

DIGA DI CA' ZUL
(PROVINCIA DI PORDENONE)

ADEGUAMENTO DEGLI ORGANI DI SCARICO

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GENERALE

INDICE

1.	PREMESSA.....	1
2.	DATI CARATTERISTICI	5
3.	INTERVENTI IN PROGETTO	6
	3.1 SCARICO DI SUPERFICIE IN CORPO DIGA	6
	3.2 SOVRALZO DEL PIANO DI CORONAMENTO.....	7
	3.3 CALCESTRUZZI E ARMATURE	10
	3.4 IMPIANTI DELLA DIGA (ELETTRICI E DI MONITORAGGIO).....	11
4.	VERIFICHE STRUTTURALI E SISMICHE.....	12
5.	VINCOLI IDROLOGICI E DI SICUREZZA IDRAULICA	13
6.	CONCLUSIONI	17

1. PREMESSA

Il presente progetto esecutivo è stato sviluppato in perfetta continuità con il progetto definitivo – Maggio 2013, approvato con parere positivo dalla Direzione Generale per le Dighe con nota prot. 8464 del 26.06.2013.

Il progetto prevede l'adeguamento della capacità di scarico della diga a fronte della nuova piena millenaria; in particolare è previsto l'innalzamento della quota di massimo invaso, da 598,00 m s.m. a 599,00 m s.m., con conseguente innalzamento del piano di coronamento, e l'allargamento dello scarico di superficie in fregio allo sbarramento che passa da una configurazione a 6 luci nette da 6,66 m ciascuna (40 m complessivi) a 4 luci nette da 11,25 m ciascuna (45 m complessivi).

Come dettagliato nei calcoli allegati ai progetti precedenti, la nuova quota di massimo invaso (599,00 m s.m.) e l'allargamento dello sfioratore in fregio allo sbarramento determinano l'esitazione dagli scarichi della diga delle portate riportate in Tabella 1, consentendo quindi lo scarico della portata di piena millenaria pari a 700 m³/s.

Scarico di superficie in spalla sx	230 m ³ /s
Sfioratore in corpo diga	394 m ³ /s
Scarico di fondo	81 m ³ /s
Totale	705 m³/s

Tabella 1

Il presente progetto esecutivo si è basato su nuovi rilievi topografici, eseguiti recentemente. I rilievi della strada di accesso in sponda destra hanno reso necessaria una differente soluzione di adeguamento di questo accesso, come illustrato nel seguito.

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

1. *“il ponte al di sopra del ciglio sfiorante dovrà essere sovralzato di almeno 30 cm, in modo tale da riportare il franco di sottotrave della passerella al minimo di 1 m, valutato sulla base della ricostruzione del profilo idrico di richiamo al di sopra della soglia sfiorante, e allo stesso tempo rispettare il valore minimo di normativa del franco netto (100 cm). Per quanto riguarda la restante parte del coronamento (al di fuori del ponte sulla soglia sfiorante), qualora il sovrizzo di 30 cm dovesse risultare incompatibile con le condizioni di accesso in sponda destra e con la quota del piazzale in*

sponda sinistra, il rispetto del franco netto minimo di normativa potrebbe essere garantito anche con un muretto paraonde di 30 cm, disposto sul lato di monte del coronamento stesso. In tal caso, il sovralzato di 30 cm del piano di coronamento sarà limitato al solo ponte sullo sfioratore, che verrà raccordato con una breve rampa alla strada di accesso in destra ed al piazzale in sinistra."

Nel presente progetto il ponte sullo sfioratore è stato sovralzato di 35 cm rispetto al progetto definitivo, pertanto il nuovo piano di coronamento in corrispondenza del ponte è a quota 600,35 m s.m., mentre la restante parte del coronamento è stata sovralzata fino a 600,00 m s.m. proprio perchè un ulteriore incremento di quota sarebbe stato molto difficoltoso per le condizioni di accesso alla diga in sponda destra e per logistica del piazzale in sponda sinistra.

In base alla nuova Proposta di Aggiornamento del Regolamento Dighe (18.12.2008), considerando una velocità del vento di 100 km/h e la minima lunghezza prevista per il fetch di 1 km (in realtà a Cà Zul sarebbe inferiore), si ha che la massima semiampiezza dell'onda generabile dal vento nel serbatoio è di $27/2 \text{ cm} = 14 \text{ cm}$; pertanto lungo il lato di monte del coronamento è stato realizzato un muretto paraonde che sporge per 35 cm dal piano stradale, fino a quota 600,40 m s.m.

Il ponte sullo sfioratore è stato raccordato con il restante piano di coronamento mediante due rampe al 5% di pendenza.

