

DIGA DI PONTE RACLI

(PROVINCIA DI PORDENONE)

NUOVO SCARICO DI SUPERFICIE IN SPONDA DESTRA

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GENERALE



INDICE

1.	PREMESSA.....	1
2.	ASPETTI GEOLOGICO-TECNICI.....	3
3.	ANALISI STRUTTURALI E GEOTECNICHE	7
4.	DESCRIZIONE DELLE OPERE	8
4.1.	CALCESTRUZZI.....	9
4.2.	PARATOIA A SETTORE.....	9
4.3.	DEFLUSSO MINIMO VITALE.....	10

1. PREMESSA

Il presente progetto esecutivo del nuovo scarico di superficie in sponda destra della diga di Ponte Racli è stato sviluppato in perfetta continuità con il progetto definitivo (dicembre 2013), approvato con parere positivo dalla Direzione Generale per le Dighe con nota prot. 10406 del 26.05.2014.

Questa opera è costituita da un manufatto di imbocco in calcestruzzo armato, presidiato da una paratoia a settore, che convoglia le acque in una galleria che le restituisce a monte dell'esistente tura di valle.

Questo piccolo sbarramento di valle, per aumentare l'effetto dissipativo delle acque scaricate, è previsto venga sovralzato e rinforzato; inoltre, sempre per favorire la dissipazione dell'energia della corrente, alla restituzione del nuovo scarico verranno costruiti dei muri in c.a. opportunamente sagomati e una platea in blocchi lapidei cementati.

Come dettagliato nei progetti precedenti, il nuovo scarico di superficie determina una nuova **quota di massimo invaso di 313,97 m s.m.**; le portate esitate dagli scarichi della diga a questa quota del serbatoio sono riportate in Tabella 1, consentendo complessivamente lo scarico della portata di piena millenaria pari a 2.200 m³/s.

Scarichi di superficie esistenti	1.197,7	m ³ /s
Scarico di fondo (in funzionamento contemporaneo)	132,5	m ³ /s
Nuovo scarico di superficie	831,1	m ³ /s
Sfioratore in corpo diga	40,6	m ³ /s
	2.201,9	m³/s

Tabella 1

Si riportano qui di seguito le considerazioni in merito alle prescrizioni e raccomandazioni tecniche contenute nella sopra citata nota della Direzione Dighe:

1. *"accertare che i parametri inseriti nelle verifiche strutturali (con particolare riferimento a quelli sismici) siano coerenti con le valutazioni espresse nella Relazione di Calcolo (All. A.03 del progetto definitivo in esame) e, se necessario, ripetere dette verifiche;"*

E' stata verificata positivamente la coerenza dei parametri inseriti nelle verifiche strutturali, in particolare quelli sismici, coi risultati e quindi con le valutazioni espresse nella Relazione di Calcolo del progetto definitivo e pertanto del presente progetto esecutivo (v. All. A.04).

2. *"approfondire le verifiche geotecniche, secondo il dettato delle N.T.C. 2008, per accertare la stabilità del fronte di roccia al di sotto dell'imbocco del nuovo scarico, provvedendo eventualmente ad integrare le opere di sostegno in caso di necessità."*

Nella Relazione Geotecnica del presente progetto esecutivo (v. All. A.05) sono state approfondite queste verifiche geotecniche, anche mediante una implementazione

del modello numerico ad elementi finiti adottato in sede di progettazione definitiva. Come si può vedere dalla relazione specialistica, l'esito delle verifiche è confortante per quanto riguarda la stabilità dell'ammasso sotto l'imbocco del nuovo scarico, senza la necessità di integrare i consolidamenti previsti.

3. *"Si raccomanda inoltre: una particolare attenzione in fase esecutiva alla zona di "sbocco" della galleria idraulica, laddove si riscontra un elevato grado di alterazione dell'ammasso roccioso. Al riguardo si suggerisce l'opportunità di realizzare uno specifico sistema di monitoraggio del fronte di scavo, sin dalla fase esecutiva, eseguendo anche un sistematico controllo delle venute d'acqua;"*

Nel Capitolato Tecnico del presente progetto esecutivo (v. All. A.06) è stato previsto un apposito monitoraggio degli scavi, anche mediante mire ottiche in corrispondenza dei fronti di scavo: all'imbocco, allo sbocco e in sotterraneo. Nel monitoraggio degli scavi è previsto anche il costante controllo delle venute d'acqua con indicazione delle loro posizione, tipologia e portata.

