEZOMETRICO DI MONTE .....	44
5.7	CONDOTTA FORZATA .....	45
5.8	CAMERA VALVOLA A FARFALLA .....	47
5.9	CENTRALE IN CAVERNA .....	48
5.10	POZZO PIEZOMETRICO DI VALLE.....	51
5.11	CAMERA PARATOIE DI VALLE .....	53
5.12	OPERA DI PRESA/RESTITUZIONE DI CAMPOLATTARO.....	55
5.13	GALLERIE DI ACCESSO.....	57
5.13.1	Galleria di accesso alla camera paratoie di Monte Alto .....	57

5.13.2	Galleria di accesso alla camera valvola a farfalla.....	58
5.13.3	Galleria di collegamento tra lo scarico di fondo e la galleria di accesso alla camera valvola a farfalla.....	59
5.13.4	Galleria di accesso alla centrale in caverna .....	60
5.13.5	Galleria di accesso alla camera superiore del pozzo piezometrico di valle.....	61
5.13.6	Galleria di accesso intermedia alla galleria di restituzione di valle.....	62
5.13.7	Sistemazione portali accesso gallerie .....	63
5.14	ADEGUAMENTO VIABILITÀ.....	64
6.	FASI COSTRUTTIVE DELLE OPERE IN PROGETTO.....	67
6.1	PREMESSA .....	67
6.2	CANTIERE DI “MONTE ALTO” .....	70
6.3	CANTIERE “FORGIOSO” .....	71
6.4	CANTIERE “CIARLI” .....	72
6.5	CANTIERE FINESTRA INTERMEDIA ALLA GALLERIA DI RESTITUZIONE.....	73
6.6	CANTIERE “CAMPOLATTARO” .....	73
6.7	COLLAUDI E RIPRISTINI .....	74
7.	OPERE STRUTTURALI .....	75
7.1	PREMESSA .....	75
7.2	OPERA DI PRESA DI MONTE ALTO E SCARICO DI FONDO .....	75
7.3	CAMERA VALVOLA A FARFALLA .....	76
7.4	CENTRALE IN CAVERNA E CAVERNA TRASFORMATORI .....	76
7.5	POZZO PIEZOMETRICO DI VALLE.....	77
7.6	OPERA DI PRESA CAMPOLATTARO E POZZO PARATOIE DI VALLE .....	78
7.7	PORTALI DI IMBOCCO DELLE GALLERIE DI ACCESSO .....	79

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – planimetria progetto di massima dell’impianto– soluzione Aprile 2008 .....	3
Figura 2 – planimetria progetto di massima dell’impianto – soluzione in variante Aprile 2010 .....	3
Figura 3 – planimetria opere previste nel presente progetto definitivo .....	6
Figura 4 – profilo schematico di impianto .....	6
Figura 5 – grafico esemplificativo della gestione settimanale del volume di invaso di Monte Alto .....	9
Figura 6 – invaso di Campolattaro .....	12
Figura 7 – stralcio planimetrico bacino ed opera di presa di Monte Alto .....	14
Figura 8 – schema idraulico nodo camera paratoie di monte/pozzo piezometrico.....	15
Figura 9 – schema idraulico camera valvola a farfalla.....	15
Figura 10 – centrale in caverna .....	16
Figura 11 – nodo idraulico opera di presa/restituzione di valle .....	17
Figura 12 – nodo idraulico pozzo piezometrico di valle .....	17
Figura 13 – nodo idraulico pozzo paratoie di valle .....	18
Figura 14 – area interessata dalla realizzazione del bacino di accumulo superiore .....	26
Figura 15 – stralcio planimetrico delle opere in progetto del bacino di Monte Alto.....	27
Figura 16 – collegamento teli in PVC per impermeabilizzazione bacino di Monte Alto.....	29
Figura 17 – sezione tipo canale di gronda Ovest.....	30
Figura 18 – manufatto di sfioro del canale di gronda Ovest .....	31
Figura 19 – sezione tipo canale di gronda Est.....	32
Figura 20 – sezione tipo strada perimetrale al bacino di Monte Alto.....	33
Figura 21 – sezione tipo argine sud.....	34
Figura 22 – localizzazione opere di scarico .....	36
Figura 23 –sezione manufatto sfioratore di superficie .....	37
Figura 24 – pianta manufatto di confluenza.....	38
Figura 25 – sezione longitudinale manufatto di presa dello scarico di fondo .....	39
Figura 26 – sezione tipo galleria di scarico con tubazione di convogliamento drenaggi .....	40
Figura 27 – stralcio planimetrico tracciato galleria di collegamento .....	41
Figura 28 – manufatto di dissipazione dello sbocco dello scarico di fondo nel Rio Secco.....	41
Figura 29 – pianta e sezione manufatto di presa di Monte Alto.....	42
Figura 30 – pianta e sezione camera paratoie di Monte Alto .....	43
Figura 31 – pianta e sezione pozzo piezometrico di monte.....	45
Figura 32 – profilo condotta forzata.....	46
Figura 33 – camera valvola a farfalla.....	48
Figura 34 – pianta centrale in caverna alla quota 292 m s.m. ....	50
Figura 35 –sezione trasversale centrale in caverna .....	50
Figura 36 – sezione trasversale pozzo piezometrico di valle .....	52
Figura 37 –sezione trasversale pozzo paratoie di valle .....	54
Figura 38 –stralcio planimetrico piazzale di accesso al pozzo paratoie di valle .....	55
Figura 39 –sezione trasversale opera di presa/restituzione di valle.....	56
Figura 40 –pianta opera di presa/restituzione di valle.....	56
Figura 41 –stralcio planimetrico galleria di accesso alla camera paratoie di monte .....	58
Figura 42 –stralcio planimetrico tracciato galleria di accesso alla camera valvola a farfalla.....	59

Figura 43 –stralcio planimetrico tracciato galleria di collegamento .....	60
Figura 44 –stralcio planimetrico tracciato galleria di accesso alla centrale .....	61
Figura 45 –stralcio planimetrico tracciato galleria di accesso sup. al pozzo piezometrico di valle .....	62
Figura 46 –stralcio planimetrico tracciato galleria di accesso intermedio .....	63
Figura 47 –sistemazione portali di accesso gallerie .....	63
Figura 48 –schema esemplificativo aree di cantiere.....	68
Figura 49 –schema esemplificativo fasi e direzioni di scavo galleria idrauliche e di servizio .....	69

## **INDICE DELLE TABELLE**

Tabella 1 – velocità di deflusso delle portate turbinate/pompate .....	9
--	---

## RELAZIONE TECNICA PARTICOLAREGGIATA

### 1. PREMESSA

La società REC S.r.l., in data Luglio 2010, ha affidato all'A.T.I. tra la Società ETATEC S.r.l.-mandataria e la Società CeAS S.r.l. – mandante - l'incarico per la Progettazione Definitiva delle opere relative all'impianto idroelettrico di accumulo per pompaggio e regolazione tra l'esistente invaso di Campolattaro (BN) ed il nuovo bacino di Monte Alto in Comune di Morcone (BN).

La Committenza è infatti titolare di una concessione di piccola derivazione di acque pubbliche ad uso industriale dall'invaso di Campolattaro (BN) per una portata di 30 l/s corrispondente al reintegro dell'evaporazione e delle perdite del sistema costituente l'impianto, così come definito dal provvedimento finale della C. di S. del 12/10/2010 della Provincia di Benevento.

#### 1.1 IL PROGETTO DI MASSIMA

Il progetto di massima, con il quale è stata inoltrata la richiesta (Aprile 2008) di concessione, prevedeva la costruzione *ex-novo* di un impianto idroelettrico di accumulo per pompaggio e regolazione del sistema elettrico per produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili a fini di riqualificazione energetica, mediante la realizzazione di un'opera di presa e restituzione della risorsa idrica dall'esistente bacino di Campolattaro, la realizzazione di un nuovo bacino superiore previsto nei pressi di Monte Calvello in comune di Pontelandolfo (BN) per l'accumulo del volume idrico derivato, nonché le corrispondenti opere di collegamento mediante gallerie idrauliche ed opere d'arte puntuali (centrale di produzione, camere paratoie, camere valvole, ecc..) in sotterraneo.

Nella Figura 1 è riportato uno stralcio planimetrico della soluzione di massima dell'Aprile 2008.

Successivamente la Società REC S.r.l., con istanza dell'Aprile 2010, trasmetteva all'Ente Istruttore per il rilascio della concessione di piccola derivazione di acque pubbliche ad uso industriale – Provincia di Benevento – una modifica non sostanziale al progetto di massima oggetto di istruttoria, che prevedeva, in particolare, la realizzazione del bacino superiore di accumulo nei pressi di Monte Alto in comune di Morcone (BN) per un volume utile complessivo di  $\sim 7,0 \text{ Mm}^3$  in sostituzione di quello originariamente previsto nei pressi di Monte Calvello in comune di Pontelandolfo (BN) per un volume utile complessivo di  $\sim 8,0 \text{ Mm}^3$ , a seguito di approfondimenti geologici del sito di interesse.

Nella Figura 2 è riportato uno stralcio planimetrico della soluzione di massima modificata in data Aprile 2010.

Il progetto di massima così modificato prevedeva la realizzazione di bacino di accumulo superiore in una conca naturale nei pressi del Monte Alto, con un livello massimo d'invaso a quota 900 m s.m. ed un volume di accumulo utile di circa  $\sim 7,0 \text{ Mm}^3$ . Tale configurazione fornisce la possibilità di sfruttare un salto massimo di circa 520 m, considerando il livello di massima regolazione del bacino di Campolattaro pari a 377,25 m s.m. .

Il progetto di massima dell'impianto prevedeva la realizzazione le seguenti opere:

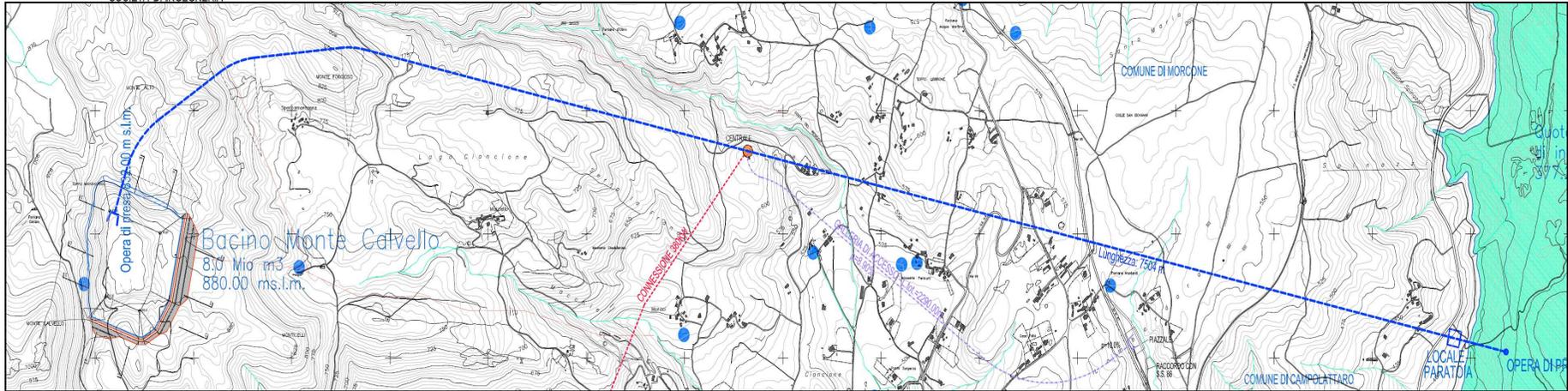
- bacino superiore di accumulo in loc. Monte Alto;
- condotta forzata in galleria;
- centrale in caverna;
- galleria di restituzione di valle in pressione tra la centrale in caverna ed il bacino inferiore di Campolattaro;
- pozzo piezometrico;
- opere di presa e/o di restituzione presso il bacino di Campolattaro in corrispondenza del versante occidentale;
- connessione alla rete elettrica nazionale mediante elettrodotto a 380 kV.

Il bacino di accumulo superiore veniva collegato alla centrale di produzione dell'energia elettrica, situata in caverna, tramite un pozzo verticale seguito da un tratto sub-orizzontale di galleria all'interno della quale è previsto l'alloggiamento di n.2 condotte forzate in acciaio.

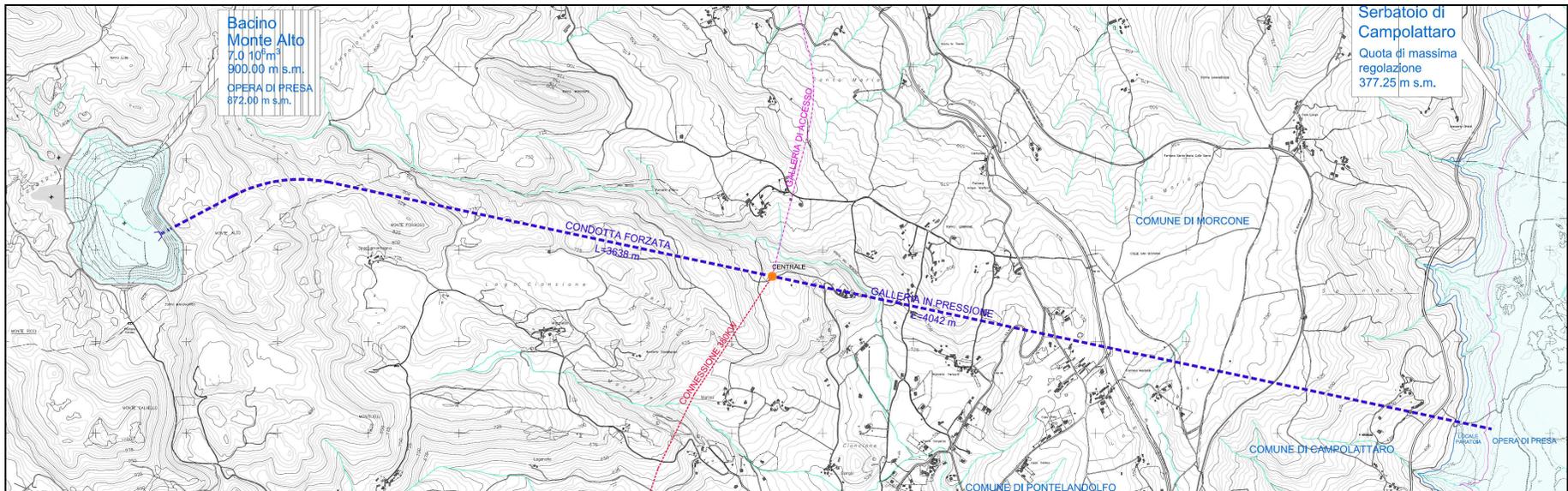
Nella centrale era previsto l'alloggiamento di più gruppi reversibili (gruppi pompa-turbina) alla quota di circa 330,00 m s.m. con una potenza elettrica totale installata di  $\sim 550 \text{ MW}$ .

A valle dei gruppi una galleria a debole pendenza ( $i \sim 1\%$  circa), rivestita in calcestruzzo, fungeva da collegamento idraulico con l'opera di presa dall'esistente bacino di Campolattaro, dotata di soglia sfiorante prevista a quota 349,25 m s.m..

La medesima galleria di derivazione tra i bacini superiore ed inferiore consentiva lo svuotamento dell'intero sistema in caso di necessità.



**Figura 1 – planimetria progetto di massima dell’impianto– soluzione Aprile 2008**



**Figura 2 – planimetria progetto di massima dell’impianto – soluzione in variante Aprile 2010**

## 1.2 IL PROGETTO DEFINITIVO

Con il presente progetto definitivo la soluzione progettuale proposta è stata opportunamente approfondita, rispetto a quanto proposto nel progetto di massima, anche sulla base dei risultati delle attività di rilievo topografico dei luoghi, delle indagini geologico-geotecniche condotte, delle indagini idrogeologiche eseguite e del monitoraggio, ancora in corso, delle sorgenti presenti nell'area oggetto di interesse, ed anche sulla base delle indicazioni riportate nello Studio di Impatto Ambientale (presenza di aree SIC, ZPS ed oasi WWF).

Le varianti adottate, rispetto al progetto di massima trasmesso da REC alla Provincia di Benevento per il rilascio della concessione di piccola derivazione di acque pubbliche ad uso industriale (portata concessa di 30 l/s per il reintegro delle perdite del sistema), assolutamente non sostanziali, sono state conseguenza di un'attenta analisi fondata su considerazioni di ordine non solo funzionale e tecnico-economico ma anche idrologico-ambientale, al fine di minimizzare gli impatti delle opere da realizzarsi.

La fase conoscitiva del territorio ed i rilievi (geologici, geomorfologici, idrogeologici, topografici, ecc..) di dettaglio delle aree interessate dalle opere in progetto hanno permesso di giungere ad un livello di progetto di dettaglio tale da apportare modifiche migliorative ai singoli interventi definiti a livello di progettazione di massima, sia a livello di quote di realizzazione delle singole opere puntuali sia nella definizione dei reali ingombri dei manufatti in progetto ed infine nella definizione della logica di intervento durante la fase cantieristica.

Il presente Progetto Definitivo individua compiutamente i lavori da realizzare, determinandone ogni dettaglio ed il relativo costo nel rispetto delle esigenze, dei criteri, dei vincoli, degli indirizzi e delle indicazioni stabiliti nel progetto di massima.

Nella presente relazione sono riportati i criteri di impostazione del progetto e la descrizione dettagliata delle opere che costituiscono l'impianto idroelettrico, rimandando alle relazioni specialistiche per quanto attiene i calcoli ed i modelli che hanno condotto alla definizione dello schema progettuale adottato nonché al dimensionamento definitivo delle opere civili e meccaniche, ed all'inquadramento geologico ed idrogeologico del sito di interesse.

È opportuno osservare che, rispetto al progetto di massima, le soluzioni studiate nel presente progetto definitivo presentano alcune variazioni e modifiche, studiate ed opportunamente valutate in funzione delle risultanze delle indagini eseguite e propedeutiche ad una progettazione di maggior dettaglio (indagini geologiche, indagini idrogeologiche, rilievi

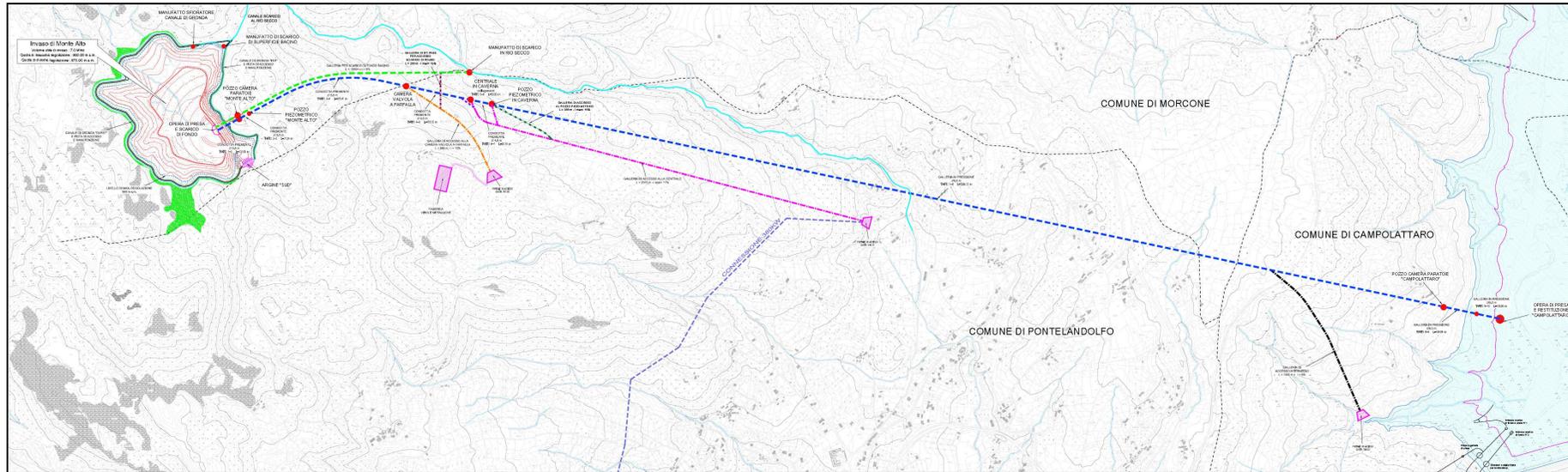
topografici, ecc..).

Tali modifiche e variazioni sono da ritenersi non sostanziali: esse infatti interessano l'ottimizzazione funzionale, gestionale e costruttiva dell'impianto e non i dati sostanziali caratteristici dell'impianto.

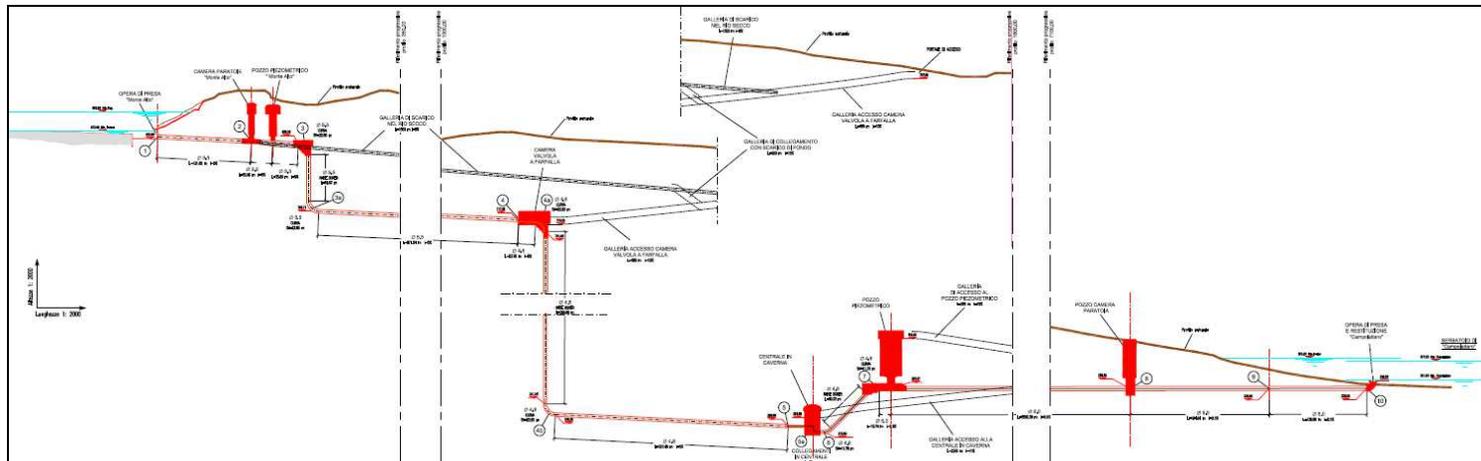
In particolare:

- la condotta forzata di monte, che nella proposta del progetto di massima era costituita da n.2 tubazioni  $\phi$  3,20 m nel tratto di monte e da una condotta  $\phi$  3,20 m nel tratto di valle fino alla centrale, è ora costituita da una unica condotta forzata  $\phi$  5,50 m nel tratto di monte, e da una condotta  $\phi$  4,80 m nel tratto di valle fino alla centrale.
- la posizione della centrale in caverna viene arretrata verso monte avvicinandosi all'invaso di Monte Alto, collocandola ad una distanza di 1.520 m circa dallo stesso. Pertanto, la lunghezza della condotta forzata tra l'invaso di Monte Alto e la centrale viene accorciata, passando da 3.600 m circa a 1.970 m circa, mentre la galleria di restituzione fino all'invaso di Campolattaro si allunga, passando da 4.042 m circa a 5.914 m circa;
- la galleria di restituzione di valle, che nella proposta del progetto di massima era prevista circolare  $\phi$  7,55 m, è ora costituita da una galleria  $\phi$  6,0 m;
- si prevede la realizzazione di n.2 pozzi piezometrici verticali, completamente contenuti entro terra, di geometria e dimensioni tali da garantire un corretto funzionamento dell'impianto in occasione dei transitori di moto vario.
- è prevista la realizzazione di idonei manufatti ed organi di scarico, sia di fondo sia di superficie del bacino di Monte Alto, al fine di assicurare i necessari requisiti di sicurezza idraulica dell'impianto anche in occasione di eventi di piena straordinari ed eccezionali.

Nella Figura 3 è riportata una planimetria d'insieme delle opere previste all'interno del presente progetto definitivo, mentre in Figura 4 è riportato il profilo schematico di impianto.



**Figura 3 – planimetria opere previste nel presente progetto definitivo**



**Figura 4 – profilo schematico di impianto**

### 1.3 DATI CARATTERISTICI DELL'IMPIANTO

Vengono di seguito riportati, in forma schematica, i principali dati peculiari dell'impianto, le cui caratteristiche saranno meglio descritte nei successivi capitoli e relazioni allegate al presente progetto.

- Volume idrico utile del serbatoio di Monte Alto:  $7,0 \text{ Mm}^3$
- Livello idrico di massima regolazione del bacino di Monte Alto: 900,0 m s.m.;
- Livello idrico di minima regolazione del bacino di Monte Alto: 873,0 m s.m.;
- Livello idrico di massima regolazione del bacino di Campolattaro: 377,25 m s.m.;
- Livello idrico di minima regolazione del bacino di Campolattaro: 351,0 m s.m.;
- Volume idrico complessivamente pompato dal bacino di Campolattaro verso Monte Alto e successivamente turbinato (bilancio settimanale): circa  $36,3 \text{ Mm}^3$ ;
- Portata massima di turbinaggio:  $126 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Portata massima di pompaggio:  $102 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Portata di derivazione ad uso industriale in concessione: 30 l/s (a compenso delle perdite di sistema tra l'invaso inferiore di Campolattaro e quello superiore di Monte Alto);
- Dislivello geodetico medio utile tra i due bacini:  $\sim 522,37 \text{ m}$ ;
- Salto netto medio in turbinaggio, al netto delle perdite di carico:  $\sim 499,78 \text{ m}$ ;
- Prevalenza netta media in pompaggio, comprensiva delle perdite di carico:  $\sim 538,56 \text{ m}$ ;
- Potenza massima in turbinaggio:  $\sim 572 \text{ MW}$ ;
- Potenza massima in pompaggio:  $\sim 628 \text{ MW}$ ;
- Potenza apparente massima generata dall'impianto, (con  $\cos \phi = 0,9$ ):  $\sim 635 \text{ MVA}$ ;
- Potenza apparente massima assorbita dall'impianto, (con  $\cos \phi = 0,9$ ):  $\sim 698 \text{ MVA}$ ;
- Distanza tra i due serbatoi:  $\sim 7.500 \text{ m}$ ;
- Lunghezza complessiva gallerie (derivazione, restituzione, accesso):  $\sim 12.200 \text{ m}$ ;
- Opere quasi completamente previste in sotterraneo, ad eccezione dell'invaso di Monte Alto.

## 2. CARATTERISTICHE IDRAULICHE ED ENERGETICHE DELL'IMPIANTO

L'impianto idroelettrico di regolazione e pompaggio di Campolattaro – Pontelandolfo prevede una bilancio settimanale dei volumi idrici pompati e turbinati: in particolare si prevede di turbinare la risorsa idrica accumulata nel serbatoio superiore di Monte Alto durante la fascia diurna feriale ed il corrispondente pompaggio notturno e festivo in direzione opposta.

Il salto geodetico massimo dell'impianto è definito dalla differenza tra il livello di massima regolazione del serbatoio superiore di Monte Alto a quota 900 m s.m. e la quota di minima regolazione dell'invaso inferiore di Campolattaro a quota 351 m s.m., pertanto pari a 549 m s.m..