Le verifiche idrauliche contenute nel progetto definitivo mostravano un franco tra il profilo idrico in condizioni di piena millenaria e l'intradosso del ponte a coronamento di 70 cm, pertanto il sovralzato di 35 cm di quest'ultimo porta questo franco ad oltre 1 m.

2. *"sulla base delle modifiche geometriche e dimensionali che ne conseguiranno, le verifiche strutturali del ponte di coronamento dovranno essere opportunamente adeguate alla nuova soluzione;*

Nella Relazione di Calcolo (v. All. A.03) del presente progetto sono riportate le verifiche strutturali del ponte a coronamento, aggiornate sulla base delle sue ultime geometrie e dimensioni.

3. *"poichè l'intervento comporta una variazione della quota di massimo invaso, seppure solo di 1 m, si ritiene necessario allegare al progetto esecutivo una specifica relazione geologica sulla tenuta e, se necessario, sulle condizioni di stabilità delle sponde del serbatoio."*

Al presente progetto non è stata allegata una relazione geologica riguardante

la tenuta e la stabilità delle sponde del serbatoio in quanto, come scritto dal Concessionario nella sua nota prot. S17/52/005 del 07.11.2012, *"la nuova quota di massimo invaso, che viene raggiunta solo in occasione della piena millenaria, non modificherà affatto la gestione ordinaria del serbatoio. La gestione dell'evento di piena, in ottemperanza alla Normativa vigente, dipenderà esclusivamente dall'idrogramma in ingresso al serbatoio. Per le quote di invaso inferiori alla massima regolazione la gestione del serbatoio non potrà essere diversa da quella attuale.*

La situazione delle sponde del serbatoio appare inoltre di assoluta tranquillità non ravvisandosi, allo stato attuale, situazioni critiche che richiedono verifiche di stabilità, come risulta anche dall'ultimo verbale di visita di vigilanza della diga. Il comportamento dei versanti nei 45 anni di esercizio della diga ne confermano di fatto le condizioni di sicurezza."

4. *"In merito alla verifica dell'idoneità del tratto di alveo a valle destinato a ricevere le portate di progetto, si suggerisce di approfondire le verifiche svolte al fine di valutare l'opportunità di realizzare delle specifiche opere di protezione e difesa spondale."*

Il progetto definitivo era stato corredato da un approfondito studio geologico-geomeccanico condotto dal Prof. Martinotti e dal Dott. Arese, finalizzato a verificare l'idoneità geomeccanica della sponda destra dell'alveo a valle della diga nei confronti dell'incremento della portata esitabile dallo scarico di superficie in spalla sinistra alla nuova quota di massimo invaso.

Lo studio conclude sottolineando come questo incremento di portata non desti alcuna preoccupazione in merito alla stabilità del versante destro esaminato; non vi sono infatti possibilità di interferenza diretta delle acque col versante, che peraltro si presenta in condizioni stabili e conservative, come dimostrato da 50 anni di osservazioni.

A fronte dell'esito di questo studio specifico non si ritiene necessario alcun ulteriore approfondimento; il Prof. Martinotti e il Dott. Arese hanno già confermato l'assenza di necessità di qualsiasi opera di protezione o difesa spondale.

5. *"Per quanto riguarda, infine, l'allargamento della strada di accesso al coronamento in diga, in spalla dx, in considerazione della situazione geologica di detta spalla dx, si ritiene opportuno aumentare, durante i lavori, la frequenza dei controlli agli estensimetri a lunga base ivi presenti, portandola da quindicinale a bisettimanale."*

Gli interventi di adeguamento della strada in sponda destra, contenuti nel presente progetto esecutivo, non prevedono alcuna demolizione o riprofilatura

del versante roccioso.

Nella presente relazione si riportano i dati caratteristici della diga prima e dopo gli interventi in progetto (§ 2), una descrizione degli interventi previsti (§ 3), la sintesi delle verifiche strutturali eseguite (§ 4), e i vincoli idrologici ed idraulici legati alla loro esecuzione (§ 5); 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), allegata al presente progetto.

2. DATI CARATTERISTICI

Si riportano in Tabella 1 le principali caratteristiche delle opere nello stato attuale.

Tipo di diga ai sensi del D.M. 24.03.1982: Ab3 (diga muraria a volta, a cupola)

Superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso	40	km ²
Superficie del bacino imbrifero allacciato	0	km ²
Altezza della diga (D.M. 24.03.1982)	69,50	m
Altezza della diga (L. 584/94)	68,00	m
Quota di massimo invaso	598,00	m s.m.
Quota di massima regolazione	596,00	m s.m.
Quota del piano di coronamento	599,00	m s.m.