4. *"Si raccomanda inoltre: per quanto riguarda l'uso delle mine per lo scavo della galleria, il progetto esecutivo dovrà contenere l'indicazione del campo prove da eseguirsi prima dell'inizio dei lavori e finalizzato alla determinazione delle cariche da utilizzarsi e della relativa strumentazione di monitoraggio, con particolare riguardo alle vibrazioni indotte sulle strutture esistenti."*

Nel Capitolato Tecnico del presente progetto esecutivo (v. All. A.06) è stato previsto un apposito campo prove prima dell'inizio degli scavi, inoltre è stata prevista l'installazione di appositi sismografi, su strutture esistenti limitrofe alle zone di scavo (ponti e diga), con la finalità di monitorare durante le volate le vibrazioni indotte su questi manufatti. L'Appaltatore è vincolato al rispetto di specifici limiti di velocità di vibrazione in funzione delle differenti frequenze, in ottemperanza al Capitolato Tecnico (v. All. A.06) e alla norma UNI 9916.

Nella presente relazione si riportano la sintesi degli studi geologico-geomeccanici e delle verifiche strutturali e geotecniche (§§ 2, 3), e una descrizione degli interventi previsti in progetto (§ 4).

Per quanto riguarda invece la modalità esecutiva dei lavori e la loro programmazione temporale si rimanda alla specifica Relazione sul Cantiere e Programma dei Lavori (v. All. A.02) del presente progetto.

2. ASPETTI GEOLOGICO-TECNICI

Lo studio geologico-geomeccanico dei siti dove verranno ubicate le opere in progetto è stato affidato ad una equipe coordinata dal Prof. Giorgio Martinotti.

L'accurato lavoro svolto, il cui esito è riportato nella Relazione Geologico-Geomeccanica del presente progetto (v. All. A.03), è consistito in:

- esame e studio della documentazione precedente;
- sopralluoghi preliminari di terreno e allestimento di basi topografiche;
- rilevamento geologico-strutturale e geomorfologico della zona interessata dallo sbarramento e circostante;
- studio strutturale volto alla ricostruzione degli eventi deformativi duttili e fragili;
- rilevamento geologico-strutturale di dettaglio dei settori interessati dalla nuova galleria ed opere accessorie;
- esecuzione di rilievo geologico-strutturale di dettaglio delle pareti su cui insiste la diga (lato valle);
- esecuzione di rilievo strutturale delle gallerie di esplorazione geognostica presenti nella zona, ad eccezione di quella a S del Col Ventous, non più accessibile;
- esecuzione di rilievo idrogeologico con esame delle caratteristiche fisiche delle acque e caratterizzazione geologico-strutturale dei circuiti;
- elaborazione di un programma dettagliato di indagine mediante sondaggi a carotaggio continuo;
- esame geologico, strutturale e geomeccanico delle carote dei sondaggi eseguiti;
- elaborazione dei dati strutturali ai fini della caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso;
- elaborazione di sezioni geologiche previsionali di dettaglio relative alla galleria in progetto ed alle opere accessorie.

La campagna di indagini, sopra citata, è stata eseguita alla fine del 2011 dalla ditta Sogetec S.r.l. ed è consistita nell'esecuzione di 6 sondaggi a carotaggio continuo, sia a monte che a valle della diga, per caratterizzare le formazioni rocciose interessate dalle nuove opere.

In Figura 1 si riporta la planimetria delle opere con indicate le posizioni dei sondaggi eseguiti; dei 4 sondaggi non verticali (S1, S2, S4 e S6) sono indicati lunghezze e direzioni.