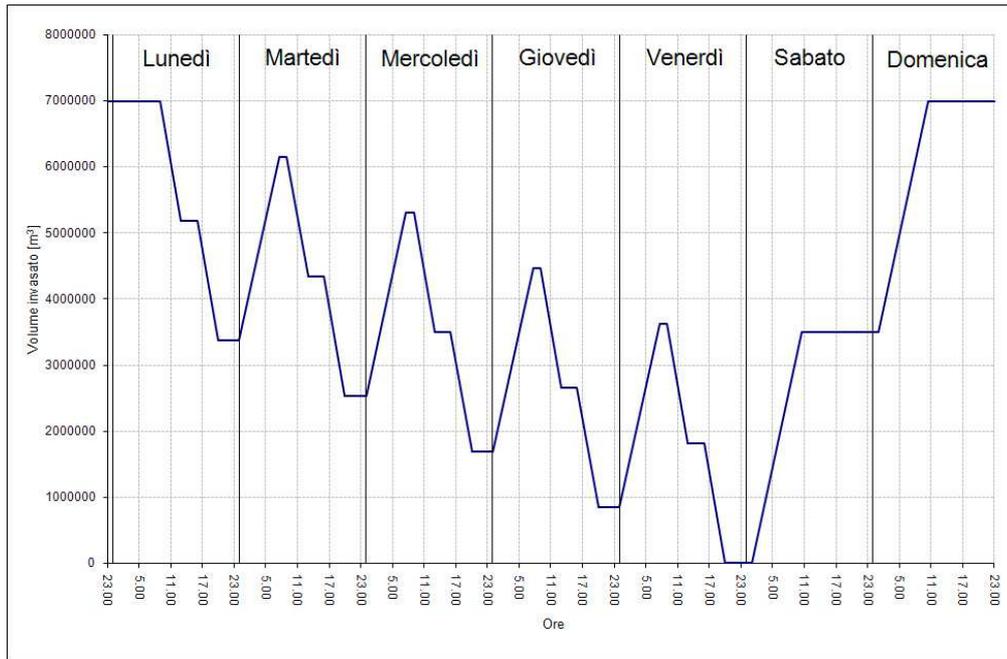
Il salto geodetico minimo dell'impianto è invece definito dalla differenza tra il livello di minima regolazione del serbatoio superiore di Monte Alto posto a quota 873 m s.m. e la quota di massima regolazione dell'invaso inferiore di Campolattaro posto a quota 377,25 m s.m., pertanto pari a 495,75 m.

Considerando un salto geodetico medio analitico al netto delle perdite di carico (~500 m), che prescinde quindi dall'andamento giornaliero e stagionale del livello dei due invasi interessati, ipotizzando che la fase di turbinaggio sia di 40 ore/settimanali per 50 settimane/anno, si può stimare che la produzione energetica annua dell'impianto risulti pari a circa ~1.090 GWh/anno.

Per i dettagli si rimanda alla Relazione Energetica ( elab. n. 483-01E ET R D A 050).

In Figura 5 è riportato un grafico esemplificativo della gestione settimanale del volume di invaso di Monte Alto, che evidenzia come:

1. nei giorni festivi sia privilegiata la fase di pompaggio ed il progressivo invaso del bacino di Monte Alto;
2. nella fascia diurna dei giorni feriali sia favorita la fase di turbinaggio di parte dei volumi invasati;
3. nella fascia notturna dei giorni feriali si proceda al pompaggio di parte dei volumi a parziale reintegro dei volumi precedentemente turbinati.



**Figura 5 – grafico esemplificativo della gestione settimanale del volume di invaso di Monte Alto**

Per la definizione di tale bilancio settimanale si è tenuto in conto di una portata turbinata per la produzione di energia elettrica pari a  $Q_{\text{turb max}}$  di circa  $126 \text{ m}^3/\text{s}$ , mentre per il pompaggio della risorsa idrica dal bacino inferiore di Campolattaro a quello superiore di Monte Alto si è considerato un valore di portata  $Q_{\text{pomp max}}$  di circa  $102 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Il volume complessivamente turbinato e pompato nell'arco del bilancio settimanale, secondo lo schema sopra riportato, è di circa  $36,3 \text{ Mm}^3$ .

Nella seguente Tabella 1 sono riportate le velocità medie di deflusso della portata all'interno della condotta forzata (tratto DN 5500 mm e tratto DN 4800 mm) e nella galleria di restituzione di valle ( $\phi 6,0 \text{ m}$ ) sia nella fase di turbinaggio sia nella fase di pompaggio.

funzionamento impianto	portata max ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	velocità (m/s)		
		condotta forzata		galleria di restituzione
		DN 5500 mm	DN 4800 mm	DN 6000 mm
<i>turbinaggio</i>	126,0	5,31	6,97	4,46
<i>pompaggio</i>	102,0	4,30	5,64	3,61

**Tabella 1 – velocità di deflusso delle portate turbinate/pompe**

### 3. CRITERI PROGETTUALI

#### 3.1 INTRODUZIONE

L'ottimizzazione della produzione idroelettrica di un impianto di pompaggio e regolazione del sistema elettrico per produzione di energia da fonti rinnovabili a fini di riqualificazione energetica rappresenta un aspetto estremamente complesso e delicato che deve essere messo in stretta correlazione con le tematiche energetiche, economiche, ambientali ed industriali del contesto territoriale in cui l'impianto si inserisce.

Le caratteristiche di progetto sono state inoltre esaminate in modo da tener conto, oltre che dei criteri di redditività economica, anche delle esigenze connesse con le realtà amministrative locali e con il miglior inserimento delle opere sul territorio.

Con riferimento agli aspetti sopra riportati, la scelta dell'ubicazione delle opere "fuori terra" quali l'invaso di Monte Alto e l'opera di presa/restituzione di Campolattaro, risulta conforme a quanto riportato nel progetto di massima di istanza dell'Aprile 2008 a firma del Geol. Morelli, dell'Ing. Baldovin e del Geol. De Paola, e delle successive modifiche con la quale la società REC S.r.l. ha ottenuto parere favorevole da parte della Provincia di Benevento alla concessione di derivazione d'acqua per una portata di 30 l/s a compenso delle perdite del sistema costituente l'impianto idroelettrico.

#### 3.2 CONSIDERAZIONI GENERALI

Il progetto dell'impianto idroelettrico di regolazione di Campolattaro – Pontelandolfo, configura la soluzione più efficace per utilizzare al meglio le potenzialità energetiche dell'esistente bacino di Campolattaro, valorizzando al massimo le opere esistenti senza allo stesso tempo compromettere gli ulteriori usi previsti delle risorse idriche (a tale riguardo si consulti lo "*Studio di fattibilità per l'utilizzo della risorsa idrica invasata nel bacino idrico di Campolattaro - Studio Idrologico*" redatto da SOGESID per conto della Regione Campania).

Tale schema risulta coerente con i Piani di Sviluppo ed i Programmi nazionali, regionali e provinciali in materia energetica ed ambientale.

Come noto, per rispondere al fabbisogno idrico del territorio della Provincia di Benevento, il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha approvato, nel 1978, il progetto per la realizzazione della Diga e dell'Invaso di Campolattaro, finanziato dalla Cassa per il Mezzogiorno.

Con la soppressione della Cassa per il Mezzogiorno, l'opera passò, negli anni '90, sotto la gestione, sia amministrativa che tecnica, della Provincia di Benevento con il supporto dell'Ente per lo Sviluppo dell'Irrigazione e la Trasformazione fondiaria in Puglia, Lucania ed Irpinia e sotto la supervisione del Servizio Nazionale Dighe.

Terminata la costruzione nel 1993, per lunghi anni l'esistenza di un'area interessata da un movimento franoso in sponda destra ha impedito la messa in esercizio dell'opera.

Nel frattempo l'Amministrazione Provinciale di Benevento ha inserito tra gli obiettivi prioritari della propria politica di sviluppo l'ultimazione dei lavori e l'utilizzo più efficiente possibile della risorsa idrica raccolta dalla diga di Campolattaro, al fine di realizzare sul territorio un'opera di fondamentale importanza in termini di patrimonio pubblico e ambientale.

L'Amministrazione provinciale ha così portato avanti negli ultimi anni la definitiva messa in esercizio dell'infrastruttura. Rientrano, infatti, in quest'ottica i lavori di consolidamento dell'area interessata dal movimento franoso, la cui conclusione ha permesso, nell'Aprile 2006, di iniziare le procedure di invaso sperimentale e di collaudo della diga.

Contestualmente la Provincia di Benevento ha attivato la procedura per la definizione di un programma per l'uso irriguo, industriale, potabile ed idroelettrico del bacino, per la cui attuazione saranno necessarie le opere strumentali ai diversi fini.

In questo contesto si inserisce la progettazione dell'impianto idroelettrico per l'utilizzo energetico del bacino di Campolattaro.



**Figura 6 – invaso di Campolattaro**

### **3.3 DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO IN PROGETTO**

Il progetto individua gli interventi finalizzati alla realizzazione di un impianto idroelettrico di generazione e pompaggio tra i bacini di Campolattaro (BN) e Monte Alto, quest'ultimo in comune di Morcone (BN).

Si prevede l'utilizzo dell'esistente invaso di Campolattaro (BN) (di capacità utile complessiva pari a  $125 \text{ Mm}^3$ ) come bacino inferiore ed il suo collegamento, tramite un sistema costituito da gallerie e condotte forzate in pressione, con un nuovo bacino (di capacità utile complessiva pari a  $7 \text{ Mm}^3$ ) superiore individuato nell'area di Monte Alto in una depressione naturale, permettendo così lo sfruttamento del potenziale idraulico presente tra i due suddetti bacini.

In ore con bassa domanda di energia la risorsa idrica verrà pompata dal bacino inferiore di Campolattaro verso l'invaso superiore di Monte Alto; viceversa, in ore di alta richiesta di energia della rete, il volume idrico immagazzinato verrà turbinato verso quello inferiore. Il bilancio dei volumi d'acqua spostati sarà, sul ciclo settimanale, sempre equilibrato, con l'eccezione di piccole quantità dovute a perdite di sistema.

Le indagini geologiche, idrogeologiche e topografiche eseguite nell'area di interesse hanno permesso di ottimizzare le soluzioni tecniche e tecnologiche sviluppate nel progetto di istanza.

Tale soluzione garantisce l'uso idroelettrico delle acque più efficiente, in coerenza con il principio di sistema idrico ad uso plurimo, in quanto limita le ulteriori richieste di derivazione delle acque al solo reintegro delle dispersioni (per una portata media di 30 l/s), senza perciò incidere in maniera significativa sugli utilizzi "primari" (potabili e irrigui) previsti per l'invaso esistente di Campolattaro.

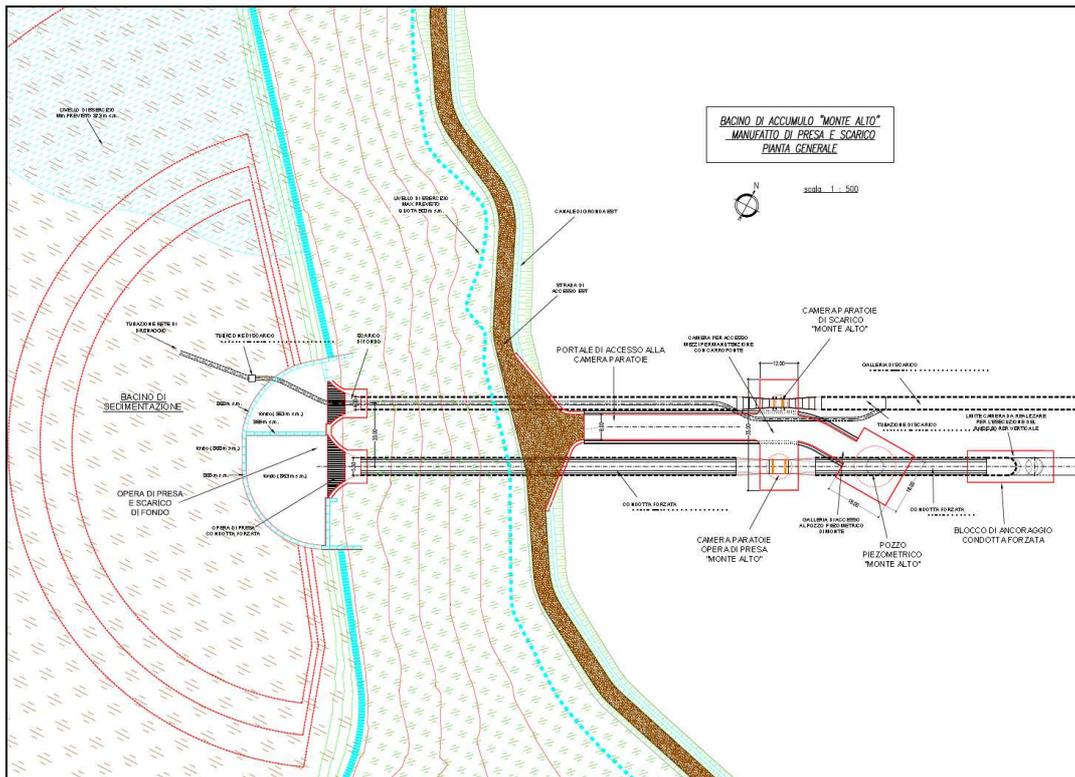
A tale riguardo si segnala che la nuova opera di presa e restituzione, ipotizzata al piede della sponda destra del Bacino di Campolattaro, circa 900 m a monte dell'asse diga, permette di effettuare le operazioni di pompaggio e generazione indipendentemente dalla gestione del bacino stesso, senza che la derivazione e/o scarico delle portate possa interferire o perturbare la derivazione e gestione del volume utile per altri utilizzi.

Si evidenzia, infine, come nello schema proposto venga riservata all'uso idroelettrico del presente impianto solamente una parte marginale della capacità dell'invaso, pari a circa  $7 \text{ Mm}^3$ , e solo temporaneamente nell'arco di ogni ciclo settimanale, rispetto al volume utile disponibile nel bacino esistente di circa  $109 \text{ Mm}^3$ , quindi senza alcuna interferenza sugli utilizzi prioritari previsti.

### 3.4 CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'IMPIANTO

L'impianto idroelettrico "Campolattaro" prevede la realizzazione di un invaso di accumulo della risorsa idrica derivata dal bacino di Campolattaro, per un volume utile di  $\sim 7,0 \text{ Mm}^3$  in corrispondenza della depressione naturale dell'area di Monte Alto in comune di Morcone (BN).

Mediante un'opera di presa posta sul fondo del bacino stesso (cfr. Figura 7) è possibile convogliare la portata di turbinaggio verso la centrale di produzione in caverna attraverso una idonea condotta forzata in acciaio di dimensione decrescente  $\phi 5,50 \text{ m}$  (tratto di monte) e  $\phi 4,80 \text{ m}$  (tratto di valle) per una lunghezza complessiva di 1.970 m circa.



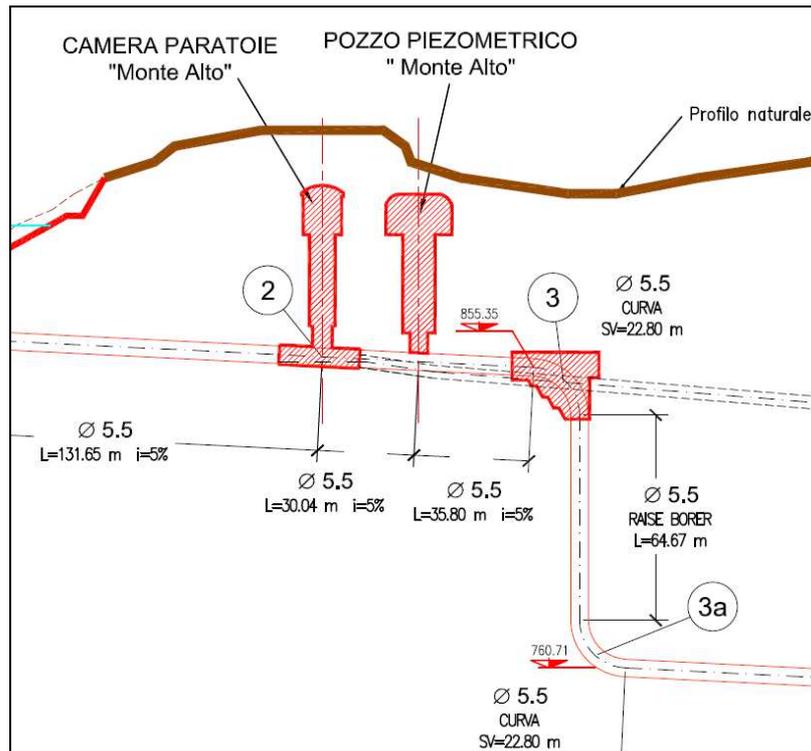
**Figura 7 – stralcio planimetrico bacino ed opera di presa di Monte Alto**

La condotta forzata sarà alloggiata all'interno di una galleria scavata in parte in tradizionale (tratti sub-orizzontali) ed in parte mediante tecnica del raise borer (tratti verticali), al fine di ottimizzare il tracciato plano-altimetrico in funzione delle caratteristiche geologiche-geomeccaniche ed idrogeologiche del sottosuolo.

Lungo la condotta forzata è prevista la realizzazione di due manufatti puntuali in sottoterraneo: la camera paratoie di monte e la camera valvola a farfalla.

Tali opere, previste completamente in sottoterraneo, permetteranno una corretta gestione dell'impianto idroelettrico, sia nella fase di esercizio, sia nella fase di ispezione e/o manutenzione, assicurando la necessaria disconnessione idraulica tra i differenti tratti.

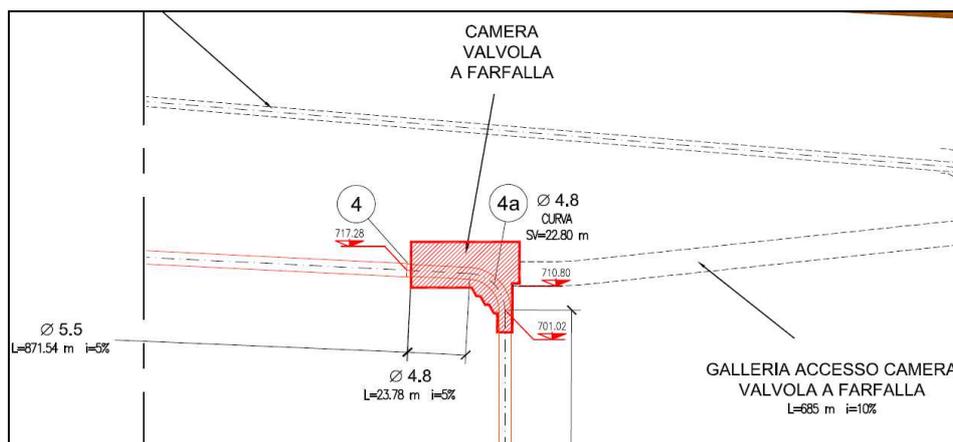
La camera paratoie di monte, accessibile dalla pista di coronamento del bacino di Monte Alto attraverso una galleria di accesso, permette la completa disconnessione idraulica tra la condotta forzata, nel tratto compreso tra il bacino di Monte Alto e la centrale in caverna, mediante la chiusura di n.2 paratoie piane a cassa stagna e tenuta su n.4 lati, di dim. utili 4,35 x 5,50 m (LxH), come riportato nello schema di Figura 8.



**Figura 8 – schema idraulico nodo camera paratoie di monte/pozzo piezometrico**

La camera di alloggiamento della valvola a farfalla permette, invece, la disconnessione idraulica della condotta forzata, nel punto in cui si ha il passaggio tra il diametro utile di 5,50 m ed 4,80 m. Mediante la chiusura della valvola a farfalla DN 4800 mm è possibile infatti mantenere in carico la condotta forzata di monte ( $\phi$  5,50 m) e svuotare invece il tratto terminale ( $\phi$  4,80 m) in corrispondenza della centrale di produzione in caverna.

Nella seguente Figura 9 è riportato lo schema progettuale della camera valvola a farfalla.



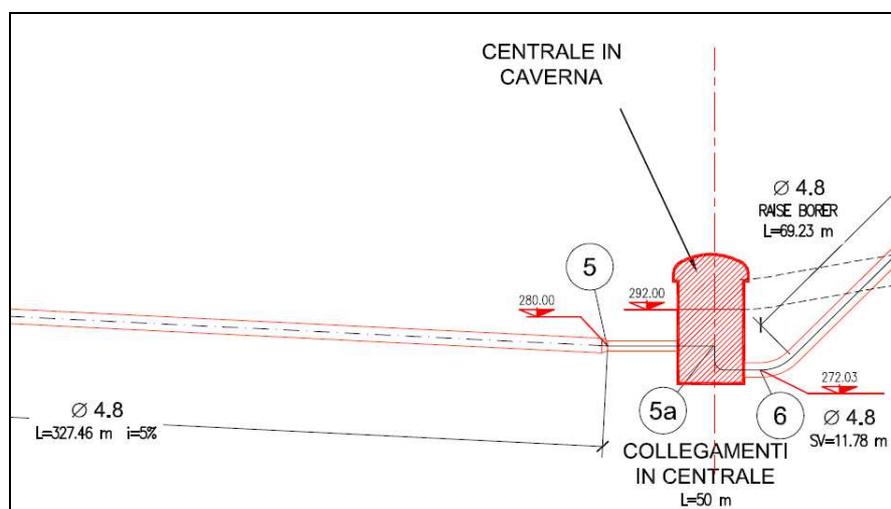
**Figura 9 – schema idraulico camera valvola a farfalla**

La localizzazione della caverna di alloggiamento della valvola a farfalla è funzionale per gli aspetti cantieristici e realizzativi dell'impianto.

L'accesso in galleria alla camera valvola a farfalla garantisce infatti la realizzazione verso monte della galleria di derivazione di monte, l'alloggiamento delle virole metalliche per la costruzione della condotta forzata  $\phi$  5,50 m, la realizzazione del pozzo verticale di valle mediante la tecnica del raise borer ed, infine, l'alloggiamento delle virole metalliche per la costruzione del tratto verticale della condotta forzata  $\phi$  4,80 m.

L'utilizzazione delle acque derivate dal bacino di Campolattaro, temporaneamente accumulate presso il bacino di Monte Alto, è prevista nella centrale di turbinaggio/pompaggio in progetto ubicata completamente in caverna, ad una profondità di 520 m circa dal p.c. ed accessibile mediante una galleria di lunghezza 2.370 m e pendenza media pari al ~13,5%.

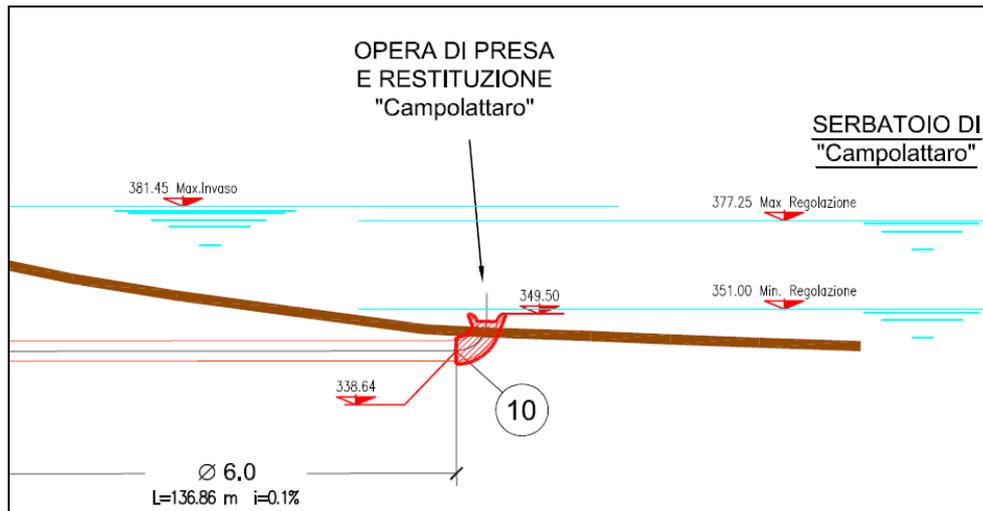
Nella seguente Figura 10 è riportato lo schema idraulico di progetto della centrale.



**Figura 10 – centrale in caverna**

All'interno della centrale saranno alloggiati n.2 gruppi reversibili (turbina/pompa) accoppiati a tutti i dispositivi per l'automazione e corretto funzionamento dell'impianto. Le portate turbinate vengono poi convogliate, mediante un breve tratto di tubazione metallica  $\phi$  4,80 m di lunghezza 93,0 m circa, all'interno della galleria in pressione di restituzione di valle.

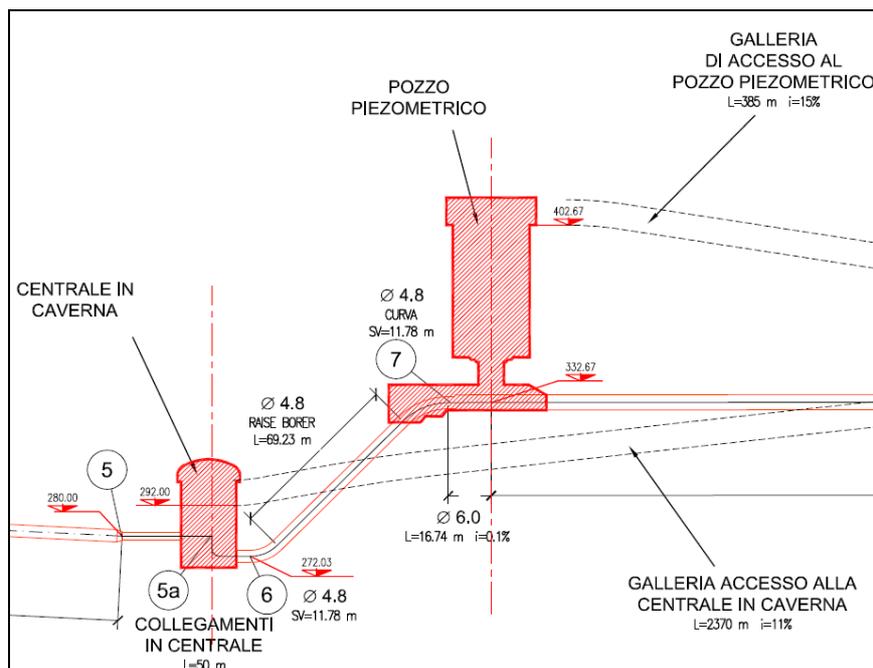
Le acque percorrono poi tale galleria in pressione di diametro utile  $\phi$  6,0 m con pareti rivestite in cls per una lunghezza di 5.914 m circa e pendenza di fondo pari a 1‰, fino al bacino di Campolattaro in corrispondenza dell'opera puntuale di presa/restituzione prevista sul versante occidentale (cfr. Figura 11).



**Figura 11 – nodo idraulico opera di presa/restituzione di valle**

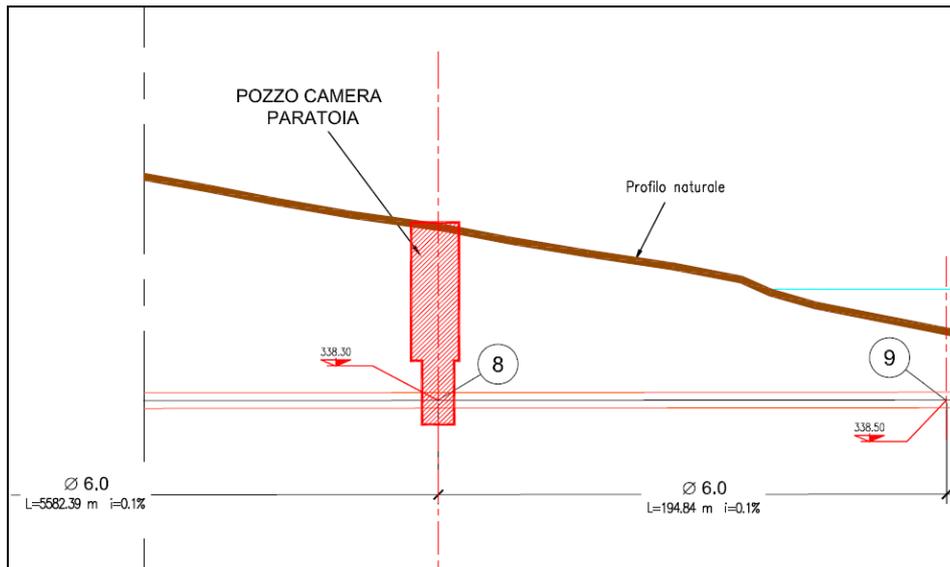
Lungo la condotta di scarico in pressione è prevista la realizzazione di due manufatti puntuali in sotterraneo, ovvero il pozzo piezometrico e la camera paratoie di valle.