Tabella 1

Come anticipato in premessa e descritto nel seguito, gli interventi in progetto consistono principalmente nell'adeguamento dello scarico di superficie in fregio allo sbarramento e nel sovrizzo del piano di coronamento a seguito dell'innalzamento di 1 m della quota di massimo invaso.

In Tabella 2 si riportano le principali caratteristiche delle opere nella configurazione che risulterà alla fine dei lavori previsti in progetto.

Tipo di diga ai sensi del D.M. 24.03.1982: Ab3 (diga muraria a volta, a cupola)

Superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso	40	km ²
Superficie del bacino imbrifero allacciato	0	km ²
Altezza della diga (D.M. 24.03.1982) (misurata rispetto al coronamento del corpo murario e non del ponte sullo sfioratore)	70,50	m
Altezza della diga (L. 584/94) (misurata rispetto al coronamento del corpo murario e non del ponte sullo sfioratore)	69,00	m
Quota di massimo invaso	599,00	m s.m.
Quota di massima regolazione	596,00	m s.m.
Quota del piano di coronamento in corrispondenza del ponte sullo sfioratore	600,35	m s.m.
Quota del restante piano di coronamento	600,00	m s.m.

Tabella 2

3. INTERVENTI IN PROGETTO

Gli interventi in progetto consistono:

- nell'adeguamento dello scarico di superficie in fregio allo sbarramento;
- nel sovrizzo del piano di coronamento della diga a seguito dell'innalzamento del livello di massimo invaso da 598,00 m s.m. a 599,00 m s.m.;
- nell'adeguamento della strada di accesso alla diga in sponda destra alle nuove quote;
- nell'adeguamento degli impianti e del sistema di monitoraggio della diga alle nuove quote.

3.1 SCARICO DI SUPERFICIE IN CORPO DIGA

Questi interventi consistono nella trasformazione dello scarico di superficie in corpo diga, con ciglio di sfioro a 596,50 m s.m., dalle attuali 6 luci da 6,66 m ciascuna (complessivi 40 m) a 4 luci da 11,25 m ciascuna (complessivi 45 m).

Per fare questo verranno demolite le attuali pile e parte del corpo diga per consentire l'ampliamento di 2,5 m per parte dello sfioratore. In corrispondenza di questi incrementi della luce sfiorante, verrà realizzato il corrispondente nuovo tratto di ciglio di sfioro in calcestruzzo armato ancorato allo sbarramento.

Verranno quindi realizzate tre nuove pile da 50 cm di spessore, sul cui pulvino sommitale poggeranno le travi prefabbricate in c.a.p. del nuovo impalcato, avente estradosso alla quota di 600,35 m s.m.

L'impalcato di ogni luce del nuovo ponte a coronamento, avente uno spessore complessivo di 75 cm, è costituito da quattro travi prefabbricate in c.a.p. alte 40 cm, sopra cui verrà gettata in opera una soletta in calcestruzzo armato di 20 cm di spessore con due cordoli ai lati; su questi cordoli verranno inghisati i nuovi parapetti in acciaio zincato, colorati dello stesso giallo degli altri presenti lungo i camminamenti della diga.

Sulla nuova soletta in c.a. verranno stesi un "pacchetto" impermeabilizzante e una nuova pavimentazione stradale, per complessivi 15 cm di spessore, costituiti da una malta cementizia bicomponente impermeabilizzante, massetto in malta di cemento armato con rete elettrosaldato, conglomerato bituminoso aperto e strato di usura.

Per il drenaggio delle acque superficiali sono state previste caditoie 30 x 30 cm di raccolta ogni 10 m; le acque vengono da essi convogliate in un tubo Ø100 mm che le restituisce nel serbatoio. L'alimentazione di questi pozzetti è

garantita dalla leggera pendenza verso monte che verrà data alla pavimentazione.

Il nuovo ponte avrà una larghezza carrabile di 3,00 m e una capacità di carico di II Categoria (D.M. 14.01.2008), tale da consentire il transito su di esso di una autogru da 40 ton di peso, necessaria al Concessionario per operazioni di manutenzione in sponda sinistra.

Il nuovo impalcato sarà spostato di 1 m verso monte rispetto all'attuale, così che il carico trasmesso dalle pile sia centrato sulla struttura sottostante. Le pile saranno aggettanti di un ulteriore metro verso monte, per migliorare le condizioni idrauliche di afflusso sulla soglia sfiorante.

Per compensare lo spostamento planimetrico di 1 m verso monte del nuovo impalcato, verranno realizzati due tratti di raccordo con le spalle della diga aventi un tratto a sbalzo di larghezza variabile.

