



DIGA DI ZOLEZZI

PROGETTO DI ADEGUAMENTO

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GENERALE E PROGRAMMA DEI LAVORI

INDICE

1. PREMESSA	1
2. STATO DI FATTO	3
3. DATI CARATTERISTICI DELLA DIGA E DEL SERBATOIO.....	7
4. DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE	8
4.1 SFIORATORE IN CORPO DIGA.....	8
4.2 IRRIGIDIMENTO DELLA VOLTA ED ANCORAGGIO DELLO SFIORATORE	9
4.3 APPESANTIMENTO DEI CONTRAFFORTI E DELLE ALI A GRAVITÀ	12
5. SINTESI DEGLI STUDI E DELLE INDAGINI.....	13
5.1 MATERIALI E FONDAZIONI.....	13
5.2 GEOLOGIA E GEOTECNICA	15
6. DESCRIZIONE ED ESECUZIONE DELLE OPERE	17
6.1 CANTIERE.....	17
6.2 VINCOLI IDROLOGICI E DI SICUREZZA	19
6.3 CARATTERIZZAZIONE DEL CALCESTRUZZO.....	20
6.4 ADEGUAMENTO SCARICO DI SUPERFICIE ED IRRIGIDIMENTO DELLE VOLTE.....	21
6.4.1 MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE OPERE.....	21
6.5 SPERONI E SPALLE A GRAVITÀ.....	23
6.5.1 MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE OPERE.....	23
6.6 PONTE PEDONALE A CORONAMENTO.....	24
6.7 ADEGUAMENTO OPERA DI PRESA.....	25
6.8 NUOVO LOCALE DI MANOVRA DELLO SCARICO DI FONDO	28
6.9 INTERVENTI ALLO SCARICO DI FONDO.....	29
6.10 LOCALE G.E.	30
6.11 CONDOTTA DERIVAZIONE	30
6.12 NUOVO SISTEMA DI RILASCIO DEL DEFLUSSO MINIMO VITALE.....	30
6.13 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE.....	32

7. MONITORAGGIO	34
7.1 TRIANGOLAZIONE	34
7.2 PENDOLO	35
7.3 ALTRE COMPONENTI DELL'IMPIANTO	35
8. PROGRAMMA DEI LAVORI	37
9. CONCLUSIONI	40

ALLEGATO 1: PROGRAMMA DEI LAVORI

1. PREMESSA

Il presente Progetto Esecutivo è stato sviluppato in perfetta continuità con il progetto definitivo – Giugno 2012, approvato con parere positivo dalla Direzione Generale per le Dighe con nota 0015113 del 27.12.2012.

Il progetto prevede l'adeguamento dello scarico di superficie nei confronti della nuova piena millenaria, con conseguente irrigidimento della volta, e l'appesantimento dei contrafforti e delle spalle a gravità per fare sì che la struttura risulti verificata allo scorrimento.

In progetto sono previsti anche altri interventi minori di adeguamento dell'impianto, dettati dall'opportunità della presenza del cantiere.

Il presente progetto esecutivo si è basato su nuovi rilievi topografici, eseguiti recentemente, della diga e delle sue opere accessorie. Questi rilievi hanno rivelato una leggera differenza di quota dello scarico di fondo rispetto a quanto indicato nel Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione, assolutamente ininfluente per l'esecuzione dei lavori; risulta infatti che l'asse di questo scarico sia a 335,60 m s.m. e non a 336,00 m s.m.

Nella nota sopra citata della Direzione Generale per le Dighe sono riportate in calce tre prescrizioni:

1. *“in fase esecutiva realizzare una fascia impermeabilizzante sul paramento di monte della struttura laterale a gravità in sponda sinistra, per completare la sigillatura alla base della parete della cabina di manovra dello scarico di fondo (q. 355 m s.l.m.)”*

Il paramento di monte della diga è rivestito da una membrana in PVC, messa in opera negli anni '90 con ottimi risultati di esercizio. Questa membrana lungo le spalle a gravità è risvoltata fino a 352,50 m s.m., 50 cm sopra la quota di massima regolazione. Non si comprende pertanto la necessità di andare a realizzare una fascia impermeabile in corrispondenza della cabina di manovra dello scarico di fondo considerando anche che fino ad oggi non risultano perdite o problemi di tenuta in questa zona, che è comunque ben superiore alle normali quote di gestione del serbatoio. Comunque durante i lavori, approfittando dello svasso del serbatoio, verrà eseguita una accurata ispezione di questa porzione del paramento di monte sopra la membrana in PVC e qualora risultasse deteriorata verranno stuccate le fughe tra i bolognini ed eventualmente anche rivestita con un trattamento impermeabilizzante.

2. *“durante l'esecuzione dei lavori ed in particolare prima degli scavi di sbancamento da realizzare a valle delle ali a gravità e fino al*

completamento dei getti di ampliamento e dei successivi rinterrì, l'invaso dovrà essere mantenuto a quota ≤ 348 m s.l.m."

Questa prescrizione è stata recepita, come si può vedere dal programma lavori allegato al presente documento (v. Allegato 1); si è infatti previsto che sia per i lavori allo sfioratore che per gli appesantimenti della diga, dall'inizio degli scavi e fino a rinterrì ultimati, il livello di invaso venga limitato a 348,00 m s.m.

3. *"durante l'esecuzione dei lavori, allo scopo di confermare i valori di permeabilità della roccia di fondazione delle ali a gravità, eseguire almeno due ulteriori sondaggi (uno per ciascuna spalla), con relative prove di permeabilità."*

Questa prescrizione è stata recepita, infatti in progetto è stato previsto di eseguire un sondaggio a carotaggio continuo per ciascuna spalla a gravità, con relative prove d'acqua, per confermare i valori di permeabilità della roccia. Le posizioni di questi sondaggi, e conseguentemente le quote delle prove d'acqua, verranno stabilite sul posto dalla D.L. una volta aperti gli scavi.

2. STATO DI FATTO

La diga di Zolezzi, costruita negli anni 1922-1923, sbarrava il Torrente Penna, affluente sinistro del Torrente Sturla, nel Comune di Borzonasca; lo sbarramento crea un bacino di compensazione giornaliero per le centrali idroelettriche di S. Michele e Borzonasca.

La diga è costituita da un arco in calcestruzzo armato impostato nella parte bassa contro le sponde rocciose del torrente e, nella parte alta, contro due contrafforti in muratura. Sui fianchi lo sbarramento è completato da due ali di diga a gravità.

La diga è munita di due scarichi: uno di superficie, costituito da una soglia sfiorante a quota 352,00 m s.m. in fregio alla volta, e uno di fondo consistente in una tubazione metallica Ø1000 che attraversa la base della volta con asse a quota 335,60 m s.m., intercettata a monte da una paratoia a lente.

In Figura 1 si può vedere una planimetria della diga.