Nella seguente Figura 12 è riportato lo schema delle opere in progetto in corrispondenza del nodo idraulico del pozzo piezometrico di valle.



**Figura 12 – nodo idraulico pozzo piezometrico di valle**

La camera paratoia di valle garantisce la completa disconnessione idraulica tra la galleria di restituzione, nel tratto compreso tra il bacino di Campolattaro e la centrale in caverna, mediante la chiusura di n.2 paratoie piane a cassa stagna e tenuta su n.4 lati, di dim. utili 4,75 x 6,0 m (LxH), come riportato in Figura 13.



**Figura 13 – nodo idraulico pozzo paratoie di valle**

L'accessibilità alla camera paratoie, per le operazioni di apertura/chiusura, movimentazione, controllo, ispezione e manutenzione è assicurato mediante un pozzo verticale di altezza 70 m circa la cui sommità è posta immediatamente a ridosso della strada circumlacuale che corre perimetralmente al bacino di Campolattaro.

È opportuno osservare che rispetto al progetto di massima, le soluzioni studiate nel presente progetto definitivo presentano alcune variazioni e modifiche derivanti dalle risultanze delle indagini eseguite e propedeutiche ad una progettazione di maggior dettaglio (indagini geologiche, indagini idrogeologiche, rilievi topografici, ecc..).

## **4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO**

### **4.1 GENERALITÀ**

Viene qui presentata una sintesi dell'inquadramento geologico ed idrogeologico riportato in dettaglio nella Relazione Geologica ed Idrogeologica (elab. n. L004-GU R D A 060).

L'area in esame è situata all'interno della catena montuosa dell'Appennino Meridionale, ossia di quella parte di Appennino che si estende dal Sud dell'Abruzzo sino alla Sicilia e alle Magrebidi.

In questa regione si distinguono generalmente quattro domini tettonici (bacino tirrenico, catena dell'Appennino meridionale s.s., bacino di avampaese dell'Appennino meridionale, avampaese adriatico-apulo); nello specifico, l'area si situa all'interno del dominio rappresentato dalla catena dell'Appennino Meridionale s.s., costituita da un "duplex" di falde carbonatiche, in letteratura attribuite alla Piattaforma Apula Interna, al di sopra delle quali sono sovrascorse in epoca relativamente recente (Terziario), serie di falde alloctone formate da unità bacinali e di piattaforma.

### **4.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE PRINCIPALI**

La zona di competenza del progetto è costituita da un edificio a falde tettoniche sovrapposte e giustapposte delimitate da superfici tettoniche suborizzontali (sovrascorrimenti) o ad alto angolo; ogni unità tettonica è costituita da una propria successione sedimentaria che la distingue da quelle adiacenti. Nello specifico, le opere in progetto interagiscono con tre di queste falde tettoniche, secondo uno schema che prevede procedendo dall'alto verso il basso e dall'interno verso l'esterno della catena appenninica (da Ovest verso Est): l'Unità del Sannio, l'Unità di Frigento e l'Unità della Valle del Tammaro).

Da un punto di vista litostratigrafico, le porzioni di territorio più occidentali sono costituite in prevalenza da terreni calcarei e subordinatamente da marne e argilliti varicolori ascrivibili alla formazione del Flysch Rosso e ai membri che la compongono; nei pressi del bacino di Campolattaro il substrato roccioso è costituito da terreni più giovani in facies di flysch silicoclastici. Le seguenti formazioni costituiscono pertanto il substrato roccioso interessato dagli scavi:

- Flysch Rosso - argilliti, marne e calcari biancastri, talora con presenza di selce, del Cretacico superiore - Miocene inferiore. Dove è stato possibile sono state distinte le

seguenti due sottounità stratigrafiche:

- Membro calcareo – costituito da calcari biancastri o grigi, talvolta massivi, e subordinate intercalazioni argillitiche rossastre (Cretacico superiore-Burdigaliano Superiore).
- Membro diasprigno – Riconoscibile solo in alcuni affioramenti, è costituito in prevalenza da argilliti con intercalati calcari con selce e diaspri (Valanginiano? Albiano – Turoniano).
- Formazione di Fragneto Monforte – Si tratta di depositi bacinali rappresentati da arenarie quarzose e quarzoso-litiche-feldspatiche in strati massivi e quarzosiltiti in strati sottili, alternate ad argille ed argille marnoso-siltose verdastre e grigie (Langhiano superiore – Serrvalliano).
- Formazione di San Giorgio La Molara - Si tratta di una successione bacinale di avanfossa torbidityca composta sia da sedimenti silico-clastici che da sedimenti calci-clastici ed emipelagici. La successione viene suddivisa in quattro membri di cui alcuni parzialmente eteropici e copre un intervallo compreso tra il Burdigaliano superiore ed il Tortonian medio.

Per completare il quadro geologico si devono considerare i principali depositi quaternari post-orogenici, riconoscibili in aree depresse o lungo le principali vallate appenniniche, distinti come segue:

- Depositi alluvionali recenti e/o attuali (Pleistocene inf. – attuale);
- Depositi di versante (attuale);
- Depositi eluvio-colluviali (attuale);
- Depositi di riempimento di bacini in tramontani (Pliocene sup.? – Olocene).

L'assetto strutturale vede quindi l'accavallamento delle unità più interne su quelle esterne; tale ricostruzione è stata convalidata dalle indagini geofisiche e geognostiche in cui è stato possibile riconoscere la sovrapposizione dei calcari e dei terreni appartenenti al Flysch Rosso sui sedimenti litoidi appartenenti ai flysch silicoclastici. Oltre ai sovrascorrimenti principali, sono stati riconosciuti alcune situazioni locali definite da accavallamenti minori all'interno delle medesime unità tettoniche. Lo stile deformativo prevede in sintesi la presenza di strutture estese alla scala ettometrica rappresentate dall'associazione di pieghe asimmetriche con vergenza adriatica e con piani meccanici di taglio inverso che portano la porzione di successione rovesciata sul fianco esterno delle pieghe. Le strutture inglobano poi pieghe minori (pieghe parassite) e ulteriori disgiunzioni. L'assetto tettonico appare ulteriormente

complicato dalla presenza di faglie ad alto angolo generatesi durante e dopo gli episodi compressivi predetti (tettonica prevalentemente trasnpressiva o transtensiva).

### **4.3 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE PRINCIPALI**

Per quanto attiene le principali caratteristiche morfologiche, tipiche di queste valli dell'Appennino centrale, si rileva la presenza di dorsali montuose ad Ovest (Toppo Mondolfo, Toppo Mangialardo) cui si contrappone l'ampio solco fluviale scavato dal F. Tamaro ad Est.

La morfologia del territorio appare fortemente condizionata dallo sviluppo dei lineamenti tettonici e dai fenomeni carsici, questi ultimi interessanti soprattutto la porzione superficiale dell'edificio lapideo. In genere i calcari costituiscono le porzioni più elevate delle dorsali montuosi, costituendo rilievi morfologici che spiccano nel contesto morfologico generale. All'interno della dorsale calcarea, la presenza di litotipi francamente marnosi (intervalli appartenenti prevalentemente al Flysch Rosso) denotano locali e spesso improvvise modifiche nell'assetto del territorio.

Ad Ovest, lungo le aree di pertinenza del Bacino di Lagospino e del Piano di Moia, il reticolo idrologico risulta poco sviluppato e senza sbocco a causa dell'elevata fessurazione nelle porzioni superficiali dell'edificio calcareo con contestuale sviluppo di significativi fenomeni carsici.

L'estesa porzione di territorio posizionata ad Est del meridiano passante per Cave Ciarli risulta impostata quasi esclusivamente in terreni prevalentemente marnoso-argillitici o marnoso-argillitici-arenacei, dunque facilmente erodibili. Sebbene da un punto di vista tettonico l'area sia da considerare un alto strutturale, l'azione morfologica agisce determinando forme del terreno in genere negative secondo morfologie dolci (inversione del rilievo).

Per quanto riguarda la dinamica morfologica del territorio, pur avendo riconosciuto una discreta presenza di fenomeni di dissesto nelle porzioni di territorio prossime al bacino di Campolattaro, non vi sono da segnalare interazioni apprezzabili con le opere in progetto.

### **4.4 ASPETTI SISMOTETTONICI**

Le tematiche inerenti gli aspetti sismotettonici sono state trattate in maniera esaustiva. L'inquadramento proposto pone l'accento sul rischio sismico elevato dell'area in esame. Sono state riconosciute strutture sismiche attive a Nord e a Sud della zona di progetto,

responsabili dei terremoti principali degli ultimi 400 anni; mentre non sono state individuate faglie capaci in prossimità o corrispondenza delle opere.

#### 4.5 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE PRINCIPALI

Per quanto attiene la problematica idrogeologica, le predette successioni tettono-stratigrafiche sono state raggruppate secondo le caratteristiche di permeabilità in complessi idrogeologici differenti.

Il modello idrogeologico proposto considera quindi la presenza di unità francamente calcaree potenzialmente acquifere in contatto sia per faglia che per contatto stratigrafico con depositi prevalentemente cenozoici in facies di flysch ritenuti impermeabili.

Nello specifico, la porzione più superficiale delle rocce carbonatiche fratturate e carsificate presenta valori di conducibilità idraulica generalmente elevata (epicarso); la zona sottostante appare in genere solo fratturata.

Per quanto riguarda la struttura degli acquiferi carbonatici, si può quindi considerare che le dorsali carsiche della zona (M. Alto-M. Forgioso, Toppo Mondolfo, Toppo Mangialardo, Piano di Moia) siano confinate in profondità e ai lati N-E-S dalla presenza di ammassi rocciosi sostanzialmente impermeabili (Flysch Rosso, flysch cenozoici), oltre che da strutture tettoniche non o poco trasmissive (faglie); appare quindi plausibile assumere quale modello idrogeologico di riferimento per l'area in esame, un sistema costituito da "serbatoi in serie" secondo quanto descritto da Celico (2006) per il Massiccio del Matese.

Il modello di circolazione idrogeologica non può tuttavia essere definito solamente dalla contrapposizione tra epicarso e zona di saturazione dovuta dal differente grado di carsismo, occorre considerare anche che all'interno delle successioni carbonatiche di transizione e bacinali (per es. il nostro Flysch Rosso s.l.) esistono livelli marnosi e marnoso-argillosi anche di spessore modesto (qualche metro), la cui geometria talvolta tabulare ed il forte contrasto di permeabilità con le rocce francamente calcaree a tetto e a letto, costituiscono un importante motivo di frazionamento verticale dei deflussi idrici sotterranei. Lo stato di fatturazione più o meno elevato dei calcari nell'epicarso può quindi generare la presenza di falde sospese aventi regime per lo più stagionale. Anche in questo caso, come per il modello descritto in precedenza, l'assetto tettonico può condizionare il deflusso ipogeo.

Sulla base delle indagini geognostiche effettuate e del monitoraggio delle sorgenti in corso è possibile identificare una per lo meno locale scomposizione verticale dell'idrodinamica sotterranea, la quale risulta costituita da una circolazione idrica a falde sospese interconnesse

superficiali e da una circolazione più profonda. In genere il deflusso superficiale, stagionale o perenne, presenta portate piccole e basse mineralizzazioni, testimoniando percorsi idrogeologici brevi soprattutto a quote elevate. Il deflusso profondo invece, è costituito da tempi di percolazioni e stazionamento nell'ammasso calcareo maggiori, conseguentemente l'acqua risulta maggiormente mineralizzata.

La ricostruzione idrogeologica ha permesso infine di determinare i possibili impatti che si potrebbero avere in fase di cantiere tra le operazioni di scavo e la presenza eventuale di falde idrogeologiche.

## 5. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

### 5.1 PREMESSA

Di seguito vengono descritte le opere costituenti l'impianto e il loro funzionamento con accenno ai calcoli idraulici di dimensionamento, meglio approfonditi nella Relazione Idraulica (elab. n. 483-01E ET R D A 040). Nello Studio di Impatto Ambientale costituente parte integrante del presente progetto e nella Relazione di Cantiere (elab. n. 10062-PG R D A 062), sono trattati i temi riguardanti le finiture esterne delle opere, la ottimizzazione delle piste di cantiere con particolare attenzione alle indicazioni sulle esigenze di accessibilità dei luoghi e di fruibilità futura da parte di terzi.

L'impianto in progetto prevede la realizzazione di:

- adeguamento morfologico della depressione naturale di Monte Alto ed impermeabilizzazione dello stesso per un volume utile di invaso pari a  $\sim 7,0 \text{ Mm}^3$ ;
- formazione di canale di gronda perimetrale al bacino di Monte Alto e formazione di strada perimetrale per ispezione e manutenzione al bacino stesso;
- formazione di manufatto di scarico di superficie delle acque del bacino di Monte Alto ed annessa galleria/canale di convogliamento delle portate verso il Rio Secco;
- galleria di scarico di fondo con recapito nel Rio Secco (lung. 1.500 m –  $i=8\%$ );
- opera di presa posta sul fondo del bacino di Monte Alto a partire dal versante sud-orientale, con geometria circolare convergente fino alla sezione  $\phi 5,50$  m della condotta forzata;
- manufatto camera paratoie lungo la condotta forzata con accesso mediante pozzo verticale di diam. utile  $\phi 8,0$  m;
- pozzo piezometrico verticale in caverna di diam. utile  $\phi 15,0$  m ed altezza complessiva di 40 m circa;
- Condotta forzata in acciaio da invaso di Monte Alto fino a centrale in caverna (lungh.= 1.180 m circa con  $\phi 5,50$  m; lungh.= 787 m circa con  $\phi 4,80$  m);
- Camera alloggiamento valvola a farfalla (DN 4800 mm) e sfiato (DN 1200 mm) lungo la condotta forzata;
- centrale in caverna con alloggiamento di n.2 gruppi reversibili (turbina/pompa);
- breve tratto di condotta blindata  $\phi 4,80$  m – lung. 93 m circa, di collegamento tra le opere elettromeccaniche collocate in centrale e la galleria di restituzione verso il bacino di

Campolattaro;

- pozzo piezometrico verticale in caverna di diam. utile  $\phi$  30,0 m ed altezza complessiva di 74 m circa;
- galleria di restituzione di diam. utile  $\phi$  6,0 m con rivestimento in cls di lungh. 5.860 m circa, fino a collegarsi con il bacino di Campolattaro;
- manufatto camera paratoie lungo la galleria di restituzione con accesso mediante pozzo verticale di diam. utile  $\phi$  10,60 m;
- opera di presa posta sulla sponda occidentale dell'invaso di Campolattaro, con geometria circolare divergente fino alla configurazione superficiale a calice di diam. utile  $\phi$  10,0 m;
- elettrodotto di connessione da 380 KW alla RTN e corrispondenti sottostazioni;
- galleria di accesso alla camera valvola a farfalla (lungh. 685 m – i~10%);
- galleria di accesso alla centrale in caverna (lungh. 2.370 m – i~13,5%);
- galleria di by-pass per accesso allo scarico di fondo del bacino di Monte Alto con accesso dal portale di Monte Forgioso (lungh. 200 m – i~15%);
- finestra di accesso intermedio alla galleria di restituzione di valle (lungh. 1.000 m – i~6%);
- adeguamento viabilità esistente per transito mezzi d'opera durante le attività di cantiere.

## 5.2 BACINO SUPERIORE DI MONTE ALTO

### 5.2.1 Invaso di accumulo

Sulla base delle valutazioni ed indagini effettuate e delle considerazioni riportate ai paragrafi precedenti in merito alla localizzazione del bacino superiore dell'impianto idroelettrico, tese a minimizzare l'impatto delle nuove opere sull'ambiente, garantendo al contempo l'economicità dell'iniziativa, il sito ottimale risulta essere quello individuato nell'area Monte Alto in comune di Morcone (BN), così come riportato nel Progetto di Massima, che si caratterizza per un volume utile di  $7,0 \text{ Mm}^3$  e per un salto potenziale massimo di circa 549 m. Il limitato impatto sull'ambiente delle opere previste è conseguenza delle caratteristiche stesse dell'area individuata che, trovandosi in una conca naturale, permette di ottenere il volume utile di invaso idrico necessario con interventi costruttivi alquanto ridotti comunque di limitato impatto.

L'area individuata per la realizzazione del bacino superiore risulta raggiungibile attraverso strade secondarie e/o campestri già esistenti, oggi ad uso forestale ed agricolo. In particolare

la viabilità di accesso alla zona del Bacino si diparte da Pontelandolfo in località “Letta” e si sviluppa con percorso variabile dai 500 ai 900 m.s.m. per circa 5 km o, in alternativa, dalla località “Schiavoni”, in Comune di Morcone.

Si segnala, come meglio riportato nello Studio di Impatto Ambientale, che la zona di interesse rientra nella area SIC delle pendici meridionali del Monte Mutria. La presenza dell’area SIC non preclude, tuttavia, la possibilità di sviluppo compatibile e, tanto meno, la produzione di energia rinnovabile. Infatti, né la direttiva della Comunità Europea, né il decreto di recepimento prevedono in modo esplicito alcun vincolo o divieto, come invece avviene nei parchi nazionali o nelle altre aree protette di livello statale o regionale.



**Figura 14 – area interessata dalla realizzazione del bacino di accumulo superiore**

Il rilievo topografico di dettaglio dell’area di interesse ha infatti permesso di valutare che, considerando l’attuale configurazione morfologica della zona, il volume utile complessivamente sotteso dalla quota altimetrica 900,0 m s.m. ed il fondo della depressione naturale, collocato mediamente a quota 875,0 m s.m., è pari a 6,69 Mm<sup>3</sup>.

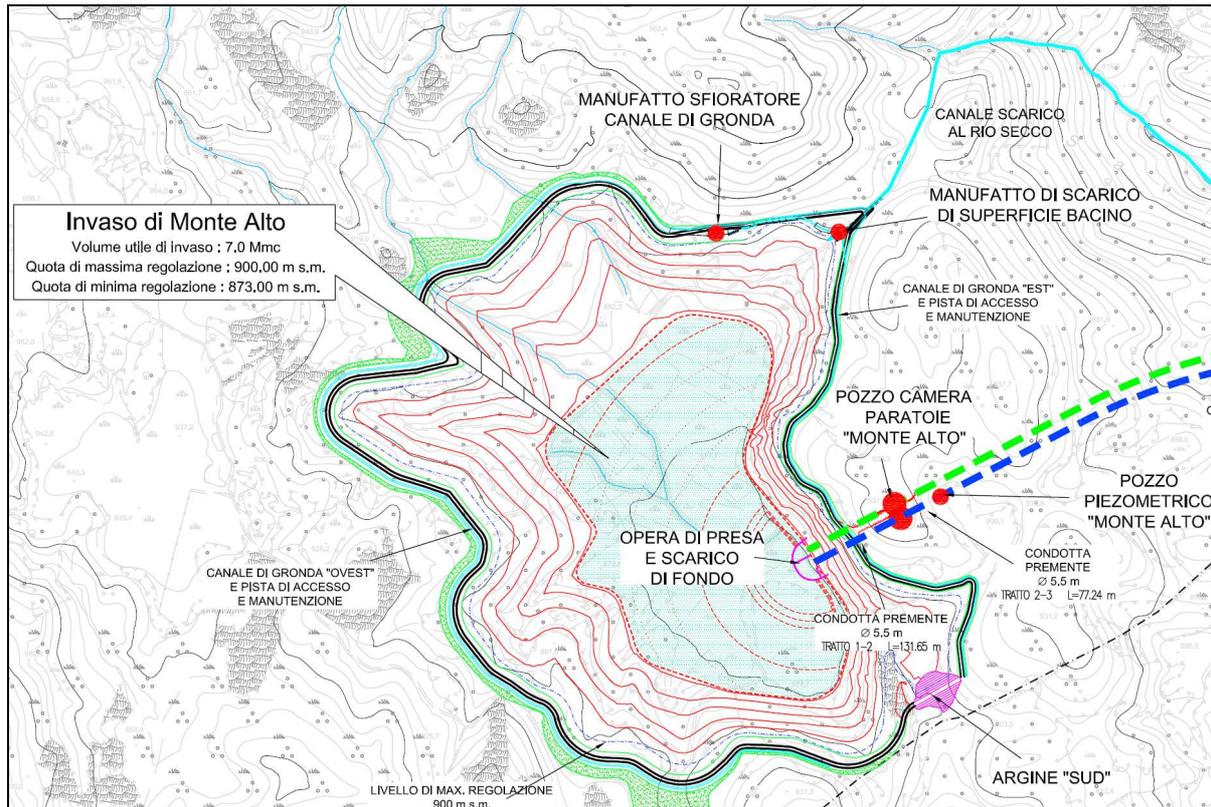
L’analisi morfologica dell’area permette di rilevare come la porzione Ovest del bacino sia caratterizzata da versanti più o meno dolci con presenza di vegetazione folta, mentre il versante Est è invece contraddistinto da versanti acclivi con formazioni calcaree in rilievo.

La depressione naturale risulta essere tutta contenuta al di sotto della quota 900,0 m (livello di massima regolazione dell’invaso), ad eccezione di una piccola zona in posizione Sud-Est caratterizzata da una quota sommitale del p.c. di 897,50 m s.m. circa. La depressione naturale sottende, inoltre, un bacino imbrifero di ridotta superficie pari a 2,50 km<sup>2</sup>.

Ciò premesso, considerando gli obiettivi progettuali finalizzati alla definizione di una volumetria utile di 7,0 Mm<sup>3</sup> ed una quota di massimo invaso pari a 900,0 m s.m., si è proceduto ad una modellazione della morfologia dell’area in modo tale da ottimizzare le operazioni di scavo/riporto.

In particolare, partendo dalla configurazione naturale, è stata studiata la soluzione di progetto in modo tale da non alterare, ove possibili, le geometrie presenti, cercando di raccordare

gradualmente le geometrie di progetto ai versanti naturali, come riportato in Figura 15.



**Figura 15 – stralcio planimetrico delle opere in progetto del bacino di Monte Alto**

Considerando un abbassamento medio delle curve di livello della geometria esistente della depressione naturale di 1,0 m circa, corrispondente al terreno di scotico vegetale, il volume ad esso corrispondente è stimato in circa 431.000 m<sup>3</sup>.

Pertanto, partendo dalla configurazione di bacino “scoticato”, è stata definita la geometria di progetto di invaso in modo tale rispettare il vincolo di 7,0 Mm<sup>3</sup> e cercando di bilanciare gli scavi/riporti: a fronte di un ulteriore scavo di circa 110.000 m<sup>3</sup> e di un rinterro complessivo di 388.000 m<sup>3</sup> per la sistemazione dei versanti e del fondo, si ottengono i seguenti volumi utili di invaso:

- volume tra la quota 900 m s.m. e la quota 874 m s.m. : 6,91 Mm<sup>3</sup>;
- volume tra la quota 900 m s.m e la quota 873 m s.m: 7,05 Mm<sup>3</sup>.

Il valore di volume di scavo eccedente il rinterro, pari a 153.000 m<sup>3</sup>, corrisponde al valore di volume di terreno vegetale superficiale (primi 30÷40 cm del terreno di scotico) che, quindi, potrebbe essere temporaneamente depistato all'interno del cantiere e, successivamente, trasportato in altri siti di cantiere per i ripristini ambientali superficiali.

Parte dei volumi di scavo verranno inoltre utilizzati per la formazione dell'argine di contenimento previsto in posizione Sud-Est, come riportato in dettaglio nel paragrafo 5.2.4.

Nella configurazione plano-altimetrica di progetto del bacino di accumulo di Monte Alto si è inoltre tenuto in conto di aspetti inerenti la sicurezza idraulica del bacino stesso, della sua completa impermeabilizzazione, dell'accessibilità all'area e della stabilità dei versanti.

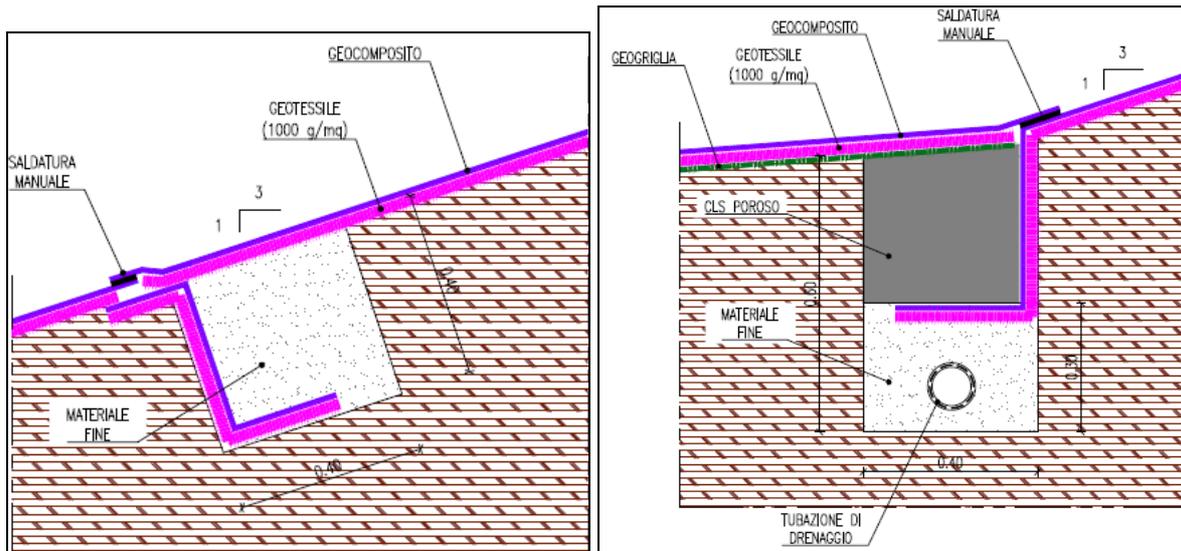
Considerando una quota di massimo invaso pari a 900,0 m s.m., la quota di coronamento dell'invaso è stata stabilita in 903,0 m s.m., al fine di tenere in conto dei necessari franchi di sicurezza idraulica, nonché degli innalzamenti dei livelli di invaso in occasione di eventi di piena con tempo di ritorno  $T=1000$  anni. Per i dettagli tecnici e numerici si rimanda alla Relazione Idraulica (atto n. 483-01E ET R D A 040).

Con riferimento alle condizioni geomorfologiche del bacino di riferimento, e considerando la necessità di garantire l'assoluta impermeabilità dell'invaso nell'arco della sua vita utile, tra le diverse soluzioni analizzate si è valutato il vantaggio di utilizzare membrane in PVC di colore grigio accoppiato ad uno strato di compensazione in geotessuto.

Tale soluzione è preferibile rispetto ad altre alternative di impermeabilizzazione nelle condizioni di telo direttamente esposto, in quanto tale materiale ha spiccate caratteristiche di deformazione multidimensionale che ben si adattano a condizioni di posa su superfici non perfettamente lisce, nonché a frequenti cicli di invaso e svaso. In questo caso infatti si minimizza notevolmente il rischio di rotture puntuali sotto sforzo e si facilita la deformazione del telo stesso per adattarsi alle asperità senza che vi siano punzonamenti puntuali.

In condizioni di carico idrico di 30÷35 m di colonna d'acqua, il telo impermeabilizzante in PVC assicura un assestamento unico ed irreversibile a seguito del prevedibile cedimento uniforme del fondo del bacino, senza pregiudicarne la funzionalità.

Il rivestimento impermeabile necessita di fissaggi con formazione di idonee zavorre per evitare fenomeni diffusi di strappi soprattutto in presenza di forte vento, nonché di ancoraggi meccanici alle strutture in c.a. o in cls, se presenti all'interno del bacino (manufatti di sfioro, opera di presa, canalizzazioni di scarico, ecc..), secondo i dettagli tecnici riportati in Figura 16.