La soletta in calcestruzzo armato del nuovo impalcato, poggiante su delle velette prefabbricate sempre in c.a., avrà anch'essa larghezza variabile per garantire l'andamento planimetrico ad arco.

Per quanto riguarda le nuove pile, sul loro pulvino sommitale, avente una larghezza variabile da 1,00 a 1,40 m, troveranno sede i baggioli con sopra gli appoggi in neoprene armato su cui poggeranno le travi prefabbricate.

Le nuove pile saranno ancorate al corpo diga mediante inghisaggi lunghi 2,3 m di 10 barre Ø32 ad alta resistenza tipo dywidag (carico di snervamento: 760 kN) per ciascuna pila.

Durante la costruzione del nuovo ponte sullo sfioratore non sarà ovviamente più percorribile il coronamento della diga, pertanto, prima di dismettere la transitabilità sul ponte, l'Appaltatore realizzerà in sponda destra un nuovo accesso alla passerella pedonale presente lungo il paramento di valle della diga a quota 580 m s.m.

Con questo nuovo accesso il personale della Committente potrà raggiungere la casa di guardia e le componenti impiantistiche presenti sulla spalla sinistra della diga, anche durante il fuori servizio del ponte a coronamento.

3.2 SOVRALZO DEL PIANO DI CORONAMENTO

Oltre al nuovo ponte sullo sfioratore, che verrà sovralzato fino a quota 600,35 m s.m., il progetto prevede l'innalzamento anche del restante piano di coronamento della diga, fino a quota 600,00 m s.m. dato che la viabilità di accesso alla diga e il piazzale in sponda sinistra non consentono un ulteriore incremento di quota.

Il sovrizzo verrà realizzato con un getto di calcestruzzo debolmente armato.

Per fare questo verrà preventivamente rimossa la pavimentazione stradale esistente e scarificata la superficie in calcestruzzo, in modo da irruvidirla per favorire il contatto con i nuovi getti.

Per solidarizzare il nuovo calcestruzzo all'esistente, verranno inghisate a quinconce delle barre d'armatura fino ad una profondità di 80 cm nel calcestruzzo esistente, mentre saranno annegate nel nuovo getto per 50 cm.

Verrà garantita la continuità dei giunti della diga fino alla sommità dei nuovi getti di sovrizzo.

Come anticipato in precedenza, lungo il lato di monte del nuovo piano di coronamento è stata prevista la realizzazione di un muretto paraonde in calcestruzzo armato, che sporge dal piano stradale di 40 cm (fino a quota 600,40 m s.m.); lo stesso muretto è stato realizzato per ragioni estetiche anche lungo il lato di valle.

Lungo questi cordoli verranno inghisati i nuovi parapetti in acciaio zincato, colorati dello stesso giallo degli altri presenti lungo i camminamenti della diga.

Sempre per ragioni estetiche si è fatto in modo che questi muretti abbiano la stessa quota sommitale dei cordoli laterali presenti lungo l'impalcato del ponte a coronamento, così che i nuovi parapetti risultino alla stessa quota.

Sopra i getti di sovrizzo verranno stesi lo stesso "pacchetto" impermeabilizzante e la stessa pavimentazione stradale previsti per il ponte sullo sfioratore, così come verranno messi in opera gli stessi pozzetti di drenaggio delle acque superficiali, ogni 10 m.

Il sovrizzo della diga avrà la stessa larghezza carrabile del piano di coronamento attuale.

Per quanto riguarda le spalle della diga, sulla spalla sinistra è presente la cabina di comando, che è un fabbricato in cui sono presenti i quadri di alimentazione luce e F.M. della quasi totalità dello sbarramento, quelli di comando e controllo degli apparati elettromeccanici e il generatore di emergenza.

La necessità di dovere accedere con automezzi a questo edificio per eventuali manutenzioni impiantistiche rende impossibile sovrizzare tutta la spalla della diga, per questa ragione in progetto è stata previsto che il sovrizzo alto 1,4 m (a quota 600,40 m s.m.) costeggi l'imbocco dello scarico di superficie ausiliario.

Questo sovrizzo va a chiudersi da un lato sul muretto paraonde del piano di coronamento (anch'esso a quota 600,40 m s.m.) e dall'altra parte contro il

versante roccioso in sinistra, garantendo così il rispetto del franco netto regolamentare; avrà una larghezza di 1,2 m, così da renderlo transitabile dai pedoni. Nuove scale sempre in calcestruzzo armato consentiranno il collegamento di questo nuovo percorso pedonale con le pile dello scarico di superficie ausiliario e con il piazzale in sponda sinistra.