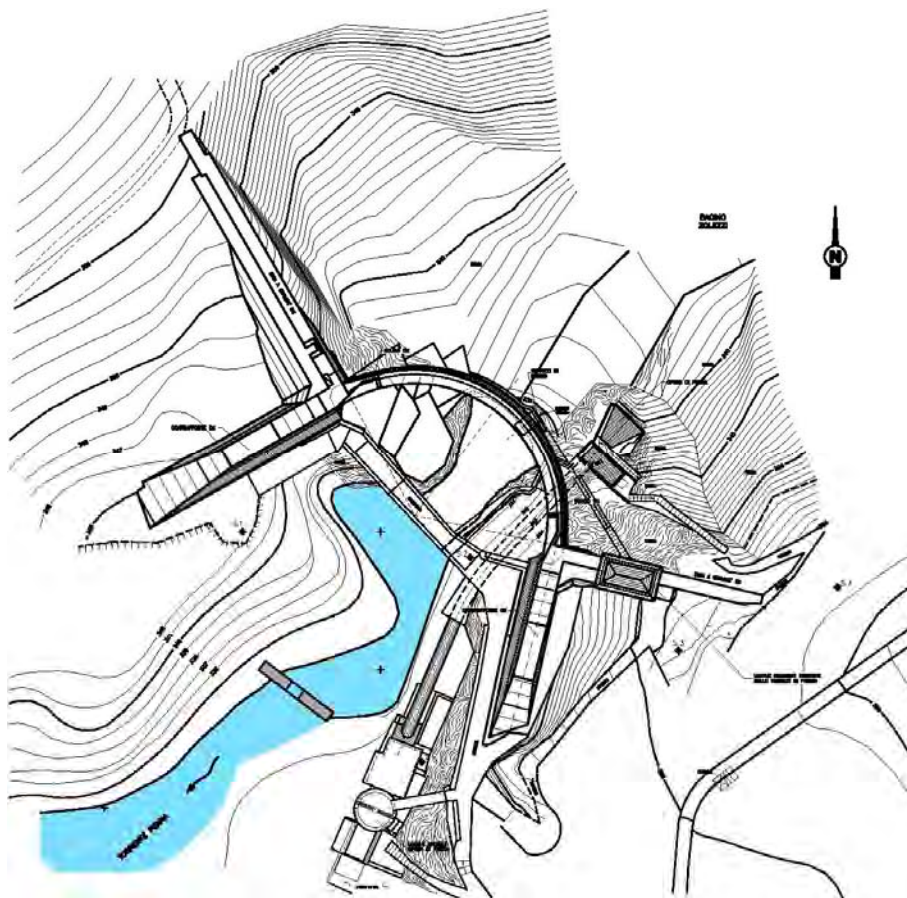


Figura 1

In planimetria si possono vedere anche il locale di manovra della paratoia

dello scarico di fondo, sulla spalla a gravità in sinistra, e l'imbocco dell'opera di presa, sempre in sinistra.

In Figura 2 è riportata invece la sezione della volta in asse allo scarico di fondo.

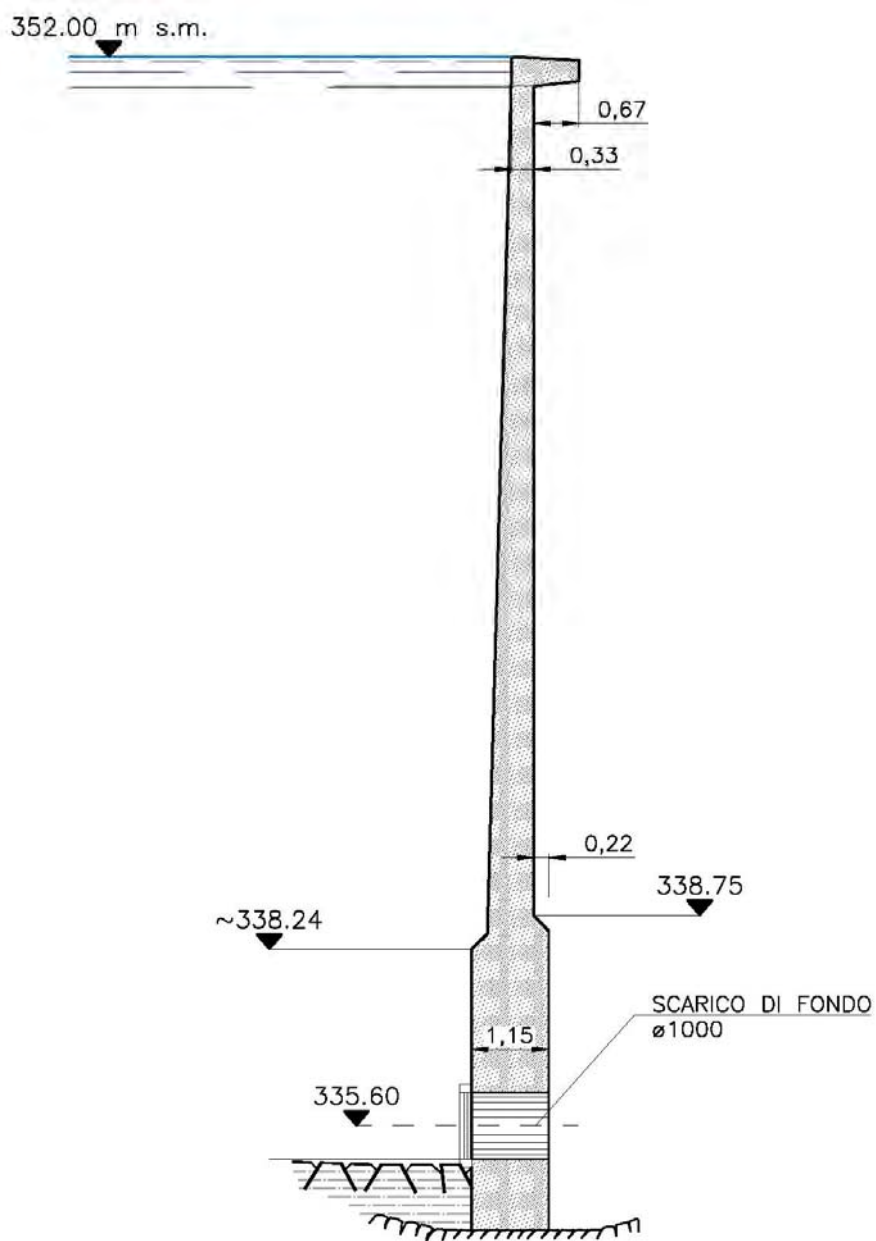


Figura 2

L'arco della diga ha generatrici verticali e direttrice circolare di 10,30 m di raggio, con angolo al centro di 130°.

I contrafforti sono degradanti verso valle ed in direzione tangente all'arco della diga, hanno spessore di 1,50 m in sommità (356,00 m s.m.); la superficie di monte è verticale mentre quella di valle è caratterizzata da due tratti inclinati

con pendenza a 45° intervallati a 352 m s.m. da una risega orizzontale di 4 m di lunghezza.

I due tratti di diga a gravità sono perpendicolari ai relativi contrafforti e si addentrano nei versanti per una lunghezza di circa 21 m in sponda destra e 16 m in sinistra; il loro spessore è di 1 m all'attuale quota coronamento (356,00 m s.m.).

Nella Figura 3 e nella Figura 4 si possono vedere rispettivamente una vista da monte e da valle dello sbarramento.



Figura 3



Figura 4

3. DATI CARATTERISTICI DELLA DIGA E DEL SERBATOIO

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

Tipo di diga ai sensi del D.M. 24.03.1982: Ab1 (ad arco)

Superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso	17	km ²
Volume utile di regolazione (batimetria 2005)	~ 34.000	m ³
Altezza della diga (D.M. 24.03.1982)	23,00	m
Altezza della diga (L. 584/94)	22,00	m
Quota di massimo invaso	355,00	m s.m.
Quota di massima regolazione	352,00	m s.m.
Quota del piano di coronamento	356,00	m s.m.
Franco	1,00	m
Portata di massima piena di progetto	190,60	m ³ /s

Tabella 1

Come anticipato in premessa e descritto dettagliatamente nel seguito, gli interventi in progetto consistono principalmente nell'adeguamento dello scarico di superficie alla nuova piena millenaria, modificando la conformazione del ciglio sfiorante, con conseguente irrigidimento della volta, e nell'appesantimento delle strutture a gravità (spalle e contrafforti) che non risultano verificate allo scorrimento.