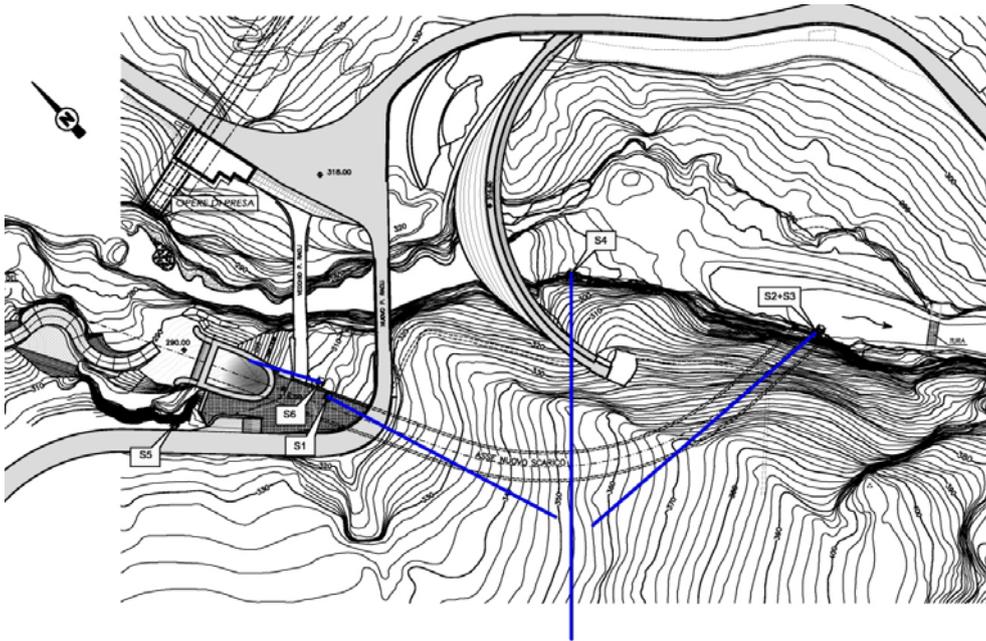


Figura 1

In Tabella 2 sono riportate le caratteristiche di questi sondaggi.

Sondaggio	Profondità	Quota testa foro	Direzione	Inclinazione (dalla verticale)
S1	70 m	311 m s.m.	161°	35°
S2	80 m	271,5 m s.m.	272°	91°
S3	100 m	269 m s.m.	0	0 (verticale)
S4	100 m	271 m s.m.	223°	105°
S5	70 m (0-20 m a distruzione)	317 m s.m.	0	0 (verticale)
S6	40 m	310 m s.m.	330°	30°

Tabella 2

Il rapporto finale di Sogetec S.r.l., con stratigrafie dei sondaggi e fotografie delle carote, è allegato alla Relazione Geologico-Geomeccanica del presente progetto (v. All. A.03).

Gli studi e le indagini dirette eseguiti hanno consentito di definire una nuova ipotesi di assetto geologico dell'intera area di imposta dello sbarramento.

Per quanto concerne l'opera in progetto, risulta che l'imbocco sia interessato da due formazioni geologiche: i calcari di M. Cavallo e il Complesso di Ponte Racli.

I primi, su cui è impostata la diga, sono calcari bioclastici massicci con stratificazione mal distinta, frequentemente brecciati con forte ricementazione.

Il Complesso di Ponte Racli è invece composto da una sequenza sedimentaria clastica, rappresentata da prevalenti conglomerati, diamicton glaciali e da subordinate sabbie, limi e depositi di frana a grossi blocchi; i clasti sono costituiti dalle rocce carbonatiche del bacino a monte, ed il grado di cementazione è elevato.

Il contatto tra queste due formazioni è netto e saldato, infatti risulta difficile individuarlo se non con una osservazione ravvicinata e dettagliata.

Dalle indagini eseguite risulta che sia i Calcari di M. Cavallo che i sedimenti detritici quaternari cementati del Complesso di Ponte Racli presentano valori di resistenza buoni e sostanzialmente simili. Le buone caratteristiche di queste unità geologiche sono testimoniate dalla presenza in prossimità dello sbarramento di pareti verticali di entrambe le formazioni.