Il collegamento carrabile della spalla sinistra con il nuovo piano di coronamento della diga viene invece garantito da una rampa in calcestruzzo avente una pendenza di circa l'8%.

Per quanto riguarda invece la strada di accesso alla diga in sponda destra, essa attualmente ha una pendenza media di circa il 9%, e in prossimità della spalla della diga presenta un restringimento che rende difficoltoso l'accesso dell'autogru di cui saltuariamente il Concessionario necessita per manutenzioni in sponda sinistra.

Questa strada garantisce l'accesso anche alla cabina di comando MT e al locale della derivazione, entrambi presenti a monte della diga in sponda destra, tramite la breve galleria stradale presente all'imposta dello sbarramento.

Sulla base dei nuovi rilievi topografici di questa strada, si è deciso di sovralzare i suoi ultimi 90 m fino ad una pendenza media di circa l'11% così da raggiungere la quota del nuovo piano di coronamento; in prossimità del restringimento sopra citato verrà realizzato un ponte appoggiato direttamente al coronamento della diga.

Questa soluzione garantisce in corrispondenza del ponte una larghezza della sede stradale di oltre 7 m, e permette così di avere in quel tratto due corsie stradali: una lato valle che, transitando sul ponte, consente di raggiungere agevolmente anche a mezzi pesanti il coronamento della diga, e una lato monte che, tramite una rampa di discesa, permette di raggiungere la galleria stradale in sponda destra.

Questa decisione progettuale è stata dettata anche dalla scelta di non alzare la sezione della galleria in sponda destra, che all'imbocco è rivestita in calcestruzzo e non presenta un elevato ricoprimento roccioso.

Infine, un percorso pedonale a ridosso del versante roccioso garantirà l'accesso al cunicolo in sponda destra dove sono presenti gli estensimetri a lunga base.

Il ponte in spalla destra sarà realizzato con la stessa tipologia di impalcato con travi prefabbricate in c.a.p. previste per il ponte a coronamento.

A fronte del modesto volume di materiale necessario per sovralzare la strada, si

è deciso di innalzare la sede stradale con calcestruzzo; dopo l'iniziale rimozione della pavimentazione in asfalto esistente, si procederà ad inghisare al sottostante substrato roccioso alcune barre di armatura per il collegamento dei nuovi getti debolmente armati.

Sempre in calcestruzzo sarà anche la rampa discendente che permetterà di raggiungere la galleria sulla spalla destra della diga.

Superficialmente la carreggiata stradale verrà rivestita con una pavimentazione costituita da uno strato di conglomerato bituminoso aperto e da un tappetino d'usura.

Lungo tutto il tratto di strada oggetto degli interventi di adeguamento verranno messi in opera nuovi parapetti in acciaio zincato, colorati dello stesso giallo degli altri presenti lungo i camminamenti della diga.

3.3 CALCESTRUZZI E ARMATURE

Per le travi prefabbricate in c.a.p. si è previsto l'impiego di un calcestruzzo strutturale con le seguenti caratteristiche:

- Classe di resistenza: C (45/55)
- Classe di esposizione ambientale: XF4
- Resistenza cubica allo scasso: $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$

L'Appaltatore, prima di procedere alla fornitura delle travi prefabbricate, dovrà presentare la loro documentazione tecnica e la qualifica e le prove eseguite presso laboratorio ufficiale sulla loro miscela di calcestruzzo.

Per quanto riguarda invece tutti i getti in opera: per la soletta dell'impalcato dei ponti (a coronamento e in sponda destra), le loro pile e spalle, il sovrizzo del piano di coronamento, i getti in sponda sinistra e l'adeguamento della strada in destra, si è previsto l'impiego di una miscela di calcestruzzo strutturale con le seguenti caratteristiche:

- Classe di resistenza: C (28/35)
- Classe di esposizione ambientale: XF4
- Classe di consistenza: S4

Prima dell'inizio dei getti l'Appaltatore eseguirà la qualifica di questa miscela presso un laboratorio ufficiale; la qualifica dovrà indicare e considerare anche le modalità di confezionamento, trasporto e messa in opera.

Per quanto riguarda le armature, quelle delle opere in calcestruzzo armato dovranno essere del tipo B450 C controllato in stabilimento, mentre i trefoli delle travi prefabbricate dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- Tensione caratteristica di rottura: $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Allungamento sotto carico massimo: $A_{gtk} \geq 7,5\%$

Come anticipato in precedenza le barre di acciaio $\varnothing 32$, con cui verranno inghisate le nuove pile al corpo diga, saranno ad alta resistenza tipo dywidag:

- Carico di snervamento: 760 kN
- Carico ultimo: 880 kN

3.4 IMPIANTI DELLA DIGA (ELETTRICI E DI MONITORAGGIO)

Per quanto riguarda gli impianti elettrici, di illuminazione e di segnalazione della diga, essi verranno adattati alle nuove quote del coronamento, secondo lo stesso schema impiantistico attuale.