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: Ab1 (ad arco)

Superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso	17	km ²
Volume utile di regolazione (batimetria 2005)	~ 34.000	m ³
Altezza della diga (D.M. 24.03.1982)	23,50	m
Altezza della diga (L. 584/94)	22,50	m
Quota di massimo invaso	355,41	m s.m.
Quota di massima regolazione	352,00	m s.m.
Quota del piano di coronamento	356,50	m s.m.
Franco	1,09	m
Portata di massima piena di progetto (Q ₁₀₀₀)	321	m ³ /s

Tabella 2

4. DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE

4.1 SFIORATORE IN CORPO DIGA

Il dispositivo attuale di sfioro libero sopra la diga ad arco, a fronte della nuova piena millenaria, presenta alcuni aspetti che necessitano delle seguenti osservazioni di tipo tecnico.

La prima e più importante riguarda le possibili azioni idrodinamiche causate dallo sfioro di una lama d'acqua di 3 m su una trave orizzontale di 1 m di larghezza, a spigolo vivo verso monte. Un evento di questo tipo dà luogo ad azioni pulsanti, di determinazione difficile ed incerta, soprattutto riguardo agli effetti sulla sottostante voltina sottile.

Il più importante evento di cui si ha testimonianza riguarderebbe una piena di 45 m³/s, cui corrisponde un'altezza di sfioro di 1,22 m.

La seconda osservazione riguarda la presenza, ai lati della zona sfiorante di due "scudi" di oltre 2 m di lunghezza ciascuno, ipoteticamente previsti per evitare che le acque che si approssimano al ciglio sfiorante possano "dilavare e/o erodere la superficie delle due ali a gravità" (?!). Oltre alla consistente riduzione della luce libera (~ 22%) tale dispositivo causa una contrazione laterale che comporta ulteriore riduzione di portata a parità di carico idraulico, ma soprattutto, può aggravare irregolarità, pulsazioni e vibrazioni innescate dal primo fenomeno.

Vista la forma dell'invaso subito a monte della diga, l'abolizione di tali scudi contribuisce ad assicurare una regolare e corretta alimentazione di tutta la soglia sfiorante: non disturba la presenza in sinistra dei meccanismi di manovra dello scarico di fondo, mentre andranno rilocati in destra il dispositivo a galleggiante e in sinistra la stadia per le misure del livello di invaso.

Con queste premesse, in progetto è stato previsto di realizzare un nuovo ciglio di sfioro, pertanto verrà demolito l'attuale e gli scudi laterali, favorendo quindi una migliore alimentazione dello sfioratore e minimizzando il carico idrico sulla soglia.

La nuova conformazione dello sfioratore, realizzato in calcestruzzo armato, è stata studiata per massimizzare il coefficiente di efflusso e allo stesso tempo minimizzare gli effetti dinamici in condizioni di elevati carichi idrici sulla soglia.

La nuova conformazione dello scarico garantisce anche in ogni condizione la perfetta aerazione alla superficie inferiore del flusso idrico, favorendo l'immissione di aria sotto il lembo di valle della soglia.

In Figura 5 è riportata la sovrapposizione tra configurazione attuale del ciglio di sfioro (tratteggiata) e quella di progetto.

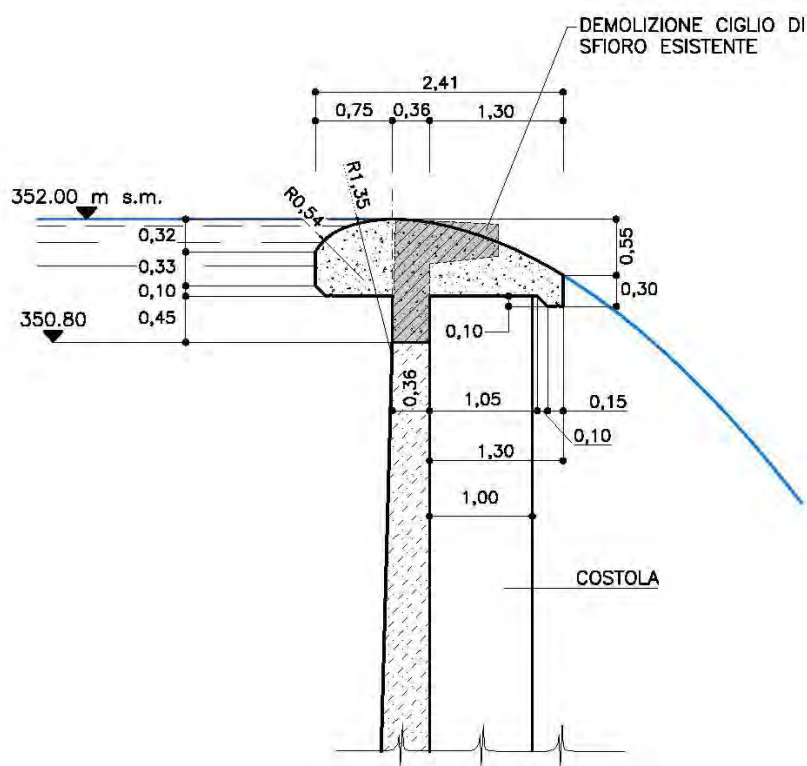


Figura 5

Con questa configurazione dello scarico di superficie in corpo diga, la nuova portata al colmo dell'onda di piena millenaria, $321 \text{ m}^3/\text{s}$, viene evacuata con una nuova quota di massimo invaso di $355,41 \text{ m s.m.}$

Il dimensionamento idraulico di dettaglio del nuovo ciglio di sfioro è riportato nella "Relazione Idraulica" (All. A.03) del presente progetto.

4.2 IRRIGIDIMENTO DELLA VOLTA ED ANCORAGGIO DELLO SFIORATORE

La soluzione di ricostruire il ciglio di sfioro in corpo diga per evacuare la nuova portata millenaria ha imposto anche l'esecuzione di interventi di irrigidimento della volta della diga.

Infatti al variare del carico idrostatico di sfioro variano le azioni che la trave del nuovo ciglio di sfioro trasmetterebbe alla volta; si è quindi previsto un telaio di irrigidimento, costituito da tre costole verticali ed una trave orizzontale in calcestruzzo armato, che verrà solidarizzato alla volta e alla trave di sfioro (assorbendone i momenti torcenti).

Le costole verticali hanno una sezione trasversale di 1,00 x 0,40 m, mentre la trave orizzontale ha una sezione linearmente variabile da 1,50 x 0,65 m a 1,50 x 0,60 m.

Le costole verticali vanno dall'intradosso del ciglio di sfioro dello scarico di superficie, a cui sono collegate le armature, fino ai gradoni in calcestruzzo a valle della diga; la trave orizzontale avrà l'estradosso a quota 343,50 m s.m. e sarà impostata lateralmente agli stessi gradoni.

Queste nuove strutture saranno ancorate sia al calcestruzzo della volta che dei gradoni tramite barre di armatura inghisate con resina epossidica, come si può vedere dai disegni di progetto.

In Figura 6 è riportata la vista del paramento di valle della diga a fine interventi, dove si possono vedere le tre costole verticali e la trave orizzontale in questione, oltre al nuovo ciglio di sfioro.