Nelle sezioni di progetto sono indicati gli andamenti delle varie formazioni geologiche, definiti sulla base degli studi ed indagini dirette eseguite. In particolare la linea tratteggiata rossa separa i Calcari di M. Cavallo dal Complesso di Ponte Racli, che a sua volta è diviso da una linea gialla tratteggiata tra conglomerati e materiale eterogeneo cementato di origine franosa.

Il tracciato della nuova galleria è invece interamente all'interno dei Calcari di M. Cavallo.

Nella Relazione Geologico-Geomeccanica del presente progetto (v. All. A.03) sono riportate le caratterizzazioni geomeccaniche di dettaglio delle formazioni rocciose interessate dalle nuove opere, su cui si sono basati i calcoli strutturali e geotecnici riportati rispettivamente nella Relazione di Calcolo (v. All. A.04) e nella Relazione Geotecnica (v. All. A.05) del presente progetto.

In Tabella 3 si riassumono le principali caratteristiche geomeccaniche delle formazioni dei Calcari di M. Cavallo e del Complesso di Ponte Racli (v. All. A.03).

	Calcari di M. Cavallo	Complesso di P. Racli
Modulo di deformazione [GPa]	22,8	21,1
Geological Strength Index [GSI]	56,4	55,5
Coesione di picco [kPa]	307,1	302,6
Angolo di attrito di picco [°]	35,7	35,3
Coesione residua [kPa]	245,7	242,1
Angolo di attrito residuo [°]	29,6	29,2

Tabella 3

Oltre a questi aspetti quantitativi, va però sottolineata l'evidenza storica della buona resistenza, buona competenza ed ottima durezza di queste formazioni rocciose; infatti durante la realizzazione della diga si è avuta evidenza dell'ottimo comportamento degli ammassi rocciosi negli scavi con fronti verticali stabili senza traccia di discontinuità, e scavi in sotterraneo che progredivano senza sostegni temporanei anche con sezioni importanti.

L'osservazione diretta delle gallerie di servizio esistenti, non rivestite, nei versanti su cui è impostata la diga, sia nei Calcari di M. Cavallo che nel Complesso di Ponte Racli, mostrano come non vi siano stati, nell'arco di oltre 60 anni, segni nemmeno limitati di cedimenti o modifiche di sagoma.

Queste considerazioni confermano come l'ammasso roccioso di entrambe le formazioni si comporti in modo ottimale nei confronti degli scavi, con tendenza a non manifestare apprezzabili rilasci nel tempo.

Infatti anche le gallerie scavate con esplosivo mantengono le sagome senza fenomeni di rilascio, nonostante la fratturazione indotta; questo fenomeno è evidente a scala più generale in quanto anche in presenza di accentuata fratturazione a piccola scala (decimetrica), gli ammassi rocciosi non presentano fenomeni di instabilità sul lungo termine ed anche su pareti sub-verticali.

In definitiva dal punto di vista geologico gli studi eseguiti evidenziano come lo scarico di superficie in progetto risulti eseguibile con le tradizionali metodologie.

3. ANALISI STRUTTURALI E GEOTECNICHE

Nella Relazione di Calcolo (v. All. A.04) sono riportati i calcoli strutturali del manufatto di imbocco del nuovo scarico di superficie, dei muri di sostegno del piazzale, dei muri di dissipazione allo sbocco della galleria, e della nuova configurazione della tura rinforzata e sovrastata dal "griglione". Essi sono stati eseguiti in ottemperanza alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008) e alle Nuove Norme Tecniche per le Dighe (D.M. 26.06.2014).

Le opere sono state considerate in Classe IV con una vita utile di 100 anni.

Per lo scarico di superficie sono state condotte sia le verifiche di stabilità globale a corpo rigido, che le analisi dello stato di sforzo nelle singole parti della struttura, tramite un modello di calcolo tridimensionale ad elementi finiti appositamente realizzato.

Anche per i muri del piazzale all'imbocco e di dissipazione allo sbocco sono state eseguite le verifiche di stabilità globale a corpo rigido e quelle degli elementi strutturali.