**Figura 16 – collegamento teli in PVC per impermeabilizzazione bacino di Monte Alto**

È possibile inoltre prevedere un parziale rivestimento del manto impermeabile nella parte di bacino non interessata dall'invaso idrico ma tuttavia eventualmente soggetta ad invaso in condizioni di piena straordinaria (fascia di versante compresa tra la quota di massimo invaso 900,0 m s.m. e la quota di coronamento 903,0 m s.m.): nella fascia compresa tra la quota 900,0 m s.m. e 903,0 m s.m. potrebbe essere fissata al telo impermeabile una struttura di ancoraggio su cui innestare geogriglie per il successivo inerbimento o per la formazione di scogliere tipo rip-rap.

Infine la soluzione di telo in PVC di color grigio è da considerarsi preferibile a quella con telo di colore verde: quest'ultima infatti, trattandosi di membrana ciclicamente esposta ai raggi solari, potrebbe essere interessata da fenomeni di deterioramento a causa delle minori caratteristiche di durabilità nel tempo insite nella pigmentazione del telo colorato.

### 5.2.2 Canale di gronda

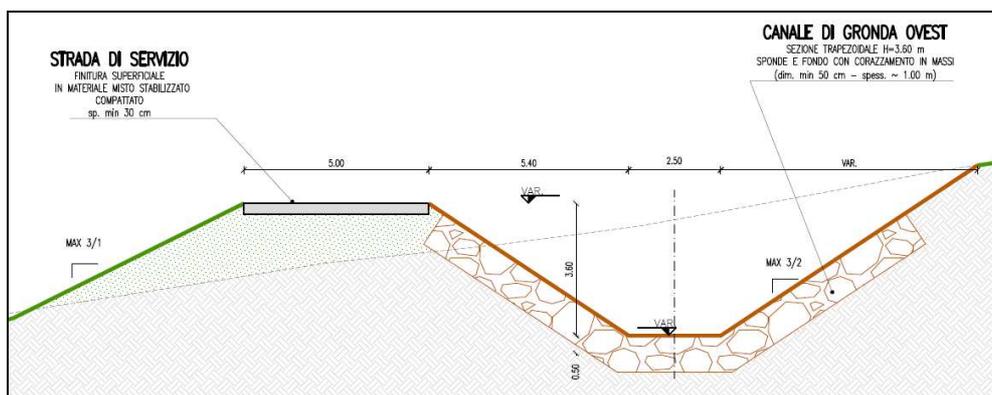
Come più in dettaglio esposto nella Relazione idrologica (elab. n. 483-01E ET D D A 030), l'influenza del serbatoio superiore di Monte Alto sul regime idrografico naturale dell'area è da ritenersi trascurabile, considerata sia la limitatezza del bacino imbrifero sotteso dalle opere di ritenuta previste per il bacino (2,50 km<sup>2</sup>), sia l'idrogeologia della zona che non identifica la presenza di sorgenti attive nell'area dell'invaso.

Tuttavia, onde evitare che, ad opere ultimate, i deflussi superficiali del bacino idrografico vengano intercettati dal bacino, alterando il ciclo idrologico naturale seppur in modo ridotto, è prevista la realizzazione di un nuovo canale di gronda perimetrale al bacino di Monte Alto:

esso ha lo scopo di intercettare le acque meteoriche di scorrimento superficiale del bacino imbrifero e di convogliarle verso il recapito identificato nell'adiacente Rio Secco.

Il canale può essere distinto in *gronda Ovest* e *gronda Est*: il primo si sviluppa in posizione perimetrale all'invaso lungo il versante occidentale, drenando la quasi totalità del bacino imbrifero, mentre il secondo segue il limite orientale dell'invaso, recependo le acque di versante di un ridottissimo bacino.

La gronda Ovest è concepita prevedendo una sezione trapezia con larghezza di fondo progressivamente crescente lungo il suo sviluppo partendo da 1,5 m fino a 2,50 m nel suo tratto terminale, sponde con pendenza 3:2 (L:H) fino ad un'altezza massima di 3,60 m con pareti e fondo realizzate in pietrame di media pezzatura in aderenza ad una tipologia di ingegneria naturalistica (cfr. Figura 17). Tale morfologia permeabile garantisce il diretto collegamento delle acque superficiali con la falde sotterranea nonché un idoneo inserimento ambientale con il paesaggio circostante caratterizzato da substrato roccioso di natura calcarea.



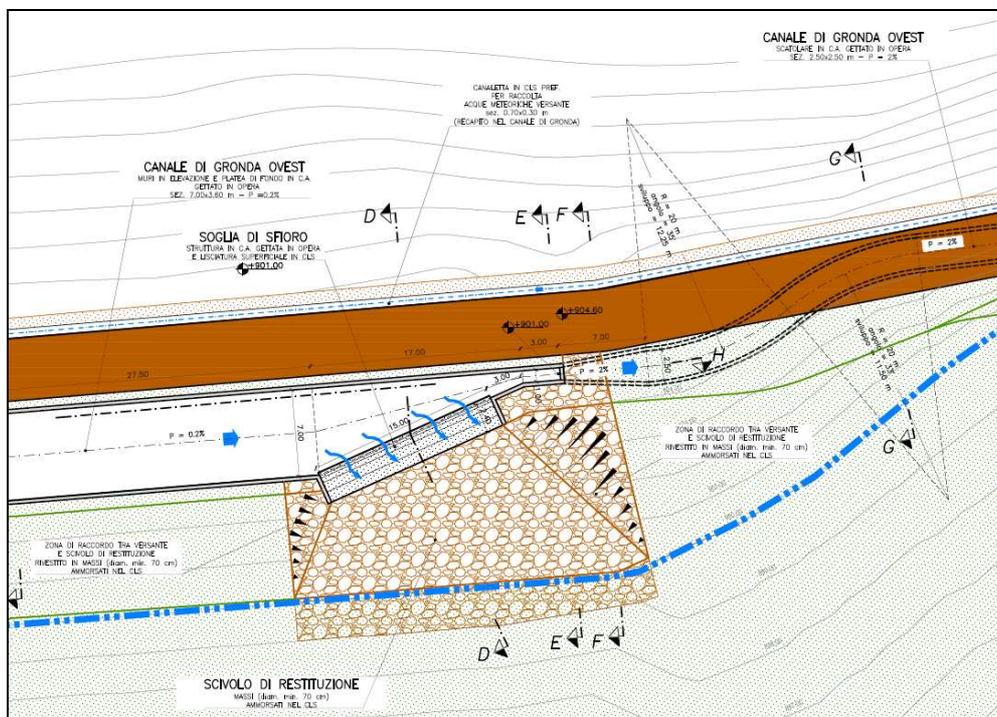
**Figura 17 – sezione tipo canale di gronda Ovest**

Tale canale di gronda Ovest si sviluppa in direzione S-N per una lunghezza complessiva di 2.055 m circa, con pendenza di fondo pari al 2‰: la sua configurazione plano-altimetrica è stata studiata in modo tale da garantire la continua e progressiva intercettazione delle acque di scorrimento superficiale di versante anche in occasione di eventi meteorici intensi (v. Relazione Idraulica; franco di sicurezza di 1,0 m per portate di piena con T=200 anni e franco di sicurezza di 0,50 m per portate di piena con T=1000 anni), e di adeguarsi al tortuoso tragitto perimetrale al bacino a mezza costa fino a collegarsi con il recapito finale individuato nel Rio Secco.

Nel tratto terminale del canale di gronda Ovest è prevista la realizzazione di un manufatto di sfioro laterale, tale da limitare il deflusso verso valle, in occasione di eventi di piena, al valore di circa 3,35 m<sup>3</sup>/s e scaricare le portate eccedenti all'interno dell'invaso di Monte Alto.

Il manufatto di sfioro è progettato in modo tale da lasciar regolarmente defluire verso valle un valore di portata compatibile con la capacità idraulica del Rio Secco: solo in occasione di eventi di piena, mediante un opportuno restringimento della sezione posta immediatamente a valle della soglia sfiorante (luce di deflusso di sezione rettangolare 0,8 x 3,0 m), si assicura l'innalzamento del livello idrico nel canale posto a monte e, quindi, lo sfioro delle eccedenti portate di piena all'interno dell'invaso di Monte Alto.

La soglia è prevista in sponda destra a quota di sfioro 902,0 m s.m.: il manufatto è previsto con struttura in c.a. collegata a monte e valle con la struttura scatolare costituente il canale di gronda, di lunghezza utile della pari a 15,0 m e con sagomatura del profilo della soglia tipo *Creager*, secondo la geometria riportata in Figura 18.



**Figura 18 – manufatto di sfioro del canale di gronda Ovest**

La sponda dell'invaso interessata dallo sfioro delle acque sarà rivestita in massi calcarei di media pezzatura ammorati nel calcestruzzo, onde evitare che il deflusso delle acque scaricate possano in qualche modo danneggiare l'impermeabilizzazione del bacino.

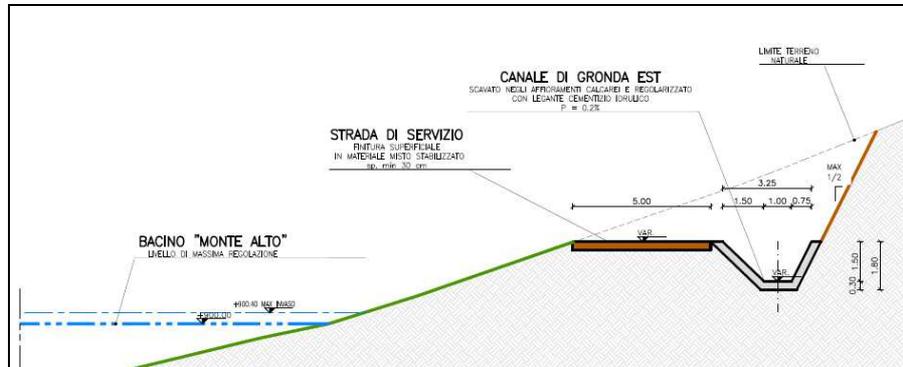
Le portate di magra, ovvero quelle che defluiscono regolarmente verso valle, si immettono poi all'interno di un manufatto di confluenza che raccoglie le acque provenienti dal canale di gronda Ovest, dal canale di gronda Est e dallo scarico di superficie dell'invaso di Monte Alto, come descritto al paragrafo 5.3.1.

Tra il manufatto sfioratore e il manufatto di confluenza, il canale di gronda Ovest prosegue

all'interno di un manufatto scatolare dim. int. 2,50 x 2,50 m –  $i=2\%$  per una lunghezza di 100 m circa, al di sopra del quale è prevista la realizzazione della strada di servizio, e successivamente a cielo aperto all'interno di una sezione trapezia di lunghezza 31 m circa –  $i=2\%$ , con fondo e sponde rivestite in massi ammortati nel calcestruzzo fino a raggiungere il manufatto di confluenza.

Le portate confluenti nel manufatto di confluenza, vengono poi convogliate verso l'alveo del Rio Secco mediante una tubazione interrata DN 2500 mm –  $i=3\%$ , posata, nel tratto di monte, con tecnica del microtunnelling per una lunghezza di 106 m circa, necessario per superare il rilievo presente ed evitare fronti di scavo eccessivi, e nel tratto di valle, per una lunghezza di 175 m circa, mediante scavi a cielo aperto fino al manufatto di confluenza nel Rio Secco.

Il canale di gronda Est si sviluppa in direzione S-N per una lunghezza complessiva di 843 m circa, con pendenza di fondo pari al 2‰ circa, parallelamente al sedime stradale di coronamento dell'invaso, posto a quota 903,0 m s.m.. Esso è previsto che venga scavato direttamente negli affioramenti calcarei in modo tale da creare una sezione trapezia con larghezza di fondo di 1,0 m e sponde con pendenza 1:1 (L:H) di altezza progressivamente crescente fino al valore massimo di 1,80 m, come riportato in Figura 19, rivestita e regolarizzata con legante cementizio idraulico.



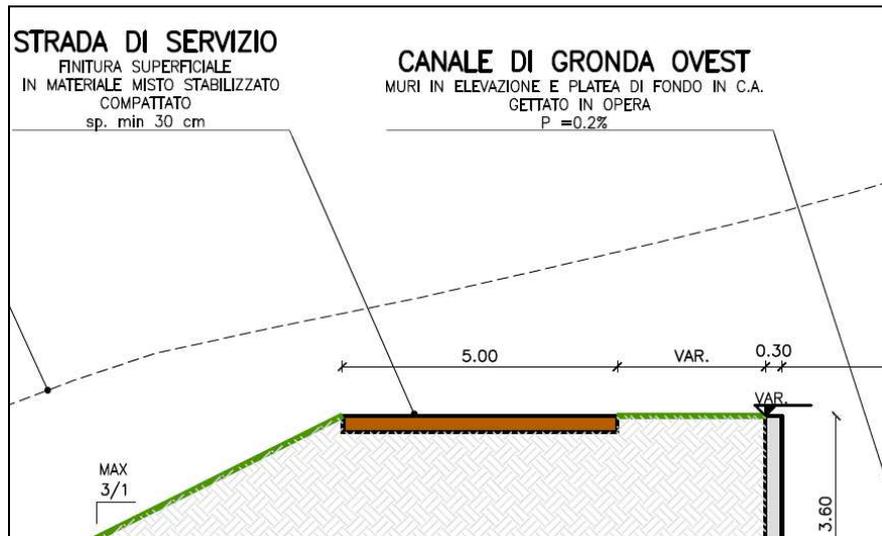
**Figura 19 – sezione tipo canale di gronda Est**

L'immissione nel manufatto di confluenza avverrà mediante un tratto di tubazione in c.a. DN 1200 mm per una lunghezza di 44 m circa, con pendenza di fondo  $i=2\%$  circa, al di sopra della quale è prevista la realizzazione della strada di servizio.

Anche in questo caso la configurazione plano-altimetrica della gronda è stata studiata in modo tale da garantire la continua e progressiva intercettazione delle acque di scorrimento superficiale di versante, seppur caratterizzato da un ridotto bacino, e di adeguarsi al tortuoso tragitto perimetrale al bacino a mezza costa fino a collegarsi con il manufatto di confluenza sopra citato per recapitare le acque nel Rio Secco.

### 5.2.3 Strada perimetrale lungo il coronamento dell'invaso

Al fine di assicurare le necessarie operazioni di ispezione e/o manutenzione lungo i canali di gronda e lungo i versanti dell'invaso di accumulo è prevista la realizzazione di una strada di servizio che si sviluppa lungo tutto il perimetro del bacino di Monte Alto, con larghezza utile complessiva di 5,0 m circa, finita in misto stabilizzato compattato per uno spessore min. 30 cm, tale da garantire il transito di idonei mezzi d'opera sia durante la fase cantieristica sia durante il regolare esercizio dell'impianto.



**Figura 20 – sezione tipo strada perimetrale al bacino di Monte Alto**

Essa si sviluppa parallelamente ai canali di gronda (Est ed Ovest) in adiacenza della sponda dell'invaso, con livelletta di fondo che segue la configurazione morfologica ed altimetrica di progetto dell'invaso e del canale di gronda onde consentire il deflusso a gravità.

La strada di servizio sarà inoltre attrezzata – lato versante – con idonea canaletta in cls prefabbricato sez. 0,70x0,30 m per la raccolta delle acque di versante da convogliare all'interno del canale di gronda.

La strada di servizio del bacino si collega in posizione Nord con la viabilità esistente, opportunamente adeguata, per garantire il transito mezzi d'opera durante le attività di cantiere e l'accesso al personale autorizzato per le operazioni di ispezioni e manutenzione durante l'esercizio dell'impianto.

### 5.2.4 Argine Sud

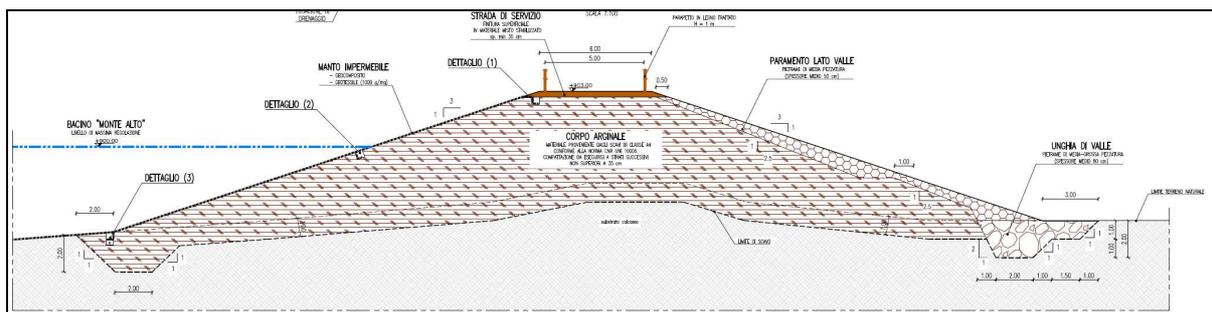
L'accurata valutazione morfologica e topografica della depressione naturale identificata presso l'area di Monte Alto ha permesso di individuare in posizione S-E una sella la cui

sommità naturale si trova a quota 897,50 m s.m..

Pertanto, al fine di garantire l'invaso dei volumi idrici di progetto pari a ~7,0 Mm<sup>3</sup> nell'area di interesse con una quota di massima regolazione pari a 900,0 m s.m., si rende necessario realizzare un argine di contenimento raccordato con le sponde naturali adiacenti poste a quota maggiore di 903,0 m s.m. e quindi a quota di sicurezza idraulica.

Al fine di inserire opportunamente le opere nel contesto ambientale e geomorfologico di riferimento, si prevede di realizzare uno sbarramento in materiali sciolti dimensionato in modo tale da assicurare la necessaria tenuta idraulica del sistema anche in occasione di eventi di piena eccezionali e prevedendo l'utilizzo di parte dei materiali di scavo provenienti dalla modellazione del fondo e delle sponde dell'invaso di accumulo.

Il profilo di base della sezione trasversale dello sbarramento in materiali sciolti è pressoché triangolare, con inclinazione di entrambe le sponde di 3:1 (L:H): la quota sommitale del coronamento è posta a quota di sicurezza idraulica pari a 903,0 m s.m., con larghezza del coronamento di 5,0 m al fine di assicurare il transito di mezzi d'opera per le periodiche ispezioni e/o operazioni manutentive, così come riportato in Figura 21.



**Figura 21 – sezione tipo argine sud**

Lo sviluppo di tale argine di contenimento sarà pari a circa 75 m (in corrispondenza del coronamento posto a quota 903 m s.m.) e avrà un'altezza massima di circa 9,0 m, considerata come differenza tra la quota del piano di coronamento (903 m s.m.) e la quota del punto più depresso dei paramenti (894,0 m s.m. in corrispondenza del paramento lato invasore).

Esso è configurato in modo tale da contenere la quota di massimo invasore del bacino di Monte Alto in condizioni di piena millenaria, pari a 900,4 m s.m..

La formazione del corpo arginale è prevista con materiale proveniente dagli scavi opportunamente selezionato e vagliato al fine di ottenere inerti di classe A4 conformi alla norma CNR UNI 10006: la stesa e compattazione del rilevato dovrà avvenire con strati di spessore non superiore a 35 cm, previa bonifica del piano di imposta fino ad individuare il substrato calcareo, per una volumetria complessiva di circa 10.000 m<sup>3</sup>.

Non è prevista la realizzazione di nuclei di materiali caratterizzati da maggiore impermeabilità: la tenuta idraulica del rilevato arginale è infatti garantita dalla stesa di idoneo telo impermeabilizzante in PVC accoppiato a geotessuto, analogamente a quanto previsto per l'intero invaso di Monte Alto. Il telo impermeabile verrà fissato al piede ed alla sommità del rilevato con formazione di idonee zavorre per evitare fenomeni diffusi di strappi soprattutto in presenza di forte vento.

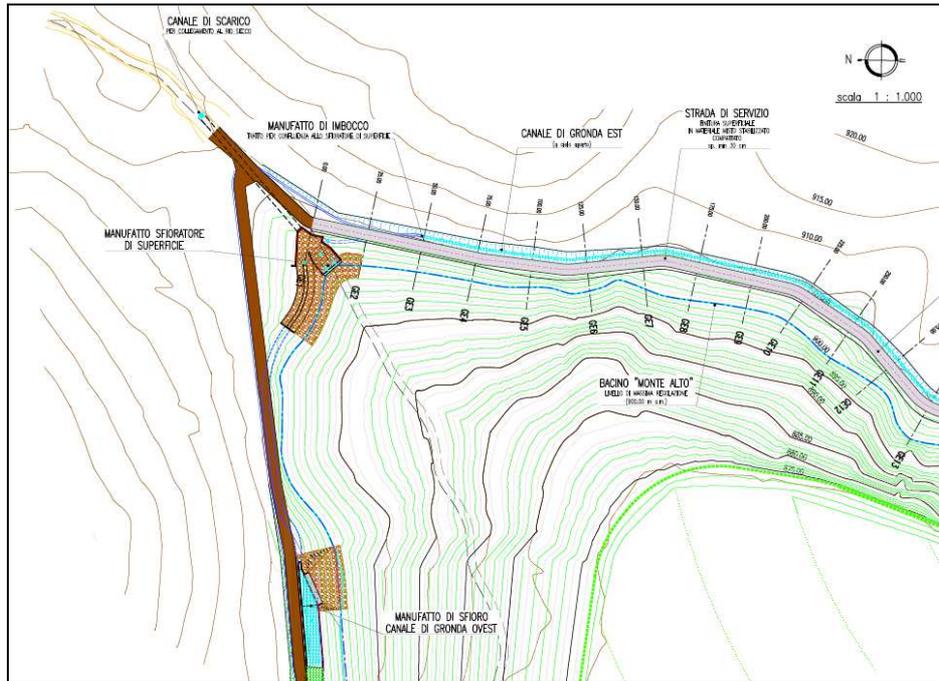
La protezione del paramento di monte mediante telo impermeabile in PVC, assicura la necessaria protezione dalle azioni derivanti dai fenomeni atmosferici, dalle variazioni di livello del lago, specie dai rapidi abbassamenti, e dal moto ondoso.

Al fine di garantire le necessarie protezioni del paramento di valle nei confronti dei fenomeni atmosferici è previsto il rivestimento della sponda con pietrame di media pezzatura (sp. medio 70 cm) fino al piede dello stesso paramento di valle. Questo presenta un'unghia in pietrame di media-grossa pezzatura in grado di esercitare un'azione di richiamo nei confronti delle acque eventualmente infiltratesi all'interno del corpo arginale e di abbassarne la corrispondente linea di saturazione.

L'unghia in pietrame protettiva di valle ha inoltre la finalità di filtro rovescio nei confronti di eventuali asportazione dei materiali fini trasportati dalle acque di filtrazione che potrebbero, con il tempo determinare inaccettabili instabilità e/o piccoli cedimenti del rilevato arginale.

### **5.3 OPERE DI SCARICO DEL BACINO DI MONTE ALTO**

L'invaso di Monte Alto, come ogni invaso artificiale, è provvisto di opere di scarico, come riportato in Figura 22, indipendenti dalle opere che consentono il normale funzionamento dell'impianto (opera di presa, condotte forzate, ecc.) tali da garantirne la sicurezza di funzionamento. Le funzioni di queste opere di scarico sono due: smaltire le portate in ingresso da monte che eccedano quelle invasabili e svuotare l'invaso in tempi relativamente rapidi, compatibilmente con la capacità ricettiva del sistema di valle. La prima funzione viene svolta dallo sfioratore di superficie, mentre la seconda dallo scarico di fondo; tali opere vengono di seguito descritte nei loro caratteri principali.



**Figura 22 – localizzazione opere di scarico**

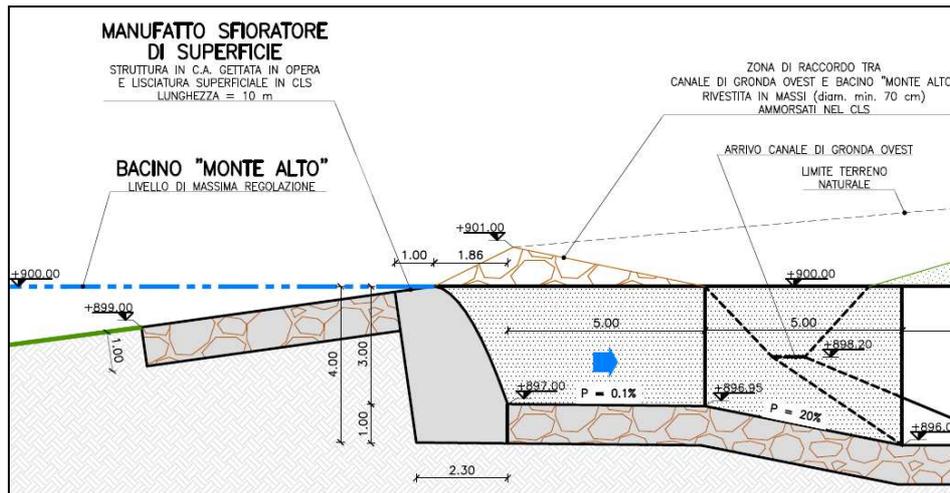
### **5.3.1 Sfiatore di superficie**

Lo sfioratore di superficie ha la funzione di evitare che il livello idrico all'interno dell'invaso superi i massimi valori previsti. In particolare, esso consente lo scarico a valle delle portate di piena che si generano nel bacino idrografico a monte dell'invaso e che vengono in parte convogliate dal canale di gronda nell'invaso attraverso un manufatto di sfioro di troppo pieno. Ovviamente lo sfioratore di superficie entra in funzione quando si verifica un evento di piena e l'invaso è in condizioni di completo riempimento, ossia il livello idrico dell'invaso è pari alla quota di massima regolazione (900 m s.m.).

Siccome l'invaso in oggetto è in parte ottenuto attraverso la realizzazione di un'opera di contenimento in materiali sciolti, la normativa prescrive che attraverso lo scarico di superficie deve essere evacuata l'intera portata di piena (con tempo di ritorno pari a 1000 anni).

Inoltre, la normativa di riferimento prescrive che lo sfioratore di superficie, nel caso in cui l'opera di contenimento sia in materiali sciolti, come quella del presente progetto, deve essere separato dall'opera di contenimento stessa.

Lo sfioratore di superficie previsto nel presente progetto è del tipo a stramazzo, costituito da una soglia fissa in c.a., con il ciglio posto alla quota di massima regolazione pari a 900 m s.m., costituita da un'unica luce di lunghezza pari a 10 m, come riportato in Figura 23.

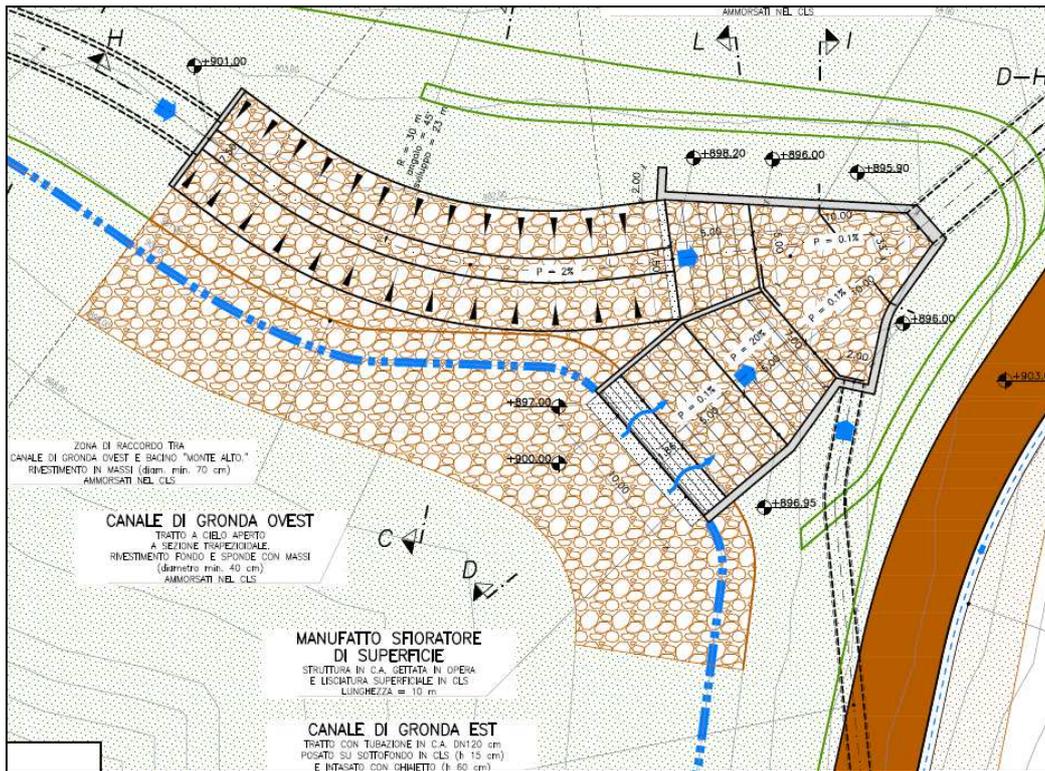


**Figura 23 –sezione manufatto sfioratore di superficie**

La soglia di sfioro ha un andamento planimetrico rettilineo, il profilo longitudinale è rettangolare, mentre il profilo trasversale è curvilineo. In particolare il profilo adottato nel presente progetto è quello detto *Creager-Scimemi*. Tale profilo ha la particolarità di evitare il verificarsi di pressioni relative negative al di sotto della vena effluente e quindi il pericolo di fenomeni di distacco di questa sul paramento in c.a..