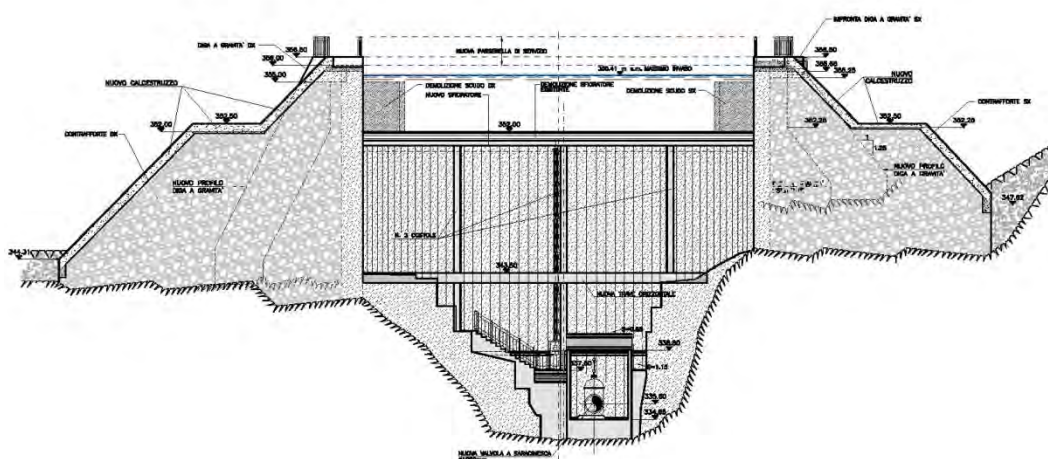


Figura 6

L'immorsamento ed incastro del ciglio di sfioro alle imposte della volta è stato realizzato mediante la creazione di due ringrossi in calcestruzzo armato, collegati strutturalmente sia allo sfioratore che ai getti di appesantimento dei contrafforti; questi ringrossi, uno per imposta, sono inoltre collegati mediante inghisaggi alle strutture esistenti.

Questi due ringrossi laterali alle imposte del ciglio di sfioro sono fondati sui gradoni di fondazione della volta, e sono a sezione variabile a causa della conformazione della diga. In Figura 7 si riporta la sezione di questo rinforzo a quota 351,40 m s.m. all'imposta del nuovo sfioratore. In Figura 7 quella indicata come "probabile struttura esistente" è l'imposta della volta, interna alle strutture in pietrame, ricostruita sulla base dei disegni di consistenza dell'epoca (v. Figura 10).

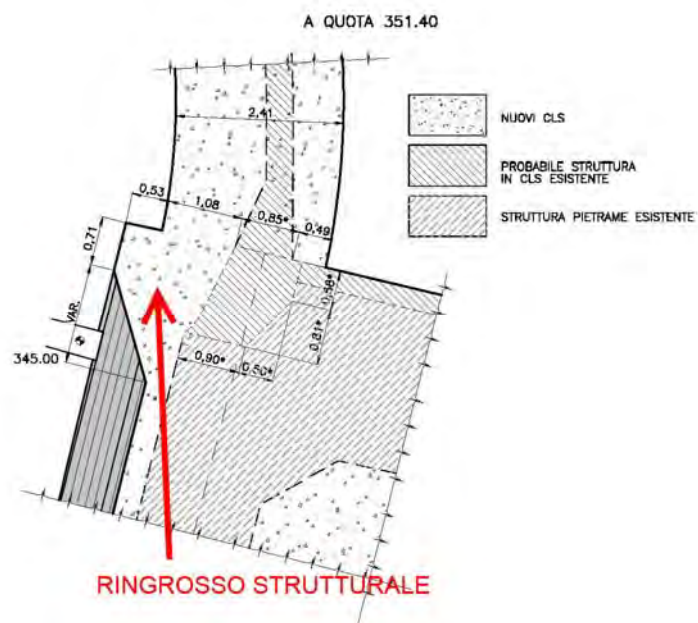


Figura 7

In Figura 8 si riporta l'armatura di questa stessa sezione, in cui si può vedere come questi ringrossi terminali dello sfioratore siano collegati strutturalmente ai nuovi getti ed inghisati alle strutture esistenti.

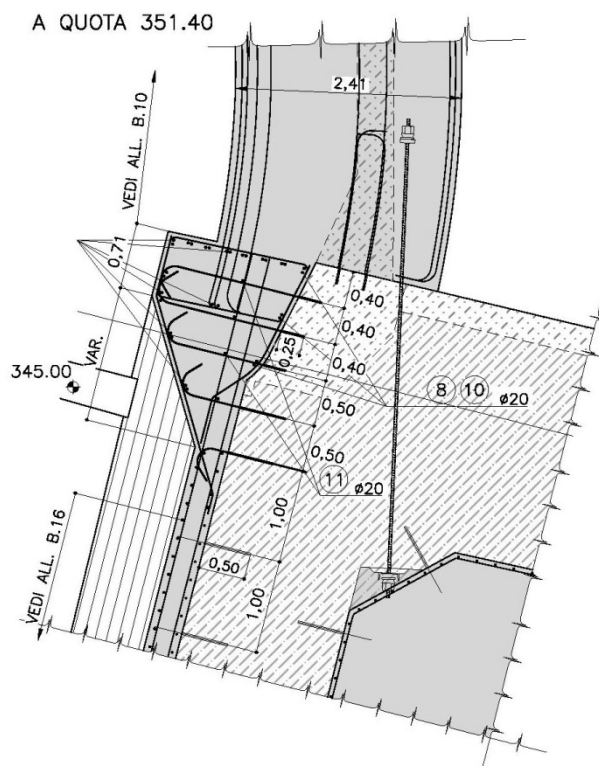


Figura 8

In Figura 8 si può vedere anche la barra in acciaio tipo dywidag che è stata prevista, per garantire ulteriormente l'ancoraggio strutturale del nuovo ciglio di sfioro alle imposte; queste barre, una per ciascuna imposta, verranno annegate nel getto del nuovo ciglio di sfioro e quindi, mediante una perforazione $\varnothing 5$ cm attraverseranno il contrafforte per raggiungere la sua superficie di estradosso. Mediante carpenterie metalliche di contrasto queste barre verranno pretesate fino a 20 kN e quindi saranno successivamente annegate nei getti di appesantimento delle strutture a gravità.

Le verifiche strutturali di queste opere sono riportate nella Relazione di calcolo allegata a questo progetto (v. All. A.04). Le sollecitazioni agenti su queste strutture nelle diverse combinazioni di carico sono state determinate dalle analisi numeriche ad elementi finiti del progetto definitivo (eseguite da RSE) che si allegano alla Relazione di calcolo del presente progetto.

4.3 APPESANTIMENTO DEI CONTRAFFORTI E DELLE ALI A GRAVITÀ

Le strutture a gravità della diga, spalle e contrafforti, nella configurazione attuale non risultano verificate allo scorrimento (T/N). In progetto è stato pertanto previsto il loro appesantimento con getti di calcestruzzo armato, solidarizzati alle strutture esistenti tramite l'inghisaggio di barre di armatura.

I dimensionamenti degli appesantimenti sono stati verificati in sede di progettazione definitiva mediante le analisi numeriche ad elementi finiti della diga, dove sono riportate anche le verifiche allo scorrimento; queste verifiche sono allegate alla Relazione di calcolo del presente progetto.

Per i contrafforti si è previsto un appesantimento di 50 cm sulla parte superiore, 70 cm lungo la superficie verso la sponda e 35 cm lungo quella verso l'alveo. Il rivestimento interno di minore spessore è per non ridurre eccessivamente il percorso pedonale ivi presente e anche a fronte della presenza dello sfioratore.

Per le spalle a gravità gli appesantimenti si sono previsti in sommità e lungo il paramento di valle; i nuovi getti avranno una pendenza di circa 30° rispetto alla verticale e raggiungeranno uno spessore massimo di circa 3 m. Sulla parte superiore i getti avranno uno spessore minimo di 50 cm e determineranno un allargamento del piano di coronamento di 1 m, portandone la lunghezza complessiva a 3 m.