Per quanto riguarda invece l'adeguamento della tura, è stato realizzato un apposito modello tridimensionale ad elementi finiti per verificare lo stato tensionale nella struttura; per essa sono state eseguite anche le verifiche del diaframma di fondazione.

Nella Relazione Geotecnica (v. All. A.05) sono invece riportate le verifiche geotecniche a supporto della progettazione del nuovo scarico. In particolare per quanto riguarda l'imbocco sono riportate le analisi della stabilità globale dei fronti di scavo e le verifiche di stabilità globale del complesso costituito dal manufatto e dalla roccia di fondazione. Queste verifiche risultano tutte soddisfatte.

Sono stati eseguiti anche i calcoli della galleria, volti a verificare la stabilità del cavo ed il dimensionamento dei rivestimenti di prima fase. Le analisi sono state condotte in due fasi:

- analisi assialsimmetrica del processo di scavo
- analisi della sezione trasversale della galleria

con due differenti modelli di calcolo alle differenze finite appositamente realizzati.

Da questi calcoli risulta che la galleria sarebbe in grado di autosostenersi anche senza la necessità di alcun rivestimento in fase di scavo; si è comunque previsto e calcolato un prerinvestimento di spritz-beton fibrorinforzato.

4. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Il nuovo scarico di superficie, ubicato in sponda destra del serbatoio, è costituito da un manufatto di imbocco in calcestruzzo armato con soglia di sfioro a quota 303,00 m s.m., larga 10,50 m e presidiata da una paratoia a settore di 10,00 m di altezza.

Strutturalmente l'opera è costituita da un corpo centrale in calcestruzzo su cui è sagomato il profilo dello scivolo che immette le acque in galleria. Questo blocco di calcestruzzo armato è fondato direttamente a quota 290 m s.m. sulle formazioni rocciose sottostanti.

Il piano di getto del manufatto di imbocco è previsto venga trattato con iniezioni cementizie di consolidamento.

Dal blocco centrale in calcestruzzo del manufatto di imbocco si elevano i due muri laterali che servono per il contenimento delle acque lungo lo scivolo, essi hanno uno spessore di 1,60 m, coronamento a 316,50 m s.m., e vanno a chiudersi a ferro di cavallo sopra il portale di imbocco della galleria. I muri dell'imbocco servono anche al contenimento del piazzale, a quota 316,35 m s.m., che verrà realizzato a tergo della nuova opera.

Il Vecchio Ponte Racli, presente a tergo del manufatto di imbocco, verrà monitorato, consolidato all'imposta in destra e quindi parzialmente inglobato nel piazzale.

Lo scivolo in calcestruzzo del manufatto di imbocco del nuovo scarico immette le acque in una galleria a sezione circolare di 7,00 m di diametro, che dopo uno sviluppo di circa 170 m, restituisce le stesse nell'alveo del Torrente Meduna appena a monte della sezione della tura di valle.

La galleria ha una pendenza dello 0,3%. Gli ultimi 20 m presentano un diffusore con innalzamento della sezione fino a 8,50 m; in corrispondenza della sezione di sbocco la quota del fondo è a 268,00 m s.m.

La galleria è interamente nei calcari e la sezione corrente ha un rivestimento interno in calcestruzzo fibrorinforzato.

Per favorire la dissipazione delle portate scaricate, allo sbocco della galleria verranno realizzati dei muri in calcestruzzo armato, e la tura esistente verrà rinforzata e sormontata da una struttura a griglia sempre in calcestruzzo armato.

Questi muri lungo la sponda sinistra della stretta hanno uno sviluppo complessivo di circa 40 m a monte della tura; i primi 10 m hanno paramento inclinato 1/10 e altezza variabile (280,00 ÷ 282,00 m s.m.), mentre il restante loro sviluppo ha una conformazione con "ricciolo" sommitale (fino a 282,00 m s.m.), sagomato in modo da favorire la dissipazione dell'energia della corrente.