In particolare l'illuminazione del piano di coronamento attuale, costituita da lampioni e fari, verrà replicata con gli stessi apparati illuminanti alle nuove quote di progetto.

Durante i lavori l'Appaltatore è vincolato contrattualmente a garantire sempre l'alimentazione elettrica e di segnale, così come l'accesso, di tutta la strumentazione di controllo e comando della diga.

Per quanto riguarda l'impianto di monitoraggio, a fine lavori verranno installate alle nuove quote di coronamento, nelle stesse posizioni delle attuali, le basi per le misure plano-altimetriche della diga: triangolazione, collimazione e livellazione.

Durante i lavori di sovrizzo del piano di coronamento queste misure verranno necessariamente sospese.

4. VERIFICHE STRUTTURALI E SISMICHE

Nella Relazione di Calcolo allegata al presente progetto (All. A.03) sono riportate le verifiche strutturali e sismiche di tutte le opere strutturali previste in progetto, in ottemperanza alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008).

Entrambi i ponti, sullo sfioratore e in sponda destra, sono stati dimensionati di II Categoria (D.M. 14.01.2008); classe portante che consente di ottemperare ampiamente alla necessità del Concessionario di fare transitare su essi un'autogru da 40 ton per operazioni di manutenzione in sponda sinistra.

Per la definizione delle azioni sismiche delle nuove opere strutturali si sono considerati i seguenti parametri:

- Vita nominale: 100 anni (dighe di importanza strategica)
- Classe d'uso: IV
- Categoria topografica: $T_2 = 1,00$
- Categoria del suolo: A
- Fattore di struttura per componente orizzontale: $q = 1,5$
- Fattore di struttura per componente verticale: $q = 1,0$

In base al sito e ai parametri sopra riportati, si sono considerati nelle verifiche sismiche i valori di Tabella 2.

Stato limite	T_R [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
SLO	60	0,096	2,446	0,262
SLD	101	0,124	2,417	0,281
SLV	949	0,330	2,407	0,347
SLC	1950	0,435	2,410	0,368

Tabella 2

Per le verifiche degli inghisaggi delle pile con barre tipo dywidag, è stato assunto un calcestruzzo della diga con classe di resistenza C(28/35); valore cautelativo se si considera che sulla base delle prove eseguite sui calcestruzzi della diga in fase di realizzazione è stato possibile determinare un R_{ck} a 90 giorni di 39 MPa.

5. VINCOLI IDROLOGICI E DI SICUREZZA IDRAULICA

Per la programmazione temporale dei lavori è stato necessario analizzare attentamente la possibilità che si manifestino eventi di piena durante gli stessi.

Per fare questo sono stati studiati i dati storici disponibili delle portate in ingresso al serbatoio; più precisamente le portate medie orarie per 31 anni: dal 1980 al 2010.

Durante i lavori in prossimità del ciglio di sfioro della diga, che si prevede vengano eseguiti su piani di lavoro provvisori, è previsto che il Concessionario limiti l'invaso a 593,00 m s.m. e che quando questo raggiunge quota 594,00 m s.m. le maestranze abbandonino queste postazioni di lavoro e si rechino a coronamento.

A queste quote, non considerando a favore di sicurezza il contributo della derivazione, possono essere eserciti lo scarico di fondo e lo scarico di superficie in spalla sinistra, la cui capacità complessiva con questi livelli del serbatoio è di: 80 m³/s a 593,00 m s.m. e 100 m³/s a 594,00 m s.m.

Si sono quindi determinati quanti eventi si sono verificati con portate medie orarie superiori a questi valori.

Nelle Tabelle 1 e 2 e nelle Tabelle 3 e 4, si riporta la ripartizione per ogni mese (nelle Tabelle: 1 = gen, , 12 = dic) del numero di eventi che si sono verificati rispettivamente con portata media oraria superiore a 80 e 100 m³/s.