A monte del profilo trasversale dello sfioratore di superficie è prevista una zona di raccordo con la sponda dell'invaso, realizzata in massi intasati con calcestruzzo.

A valle del profilo *Creager-Scimemi* è prevista una platea di lunghezza 5 m e larghezza 10 m, posta a quota 897,0 m s.m., a valle della quale è previsto uno scivolo di 5 m di sviluppo, con pendenza pari al 20% e larghezza decrescente da 10 a 7 m, che si raccorda con un manufatto di confluenza, nel quale si immettono anche i tratti terminali dei due rami del canale di gronda (ramo ovest, ramo est), secondo la geometria riportata in Figura 24.



**Figura 24 – pianta manufatto di confluenza**

Lo sfioratore è una struttura in c.a. gettata in opera e lisciata superficialmente, mentre sia la platea che lo scivolo sono in massi ammorsati nel calcestruzzo.

Dal manufatto di confluenza si diparte una tubazione di diametro pari a 2,5 m, che ha la funzione di recapitare nel Rio Secco le portate provenienti dallo sfioratore di superficie e dai canali di gronda.

Di seguito si riportano le principali caratteristiche dello sfioratore di superficie, per maggiori dettagli, con particolare riferimento al dimensionamento idraulico dello stesso, si rimanda alla Relazione Idraulica allegata al presente progetto:

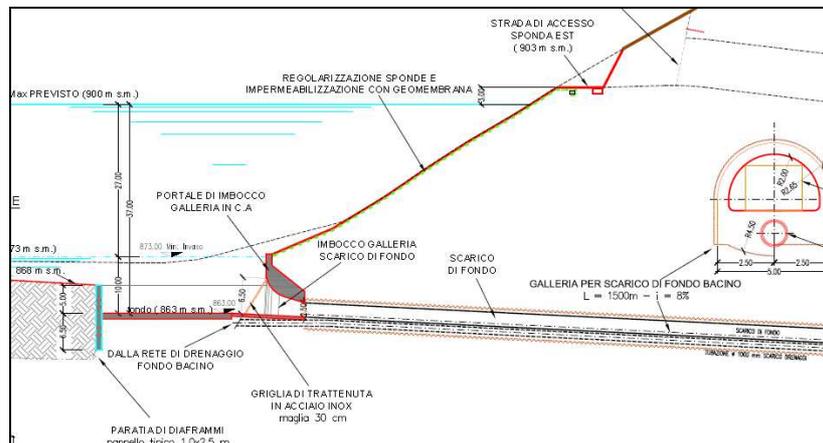
- quota di coronamento della soglia: 900,00 m s.m.;
- quota a valle della soglia: 897,00 m s.m.;
- lunghezza della soglia: 10 m;
- portata di massima piena millenaria in ingresso nell'invaso: 75 m<sup>3</sup>/s;
- portata massima scaricata dallo sfioratore nell'invaso in condizioni di piena millenaria: 5 m<sup>3</sup>/s;
- quota di massimo invaso in condizioni di piena millenaria: 900,4 m s.m..

### 5.3.2 Galleria di scarico di fondo

Al fine di garantire la completa sicurezza idraulica dell'impianto, nonché la versatilità gestionale in occasione di interventi ordinari e straordinari di manutenzione sulle opere in sotterraneo costituenti l'intervento, è prevista la realizzazione di uno scarico di fondo del bacino di accumulo di Monte Alto.

Tale scarico permette di svuotare parzialmente o totalmente il bacino di Monte Alto, secondo le modalità e tempistiche riportate nella Relazione Idraulica (elab. n. 483-01E ET R D A 040), con recapito delle acque all'interno dell'alveo del Rio Secco.

Tale opera è costituita da una galleria di diametro utile  $\phi$  4,0 m, lunghezza complessiva 1.500 m e pendenza di fondo 8,0 % circa: l'imbocco è previsto sul fondo dell'invaso di Monte Alto alla quota 863,0 m s.m. in adiacenza all'imbocco dell'opera di presa in posizione S-E, come riportato in Figura 25.

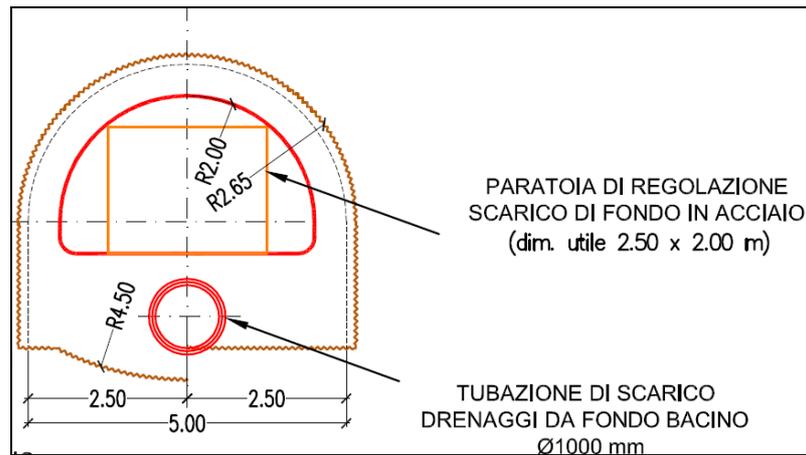


**Figura 25 – sezione longitudinale manufatto di presa dello scarico di fondo**

La presa dello scarico di fondo è costituito da un portale in c.a. che garantisce il graduale raccordo con la successiva galleria in pressione rivestita in cls per una lunghezza di circa 130 m fino alla camera paratoie; il portale è inoltre attrezzato con una griglia metallica in grado di trattenere il materiale flottante di medie-grosse dimensioni al fine di preservare l'integrità e la funzionalità delle paratoie di regolazione ed intercettazione durante le operazioni di svaso. La presenza di n.2 paratoie piane di regolazione ed intercettazione (dim. utili 2,0 x 2,50 m) garantisce la transizione del regime idraulico di deflusso delle acque scaricate da pressione a pelo libero, secondo le regola di luce di efflusso a battente.

Immediatamente al di sotto del tratto iniziale della galleria di scarico di fondo è prevista la posa di una tubazione DN 1000 mm per una lunghezza di 180 m circa, con funzione di convogliamento delle acque di scarico provenienti dalle trincee drenanti previste sul fondo del

bacino al di sotto dell'impermeabilizzazione, secondo la geometria riportata in Figura 26.

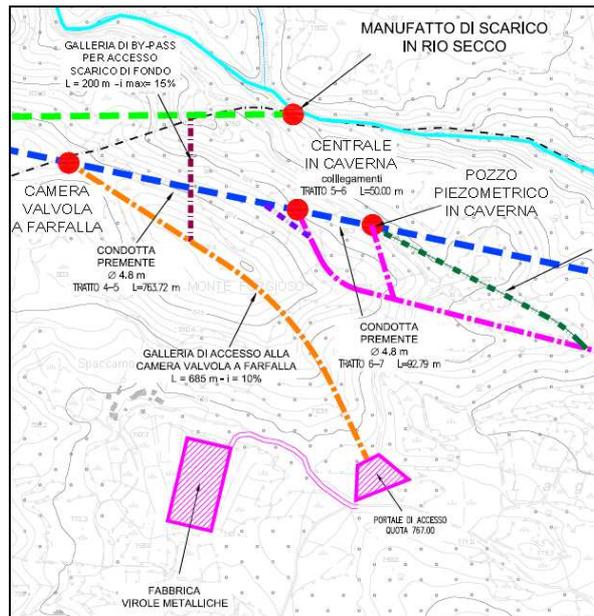


**Figura 26 – sezione tipo galleria di scarico con tubazione di convogliamento drenaggi**

Tali acque vengono poi immesse all'interno della galleria di scarico di fondo a valle della camera paratoie, in posizione e quota tale da garantire lo scarico libero ed evitare inaccettabili rigurgiti dei livelli idrici all'interno delle trincee drenanti.

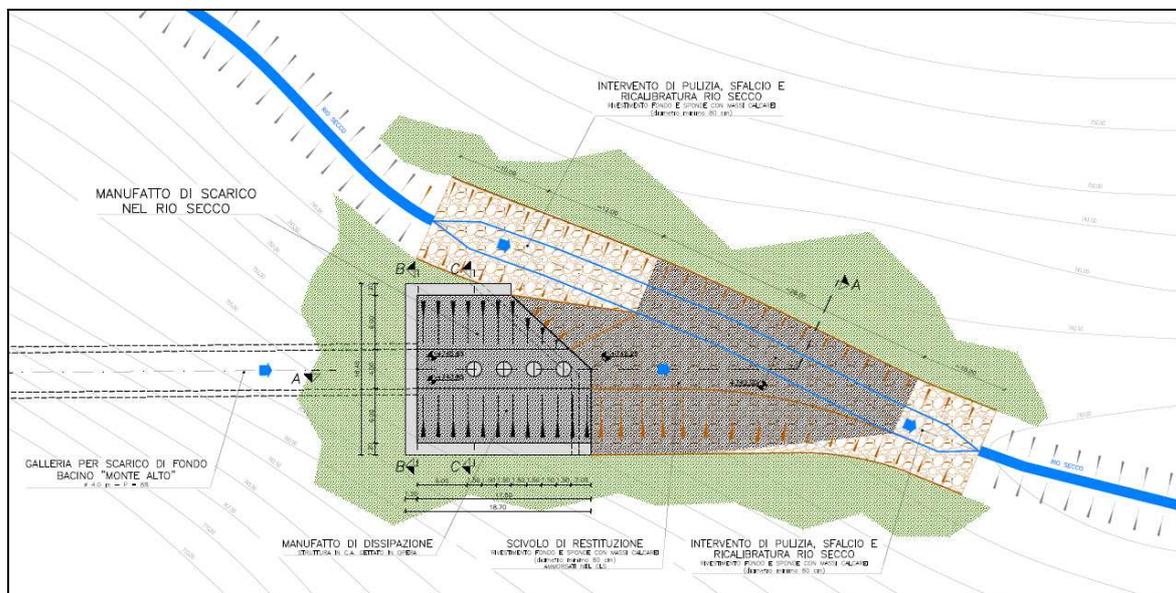
L'apertura parziale o totale delle paratoie previste lungo lo scarico di fondo permette di regolare la portata da recapitare nel Rio Secco, in funzione della capacità idraulica di quest'ultimo.

L'accessibilità al fondo dell'opera di presa dello scarico di fondo per eventuali operazioni di ispezione e/o manutenzione, con mezzi di piccole dimensioni (tipo bob-cat) in condizioni di impianto fermo e bacino completamente vuoto, è garantita attraverso una finestra di lunghezza 200 m circa e pendenza del 15% di collegamento tra la galleria di accesso alla camera valvola a farfalla e la galleria di scarico di fondo, secondo il tracciato riportato in Figura 27.



**Figura 27 – stralcio planimetrico tracciato galleria di collegamento**

In corrispondenza dello sbocco della galleria di scarico di fondo nell'alveo naturale del Rio Secco è prevista la realizzazione di un manufatto puntuale di dissipazione dell'energia posseduta dalla corrente idrica scaricata, al fine di regolarizzare il deflusso entro velocità compatibili con la morfologia del Rio Secco: quest'ultimo sarà localmente protetto mediante corazzamento del fondo e delle sponde con pietrame calcareo, onde prevenire ed evitare inaccettabili scalzamenti ed erosioni, secondo le caratteristiche riportate in Figura 28.



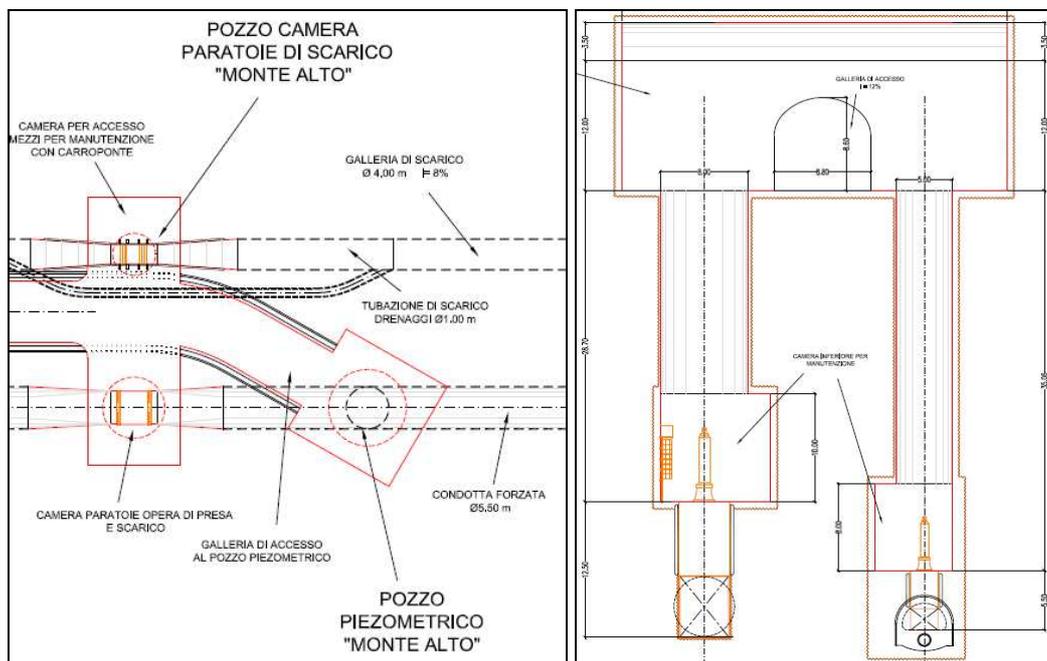
**Figura 28 – manufatto di dissipazione dello sbocco dello scarico di fondo nel Rio Secco**



## 5.5 CAMERA PARATOIE DI MONTE ALTO

A valle dell'opera di presa di Monte Alto è prevista la realizzazione di un manufatto per l'alloggiamento, il controllo e la gestione delle paratoie di regolazione ed intercettazione previste sia sullo scarico di fondo, sia sulla condotta forzata.

In particolare la camera paratoie sulla condotta forzata è costituita da un pozzo verticale di diam. int.  $\phi$  8,0 m ed altezza 28,70 m: nella parte inferiore del pozzo, in una camera di altezza 10,0 m, è previsto l'alloggiamento di n.2 paratoie piane a cassa stagna con tenuta su n.4 lati di dim. utili 4,35 x 5,50 m, oltre all'alloggiamento della relativa quadristica elettrica e dei circuiti idraulici di movimentazione, secondo lo schema progettuale riportato in Figura 30.



**Figura 30 – pianta e sezione camera paratoie di Monte Alto**

Tali paratoie hanno la sola funzione di disconnessione idraulica del sistema tra monte e valle. La camera paratoie sulla condotta di scarico di fondo è costituita da un pozzo verticale di diam. int.  $\phi$  5,0 m ed altezza 35,0 m: nella parte inferiore del pozzo è previsto l'alloggiamento di n.2 paratoie piane a cassa stagna con tenuta su n.4 lati di dim. utili 2,00 x 2,50 m, oltre all'alloggiamento della relativa quadristica elettrica e dei circuiti idraulici di movimentazione. Tali paratoie hanno la funzione sia di disconnettere idraulicamente il sistema tra monte e valle in condizioni di regolare esercizio dell'impianto con completa chiusura delle stesse, ovvero operazioni di regolazione delle portate da scaricare in occasione di svasso dell'invaso ad impianto fermo. La parte inferiore della camera paratoie sullo scarico di fondo è inoltre collegata con la galleria di valle mediante un cunicolo verticale di diametro utile 1,0 m con

funzione di aeroforo, in grado di assicurare la necessaria aerazione dello scarico di fondo di valle.

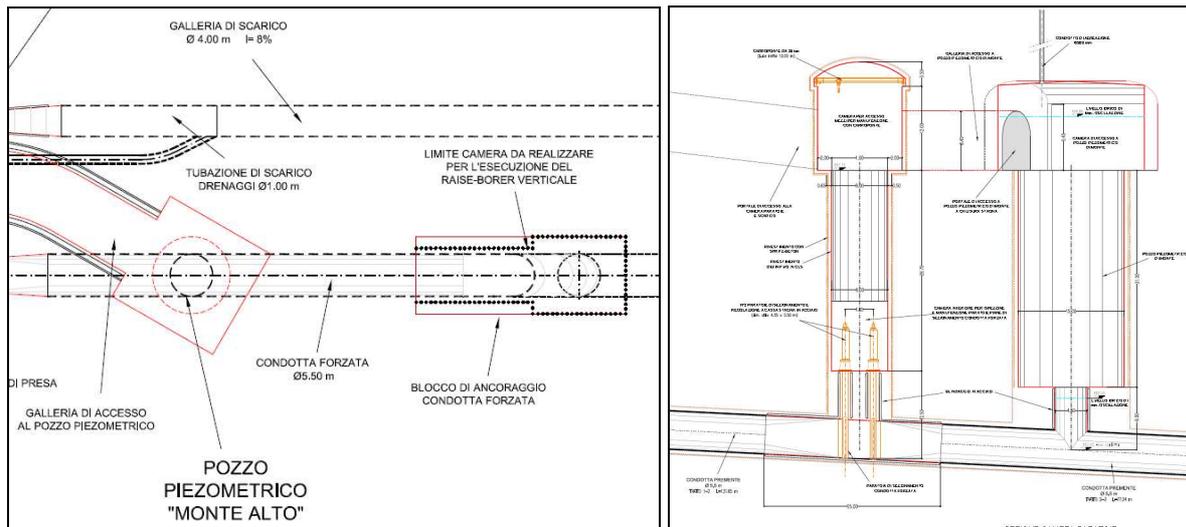
I due pozzi verticali sono tra di loro collegati superiormente attraverso una camera ricavata completamente in caverna alla quota 897,60 m s.m., di dimensioni in pianta 35,0 x 12,0 m, altezza 15,50 m e copertura a volta con alloggiamento di carroponete di luce netta 12,0 m e portata massima 20 ton per la movimentazione delle parti meccaniche e dei macchinari ivi installati.

La camera superiore è accessibile attraverso una galleria di lunghezza 55 m circa e pendenza 12% baricentrica ai due pozzi e collegata alla viabilità perimetrale al bacino di Monte Alto. Tale galleria permette inoltre di raggiungere la camera superiore del pozzo piezometrico di monte, come meglio riportato nel par. 5.6.

## **5.6 POZZO PIEZOMETRICO DI MONTE**

Il pozzo piezometrico di monte, necessario per il contenimento dei livelli idrici dell'impianto per effetto delle sovrappressioni di colpo d'ariete in condizioni di moto vario susseguente alle manovre di regolazione (apertura o chiusura delle macchine reversibili installate in centrale), è previsto completamente in caverna immediatamente a valle della camera paratoie.

Il pozzo ha altezza utile complessiva di ~37,0 m sulla verticale della condotta forzata DN 5500 mm ed è costituito da una strozzatura inferiore di diam. int.  $\phi$  4,50 m di altezza ~6,0 m, da un corpo centrale cilindrico di altezza 31,0 m e diam. int.  $\phi$  15,0 m e da una camera superiore di dimensioni in pianta 20,0 x 20,0 m circa ed altezza 12,70 m con copertura a volta accessibile attraverso un breve tratto di galleria orizzontale collegata alla camera superiore del manufatto paratoie di Monte Alto, come riportato in Figura 31.



**Figura 31 – pianta e sezione pozzo piezometrico di monte**

Il pozzo piezometrico verticale sarà realizzato completamente all'interno dei domini calcarei a partire dalla camera superiore, in parte con la tecnica del raise borer e, successivamente, con scavi parziali in sottofondazione fino a configurare la geometria finale.

Il tratto inferiore di raccordo tra il pozzo piezometrico verticale  $\phi$  4,50 m e la condotta forzata DN 5500 mm orizzontale sarà completamente blindata con lamiera in acciaio, al fine di limitare l'azione erosiva nonché le sollecitazioni dinamiche indotte dai transitori idraulici di moto vario sulle strutture dell'impianto.

## 5.7 CONDOTTA FORZATA

A valle dell'opera di presa del bacino superiore di Monte Alto le acque derivate vengono immesse all'interno della condotta forzata in galleria per uno sviluppo complessivo di circa 1.967 m.

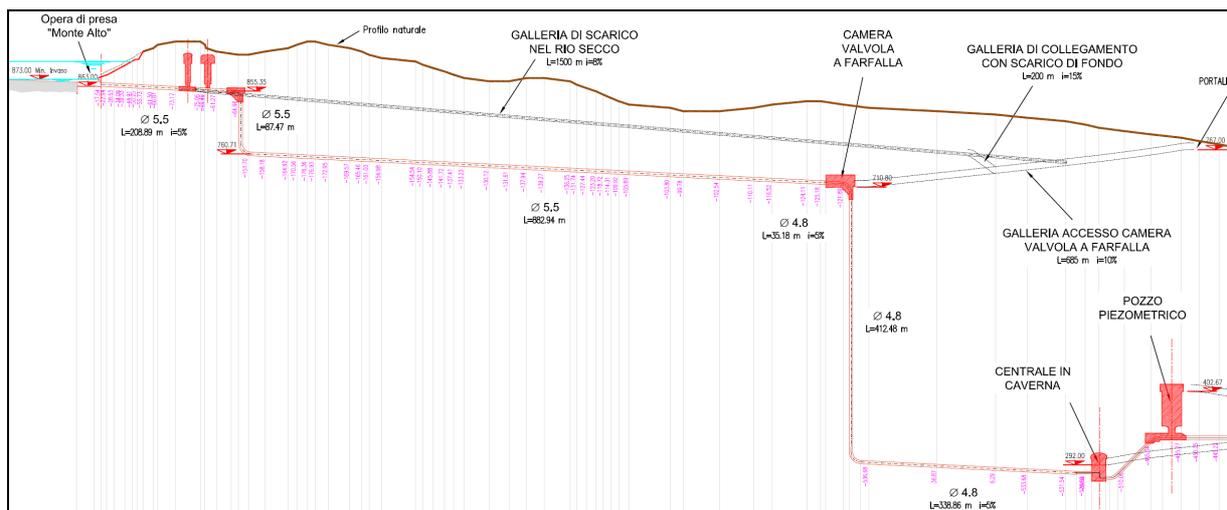
La condotta forzata sarà costituita da un primo tratto di lunghezza pari a 1.180 m circa con tubazione circolare DN 5500 mm e da un successivo tratto di lunghezza pari a 787 m circa con tubazione circolare DN 4800 mm fino a raggiungere le n.2 biforcazioni DN 3200 mm previsti immediatamente a monte della centrale in caverna.

La condotta forzata, lungo il suo sviluppo in sotterraneo, è caratterizzata da un profilo altimetrico variabile, vincolato sia da esigenze di tipo costruttivo in funzione delle formazioni geologiche incontrate, sia di salvaguardia delle caratteristiche idrogeologiche dei terreni attraversati.

In particolare, procedendo da Monte Alto fino alla centrale in caverna, il profilo della

condotta forzata prevede (cfr. Figura 32):

- un tratto sub-orizzontale DN 5500 mm di lunghezza 131,65 m e pendenza di fondo  $i=5\%$  dall'opera di presa fino alla camera paratoie di Monte Alto;
- un tratto sub-orizzontale a geometria variabile di raccordo tra la sezione circolare DN 5500 mm e la sezione rettangolare 4,35 x 5,50 m (L x H) di alloggiamento delle paratoie di intercettazione, e viceversa, per una lunghezza di 30,0 m circa;
- un breve tratto sub-orizzontale DN 5500 mm di lunghezza 38,80 m e pendenza di fondo  $i=5\%$  dalla camera paratoie di Monte Alto fino alla curva di raccordo con il successivo tratto verticale;
- un tratto verticale DN 5500 mm di lunghezza 110,27 m, compresi raccordi curvilinei, dalla quota 855,35 m s.m. alla quota 760,61 m s.m.;
- un tratto sub-orizzontale DN 5500 mm di lunghezza 871,54 m e pendenza di fondo  $i=5\%$  fino alla camera di alloggiamento della valvola a farfalla DN 4800 mm;
- un breve tratto sub-orizzontale DN 4800 mm di lunghezza 23,78 m e pendenza di fondo  $i=5\%$  immediatamente a valle della valvola a farfalla fino alla curva di raccordo con il successivo tratto verticale;
- un tratto verticale DN 4800 mm di lunghezza 435,28 m, compresi raccordi curvilinei, dalla quota 717,28 m s.m. alla quota 296,35 m s.m.;
- un tratto sub-orizzontale DN 4800 mm di lunghezza 327,46 m e pendenza di fondo  $i=5\%$  fino al distributore composto da una biforcazione e da n.2 ramali DN 3200 mm ed il successivo collegamento con le macchine idrauliche installate in centrale (L~50 m).



**Figura 32 – profilo condotta forzata**

La condotta forzata in tutto il suo sviluppo (DN 5500 mm, DN 4800 mm, DN 3200 mm, tratti

convergenti/divergenti, biforcazioni, pezzi speciali, ecc..) sarà completamente realizzata con tubazioni metalliche, auto resistenti in galleria e bloccate interamente con calcestruzzo.

La condotta sarà completata da anelli di irrigidimento e tappo di iniezione, con spessore progressivamente crescente da monte verso valle variabile da 16 mm a 53 mm (esclusa biforcazione), in accordo con le raccomandazioni CECT; le lamiere utilizzate per la realizzazione delle condotte saranno in acciaio EN 10025 S460M, opportunamente calandrate e saldate in funzione delle esigenze geometriche (saldature longitudinali, circonferenziali e d'angolo). Tutte le saldature eseguite, sia in officina sia in opera, saranno completamente controllate con esami UT e magnetoscopico, quest'ultime per le sole saldature d'angolo.

La condotta forzata sarà inoltre completamente rivestita internamente con sabbatura Sa 2 ½ e da n.2 o più mani di vernice epossidica per uno spessore complessivo di 400 micron.

Il dimensionamento delle condotte forzate è stato eseguito garantendo il rispetto di una sovrappressione massima al piede della condotta stessa pari al 35% circa del carico statico.

Le operazioni di fabbricazione delle condotte forzate e dei pezzi speciali per il blindaggio delle opere d'arte, considerate le dimensioni di riferimento, saranno realizzate all'interno di una fabbrica costruita *ad hoc* in sito, la cui collocazione è prevista presso la piana di Monte Forgioso.

Le virole metalliche calandrate ed assemblate saranno poi portate all'interno della corrispondente galleria di alloggiamento attraverso opportune finestre di accesso e movimentate con binari per assicurarne l'alloggiamento ed il successivo assemblaggio tra tubazioni metalliche adiacenti.