Le elevazioni dei muri a "ricciolo" costituiscono una sorta di placcaggio della roccia, infatti poggiano direttamente sul versante roccioso opportunamente riprofilato, mentre per il primo tratto di muri a paramento inclinato, essendo più distanti dal versante, l'intercapedine tra roccia e muri verrà riempita con calcestruzzo ciclopico.

Questi muri saranno fondati su colonne in jet-grouting che si spingono fino alla roccia sottostante lo strato alluvionale.

Per quanto riguarda invece la tura, essa è costituita da una struttura in calcestruzzo armato immersa alle pareti rocciose del versante e fondata su un diaframma costituito da due file di pali trivellati con interposta alluvione consolidata con iniezioni. In progetto è stato previsto di rinforzarla inglobandola in una nuova struttura in calcestruzzo armato, anch'essa immersa alle pareti rocciose dei versanti, che comprende anche la nuova struttura a traliccio sommitale ("griglione").

La tura sarà rinforzata lungo il paramento di valle anche mediante contrafforti, collegati ad un'unica platea fondata su un nuovo diaframma adiacente a quello esistente. Questo diaframma è costituito da colonne in jet-grouting in parte armate con micropali, per meglio ancorare la struttura ed assorbire le sollecitazioni agenti su di essa.

E' inoltre prevista, sempre alla restituzione dello scarico, una platea in massi cementati sia a monte che a valle della tura, a protezione dall'erosione delle acque.

4.1. CALCESTRUZZI

Come dettagliato nel Capitolato Tecnico del presente progetto (v. All. A.06), per le opere strutturali in appalto sono state previste due principali miscele di calcestruzzo:

- Miscela A: per le opere all'aperto (manufatti di imbocco e sbocco dello scarico, muri di dissipazione e adeguamento tura):
 - Classe di resistenza: C (32/40)
 - Classe di esposizione ambientale: XC4
 - Classe di consistenza: S4
- Miscela B per le opere in sotterraneo (rivestimento della galleria):
 - Classe di resistenza: C (28/35)
 - Classe di esposizione ambientale: XC3
 - Classe di consistenza: S4

L'Appaltatore eseguirà la qualifica di queste miscele presso un laboratorio ufficiale; nella qualifica saranno indicate anche le modalità di confezionamento, trasporto e messa in opera.

4.2. PARATOIA A SETTORE

Il nuovo scarico di superficie sarà presidiato da una paratoia a settore, il cui progetto comprensivo delle verifiche sismiche è a carico dell'Appaltatore. Questa paratoia sarà manovrabile sia in locale che dalla cabina di manovra della diga, collegandosi al nuovo impianto oleodinamico e di comando messo in opera dal Concessionario nel 2013 e che attualmente asserva le paratoie degli scarichi di superficie esistenti.

Infatti questo impianto oleodinamico e di comando installato nel 2013 è già predisposto per asservire anche la paratoia del nuovo scarico di superficie.

La nuova paratoia a settore verrà movimentata tramite due cilindri oleodinamici a semplice effetto di tipo oscillante, con aste di acciaio cromate e pistoni con guarnizione in gomma sintetica ed anelli antifrizione in resina acetlica.

I supporti dei cilindri e della paratoia saranno vincolati alle strutture in calcestruzzo armato dei muri.

Le gambe della paratoia, bullonate al mantello, saranno complete di mozzi e boccole autolubrificanti di rotazione.

La paratoia sarà dotata di due strutture di tenuta laterali e una sul fondo in acciaio inox, provviste di sistema di registrazione ed ancoraggio al calcestruzzo dell'imbocco.

I sistemi di tenuta laterali saranno costituiti da guarnizioni in gomma di tipo autoclavica registrabili, mentre di tipo a schiacciamento sul fondo.

La movimentazione in sito della paratoia avverrà mediante un armadio di comando, ubicato sulla testa del muro di sinistra dell'imbocco, in posizione tale da consentire la visibilità della paratoia durante la manovra.

L'armadio di comando locale sarà munito di display con indicazione del grado di apertura della paratoia.