Si avrà pertanto una nuova quota di coronamento di 356,50 m s.m., con un franco di oltre 1 m rispetto al nuovo livello di massimo invaso (355,41 m s.m.).

Questi rivestimenti in calcestruzzo miglioreranno la difesa delle strutture a gravità contro le infiltrazioni dovute ad eventi meteorici.

5. SINTESI DEGLI STUDI E DELLE INDAGINI

5.1 MATERIALI E FONDAZIONI

La diga di Zolezzi è stata oggetto negli anni di svariate indagini dirette (carotaggi) e indirette (geosismica), volte a definire le caratteristiche tecniche dei materiali nelle sue diverse parti strutturali, e della roccia di fondazione.

Queste indagini hanno permesso di definire come i contrafforti e i muri a gravità siano costituiti da blocchi di pietrame squadrato, prevalentemente arenarie e calcari marnosi, in corsi allettati da strati di conglomerato cementizio, con inerti alluvionali e pezzature sino a 20÷30 mm.

Si riporta la descrizione di Enel-Hydro nello "Studio preliminare per l'adeguamento dello scarico di superficie" del 2004, ben evidenziata anche dalla foto di Figura 9:

"La tipologia costruttiva seguita per la muratura dei contrafforti è stata concepita con il chiaro obiettivo di fornire margini aggiuntivi per la sicurezza alla stabilità allo scorrimento di tali elementi. Infatti la muratura è costituita da blocchi di pietra ben squadrate disposti secondo corsi a giacitura variabile. Il triangolo con inclinazione di circa 45° e vertice sulla testa dello sperone a monte è infatti realizzato secondo corsi orizzontali, mentre la restante parte è stata realizzata con corsi inclinati perpendicolari alla diagonale del triangolo e, quindi, a favore di sicurezza per la stabilità allo scorrimento. L'estensione della fascia di muratura realizzata a corsi inclinati cresce lungo l'elevazione e, in corrispondenza della sezione d'imposta, interessa circa il 45% della larghezza dello sperone."



Figura 9

Il "nodo" tra l'arco, i contrafforti e le spalle a gravità è costituito da due strutture verticali in calcestruzzo armato, più spesse dell'arco, che sono collegate ai contrafforti e alle dighe a gravità tramite barre di armatura annegate nel loro calcestruzzo, come risulta dal disegno di consistenza di Figura 10. Da questo disegno di consistenza risulta anche una fitta armatura della volta: longitudinale $\varnothing 10$ mm e verticale $\varnothing 7$ mm.

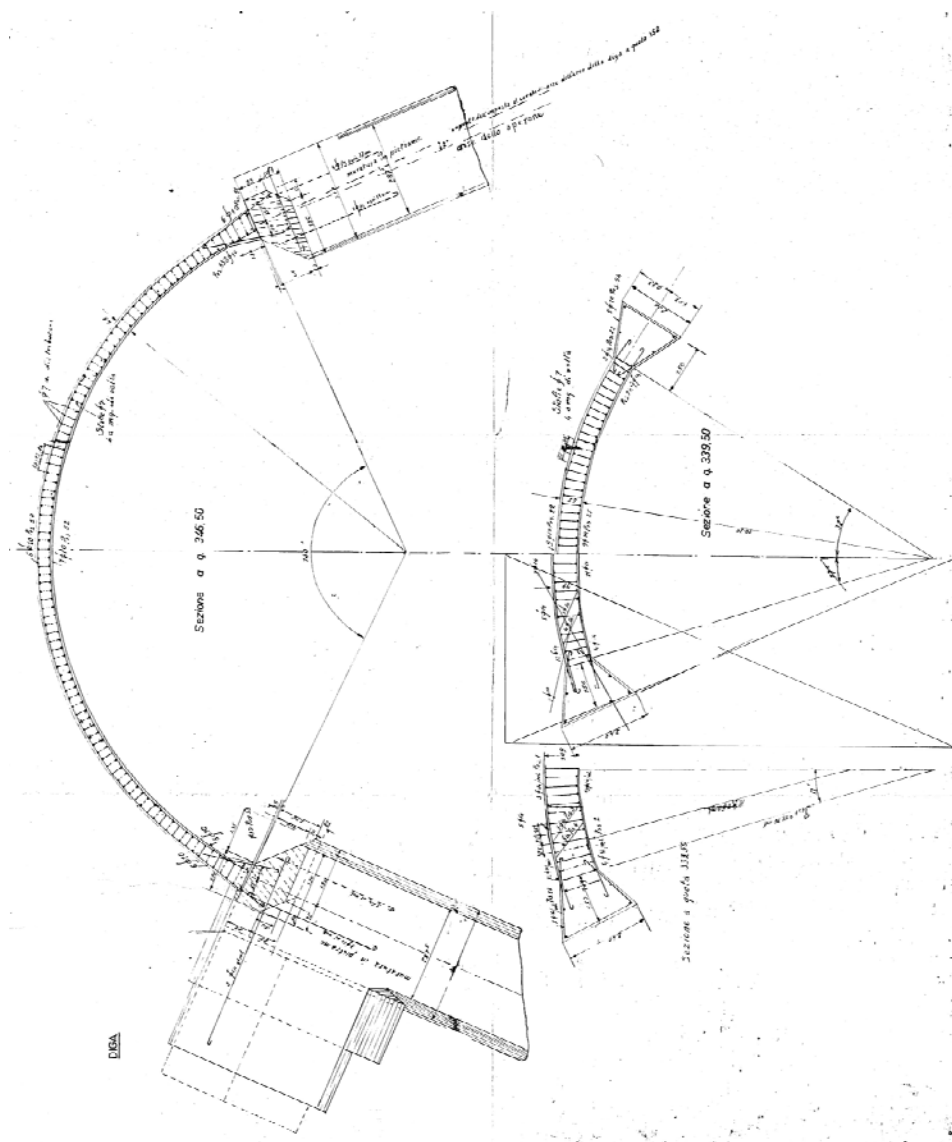


Figura 10

Le ultime due campagne di indagini dirette sulla diga hanno permesso di caratterizzarne i materiali e i piani di fondazione.

Le indagini eseguite negli anni '90 (già trasmesse all'allora Servizio Dighe) hanno investigato i materiali costituenti le spalle, i contrafforti e le fondazioni della diga ad arco (non sono stati prelevati campioni dall'arco, data la sua snellezza, bensì dai gradoni di fondazione realizzati con lo stesso calcestruzzo).

Le prove di laboratorio sui campioni prelevati hanno determinato per il calcestruzzo della volta e delle sue imposte un peso di volume γ di 23,1 kN/m³, una resistenza caratteristica a compressione R_{bk} di 18,58 MPa e un modulo elastico E di 15670 MPa. Questi parametri sono stati utilizzati nelle analisi numeriche ad elementi finiti della diga (v. All. A.04).

L'ultima campagna di indagini, eseguita dalla ditta Terra S.r.l. nel 2005, è servita invece soprattutto a determinare le quote dei piani di fondazione delle strutture a gravità, in particolare dei contrafforti. Grazie a queste informazioni è stato infatti possibile determinare lo stato di fatto delle opere.

In queste indagini sono anche state eseguite delle prove di laboratorio su alcune carote estratte dal calcestruzzo di queste strutture a gravità (spalle e contrafforti). Le prove sui pochi campioni di calcestruzzo hanno dato valori piuttosto uniformi (fatta eccezione per il campione del sondaggio A2), con pesi di volume dell'ordine dei 23 kN/m³ e resistenze a compressione monoassiale cilindrica di 15,3 ÷ 17,5 MPa. Il rapporto finale di questa ultima campagna di indagini, già allegato al progetto definitivo, viene allegato anche al presente progetto, in calce alla Relazione geologica e geotecnica (v. All. A.02), per completezza di documentazione.