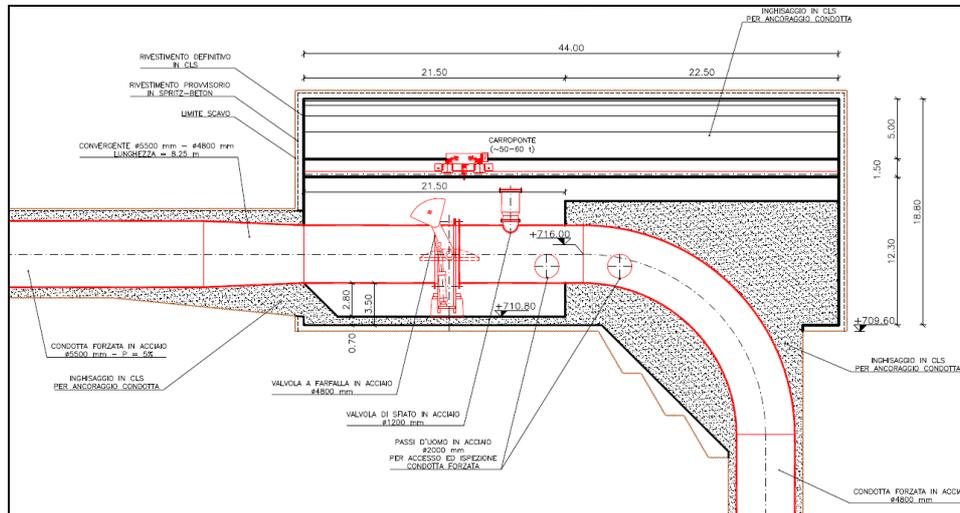
## **5.8 CAMERA VALVOLA A FARFALLA**

La camera di alloggiamento della valvola a farfalla identifica un punto strategico sia per la gestione dell'impianto, sia nella fase di cantiere per la realizzazione della galleria di monte e di valle, indispensabile per l'alloggiamento della virole metalliche costituenti la condotta forzata.

La camera, completamente prevista in caverna, è raggiungibile attraverso la galleria di accesso con imbocco previsto in corrispondenza dell'area di Monte Forgioso.

Essa ha dimensioni in pianta pari a 45,0 x 17,0 m, altezza complessiva 20,0 m e copertura a volta: è inoltre equipaggiata con carroponete di luce utile pari a 17,0 m e portata di 50÷60 ton. Sia le dimensioni "importanti" della camera sia l'alloggiamento del carroponete sono indispensabili per la fase costruttiva dell'opera. Essa infatti rappresenta un punto di accesso e

transito dei mezzi d'opera per lo scavo della galleria di monte di alloggiamento della condotta forzata DN 5500 mm e per la realizzazione del pozzo verticale di valle di alloggiamento della condotta forzata DN 4800 mm. A scavi ultimati il carroponete permetterà la movimentazione ed installazione delle virole metalliche verticali DN 4800 mm e della valvola a farfalla DN 4800 mm, secondo lo schema progettuale riportato in Figura 33.



**Figura 33 – camera valvola a farfalla**

L'installazione del tratto orizzontale della condotta forzata nella transizione tra DN 5500 mm e DN 4800 mm risulta essere in posizione decentrata rispetto all'asse della camera: tale disposizione risulta essere necessaria per la movimentazione e smontaggio manutentivo della valvola a farfalla.

Immediatamente a valle della valvola a farfalla è prevista l'installazione lungo la condotta forzata DN 4800 mm di uno sfiato DN 1200 mm e di passi d'uomo, opportunamente blindati, per garantire l'accesso ed ispezione della condotta per le eventuali operazioni manutentive.

Il tratto in curva della condotta forzata sarà opportunamente ancorato mediante un getto di calcestruzzo al fine di contrastare le spinte idrauliche presenti.

## 5.9 CENTRALE IN CAVERNA

La centrale di produzione è prevista completamente in caverna ad una profondità di circa 550 m dal p.c. ed è raggiungibile attraverso la galleria di accesso con imbocco previsto in corrispondenza dell'area di cava "Ciarli" in comune di Pontelandolfo (BN).

È opportuno osservare che la soluzione studiata nel presente progetto definitivo presenta, rispetto al progetto di massima, alcune variazioni e modifiche sia per quanto riguarda la localizzazione sia per gli aspetti dimensionali, valutate in funzione delle risultanze delle

indagini eseguite (indagini geologiche, indagini idrogeologiche, rilievi topografici, ecc..) e delle analisi idrauliche di funzionamento (dimensioni macchine idrauliche, impianti, trasformatori, ecc..).

All'interno della centrale in caverna saranno alloggiati:

- n. 2 gruppi di funzionamento di tipo reversibile (pompa/turbina) e corrispondenti trasformatori;
- la sottostazione elettrica in blindato;
- tutta la quadristica elettrica e generatori;
- tutta la strumentazione impiantistica (raffreddamento, lubrificazione, aerazione, pompaggio acque di drenaggio ecc..) necessaria per il corretto funzionamento dell'opera;
- n. 2 carroponi per la caverna macchine e per la caverna trasformatori/sottostazione, di luce utile rispettivamente pari a di 21,50 m e 15,0 m, necessari per consentire il montaggio/smontaggio e la movimentazione dei macchinari in caso di manutenzione ordinaria e/o straordinaria.

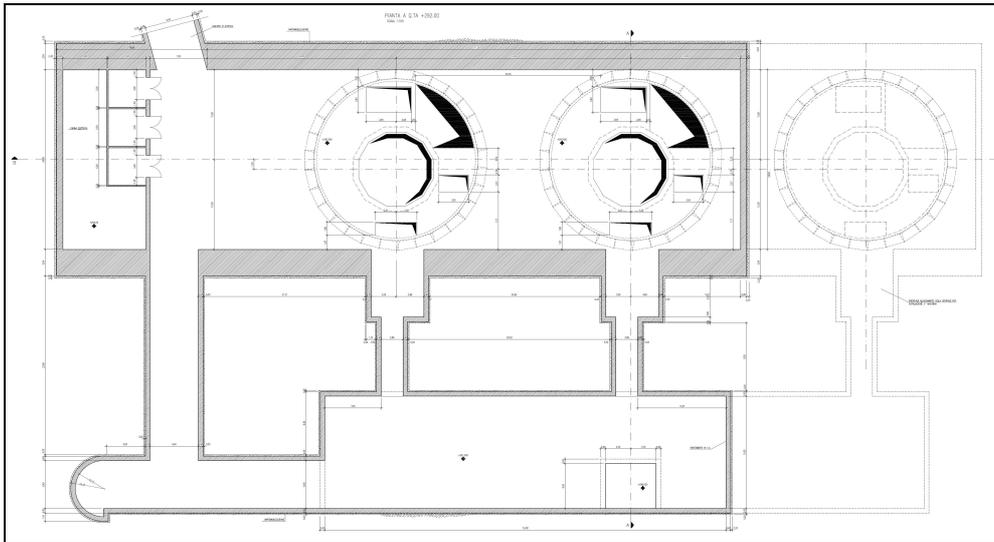
Dovendo rispettare tali vincoli ed esigenze, la geometria della centrale è complessa e variabile, potendo distinguere due differenti vani (inferiore e superiore).

Il vano inferiore, compreso tra quota 267,50 m e la quota 292,0 m, è caratterizzata da due distinti pozzi circolari di diam. utile interno pari a 21,50 m ed altezza 24,5 m realizzati mediante diaframature in c.a. di spessore 1,20 m: all'interno delle strutture a pozzi sono alloggiate le macchine idrauliche, il *draft tube* di valle, le valvole rotative alloggiate sui ramali di monte in ingresso nelle corrispondenti macchine idrauliche, la galleria inferiore di drenaggio, la camera di alloggiamento delle pompe di sollevamento delle acque di drenaggio, la paratoia di sezionamento di valle sul *draft tube*. Tutti i piani saranno raggiungibili ed ispezionabili mediante scale interne di accesso e passaggio.

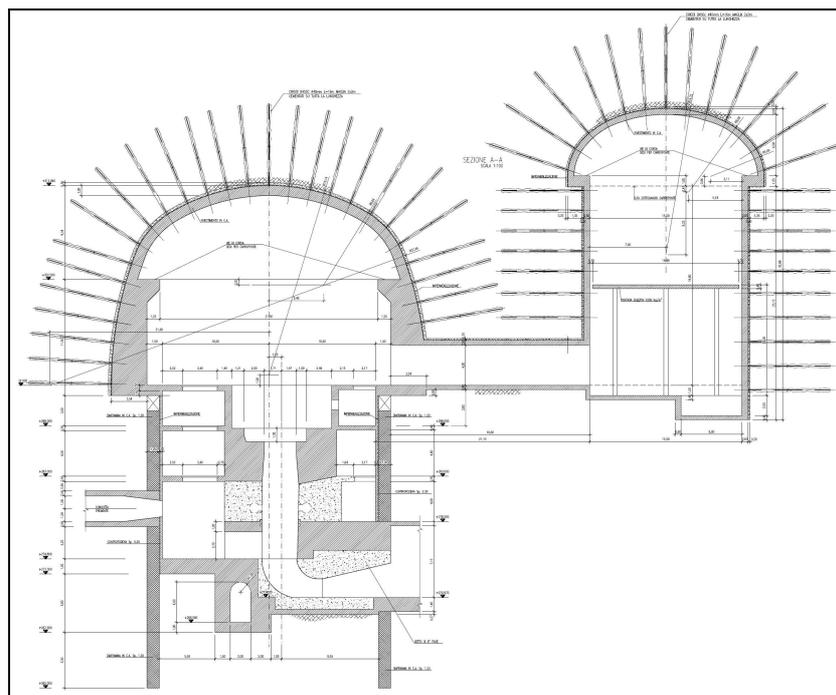
Il vano superiore, compreso tra la quota 292,0 m e la quota 310,50 m circa, è caratterizzato da una caverna di pianta rettangolare di dim. utili interne 87,50 x 24,0 m, altezza complessiva di 18,90 m circa con copertura a volta: all'interno di tale vano è prevista la realizzazione della sala di controllo macchine e sistemi elettrici e l'alloggiamento di un carropono di luce utile complessiva 22,50 m, necessario per la movimentazione dei macchinari in fase di montaggio e smontaggio.

In una caverna laterale, di dimensioni interne in pianta 53,0 m x 15,0 m circa ed altezza complessiva di 29,0 m circa con copertura a volta accessibile da quella principale mediante una galleria di collegamento di lunghezza 20 m circa, verranno alloggiati ed installati i

trasformatori e verrà realizzata la sottostazione elettrica su due distinti livelli, separati da una soletta in c.a..



**Figura 34 – pianta centrale in caverna alla quota 292 m s.m.**



**Figura 35 – sezione trasversale centrale in caverna**

La centrale in caverna sarà accessibile attraverso una galleria di accesso di lunghezza 2.370 m circa, di dimensioni tali da garantire il trasporto delle componenti di maggior ingombro delle installazioni previste in centrale.

La centrale verrà equipaggiata per un funzionamento del tutto automatizzato senza la necessità di personale di presidio a tempo pieno. Sia le manovre di avvio che quelle di arresto

e regolazione saranno eseguite in automatico tramite la gestione a distanza con l'ausilio di programmi specifici (TLC). L'esercizio sarà controllato da un sistema di sicurezza atto ad evitare ogni possibile malfunzionamento di qualsiasi parte dell'impianto.

L'allacciamento della centrale alla rete RTN di TERNA avverrà mediante cavidotti collocati in idoneo cavedio ricavato nella calotta della galleria di accesso alla centrale. A partire da portale di ingresso alla galleria in loc. Ciarli la linea elettrica di trasmissione verrà collegata mediante elettrodotto in antenna da 380 kW alla linea RTN "Benevento 2-Foggi" in Comune di Benevento, mediante la realizzazione lungo il tragitto di due S.E., rispettivamente in Comune di Pontelandolfo ed in Comune di Benevento.

### **5.10 POZZO PIEZOMETRICO DI VALLE**

Il pozzo piezometrico di valle è previsto completamente in caverna a valle della centrale in corrispondenza del tratto iniziale della galleria idraulica di restituzione di valle. Tale opera si rende necessaria per il contenimento dei livelli idrici dell'impianto per effetto delle sovrappressioni di colpo d'ariete in condizioni di moto vario susseguente alle manovre di regolazione dell'impianto (apertura o chiusura delle macchine reversibili installate in centrale).

Il pozzo piezometrico verticale ha altezza utile complessiva di 74 m circa ed è costituito da una strozzatura inferiore di diam. int.  $\phi$  10,0 m di altezza 10,80 m, da un corpo centrale cilindrico di altezza 52,20 m, e diam. int.  $\phi$  30,0 m e da una camera superiore di dimensioni in pianta 40,0 x 40,0 m circa ed altezza 10,80 m circa con copertura a volta accessibile attraverso una galleria in diramazione dalla galleria di accesso alla centrale, come riportato in Figura 36.



## 5.11 CAMERA PARATOIE DI VALLE

A monte dell'opera di presa/restituzione di Campolattaro, in corrispondenza dell'intersezione planimetrica tra la strada circumlacuale del bacino esistente e la galleria di restituzione è prevista la realizzazione di un manufatto per l'alloggiamento, il controllo e la gestione delle paratoie di intercettazione e sezionamento della galleria di restituzione.

In particolare la camera paratoie di valle è costituita da un pozzo verticale di altezza complessiva pari 66,0 m circa: nella parte inferiore del manufatto è previsto l'alloggiamento di n.2 paratoie piane a cassa stagna con tenuta su 4 lati di dim. utili 4,75 x 6,0 m, oltre all'installazione della relativa quadristica elettrica e dei circuiti oleodinamici di movimentazione.

Tali paratoie hanno la sola funzione di disconnessione idraulica del sistema tra monte e valle, senza dover prevedere operazioni regolazione e di apertura o chiusura parziale.

All'interno del pozzo è previsto l'alloggiamento di una tubazione metallica verticale DN 1000 mm in comunicazione con la galleria di restituzione – lato monte – ed il piano campagna a quota 407,0 m s.m., con funzione di aeroforo: essa è infatti in grado di assicurare l'alimentazione del necessario volume d'aria all'interno della galleria durante le operazioni di scarico dei volumi idrici in essa contenuti.

Considerata la notevole profondità del pozzo (~66 m circa) e la natura geologica del sottosuolo, costituito prevalentemente da flysch arenaceo-argilloso, si prevede di realizzare il pozzo verticale mediante una struttura portante di contenimento “a cannocchiale”, come riportato in Figura 37.

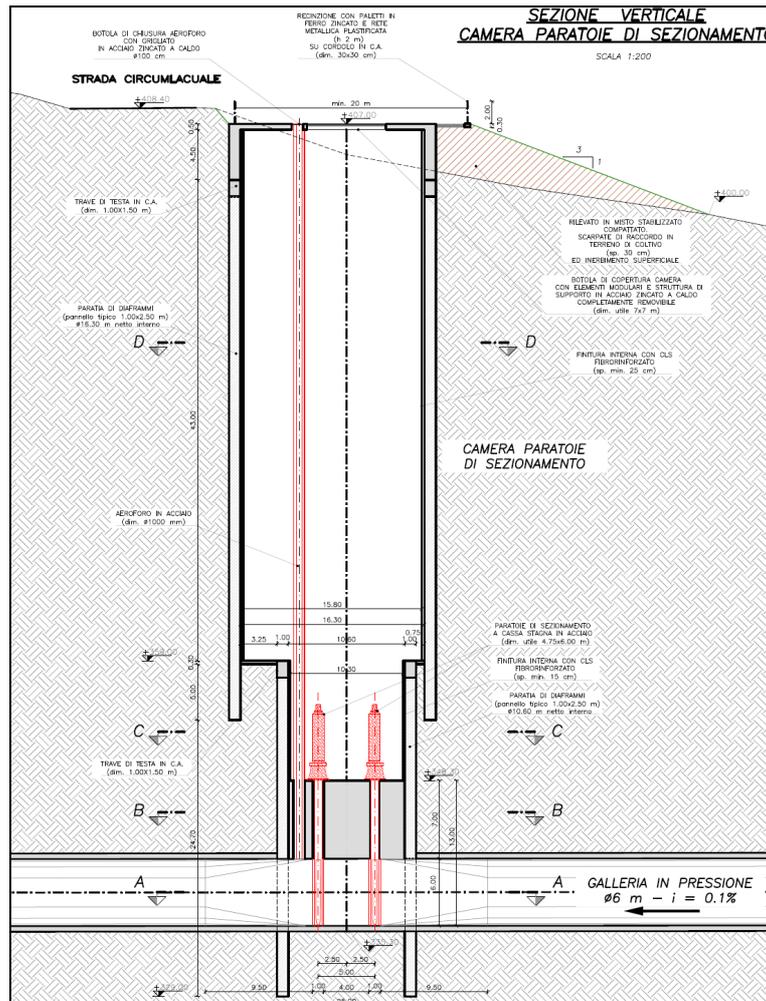


Figura 37 –sezione trasversale pozzo paratoie di valle

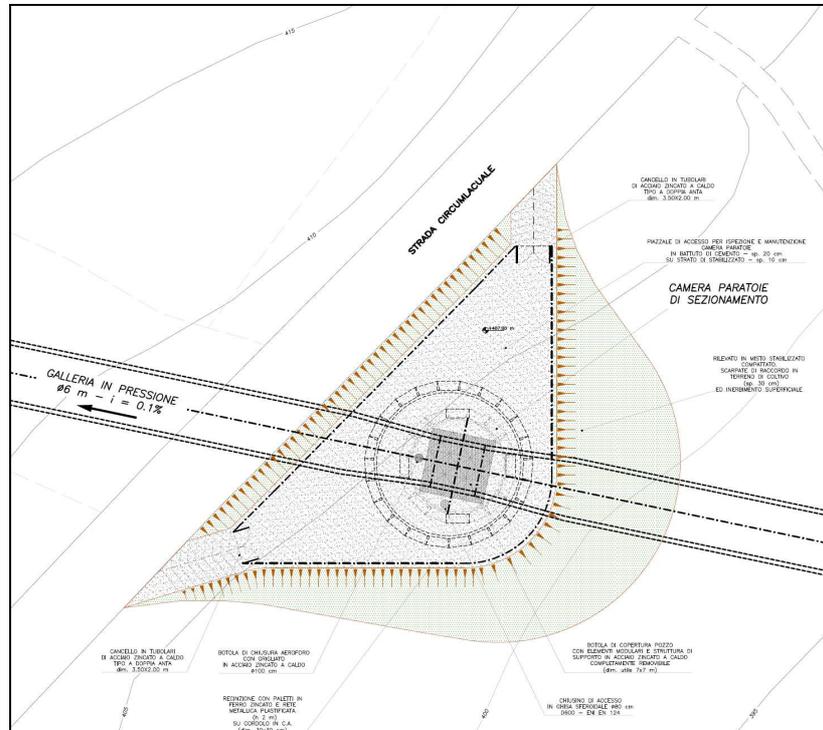
Si prevede infatti di realizzare una prima struttura di contenimento superiore, a partire dal piano campagna a quota 402,0 m s.m. fino alla quota 354,0 m s.m., costituita da diaframmi in cls con pannelli unitari di dim. 2,50 x 2,0 m opportunamente accostati in modo tale da definire una struttura pseudo-circolare di diametro equivalente pari a 16,30 m ed altezza 48,0 m circa.

Si potrà quindi procedere allo scavo del pozzo verticale con progressivo abbassamento del fondo in assoluta sicurezza fino alla quota 359,0 m s.m.: a partire da tale quota si realizzerà la struttura di contenimento inferiore, fino alla quota 329,0 m s.m., anch'essa costituita da diaframmi in cls con pannelli unitari di dim. 2,50 x 2,0 m opportunamente accostati in modo tale da definire una struttura pseudo-circolare di diametro equivalente pari a 10,60 m ed altezza 30,0 m circa.

Una volta terminata la realizzazione delle strutture di contenimento sarà possibile procedere all'ulteriore scavo del pozzo verticale con progressivo abbassamento del fondo in assoluta

sicurezza fino ad intercettare la galleria di restituzione di valle alla quota 335,30 m s.m..

Il manufatto paratoie sarà accessibile ed ispezionabile attraverso un piazzale, opportunamente attrezzato e realizzato in adiacenza alla strada circumlacuale del bacino di Campolattaro a quota 407,0 m s.m., secondo le geometrie progettuali riportate in Figura 38.



**Figura 38 –stralcio planimetrico piazzale di accesso al pozzo paratoie di valle**

La copertura del pozzo paratoie sarà realizzata con elementi metallici in acciaio zincato a caldo, di tipo modulare e singolarmente removibili appoggiati su struttura reticolare metallica. Tale struttura garantisce l’ispezionabilità e l’accessibilità al pozzo inferiore per le operazioni di controllo e manutenzione degli organi elettromeccanici ivi installati.

## 5.12 OPERA DI PRESA/RESTITUZIONE DI CAMPOLATTARO

L’opera di presa e restituzione di valle è prevista al piede della sponda occidentale del bacino di Campolattaro, posta ad una distanza di circa 900 m a monte dell’asse diga in posizione piano-altimetrica tale da permettere di effettuare le operazioni di pompaggio e generazione indipendentemente dalla gestione del bacino stesso.

L’opera di presa di tipo a calice è costituita da una soglia sfiorante superiore di forma circolare di diam. int.  $\phi$  10,0 m posta a quota 349,50 m s.m., che convoglia la corrente idrica in fase di derivazione dal bacino di Campolattaro mediante un profilo “a coppa” progressivamente raccordato con una geometria a pozzo ed una curva a 90° alla galleria sub-

orizzontale  $\phi$  6,0 m, secondo le caratteristiche progettuali riportate in Figura 39 e Figura 40.

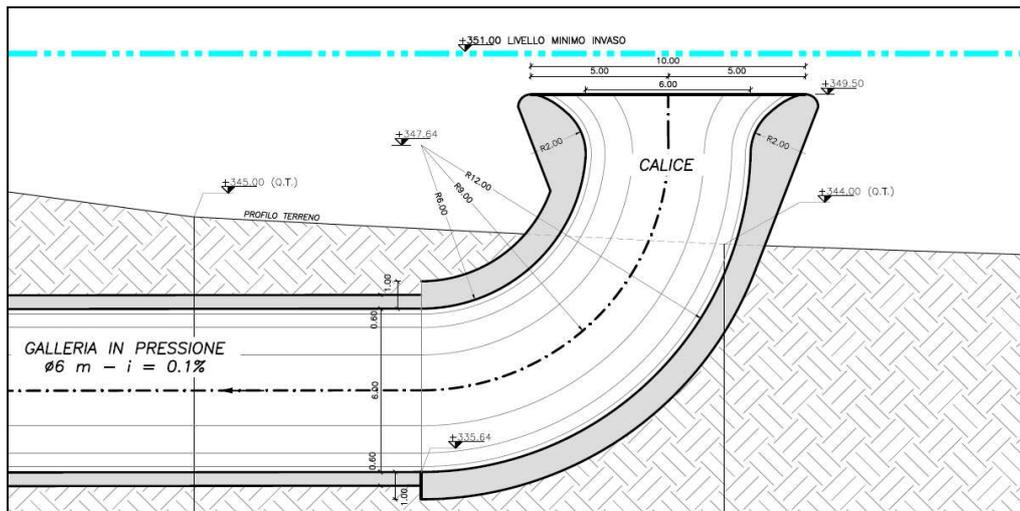


Figura 39 –sezione trasversale opera di presa/restituzione di valle

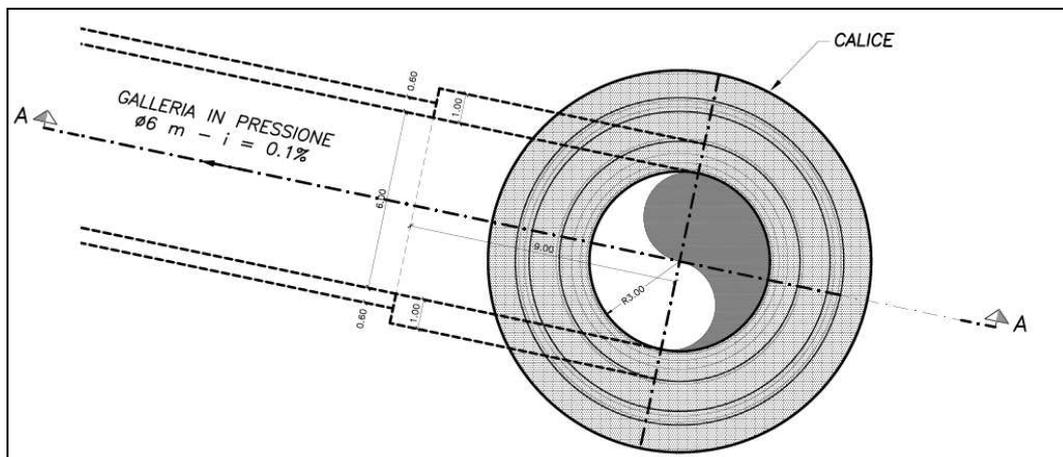


Figura 40 –pianta opera di presa/restituzione di valle

Il profilo superiore dell'opera di presa presenta andamento di tipo *Creager* al fine di ottimizzare l'efficienza idraulica del manufatto in condizioni di derivazione.

Il dimensionamento dell'opera è stato condotto considerando aspetti sia costruttivi sia idraulici:

- calici con raggi in sommità maggiori del valore individuato ( $R=5,0$  m) comporterebbero profili di imbocco incompatibili con l'esigenza di raccordare la galleria e il pozzo mediante una curva a gomito di  $90^\circ$ , ovvero con raggio interno almeno pari al diametro della galleria di derivazione ( $\phi$  6,00 m). L'adozione di raggi di curvatura nel gomito inferiori a 6,0 m indurrebbero perdite di carico concentrate più elevate; viceversa raggi superiori richiederebbero un eccessivo sviluppo geometrico, rendendo impossibile un ottimale raccordo con il pozzo;

- la quota di 349,50 m s.m. del ciglio sfiorante deriva da un compromesso tra le varie esigenze idrauliche (garantire, in corrispondenza del minimo livello di invaso pari a quota 351,00 m s.m., un battente minimo sopra la soglia che eviti l'ingresso di aria nella condotta con conseguente possibile danneggiamento delle macchine), gestionali ed impiantistiche (evitare l'ingresso di sedimenti posti sul fondo dell'invaso).

Le caratteristiche geometriche dell'opera di presa sono quindi tali da assicurare il corretto funzionamento dell'impianto in fase di pompaggio anche con un battente minimo di 1,50 m, ovvero quando il serbatoio di Campolattaro raggiunge la quota di minimo invaso pari a 351,0 m s.m..

L'opera di presa verrà realizzata contestualmente alla costruzione del tratto terminale della galleria di restituzione in pressione: al fine di garantire l'esecuzione dei lavori in sicurezza è prevista la formazione di idonee opere di sostegno degli scavi mediante di diaframmi in c.a. con quota sommitale a 344,0 m s.m. (corrispondente all'attuale p.c.) e successiva sopraelevazione mediante muri in c.a. fino alla quota di sicurezza idraulica 353,0 m s.m..

La corretta gestione dei livelli idrici presenti all'interno del bacino di Campolattaro dovrà essere attentamente studiata con l'Ente Gestore in modo da garantire la necessaria sicurezza idraulica durante l'esecuzione di lavori.

### **5.13 GALLERIE DI ACCESSO**

Le opere in sotterraneo, ed i rispettivi tracciati plano-altimetrici, sono stati studiati privilegiando scelte progettuali compatibili con le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche tali da ridurre o rendere minimo il drenaggio delle acque profonde e prevedere opere provvisorie di sostegno degli scavi nelle zone nei settori più critici.