4.3. DEFLUSSO MINIMO VITALE

Il Concessionario ha presentato con data Ottobre 2012 lo studio di fattibilità "Nuovo sistema di rilascio del deflusso minimo vitale" con cui prevedeva di rilasciare il deflusso minimo vitale, 880 l/s, attraverso la galleria del nuovo scarico di superficie.

In particolare si è previsto di annegare nel calcestruzzo di fondazione dell'imbocco una condotta in acciaio Ø500 mm, lunga 19 m, che restituisca le acque sul fondo della galleria. Questa condotta è presidiata a monte da una paratoia piana 55 x 40 cm (altezza x larghezza) manovrabile dal coronamento della nuova opera (316,50 m s.m.).

Questa paratoia, motorizzata, è asservita al misuratore di livello del serbatoio, in modo che in automatico possa regolare il rilascio del DMV in funzione della quota dell'invaso.

Nel tratto terminale della condotta, a cielo aperto, ancorato al rivestimento in calcestruzzo, è stato previsto un convergente finale fino ad una sezione rettangolare di 23 x 75 cm (altezza x larghezza), per garantire il funzionamento in pressione senza fenomeni di cavitazione. La sezione di restituzione è stata posizionata all'inizio della curva altimetrica, per favorire la massima adesione della vena liquida al fondo della galleria.

Nelle Figura 2 e Figura 3 si può vedere rispettivamente la planimetria ed il profilo dell'imbocco del nuovo scarico di superficie, con indicato il sistema di rilascio del DMV, così come definito nello studio di fattibilità.