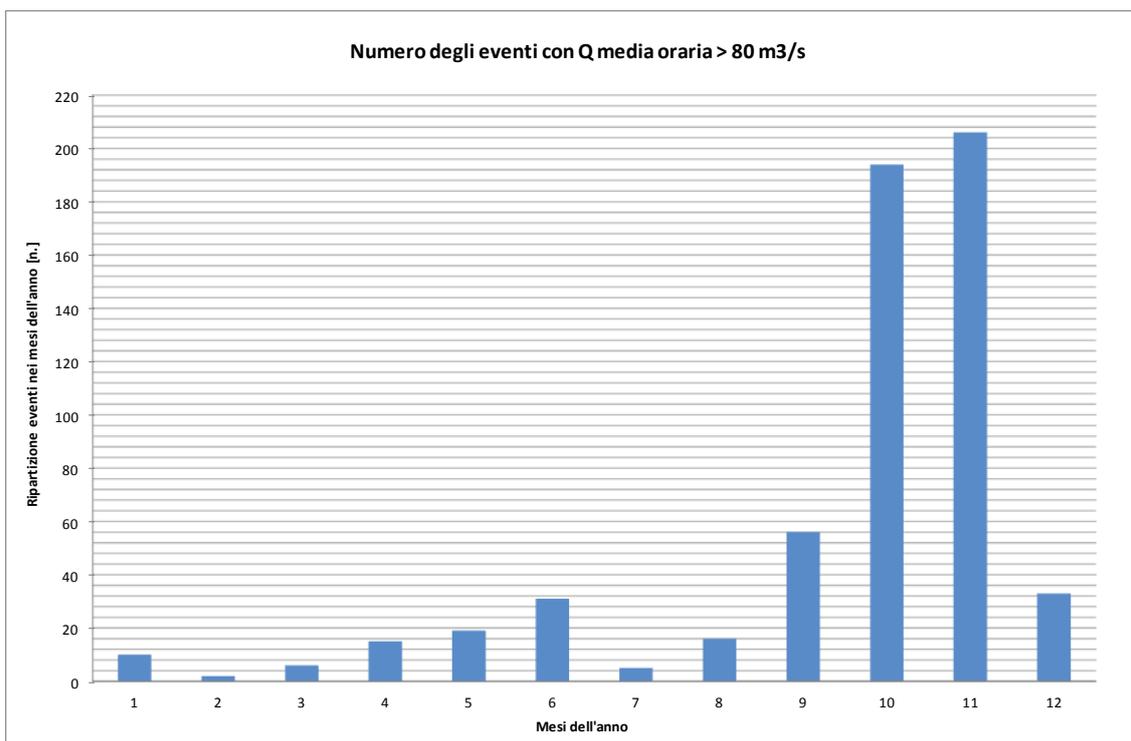


Figura 3

Mese	N° eventi con Q media oraria $\geq 80 \text{ m}^3/\text{s}$ [n.]
Gennaio	10
Febbraio	2
Marzo	6
Aprile	15
Maggio	19
Giugno	31
Luglio	5
Agosto	16
Settembre	56
Ottobre	194
Novembre	206
Dicembre	33