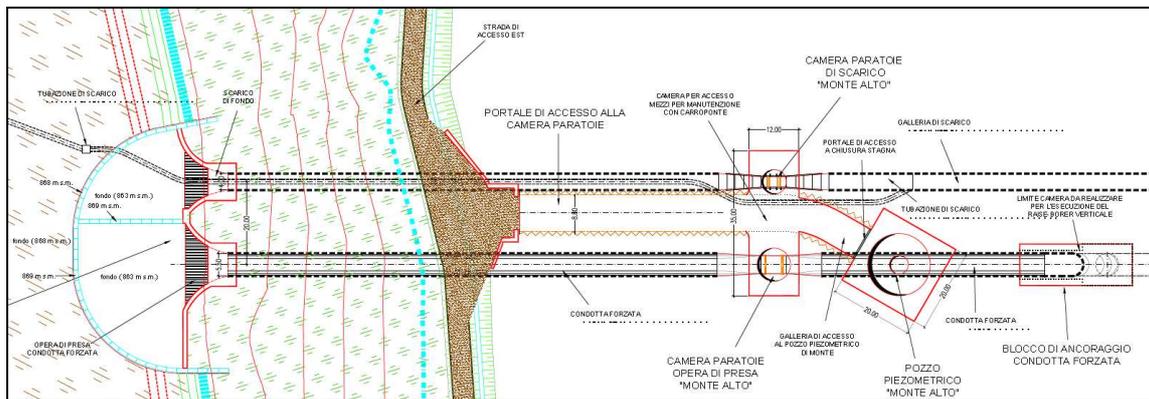
Si rimanda alla Relazione Geologica ed Idrogeologica (elab. n. L004-GU R D A 060) ed alla Relazione Geotecnica (elab. n. 10062 PG R D A 061) per la caratterizzazione delle aree interessate dalla realizzazione delle gallerie di accesso previste in progetto. Nei successivi paragrafi sono riportate, per ciascuna galleria, le principali caratteristiche geometriche e dimensionali.

#### **5.13.1 Galleria di accesso alla camera paratoie di Monte Alto**

L'accesso alla camera paratoie di Monte Alto avviene attraverso una galleria di sagoma interna utile 7,0 x 7,0 m con copertura a volta e pendenza di fondo pari a 12% circa, di lunghezza complessiva pari a 55 m circa. Tale geometria garantisce l'accesso dei mezzi di

cantiere in piena sicurezza e salubrità durante le operazioni di scavo e di transito per il raggiungimento del livello superiore della camera paratoie della condotta forzata e dello scarico di fondo per i necessari interventi di manutenzione.

La galleria di accesso alla camera paratoie di Monte Alto è caratterizzata da un portale previsto in adiacenza alla strada perimetrale al bacino di accumulo, con quota di ingresso posta a 904,0 m s.m..

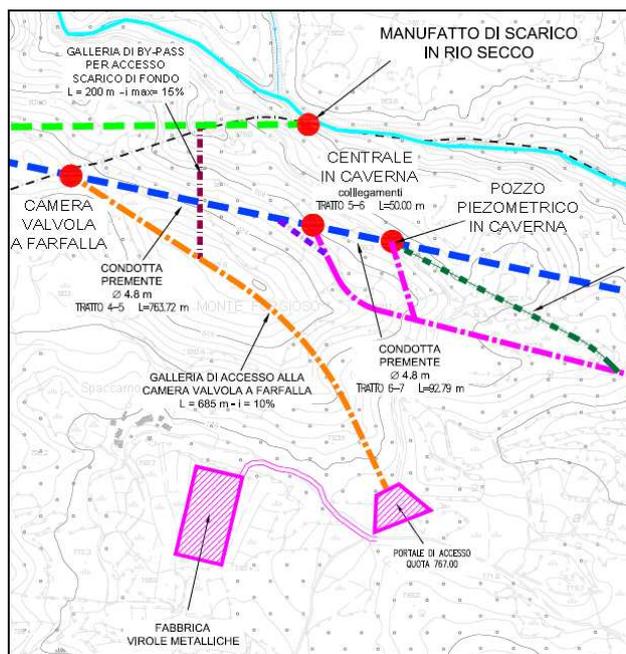


**Figura 41 –stralcio planimetrico galleria di accesso alla camera paratoie di monte**

### **5.13.2 Galleria di accesso alla camera valvola a farfalla**

L'accesso alla camera valvola a farfalla lungo la condotta forzata dell'impianto avviene attraverso una galleria di sagoma utile interna 7,0 x 7,0 m con copertura a volta, pendenza di fondo pari a 10% circa e lunghezza complessiva di 685 m circa. Tale geometria garantisce l'accesso dei mezzi di cantiere in piena sicurezza e salubrità durante le operazioni di scavo, di trasposto e posa della condotta forzata, di trasporto e posa/smontaggio della valvola a farfalla DN 4800 mm e di transito dei mezzi d'opera per il raggiungimento dello scarico di fondo per i necessari interventi di manutenzione, come meglio riportato nel paragrafo successivo.

La galleria di accesso alla camera valvola a farfalla è caratterizzata da un portale previsto in corrispondenza della piana di Monte Forgioso, in adiacenza alla zona di installazione e formazione della fabbrica delle virole metalliche, con quota di ingresso posta a 767,0 m s.m..



**Figura 42 –stralcio planimetrico tracciato galleria di accesso alla camera valvola a farfalla**

### **5.13.3 Galleria di collegamento tra lo scarico di fondo e la galleria di accesso alla camera valvola a farfalla**

L'accesso allo scarico di fondo del bacino di Monte Alto avviene attraverso una galleria di collegamento in diramazione dalla galleria di accesso alla camera valvola a farfalla. Essa è prevista con sagoma utile interna 7,0 x 7,0 m con copertura a volta, pendenza di fondo pari a 15% circa e lunghezza complessiva di 200 m circa. Tale geometria garantisce l'accesso dei mezzi di cantiere in piena sicurezza e salubrità durante le operazioni di scavo, nonché il raggiungimento dell'opera di presa dello scarico di fondo presso il bacino di Monte Alto con mezzi di piccole dimensioni (tipo bob-cat) per i necessari interventi di manutenzione e/o ispezione ad impianto fermo e bacino completamente vuoto.

La galleria di collegamento, nel punto di congiunzione con lo scarico di fondo, sarà dotata di porta stagna onde evitare ingressi d'acqua all'interno della galleria di accesso alla camera valvole in occasione ei funzionamento dello scarico di fondo stesso.

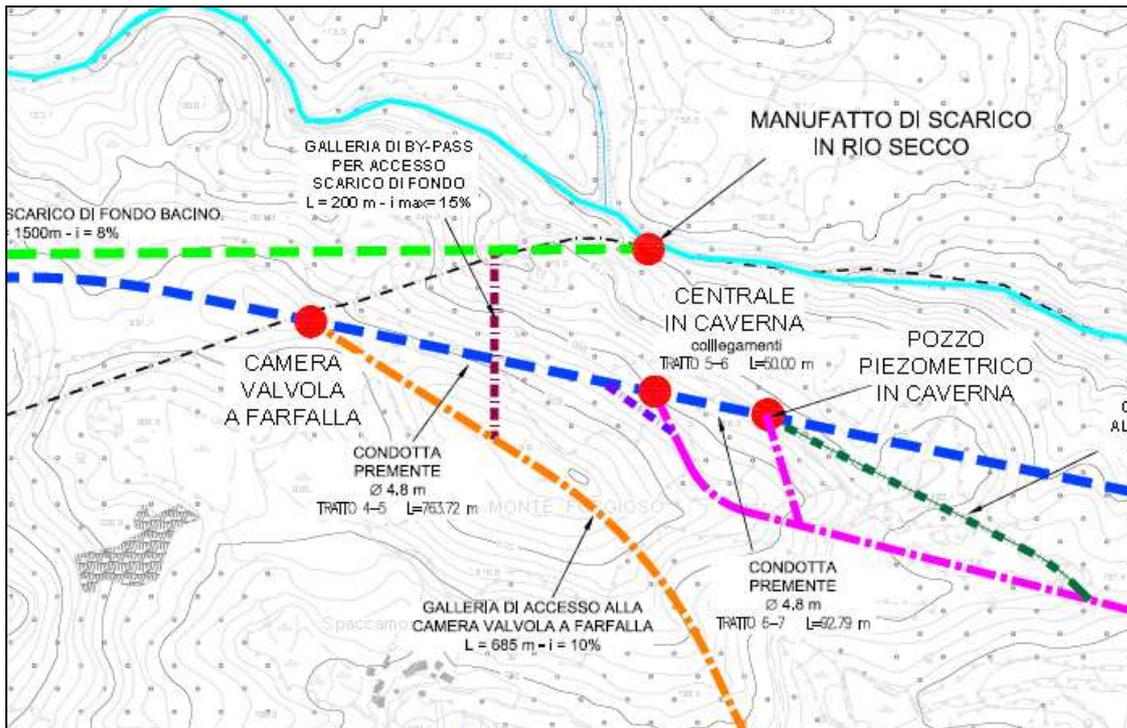


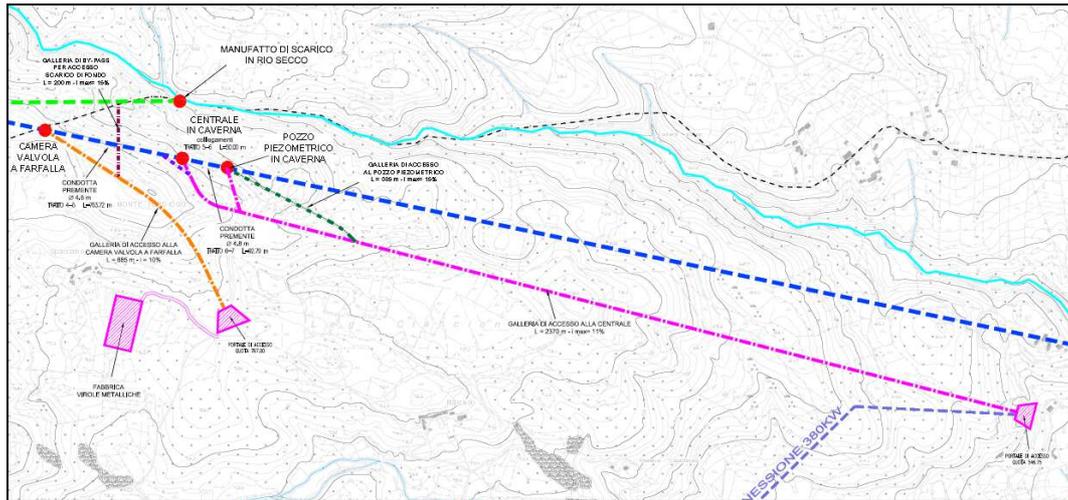
Figura 43 –stralcio planimetrico tracciato galleria di collegamento

#### 5.13.4 Galleria di accesso alla centrale in caverna

L'accesso alla centrale in caverna dell'impianto avviene attraverso una galleria di sagoma utile interna 6,20 x 5,75 m con copertura a volta, pendenza media di fondo pari al 13,5% circa (tratto di monte  $i=0,3\%$  e  $L=550$  e successivo tratto di valle fino alla centrale  $i=14\%$  e  $L=1.820$  m) e lunghezza complessiva di 2.370 m circa. Tale geometria garantisce l'accesso dei mezzi di cantiere in piena sicurezza e salubrità durante le operazioni di scavo della centrale stessa e della galleria idraulica di restituzione di valle, di trasposto e posa dei macchinari idraulici ed in genere installati all'interno della centrale, e di transito dei mezzi d'opera per il raggiungimento della centrale per i necessari interventi di manutenzione in fase di esercizio dell'impianto.

La galleria di accesso sarà inoltre dotata di un cavedio ricavato nella calotta superiore, all'interno del quale saranno alloggiati i cavidotti elettrici di alimentazione e quelli di trasmissione dei segnali dalla centrale fino alla sottostazione elettrica esterna.

La galleria di accesso alla centrale è caratterizzata da un portale previsto in corrispondenza della cava "Ciarli", con quota di ingresso posta a 546,75 m s.m..



**Figura 44 –stralcio planimetrico tracciato galleria di accesso alla centrale**

### **5.13.5 Galleria di accesso alla camera superiore del pozzo piezometrico di valle**

L'accesso alla camera superiore del pozzo piezometrico di valle avviene attraverso una galleria in diramazione da quella di accesso alla centrale, di dimensione utile interna 7,0 x 7,0 m con copertura a volta, pendenza di fondo pari a 15% circa e lunghezza complessiva di 385 m circa. Tale geometria garantisce l'accesso dei mezzi di cantiere in piena sicurezza e salubrità durante le operazioni di scavo della camera superiore e del pozzo verticale con progressivo abbassamento del fondo della camera superiore e di transito dei mezzi d'opera per il raggiungimento della centrale per i necessari interventi di manutenzione in fase di esercizio dell'impianto.

La galleria di accesso alla camera superiore del pozzo piezometrico di valle ha inizio in diramazione laterale dalla galleria di accesso alla centrale a quota 349,86 m s.m., fino a raggiungere la quota sommitale di 402,67 m s.m..

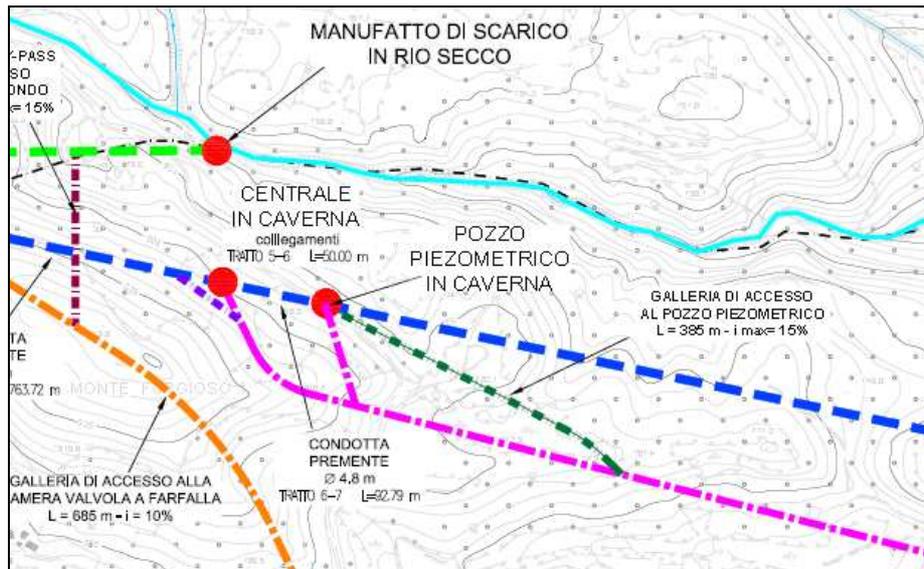
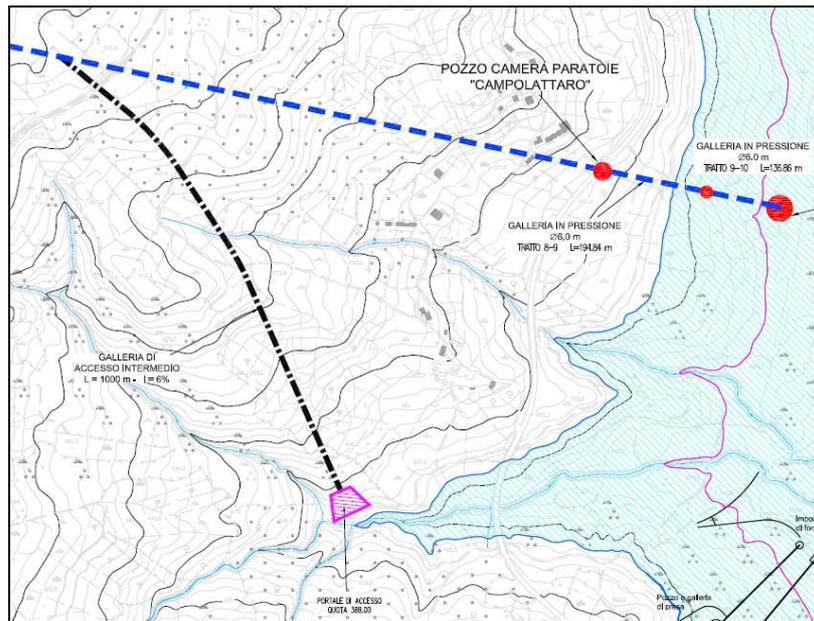


Figura 45 –stralcio planimetrico tracciato galleria di accesso sup. al pozzo piezometrico di valle

### 5.13.6 Galleria di accesso intermedia alla galleria di restituzione di valle

L'accesso intermedio alla galleria idraulica in pressione di restituzione di valle avviene attraverso una galleria di dimensioni interne 7,60 x 8,0 m con copertura a volta, pendenza di fondo pari a 6% circa e lunghezza complessiva di 1.000 m circa. Tale geometria garantisce l'accesso dei mezzi di cantiere in piena sicurezza e salubrità durante le operazioni di scavo e di formazione del rivestimento definitivo della galleria di restituzione e di accesso dei mezzi d'opera per gli eventuali interventi di manutenzione straordinaria sulla galleria idraulica.

La galleria di accesso intermedio alla galleria di restituzione di valle è caratterizzata da un portale con quota di ingresso posta a 388,0 m s.m. e di collegamento con la galleria idraulica a quota 333,70 m s.m..

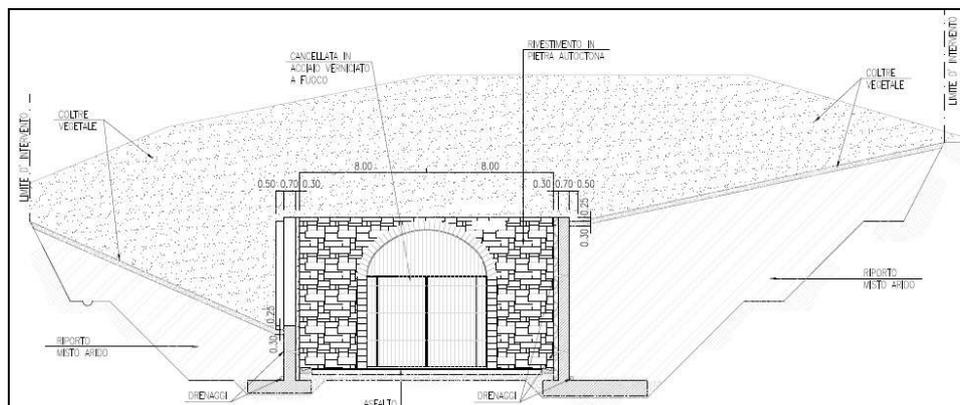


**Figura 46 –stralcio planimetrico tracciato galleria di accesso intermedio**

### 5.13.7 Sistemazione portali accesso gallerie

Nell’ambito degli interventi di formazione dei portali di accesso delle gallerie di accesso all’impianto nelle sue varie parti, è previsto lo sbancamento e modellazione dei versanti naturali con formazione di banche di altezza non superiore a 5,0 m tali da garantire un’idonea copertura del fronte di imbocco per lo scavo delle gallerie stesse.

A opere ultimate il tratto iniziale di imbocco della galleria, realizzato in artificiale, verrà opportunamente sistemato con la costruzione di muri d’ala in c.a. per il contenimento del materiale di riporto a colmata degli scavi provvisionali, secondo le caratteristiche progettuali riportate in Figura 47.



**Figura 47 –sistemazione portali di accesso gallerie**

I nuovi versanti così rimodellati verranno opportunamente inerbiti con idrosemina, previa

stesa di uno strato di terreno di coltivo di sp. min. 30 cm e di biostuoia protettiva.

All'ingresso della galleria verrà installata una porta metallica dotata nella parte superiore di piccole feritoie per assicurare l'ideale circolazione d'aria all'interno delle stesse: il portale esterno in c.a. di accesso della galleria verrà infine rivestito con pietra autoctona.

Il piazzale di ingresso sarà infine finito superficialmente in materiale misto stabilizzato compattato di sp. min. 30 cm.

#### **5.14 ADEGUAMENTO VIABILITÀ**

Il complesso di opere in progetto prevede la realizzazione di idonea viabilità di servizio da utilizzare sia nella fase di cantieristica di costruzione sia nella fase di esercizio e manutenzione dell'impianto idroelettrico.

Le opere costituenti l'impianto in progetto risultano raggiungibili attraverso strade già esistenti di cui alcune sterrate ad uso forestale ed agricolo.

Al fine di consentire in particolare il transito ai mezzi pesanti durante la fase dei lavori, il progetto prevede la riqualifica delle suddette viabilità esistenti attraverso l'allargamento e il miglioramento del sedime esistente nel rispetto della sicurezza stradale.

Il progetto riguarda n. 4 viabilità di servizio che ricadono interamente nell'ambito amministrativo della Provincia di Benevento all'interno del territorio dei comuni di Morcone, Pontelandolfo, Campolattaro.

Esse sono raggiungibili dalla superstrada S.S. 87/88 Fondo Valle Tammaro (con deviazione su S.P. 181) che attraversa il territorio di Morcone e Pontelandolfo e consente un rapido collegamento con Benevento e Campobasso tramite altri collegamenti stradali a scorrimento veloce.

In considerazione dell'esigenza di minimizzare l'impatto ambientale, il tracciato plano-altimetrico di progetto delle viabilità di servizio è stato studiato in modo da ricalcare esattamente il sedime delle viabilità sterrate esistenti mantenendone, per quanto possibile, l'andamento altimetrico. Pertanto in questa fase progettuale è stato studiato un tracciato planimetrico centrato e parallelo a quello esistente in modo da realizzare degli ampliamenti simmetrici della piattaforma ad eccezione di casi particolari che saranno oggetto di approfondimento nelle successive fasi progettuali.

In questi casi per la presenza localizzata di particolari vincoli laterali (muri di recinzione, pali di sostegno delle linee elettriche e/o telefoniche aeree, accessi privati, opere di sostegno in cls o pietra, cunette stradali in cls, attività agricole produttive, ecc.) si è previsto un ampliamento

di tipo asimmetrico, così da evitare l'interferenza con la piattaforma di progetto. In questa situazione è stato mantenuto il ciglio stradale esistente del lato con presenza del vincolo.

La livelletta di progetto è stata studiata in modo tale da garantire il più possibile il mantenimento delle quote della viabilità esistente ed è stata rappresentata per sezioni al fine di verificare i valori massimi delle pendenze medie nei tratti compresi tra una sezione e l'altra poste ad una distanza massima di 100 m tra loro.

Lungo i tratti di maggiore pendenza longitudinale, sono state previste delle varianti altimetriche al fine di diminuire la pendenza fino al valore massimo del 15÷16% (limite max sopportabile dai mezzi pesanti durante i lavori).

La larghezza della piattaforma di progetto è stata dimensionata per contenere l'ingombro dell'automezzo pesante di cantiere utilizzato sulla singola viabilità. Inoltre, lungo il tracciato in corrispondenza delle curve, è stata verificata la corretta iscrizione all'interno della piattaforma di progetto della curva tratrice generata dalle ruote dall'automezzo in movimento.

A tal fine, in presenza di raggi di curvatura piuttosto ridotti, si è previsto l'allargamento della piattaforma lato interno curva.

Viceversa gli allargamenti della piattaforma esistente non sono stati previsti lungo i tratti del tracciato che hanno una piattaforma asfaltata esistente di larghezza adeguata e comunque non inferiore a quella minima di progetto della singola viabilità.

In base alla tipologia dell'automezzo pesante che percorre la viabilità, sono state adottate n.2 larghezze tipo della piattaforma di progetto: L=4,0 m, se percorsa da un autocarro da 4 assi; L=6,0 m, se percorsa da un autotreno per il trasporto dei varie pezzi strutturali dell'impianto idroelettrico.

Durante la fase dei lavori tutte le viabilità di servizio saranno percorse dagli automezzi pesanti di cantiere con direzione a senso unico alternato e con possibilità di incrocio in corrispondenza delle piazzole di scambio di lunghezza 20 m e di larghezza 3 m, opportunamente distanziate tra loro (interasse massimo di 300 m circa) e ubicate lungo tratti con pendenza longitudinale favorevole.

Al termine dei lavori solo le viabilità previste con larghezza di 6,0 m potranno avere una destinazione finale a doppio senso come previsto da Codice della Strada attraverso un adeguamento della segnaletica stradale: in tal caso le piazzole di scambio diventeranno piazzole di sosta.

Le viabilità previste in progetto, per semplicità, possono essere distinte in:

- viabilità V1 (definitiva) – Strada di accesso alla camera paratoie di monte;
- viabilità V2 (definitiva) – Strada di accesso alla centrale (loc. cava Ciarli);
- viabilità V3 (definitiva) – Strada di accesso alla camera valvola e alla fabbrica virole;
- viabilità V4 (provvisoria) – Strada di accesso alla galleria di finestra intermedia di valle.

Le viabilità comunali V2 e V3, durante i lavori, saranno percorse da un traffico tipicamente promiscuo (automezzi di cantiere ed autoveicoli locali), mentre le viabilità V1 e V4 saranno percorse quasi esclusivamente dagli automezzi di cantiere (non risultano essere presenti abitazioni che necessitano di essere raggiunte).

Per contenere l'estensione degli interventi progettuali relativi agli ampliamenti della piattaforma stradale, sono state previste locali opere di sostegno di tipo flessibile (gabbioni in pietrame, terre rinforzata, trincee con rete metallica).

Si rimanda alla Relazione Tecnica Stradale (elab. n. 10062 PG RDA 065) per i necessari dettagli del caso relativi alla progettazione della viabilità provvisoria e definitiva.

## **6. FASI COSTRUTTIVE DELLE OPERE IN PROGETTO**

### **6.1 PREMESSA**

Di seguito vengono brevemente descritte le principali fasi realizzative delle opere costituenti l'impianto idroelettrico in progetto, con riferimento alla localizzazione dei principali cantieri di lavoro.

Per i necessari dettagli tecnici, per l'ottimizzazione delle piste di cantiere, per gli aspetti relativi all'accessibilità dei luoghi ed la previsione di durata delle lavorazioni si rimanda Relazione di cantiere (elab. n. 10062-PG R D A 062) ed al Cronoprogramma dei lavori (elab. n. 483-01E ET R D A 080).

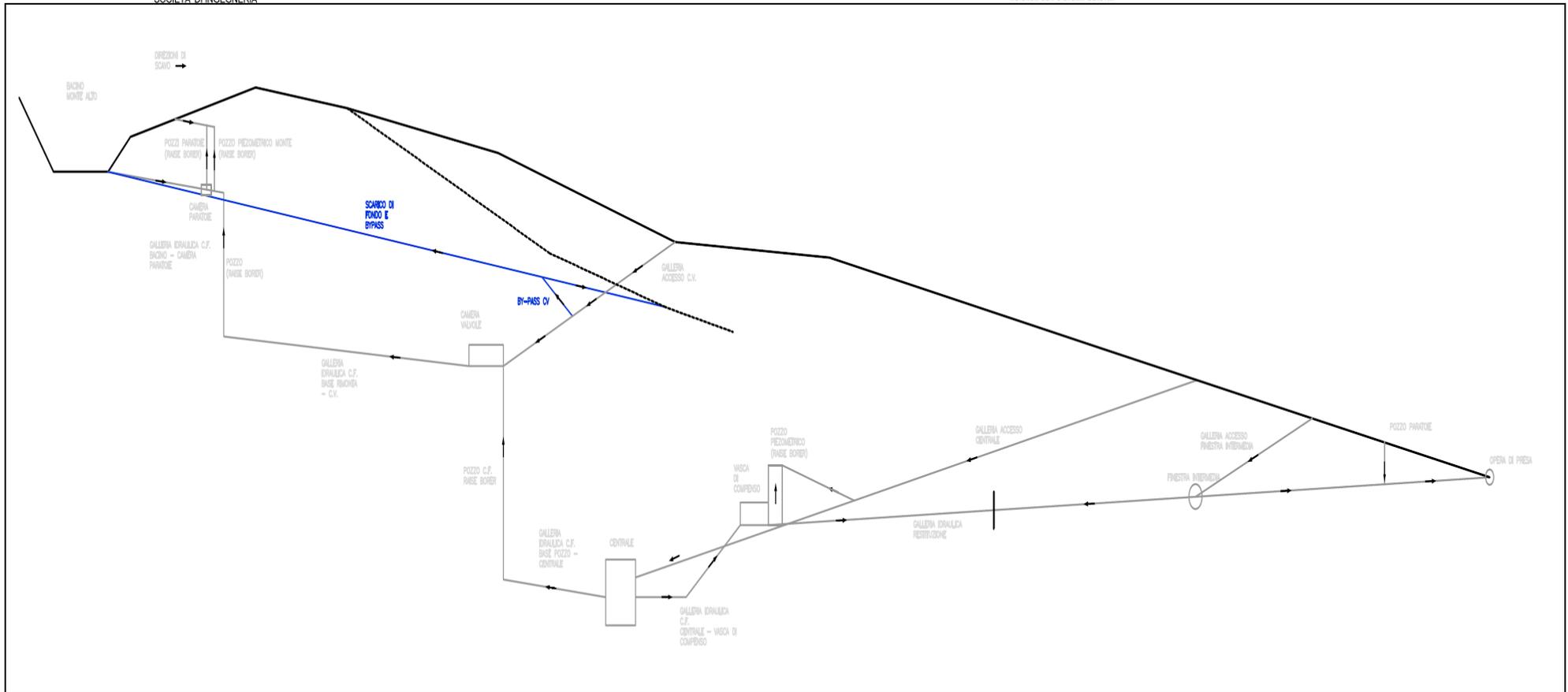
Per la costruzione dell'impianto in progetto si prevede la realizzazione delle seguenti aree fisse di lavoro:

- Cantiere di "Monte Alto";
- Cantiere "Forgioso";
- Cantiere "Ciarli";
- Cantiere finestra intermedia alla galleria di restituzione;
- Cantiere "Campolattaro".