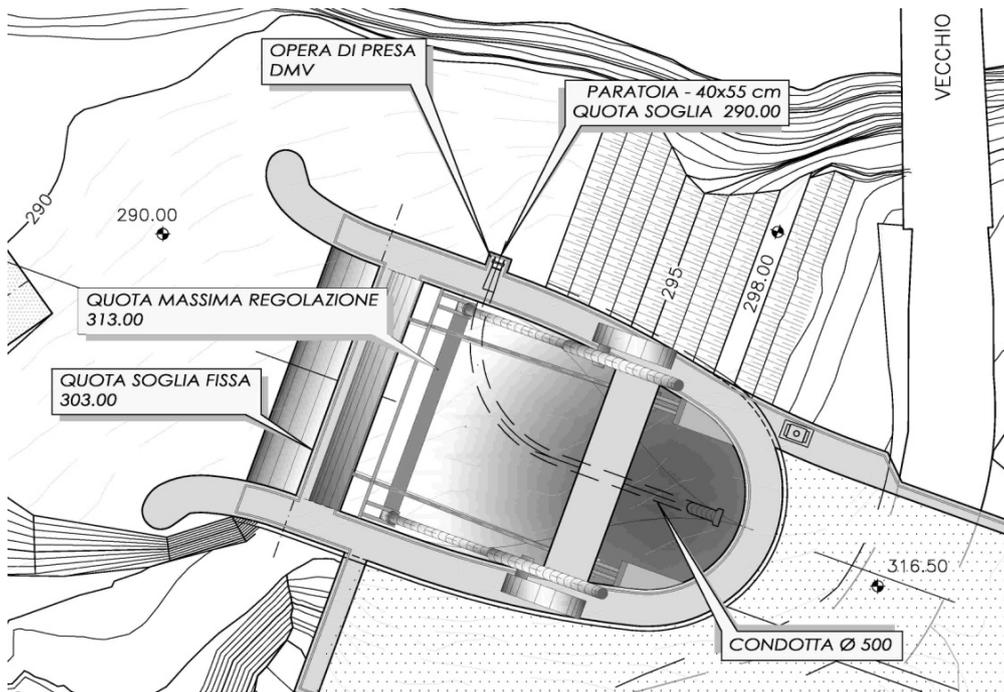


Figura 2

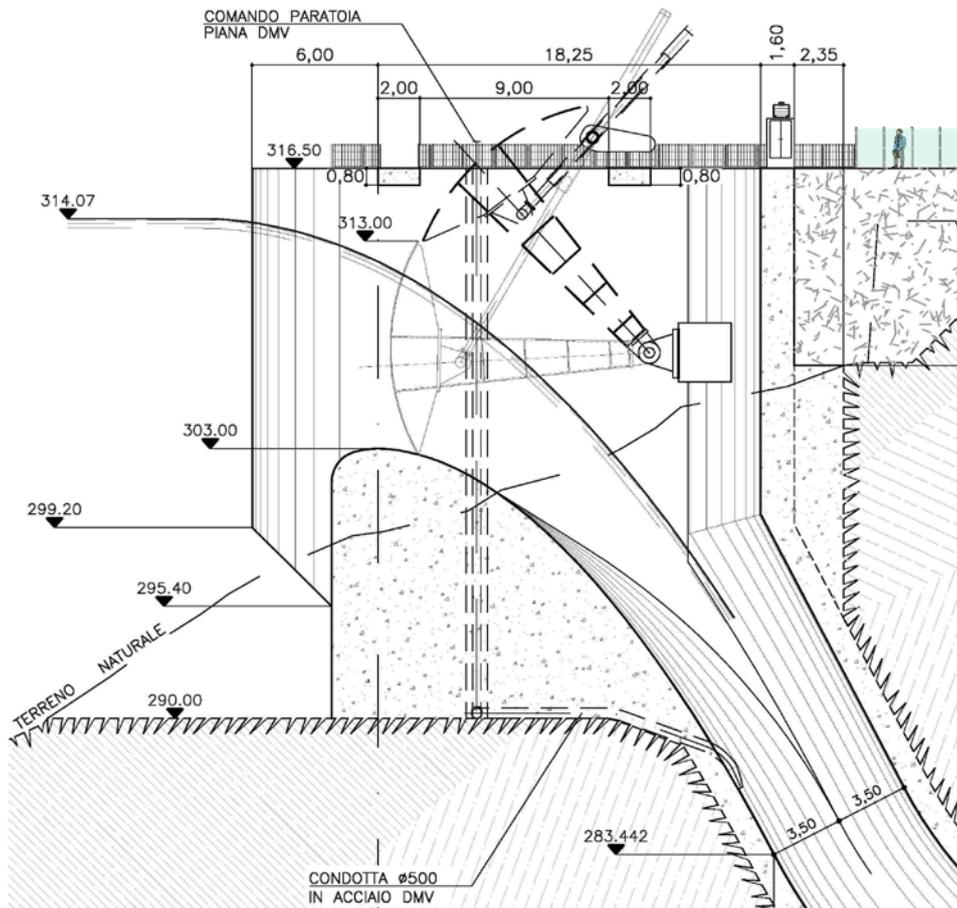


Figura 3

L'Ufficio Tecnico per le Dighe di Venezia con nota prot. 513 del 14.03.2013 ha richiesto al Concessionario di elaborare il progetto definitivo di questo sistema di rilascio del DMV, nel quale vengano approfonditi i dimensionamenti idraulici e strutturali.

La recente approvazione del Piano di Tutela delle Acque della Regione Friuli Venezia Giulia sta però "pesantemente" rimettendo in discussione il valore del deflusso minimo vitale che deve essere rilasciato dalla diga di Ponte Racli, infatti è in fase di definizione un nuovo valore di portata che potrebbe essere addirittura superiore a 2 m³/s, quasi il triplo dell'attuale!

Una tale variabilità della portata non consente di definire la modalità più appropriata di esitarla, infatti un simile incremento di modulo comporterebbe la definizione di un sistema di scarico differente da quello presentato nello studio di fattibilità sopra richiamato.

Per queste ragioni, in questo progetto non è stato ancora possibile approfondire la progettazione del nuovo sistema di rilascio del deflusso minimo vitale.

Prima dell'esecuzione degli interventi, una volta che il Concessionario sarà finalmente riuscito a definire con gli Enti Preposti il nuovo valore del deflusso minimo vitale, verrà progettato a livello esecutivo il nuovo sistema di rilascio, in modo da poterlo inserire negli interventi dell'appalto del nuovo scarico di superficie.

Dott. Ing. Carlo Claudio MARCELLO