5.2 GEOLOGIA E GEOTECNICA

Nell'All. A.02 ("Relazione geologica e geotecnica") allegata al presente progetto si riportano i risultati degli studi di carattere geologico, geomorfologico e geostrutturale eseguiti nel 1989-1990 da Ismes sulla diga e sulle sponde del serbatoio. Nel documento si riferisce anche in merito agli esiti delle indagini strutturali e geognostiche eseguite sulla diga e sul suo ammasso roccioso di fondazione.

Dall'inquadramento geologico emerge che i litotipi affioranti nel bacino appartengono ai cosiddetti "complessi di base", delle unità tettoniche liguri e in particolare a quello definito "Complesso del Casanova": corpi prevalentemente argillitici o argillitico arenacei.

I rilievi geologici di dettaglio hanno evidenziato come la roccia di fondazione della diga si presenti da molto compatta a mediamente fratturata, con discontinuità in genere prive di riempimento. Considerazioni che consentono di affermare che non vi siano problemi di stabilità, come d'altronde è testimoniato da 90 anni di regolare esercizio dello sbarramento.

Emerge inoltre l'assenza di fenomeni di instabilità dei versanti in atto o potenziali. La stabilità delle sponde è assicurata dalla presenza del substrato roccioso affiorante o sub-affiorante su entrambi i versanti.

Nel testo vengono riportati anche i principali risultati delle ultime campagne di indagini dirette (sondaggi) e indirette (geofisica) eseguite sulla diga e sulla roccia di imposta.

Durante le ultime indagini eseguite dalla ditta Terra S.r.l. nel 2005, di cui è allegato al testo il rapporto conclusivo, sono state eseguite anche prove di permeabilità del substrato roccioso delle spalle, ottenendo valori di permeabilità molto bassi ed omogenei, compresi tra $1,10 \times 10^{-6}$ e $4,00 \times 10^{-8}$ m/s; valori che permettono di ritenere l'ammasso di fondazione praticamente impermeabile. A verifica di questi valori di permeabilità, come richiesto dalla Direzione Generale per le Dighe, verranno eseguiti due sondaggi a carotaggio continuo nella roccia di fondazione delle spalle entro cui verranno eseguite delle prove d'acqua. Le posizioni di questi sondaggi, e conseguentemente le quote delle prove d'acqua, verranno stabilite sul posto dalla D.L. una volta aperti gli scavi.

6. DESCRIZIONE ED ESECUZIONE DELLE OPERE

6.1 CANTIERE

Attualmente la diga di Zolezzi è accessibile attraverso un sentiero pedonale di circa 700 m di sviluppo che si diparte dalla strada provinciale.

Si è previsto che le maestranze accedano al cantiere a piedi attraverso il sentiero esistente, mentre per l'approvvigionamento di mezzi, attrezzature e materiali verrà allestita una teleferica, soluzione adottata anche per la realizzazione della diga negli anni '20.

Questa soluzione della teleferica si è resa necessaria in quanto per ragioni di proprietà dei terreni e di vincoli autorizzativi il Concessionario ha riscontrato l'impossibilità ad eseguire una viabilità carrabile di accesso allo sbarramento.

A seguito di sopralluoghi di esperti di questi impianti di cantiere, si è reputato come migliore il tracciato indicativo della teleferica riportato in Figura 11, dove sono indicati gli ancoraggi e le stazioni di carico e scarico.

La stazione di carico di monte è stata prevista a quota circa 520 m s.m., in corrispondenza di uno spiazzo presente lungo la strada carrabile che conduce alla località di Zolezzi; la stazione di scarico è invece subito a valle della diga, in sponda destra, così da potere approvvigionare il cantiere.

Gli ancoraggi di monte e valle sono stati previsti rispettivamente a quote circa 525-530 m s.m. e 400-415 m s.m. Questi ancoraggi necessitano di fondazioni profonde e blocchi di ancoraggio che, viste le difficoltà di accesso, potranno essere realizzati mediante elicottero e con personale abilitato per lavori con fune.

Lo spiazzo lungo la strada per Zolezzi dove sarà allestita l'area di carico di monte della teleferica, sarà opportunamente sistemato dall'Appaltatore per consentire agli automezzi di fare manovra e di stoccare provvisoriamente parte di materiali e attrezzature.

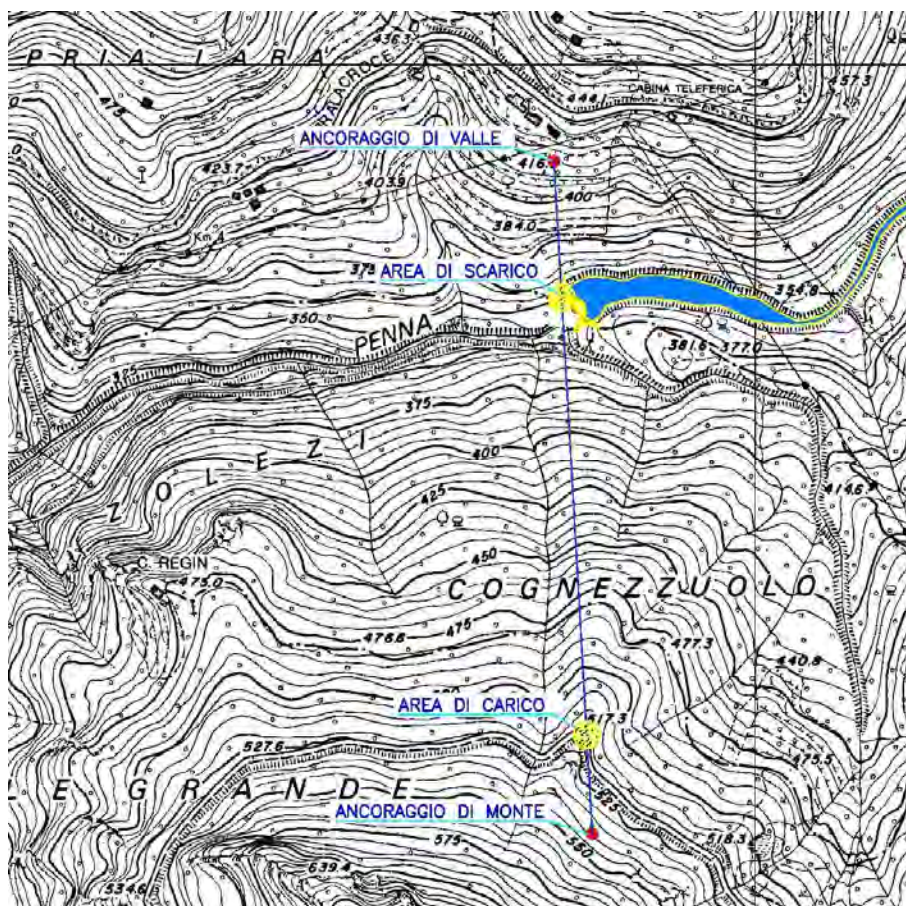


Figura 11

Le caratteristiche principali di questa teleferica sono:

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| - portata netta al gancio: | 70 quintali |
| - quota stazione di carico: | ~ 520 m s.m. |
| - stazione scarico: | a valle diga in sponda dx |
| - quota ancoraggio monte: | 525-530 m s.m. |
| - quota ancoraggio valle: | 400-415 m s.m. |
| - lunghezza portante: | ~ 550 m |

Una volta che la teleferica sarà operativa, si è previsto l'allestimento di una gru a torre a valle della diga, che durante i lavori sarà approvvigionata dalla teleferica. Questa gru avrà indicativamente una capacità di circa 60 quintali con uno sbraccio di circa 40-45 m e servirà per approvvigionare tutto il cantiere in diga. Infatti dato che la teleferica può movimentare carichi solo lungo il suo tracciato, questa gru a torre permetterà di servire tutto il cantiere.