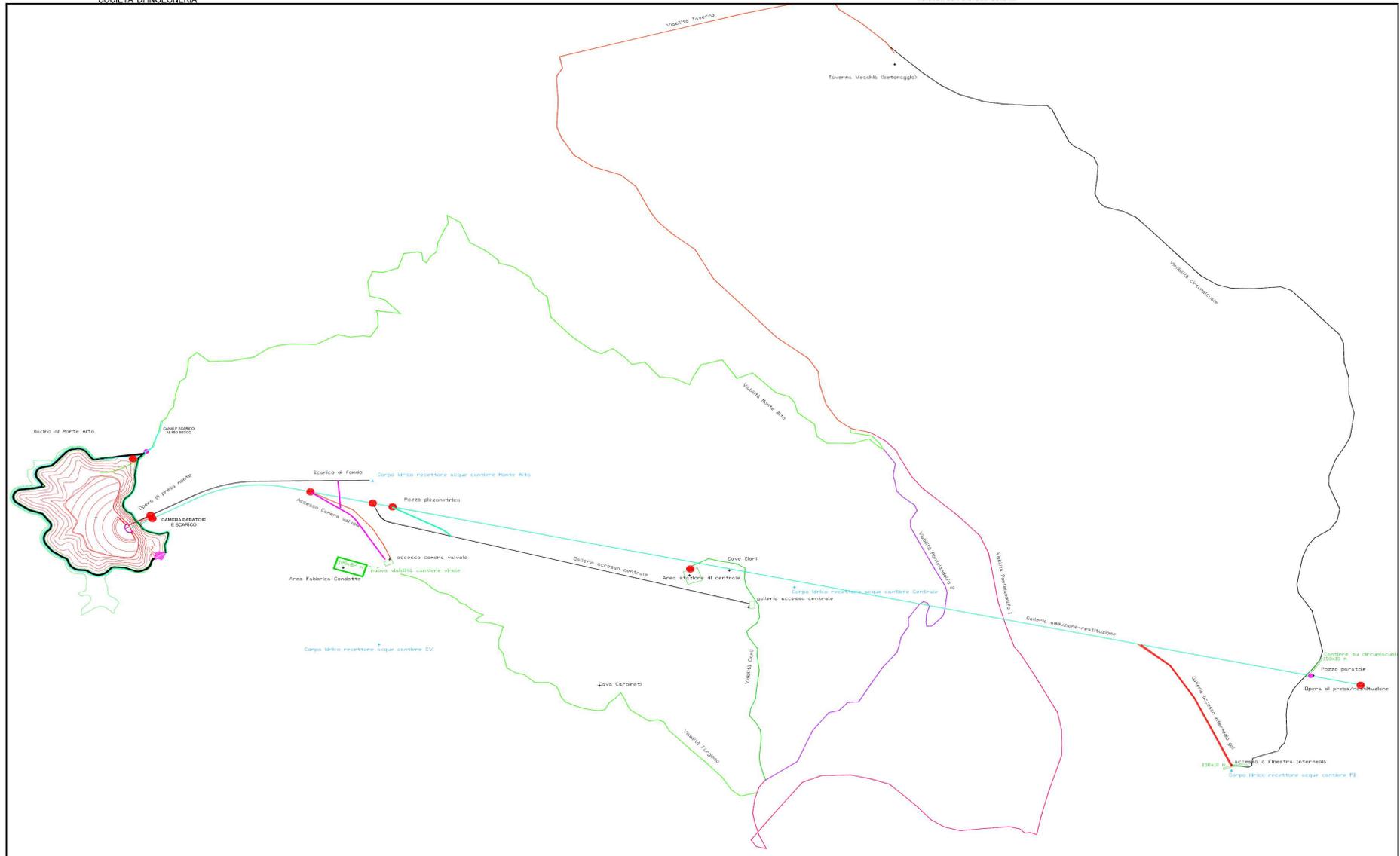
Nei successivi paragrafi vengono riportati, per ciascun cantiere di riferimento, le lavorazioni previste per la realizzazione delle singole opere costituenti l'impianto.

In Figura 48 è riportato uno schema esemplificativo delle aree di cantiere e delle viabilità, nuove ed esistenti, interessate dai lavori.

In Figura 49 è invece riportato uno schema esemplificativo delle direzioni di scavo delle gallerie costituenti l'impianto idroelettrico in progetto.



**Figura 48 –schema esemplificativo aree di cantiere**



**Figura 49 –schema esemplificativo fasi e direzioni di scavo galleria idrauliche e di servizio**

## 6.2 CANTIERE DI “MONTE ALTO”

Il cantiere verrà installato presso la depressione naturale dell'area di Monte Alto e permetterà la costruzione delle seguenti opere:

- Bacino superiore di accumulo:
  - Interventi di decespugliamento, scotico superficiale e rimodellazione morfologica del bacino esistente fino a definire la geometria di progetto (scavi e riporti);
  - Interventi di compattazione e consolidamento del fondo del bacino;
  - Formazione e posa reticolo di drenaggio di fondo;
  - Posa e stabilizzazione dell'impermeabilizzazione del fondo e delle pareti del bacino nella sua configurazione di progetto;
  - Formazione canale di gronda perimetrale al bacino e strada di servizio;
  - Formazione opere puntuali per scarico acque dal canale di gronda all'invaso (sfioratore laterale del canale di gronda Ovest) e dall'invaso al Rio Secco (scarico di superficie);
  - Formazione del tratto intubato di monte del canale di scarico delle acque provenienti dal canale di gronda e dello scarico di superficie, mediante tecnica del minitunnelling, all'interno del tratto di monte del Rio Secco;
  - Formazione del tratto di valle del canale di scarico delle acque provenienti dal canale di gronda e dello scarico di superficie, mediante scavi a cielo aperto e posa di tubazione DN 250 cm fino allo sbocco nel Rio Secco;
  - Interventi di sistemazione ambientale e trasporto del terreno vegetale rimosso dal fondo del bacino di Monte Alto verso l'adiacente depressione naturale di Monte Forgioso mediante nastro trasportatore.
- Opera di presa di monte:
  - Interventi di scavo localizzato, stabilizzazione del versante roccioso – lato Est – interessato dagli interventi di formazione dell'opera di presa;
  - Formazione diaframmi in c.a. di stabilizzazione delle pareti di scavi;
  - Realizzazione opere in c.a. costituenti l'opera di presa della galleria di derivazione e dello scarico di fondo;
  - Montaggio griglie di protezione ed opere di finitura finale.
- Camera paratoie e pozzo piezometrico di monte:
  - Formazione galleria di accesso alla camera paratoie di monte;
  - Realizzazione camera paratoie e pozzi verticali;

- Realizzazione pozzo piezometrico di monte;
- Installazione e montaggio paratoie di intercettazione e chiusura.
- Gallerie di monte:
  - realizzazione galleria di derivazione fino a camera paratoie all'interno del quale verrà alloggiata la condotta forzata diam. 5,5 m;
  - realizzazione tratto verticale, mediante tecnica del raise borer, della condotta forzata immediatamente a valle della camera paratoie, all'interno del quale verrà alloggiata la condotta forzata diam. 5,5 m;
  - realizzazione della galleria di scarico di fondo dell'invaso di Monte Alto fino allo sbocco nel Rio Secco.
  - La posa e l'inghisaggio della condotta forzata metallica diam. 5,5 m a partire dall'opera di presa fino a collegarsi alla camera valvole;
  - La posa e l'inghisaggio della condotta forzata metallica diam. 5,5 m a partire dalla camera valvole verso valle all'interno del pozzo verticale.

### 6.3 CANTIERE “FORGIOSO”

Il cantiere verrà installato in corrispondenza dell'area pianeggiante adiacente a Monte Forgioso e permetterà la costruzione delle seguenti opere:

- Virole metalliche
  - È prevista l'installazione di una fabbrica temporanea per la lavorazione delle parti metalliche che costituiranno la condotta forzata. Le lastre metalliche verranno portate presso la fabbrica temporanea installata ed, in sito, verranno opportunamente lavorate, calandrate, saldate e pre-verniciate fono a costituire porzioni di virole successivamente trasportate all'interno delle gallerie idrauliche ed assemblate nella loro configurazione finale;
- Gallerie idrauliche e di servizio:
  - A partire dall'area di Monte Forgioso si prevede di:
    - Realizzare la galleria di servizio ed accesso fino alla camera valvola a farfalla in caverna;
    - Realizzare la galleria idraulica di derivazione verso monte fino ad incrociate il tratto verticale costruito da monte, all'interno della quale verrà alloggiata la condotta forzata diam. 5,5 m;
    - Realizzare il tratto verticale, mediante tecnica del raise borer, della condotta

forzata immediatamente a valle della camera valvola a farfalla, all'interno del quale verrà alloggiata la condotta forzata diam. 4,8 m;

- Realizzare la galleria di by-pass per il collegamento tra la galleria di accesso e lo scarico di fondo del bacino di Monte Alto.
- Realizzazione della camera valvola a farfalla completamente in caverna, compreso scavo, sostegni temporanei, consolidamenti e getti definitivi;
- L'installazione della valvola a farfalla diam. 4,8 m all'interno della camera in caverna;
- La posa e l'inghisaggio della condotta forzata metallica diam. 5,5 m a partire dalla camera valvola a farfalla risalendo verso monte fino a collegarsi al tratto verticale;
- La posa e l'inghisaggio della condotta forzata metallica diam. 4,8 m a partire dalla camera valvola a farfalla verso valle all'interno del pozzo verticale.

#### **6.4 CANTIERE "CIARLI"**

Il cantiere verrà installato in corrispondenza dell'ormai dismessa area di cava denominata "Ciarli" e permetterà la costruzione delle seguenti opere:

- Gallerie idrauliche e di servizio:

- A partire dall'area di cava "Ciarli" si prevede di:
  - Realizzare la galleria di servizio ed accesso fino alla camera centrale in caverna. Nel suo tratto terminale è inoltre prevista la realizzazione di brevi tratti di galleria di servizio necessari per raggiungere:
    - La camera inferiore del pozzo piezometrico di valle;
    - La camera superiore del pozzo piezometrico di valle;
    - La galleria di derivazione immediatamente a monte della centrale.
  - Realizzare la galleria idraulica di derivazione verso monte fino ad incrociare il tratto verticale costruito da monte, all'interno della quale verrà alloggiata la condotta forzata diam. 4,8 m;
  - Realizzare il pozzo piezometrico di valle;
  - Realizzare il breve tratto blindato di galleria di restituzione di collegamento tra la centrale ed il manufatto inferiore del pozzo piezometrico di valle;
  - Realizzare la galleria restituzione diam. 6,0 m verso valle a partire dalla camera inferiore del pozzo piezometrico di valle.
- Realizzazione della centrale completamente in caverna, compreso scavo, sostegni temporanei, consolidamenti e getti definitivi;

- Il trasporto, montaggio ed installazione di tutti i dispositivi meccanici, elettrici, impiantistici all'interno della centrale in caverna;
- La posa e l'inghisaggio della condotta forzata metallica diam. 4,8 m a partire dalla centrale risalendo verso monte fino a collegarsi al tratto verticale;
- La posa e l'inghisaggio della condotta blindata diam. 4,8 m a partire dalla centrale in caverna verso valle fino alla camera inferiore del pozzo piezometrico di valle.

## **6.5 CANTIERE FINESTRA INTERMEDIA ALLA GALLERIA DI RESTITUZIONE**

Il cantiere verrà installato presso il pianoro esistente posto immediatamente a monte della strada circumlacuale del bacino di Campolattaro e raggiungibile a partire da quest'ultima attraverso un breve tratto di viabilità da riqualificare ed adeguare per le attività di lavoro. Tale cantiere permetterà di eseguire:

- La realizzazione della galleria di servizio ed accesso fino ad incrociare l'asse della galleria idraulica di restituzione di valle;
- La realizzare della galleria di restituzione diam. 6,0 m sia verso monte, sia verso valle fino alla camera paratoie di valle;
- La realizzare della galleria di restituzione di valle dalla camera paratoie fino all'opera di presa (tratto in galleria in tradizionale).

## **6.6 CANTIERE "CAMPOLATTARO"**

Il cantiere "Campolattaro" verrà installato in corrispondenza della sponda Ovest dell'omonimo invaso, in adiacenza alla strada circumlacuale, e permetterà la costruzione delle seguenti opere:

- Galleria idraulica di restituzione:

- Realizzazione di diaframmi in c.a. per il contenimento dei fronti di scavo;
- Scavo del materiale tra i diaframmi di contenimento;
- Realizzazione del tratto terminale della galleria di restituzione diam. 6,0 m in artificiale dalla camera paratoie fino all'opera di presa;
- Rinterro e ripristino superficiale del versante di invaso;

- Camera paratoie:

- Allestimento area di cantiere in adiacenza alla strada circumlacuale a quota 407,0 m;
- Realizzazione di diaframmi in c.a. per il contenimento dei fronti di scavo, con struttura a "cannocchiale";

- Scavo del materiale tra i diaframmi di contenimento;
  - Realizzazione camera inferiore pozzo paratoie e collegamento con galleria di derivazione;
  - Installazione paratoie ed organi elettromeccanici;
  - Ripristino superficiale area di cantiere e formazione botole metalliche per accesso ed ispezione al pozzo.
- Opera di presa/restituzione
- Realizzazione di diaframmi in c.a. per il contenimento dei fronti di scavo fino alla quota 344,0 s.m.;
  - Innalzamento delle pareti di contenimento fino alla quota 353,0 m s.m. per garantire la necessaria sicurezza idraulica dell'area di lavoro
  - Scavo del materiale tra le pareti di contenimento;
  - Realizzazione del tratto terminale della galleria di restituzione e struttura "calice" dell'opera di presa;
  - Rinterro, demolizione delle pareti in c.a. di contenimento interferenti con l'esercizio dell'invaso e ripristino superficiale delle aree.

## **6.7 COLLAUDI E RIPRISTINI**

L'allestimento di tutti i cantieri, descritti sommariamente nei paragrafi precedenti, sarà anticipato dalla necessaria attività di sistemazione ed adeguamento della viabilità di accesso, sia essa di nuova realizzazione sia esistente, al fine di garantire il transito dei mezzi d'opera in assoluta sicurezza e minimizzando i disagi ai residenti. Al termine dei lavori si procederà al ripristino dei luoghi alle condizioni pre-esistenti l'intervento in progetto, per quanto riguarda i cantieri provvisori, e alla sistemazione finale, secondo quanto previsto in progetto, per quanto attiene invece gli allestimenti definitivi dei portali delle gallerie di accesso e servizio dell'impianto e del bacino di Monte Alto.

Al termine dei lavori, prima della messa in esercizio dell'impianto, saranno effettuati i necessari collaudi, che, in particolare, interesseranno:

- collaudi idraulici e funzionali delle gallerie di derivazione e restituzione in pressione;
- collaudi e prove delle opere elettromeccaniche installate in centrale ed in corrispondenza dei pozzi paratoie e della camera valvola a farfalla;
- collaudi funzionali dell'impianto.

## **7. OPERE STRUTTURALI**

### **7.1 PREMESSA**

Nel presente capitolo vengono brevemente descritte, dal punto di vista puramente strutturale, le principali opere in sotterraneo previste in progetto e le corrispondenti metodologie esecutive previste. Per maggiori dettagli, con particolare attenzione alla realizzazione delle gallerie idrauliche e di accesso alle opere in sotterraneo, si rimanda alle Relazioni tecniche specialistiche dei singoli manufatti previsti in progetto.

### **7.2 OPERA DI PRESA DI MONTE ALTO E SCARICO DI FONDO**

L'opera di presa di Monte Alto consta in un ampio ribasso del fondo del bacino di accumulo superiore, con quota di fondo pari a 863,0 m s.m., il cui perimetro è in parte sostenuto da paratie di diaframmi e, nella zona dell'imbocco dell'opera di presa, viene a coincidere con il piede del versante del bacino stesso.

Da tale punto hanno poi inizio le due gallerie di lunghezza 140 m circa, rispettivamente di presa ( $\phi$  5,50 m) e di scarico di fondo ( $\phi$  4,0 m) sulla cui verticale è ubicata la camera paratoie; tale camera è costituita da una caverna di dim. 35,0 x 12,0 x 15,5 m (L x l x H) con copertura a volta, sulla cui sommità è posizionato il carroponete, e nella quale si aprono i due pozzi per la movimentazione delle paratoie. La caverna è a sua volta accessibile da una breve galleria di lunghezza pari a 50 m circa che si diparte dalla viabilità prevista in posizione perimetrale all'invaso di Monte Alto. La galleria di accesso prosegue poi per ulteriori 35,0 m circa per dare accesso al pozzo piezometrico di monte, ubicato sulla verticale della galleria di presa, e avente diametro 15,0 m ed altezza complessiva di 40,0 m circa.

Le opere strutturali constano pertanto in:

- diaframmi in calcestruzzo armato, da realizzare con l'impiego di idrofresa;
- n.3 gallerie in foro cieco (n.2 idrauliche e n.1 di accesso), in formazioni calcaree compatte, che verranno scavate a tutta sezione con l'impiego di fresa puntuale e sostenute in prima fase con betoncino proiettato e chiodi in acciaio B450C. Le coperture sono inferiori a 80 m;
- n.1 caverna per l'alloggiamento del sistema di movimentazione delle paratoie, in formazioni calcaree compatte, che verrà scavata e sostenuta in prima fase con modalità analoghe alle gallerie;

- n.2 pozzi per la movimentazione delle paratoie, da scavare con raise-borer (uno dei quali necessita un successivo allargamento); anche questi interesseranno formazioni calcaree compatte.
- n.1 pozzo piezometrico, da scavare con raise-borer in prima fase, e successivo allargamento procedendo con scavi in sottofondazione a settori fino alla geometria prevista in progetto. Anche questo interesserà formazioni calcaree compatte.
- opere di rivestimento definito dei cavi e portali di imbocco, in calcestruzzo semplice o armato (la galleria di presa è inoltre rivestita con virole di acciaio);
- opere di sistemazione superficiale, di collegamento col sistema di impermeabilizzazione del bacino e di raccordo con il drenaggio di fondo del bacino stesso.

### **7.3 CAMERA VALVOLA A FARFALLA**

L'opera consta essenzialmente di una caverna di dim int. 17,0 x 45,0 x 19,8 m (L x l x H) con copertura a volta, all'interno della quale è previsto l'alloggiamento della valvola a farfalla di regolazione dell'impianto DN 4800 mm, della valvola di sfiato DN 1200 mm, nonché la realizzazione e del blocco di ancoraggio della condotta forzata in corrispondenza del raccordo tra il tratto orizzontale  $\phi$  5,50 m e quello verticale  $\phi$  4,80 m.

Alla camera valvola si accede mediante una galleria di sagoma interna utile 7,0 x 7,0 m, il cui imbocco è localizzato in località Monte Forgioso.

La caverna, che avrà coperture inferiori a 100 m, è prevista in formazioni calcaree compatte, che verranno scavate in fasi successive con l'impiego di fresa puntuale e sostenute in prima fase con betoncino proiettato e chiodi in acciaio B450C, e successivamente con un rivestimento in calcestruzzo semplice o armato.

### **7.4 CENTRALE IN CAVERNA E CAVERNA TRASFORMATORI**

L'accesso al sistema costituente la centrale in sotterraneo è previsto a quota 292,0 m s.m. circa e saranno alloggiati in caverna, in due cavità separate, gli apparati elettromeccanici (macchine reversibili ed opere impiantistiche) ed i trasformatori con la corrispondente sottostazione elettrica, tra di loro collegate mediante gallerie di servizio. Le dimensioni delle caverne sono:

- caverna macchine idrauliche:
  - vano superiore (a quota 292,0 m s.m.): 24,0 x 87,50 x 18,90 m (L x l x H);

- vano inferiore (tra quota 292 m e 267,50 m s.m.: n.2 pozzi circolari diam. interno 21,50 m ed altezza utile 24,50 m;
- caverna trasformatori: 53,0 x 15,0 x 29,0 m (L x l x H)

Alla caverna centrale adduce la condotta forzata  $\phi$  4,80 m e dalla stessa si diparte la galleria di restituzione, oltre alla galleria di collegamento alla caverna trasformatori.

Alla caverna centrale si accede mediante una galleria avente sagoma netta interna 6,20 x 5,75 m, sormontata da una sopra luce ad arco destinata all'alloggiamento dei conduttori. L'imbocco di questa galleria è ubicato in località Ciarli, in un'area di cava abbandonata.

Le caverne sono previste prevalentemente in formazioni flyschoidi fratturate, con coperture di circa 500 m; esse verranno scavate, nella porzione superiore a partire da quota 292 m s.m. per fasi successive con l'impiego di fresa puntuale e sostenute in prima fase con betoncino proiettato e chiodi in acciaio B450C, e, successivamente, con chiodi definitivi (protetti dalla corrosione) e con un rivestimento in calcestruzzo armato per quanto riguarda la volta.

La caverna centrale sarà poi approfondita, per garantire l'alloggiamento delle macchine idrauliche, mediante la formazione di n.2 distinti pozzi verticali di diametro 21,50 m, mediante la realizzazione di diaframmi in c.a. di grosso spessore (1,20 m) opportunamente accostati tra di loro. Successivamente, a diaframmi ultimati, si potrà provvedere allo scavo del pozzo fino a quota 267,50 m s.m. in assoluta sicurezza e, quindi, realizzare le opere interne.

La sagoma di scavo delle caverne è dettata perciò, oltre che dalle esigenze funzionali di alloggiamento della centrale, anche dalla necessità di garantire la stabilità del cavo sia nelle fasi esecutive degli scavi, sia ad opere ultimate ed impianto in esercizio.

## **7.5 POZZO PIEZOMETRICO DI VALLE**

Il pozzo piezometrico di valle è previsto di diametro utile pari a 30,0 m ed altezza complessiva di 74,0 m circa, sviluppandosi in verticale tra le quote 339,70 m e 402,67 m s.m.. La sua realizzazione è prevista sulla verticale della condotta di restituzione ad una distanza di 100 m circa dalla centrale in caverna.

Il pozzo è previsto in parte in flysch calcareo, e in parte nei calcari compatti; la sequenza costruttiva prevede:

- la realizzazione di una galleria di accesso alla sommità del pozzo stesso, ricavata per derivazione dalla galleria di accesso alla centrale; questa galleria (rivestita solo con betoncino proiettato e chiodi passivi, salvo tratti particolarmente fratturati) avrà sagoma netta interna 7,0 x 7,0 m;

- scavo di un pozzo verticale di piccolo diametro (fino a  $\phi$  6,12 m) con la tecnica del raise borer;
- allargamento del pozzo per fasi successive con l'impiego di fresa puntuale procedendo a settori per sottomurazione e scarico del marino nel pozzo centrale di piccole dimensioni di cui al punto precedente;
- le pareti del pozzo saranno sostenute in prima fase con betoncino proiettato e chiodi in acciaio B450C, e successivamente con un rivestimento in calcestruzzo semplice o armato.

## 7.6 OPERA DI PRESA CAMPOLATTARO E POZZO PARATOIE DI VALLE

La zona prossima al serbatoio inferiore di Campolattaro è caratterizzata da formazioni marnose – argillose di qualità assai inferiore rispetto a quella della parte superiore dell'impianto in progetto.

Considerando tale aspetto, la presa propriamente detta verrà eseguita realizzando nel versante uno scavo fra diaframmi in c.a., che si sviluppa per tutto il tratto in bassissime coperture della galleria (dal punto in cui il piano campagna scende al di sotto della quota 360,0 m s.m. circa fino al tratto terminale della galleria di restituzione in pressione  $\phi$  6,0 m, per il quale la quota fondo scavo prevista è 334,50 m s.m.). Le paratie formeranno una protezione degli scavi con sagoma in pianta di tipo rettangolare chiuso, dal lato monte, con la paratia di attacco della galleria in foro cieco, dai lati con paratie digradanti con la quota del versante, e, dal lato valle, da un diaframma di testa. Su questi ultimi verrà impostato un muro in c.a. atto a contenere la spinta dell'acqua nell'ipotesi che l'invaso possa giungere il livello idrico di 353,0 m s.m..

La stabilità dei diaframmi verrà garantita sia dall'immorsamento al piede, sia da idonei tiranti e da un sistema di puntonature.

Una volta terminata l'esecuzione delle paratie di contenimento in diaframmi in c.a. si procederà allo scavo fino ad individuare la quota di realizzazione di lavoro: il tratto terminale della galleria di restituzione in pressione  $\phi$  6,0 m verrà realizzato in artificiale, collegandosi, a monte, con la galleria realizzata in tradizionale ed, a valle, con l'opera di presa a calice realizzata in c.a.. Ad opere ultimate la galleria in artificiale verrà opportunamente rinterrata fino a ridefinire il profilo naturale di versante

Poco a valle della strada Circumlacuale sul versante occidentale dell'invaso di Campolattaro, a quota 407,0 m s.m. circa, sulla verticale della galleria di restituzione, è prevista la realizzazione del pozzo paratoie: date le dimensioni dello stesso e le caratteristiche geotecniche delle formazioni attraversate, l'opera di sostegno degli scavi verrà realizzata

mediante diaframmi in calcestruzzo armato.

Dato il notevole sviluppo verticale di quest'opera (oltre 70 m), si prevede di eseguire il pozzo con lo schema seguente:

- esecuzione di un primo pozzo, a partire dal piano campagna, di diametro 15,8 m, mediante la realizzazione di diaframmi in c.a. di grosso spessore opportunamente accostati tra di loro;
- scavo del pozzo fino a quota 359,0 m s.m. circa;
- esecuzione del pozzo propriamente detto mediante la realizzazione di un secondo anello di diaframmi, di diametro utile interno 10,30 m, operando dal fondo del primo.

### 7.7 PORTALI DI IMBOCCO DELLE GALLERIE DI ACCESSO

L'imbocco delle gallerie di accesso in progetto verranno realizzate incidendo il versante in modo da formare una scarpata sub-verticale di altezza sufficiente a garantire la necessaria copertura all'imbocco delle gallerie stesse e da formare un'area di cantiere di dimensioni adeguate; le scarpate laterali saranno sub-verticali, interrotte da berme ogni 5m di altezza.

Terminate le operazioni di scavo delle gallerie, si procederà alla sistemazione dell'area formando i muri di sostegno delle scarpate di imbocco, a tergo dei quali verrà realizzato idoneo riporto in terra, con la ricostituzione della coltre vegetale superficiale.

I muri d'ala ed i muri frontali degli imbocchi saranno rivestiti in pietrame autoctono; ed opportunamente interdetti all'accesso di personale non autorizzato mediante cancellate in acciaio zincato a caldo.

Milano, giugno 2012

#### I PROGETTISTI

ETATEC srl

CeAS srl

Prof. Ing. Alessandro Paoletti

Dott. Ing. Giovanni Canetta

Dott. Ing. Stefano Croci

Dott. Ing. Bruno Finzi

Dott. Ing. Filippo Malingegno

Dott. Ing. Omar Cella