Tabella 3

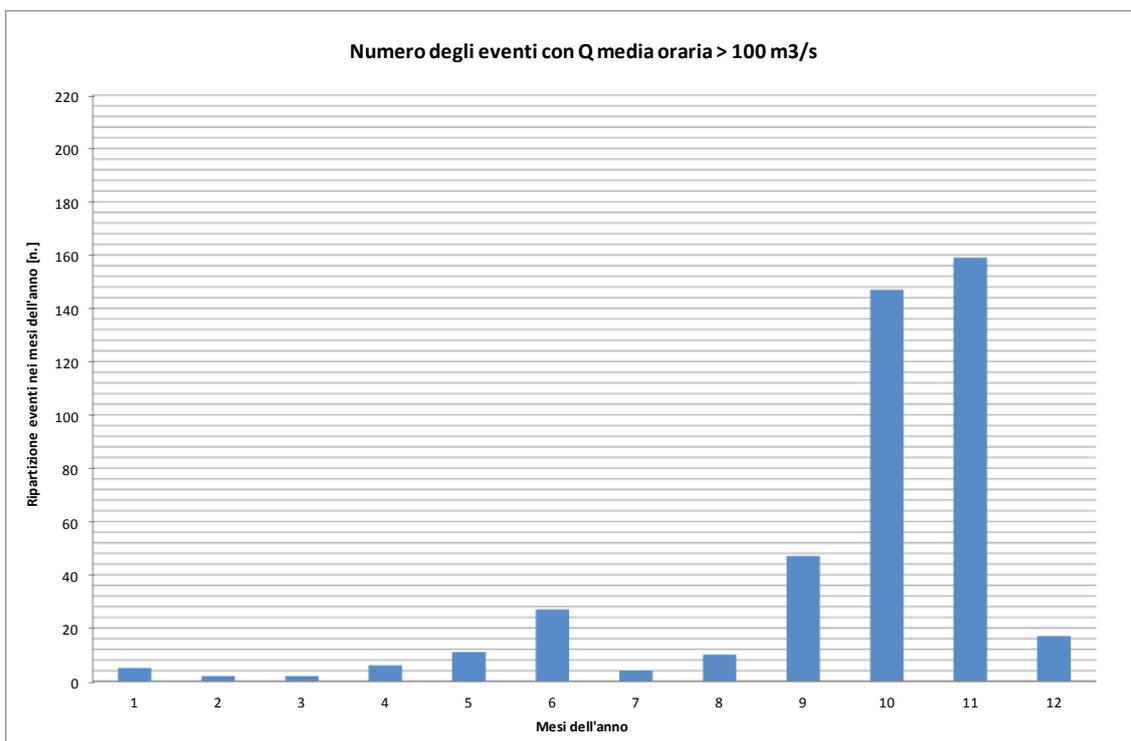


Figura 2

Mese	N° eventi con Q media oraria $\geq 100 \text{ m}^3/\text{s}$ [n.]
Gennaio	5
Febbraio	2
Marzo	2
Aprile	6
Maggio	11
Giugno	27
Luglio	4
Agosto	10
Settembre	47
Ottobre	147
Novembre	159
Dicembre	17

Tabella 4

Come si può vedere gli unici mesi in cui si hanno valori significativi sono, come era logico attendersi, ottobre e novembre. Pertanto nella programmazione temporale dei lavori (v. All. A.02) si è tenuto conto di queste analisi.

Nel Piano di Sicurezza e Coordinamento è comunque stato previsto un sistema acustico di allerta che entri in funzione quando il serbatoio raggiunge quota 594,00 m s.m., che permetta alle maestranze di evacuare i piani di lavoro posti in prossimità del ciglio di sfioro in corpo diga.

6. CONCLUSIONI

Il presente progetto esecutivo, in perfetta continuità con il progetto definitivo approvato, descrive ed analizza gli interventi di adeguamento idraulico della diga di Cà Zul, consistenti nella modifica dello sfioratore in fregio allo sbarramento e nel sovrizzo del piano di coronamento della diga, a fronte della **nuova quota di massimo invaso di 599,00 m s.m.**, 1,00 m superiore rispetto a quella attuale.

Gli interventi sullo scarico di superficie in fregio alla diga prevedono il suo allargamento, trasformandolo dalle attuali 6 luci da 6,66 m a 4 luci da 11,25 m, per complessivi 45 m di luce sfiorante rispetto ai 40 m odierni.

Tutto il piano di coronamento della diga verrà sovrizzato: di 1,35 m (600,35 m s.m.) il ponte sullo sfioratore e di 1,00 m (600,00 m s.m.) la restante parte; per il rispetto del franco netto regolamentare verrà realizzato lungo il nuovo piano di coronamento un muretto paraonde in calcestruzzo armato fino a quota 600,40 m s.m.

La strada di accesso in sponda destra verrà sovrizzata per consentire di raggiungere la nuova quota di coronamento, e in prossimità della spalla della diga verrà costruito un nuovo ponte che permetterà un agevole ingresso di mezzi di grosse dimensioni sul nuovo coronamento ed allo stesso tempo garantirà un allargamento tale della carreggiata stradale da consentire anche l'accesso alla galleria stradale situata all'imposta dello sbarramento.

In sponda sinistra, a causa degli impianti ivi presenti, è stata prevista la soluzione di un sovrizzo paraonde pedonale a quota 600,40 m s.m., che consente il rispetto del franco netto regolamentare.

Le verifiche strutturali e sismiche di tutte le opere strutturali previste in appalto sono state condotte in ottemperanza al D.M. 14.01.2008, adottando una vita nominale di 100 anni ed una classe d'uso IV.

I ponti, sullo sfioratore e in sponda destra, sono stati dimensionati di II Categoria (D.M. 14.01.2008), così da ottemperare ampiamente alla necessità del Concessionario di fare transitare su essi un'autogru da 40 ton per operazioni di manutenzione in sponda sinistra.

Durante gli interventi lungo lo sfioratore è stata prevista per ragioni di sicurezza una limitazione d'invaso a 593,00 m s.m., con il serbatoio che verrà gestito in caso di piene dallo scarico di fondo e da quello di superficie in sponda sinistra.

L'accesso alla spalla sinistra della diga, e quindi alla casa di guardia, sarà sempre garantito durante tutti i lavori grazie al nuovo accesso che verrà

realizzato in sponda destra all'inizio degli interventi, che permetterà di raggiungere la passerella esistente lungo il paramento di valle dello sbarramento a quota 580 m s.m.

Dott. Ing. Carlo Claudio MARCELLO