La gru a torre verrà allestita mediante la teleferica su un basamento appositamente progettato e realizzato dall'Appaltatore.

In Figura 12 si riporta uno schema indicativo della gru a torre di cantiere.

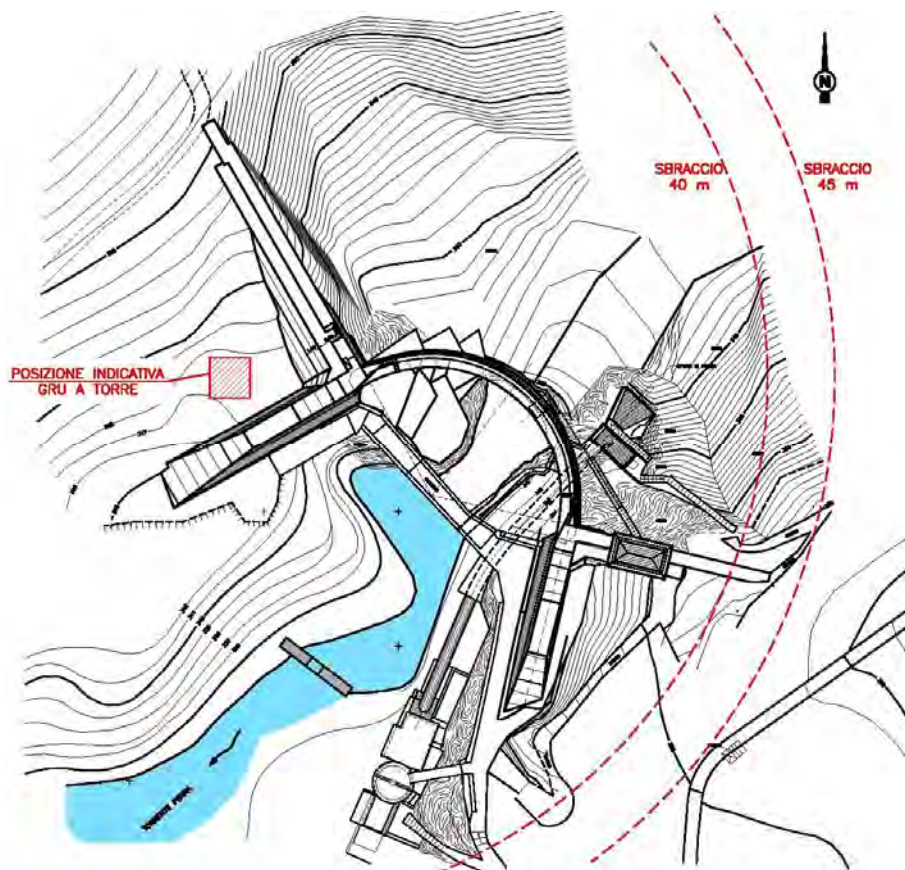


Figura 12

Tutti i mezzi e le attrezzature necessari per l'esecuzione dei lavori verranno trasportati mediante la teleferica ed assemblati/montati in cantiere con l'ausilio della gru a torre.

6.2 VINCOLI IDROLOGICI E DI SICUREZZA

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

I dati disponibili sono i livelli del serbatoio di 16 anni: dal 1996 al 2011.

Come prescritto dalla Direzione Generale per le Dighe, verrà limitato il livello del serbatoio a 348 m s.m. sia durante i lavori allo sfioratore e alla volta che per gli appesantimenti della diga, dall'inizio degli scavi e fino a rinterri ultimati.

Siccome la capacità dello scarico di fondo con invaso a 348 m s.m. è di 9,6 m³/s, si sono determinati nei 16 anni analizzati gli eventi che hanno determinato uno sfioro, e quindi una portata in ingresso al serbatoio, uguale o superiore a 9,6 m³/s (che nella configurazione attuale dello scarico di superficie corrisponde a livelli di invaso di oltre 352,42 m s.m.).

In Tabella 3 sono riportati i numeri degli eventi verificatisi ripartiti per mese.

Mese	N° eventi con $Q \geq 9,6 \text{ m}^3/\text{s}$ verificatisi negli anni 1996-2011
Gennaio	4
Febbraio	4
Marzo	2
Aprile	1
Maggio	0
Giugno	1
Luglio	0
Agosto	1
Settembre	1
Ottobre	7
Novembre	12
Dicembre	4

Tabella 3

Come si può vedere il numero di eventi di piena che si sono verificati in questi ultimi 16 anni, con portate uguali o superiori a $9,6 \text{ m}^3/\text{s}$, è estremamente basso. In ogni caso nella programmazione temporale dei lavori (v. § 8) si è tenuto conto di queste analisi, prevedendo infatti l'esecuzione degli interventi sul ciglio di sfioro tra maggio e settembre.

6.3 CARATTERIZZAZIONE DEL CALCESTRUZZO

Si è previsto l'impiego di due miscele di calcestruzzo: la miscela A verrà utilizzata per i getti di appesantimento delle spalle a gravità e dei contrafforti, mentre la miscela B verrà impiegata per il nuovo ciglio di sfioro e le strutture di irrigidimento e a contatto della volta.

La miscela A verrà utilizzata anche per la realizzazione degli altri nuovi getti previsti in progetto quali l'adeguamento dell'opera di presa e il nuovo locale di manovra dello scarico di fondo.

Queste miscele hanno le seguenti caratteristiche:

- Classe di resistenza: C (32/40)
- Classe di esposizione ambientale: XC4
- Classe di consistenza: S4

Quello che differenzia le miscele, è che la miscela B sarà a ritiro compensato, per ridurre le coazioni tra vecchi e nuovi calcestruzzi, e verrà quindi additivata con appositi prodotti antiritiro.

Prima dell'inizio dei getti 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. Si è previsto che il calcestruzzo per i getti non venga confezionato in cantiere, bensì presso un impianto di betonaggio qualificato esterno. Pertanto, viste le particolari modalità di trasporto del calcestruzzo, mediante la teleferica e la gru, la qualifica dovrà essere eseguita simulando il tempo che intercorrerà tra il confezionamento delle miscele e il getto; in particolare dovrà essere simulato il tempo di permanenza delle miscele nella betoniera e nel secchione della teleferica e della gru.

Inoltre, essendovi il rischio che possa essere superato il limite di 90 minuti per il getto delle miscele, in ottemperanza alle Linee Guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, l'Appaltatore, qualora non decida di allestire un impianto calcestruzzi presso la diga, potrà derogare al limite di 90 minuti presentando una apposita qualifica atta a dimostrare il mantenimento delle caratteristiche del calcestruzzo per tempi di getto superiori a 90 minuti. In ogni caso non potrà essere superato il limite di 120 minuti.

6.4 ADEGUAMENTO SCARICO DI SUPERFICIE ED IRRIGIDIMENTO DELLE VOLTE

6.4.1 MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE OPERE

Per eseguire gli interventi allo scarico di superficie e di irrigidimento della volta, verranno allestiti appositi ponteggi lungo il paramento di valle della diga, che a monte dello sfioratore saranno a sbalzo fino alla quota necessaria all'esecuzione degli interventi di demolizione, ricostruzione dello sfioratore e protezione della membrana in PVC. Questi ponteggi dovranno essere progettati e dimensionati dall'Appaltatore in modo da reggere il peso dei casseri e soprattutto del calcestruzzo in fase di getto.

L'Appaltatore potrà anche valutare, in sede di progettazione costruttiva, l'opportunità di prefabbricare l'intradosso del nuovo ciglio di sfioro, tale da costituire un cassero a perdere da completare con i getti in opera.

Prima ancora di allestire i ponteggi dovrà essere messo in opera un prolungamento provvisorio della condotta dello scarico di fondo ed adeguate protezioni, quali ture provvisorie e sistemi di aggottamento delle acque, per proteggere la zona di lavoro alla base dei ponteggi dalle acque restituite dallo scarico profondo della diga.

Una volta allestiti i ponteggi, si procederà con la demolizione dell'attuale ciglio di sfioro fino a quota 350,80 m s.m. Per potere fare questo verrà preventivamente tagliata alla stessa quota la membrana in PVC che ricopre il paramento di monte.

La demolizione verrà eseguita con piccoli martelli demolitori manuali; per ridurre la trasmissione delle vibrazioni verrà preventivamente eseguita una serie di piccoli fori accostati (con perforatrice manuale) lungo la superficie da tagliare, così da isolare parzialmente il calcestruzzo da demolire.

Anche le superfici a contatto della volta, lungo cui saranno gettate le strutture di irrigidimento, verranno in questa fase demolite superficialmente (scarificate) in modo da mettere in luce le barre di armatura superficiali.

La posizione delle barre di armatura esistenti nella volta e alla base dello sfioratore verrà preventivamente individuata mediante pacometro e saggi.

Il nuovo sfioratore verrà collegato strutturalmente soprattutto alle strutture di irrigidimento della volta, infatti il nuovo ciglio verrà gettato una volta che gli irrigidimenti al paramento di valle avranno raggiunto la sua quota di intradosso, così che i nuovi getti dello scarico di superficie possano essere immorsati e gravare su questi nuovi pilastri.

Sia il nuovo ciglio di sfioro che le strutture di irrigidimento della volta verranno collegate alle strutture esistenti mediante una fitta rete di inghisaggi strutturali alla volta e alle altre strutture esistenti; le barre di armatura saranno inghisate con resine epossidiche.

Inoltre, per realizzare l'incastro della trave dello sfioratore alle imposte, come simulato nelle modellazioni numeriche di calcolo della diga, è stato previsto, come descritto in precedenza, di ancorare le barre di armatura dello sfioratore alle sue imposte. Queste imposte, presenti in corrispondenza del nodo strutturale tra le spalle a gravità e i contrafforti, risultano costituite sulla base dei disegni dell'epoca (v. Figura 10) da strutture in calcestruzzo.

Come descritto al § 4.2, l'immorsamento ed incastro del ciglio di sfioro alle imposte della volta è stato garantito anche mediante la creazione di ringrossi in calcestruzzo armato, collegati strutturalmente sia allo sfioratore che ai getti di appesantimento dei contrafforti, e barre tipo dywidag che attraverseranno i contrafforti e verranno contrastate lungo la loro superficie di estradosso.

Tutte le superfici di imposta dei nuovi getti dello sfioratore e degli irrigidimenti verranno trattate in modo da avere una superficie sufficientemente ruvida, pulita e trattata con accurati getti di aria e acque in pressione, con la passivazione dei ferri di armatura esistenti e soprattutto con l'applicazione di adesivi per riprese di getto a base di resine epossidiche, per favorire il collegamento strutturale tra i nuovi getti e gli esistenti.

Lungo tutta la superficie di imposta del nuovo ciglio di sfioro verrà messo in opera un cordone bentonitico con la funzione di water-stop. Un cordone bentonitico è stato previsto anche lungo tutta la sagoma dello sfioratore al contatto con le imposte.

Per quanto riguarda le modalità di getto, le autobetoniere raggiungeranno il piazzale di carico della teleferica e da qui il calcestruzzo verrà versato in una benna da $2\div 2,5$ m³ di capacità e quindi trasportato con la teleferica fino alla gru o alla tramoggia di carico della pompa calcestruzzi. La tubazione della pompa o una benna movimentata con la gru consentiranno quindi di raggiungere tutte le aree di getto.

Durante i getti il personale opererà lungo i ponteggi precedentemente allestiti. Per la realizzazione del nuovo sfioratore e delle nuove strutture a contatto della volta, complessivamente si sono computati circa 130 m³ di calcestruzzo armato.

Una volta ultimati i getti, per proteggere ed impermeabilizzare il lembo superiore della membrana in PVC, verrà messa in opera a cavallo di essa e dei nuovi getti una fascia di acciaio inox alta 150 mm e spessa 4 mm, che verrà ancorata con bulloni Ø8 e un sigillante polimerico. In corrispondenza delle imposte questa fascia verrà risvoltata fino a sormontarsi con quella sommitale delle spalle a gravità.

Le piccole porzioni di paramento di monte tra il ciglio di sfioro e il risvolto della fascia in acciaio inox, si è previsto vengano impermeabilizzate mediante l'applicazione di una malta cementizia tissotropica fibrorinforzata rivestita da una malta bicomponente elastica impermeabilizzante.

A ulteriore garanzia della tenuta, la fascia in acciaio inox verrà risvoltata in modo da sormontare sia le sommità della membrana che questa nuova impermeabilizzazione superficiale.

6.5 SPERONI E SPALLE A GRAVITÀ

6.5.1 MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE OPERE

Questi nuovi getti saranno ancorati alle strutture esistenti e alla base verranno impostati sulla roccia di fondazione della diga. Inizialmente pertanto, per mettere in luce le fondazioni dei contrafforti e delle spalle, dovranno essere eseguiti scavi di sbancamento, per un volume complessivo di circa 1000 m³, piuttosto consistenti soprattutto verso le sponde dove il ricoprimento delle fondazioni è maggiore.

Le risulite degli scavi verranno riutilizzate per i successivi rinterri e per sistemazioni in sito secondo le indicazioni della D.L.; gli eventuali esuberi verranno trasportati a discarica.

Si è previsto che vengano allestiti lungo queste strutture a gravità dei ponteggi da cui potere operare per preparare e quindi eseguire i getti di appesantimento.

Da questi piani provvisionali si procederà inizialmente alla preparazione delle superfici di posa dei calcestruzzi tramite getti di acqua e aria in pressione, così da rimuovere tutte le sostanze organiche, in particolare tra le fughe dei bolognini.

Successivamente verranno inghisate barre di armatura con resine epossidiche, per 50 cm di profondità, per garantire la solidarizzazione tra le nuove strutture e le esistenti.

Come inghisaggi si sono previsti una barra $\varnothing 20/m^2$ che diventerà $\varnothing 22/m^2$ in corrispondenza delle imposte dove leggermente superiori sono gli sforzi di taglio lungo i piani di contatto (v. All. A.04).

Per la parte delle spalle a gravità che non verrà reinterrata e per la superficie interna dei contrafforti è stata prevista la realizzazione di una rete di drenaggi, consistenti in tubazioni $\varnothing 4$ cm in PVC che entreranno per circa 30 cm nelle strutture esistenti, all'interno di apposite perforazioni, e che verranno quindi annegate nei nuovi getti fino al loro estradosso.

I drenaggi per le spalle a gravità verranno eseguiti fino a quota circa 351 m s.m., mentre per i contrafforti, lungo la parete interna, fino a quota circa 349 m s.m.

Queste tubazioni saranno microfessurate solo nei loro primi 50 cm in modo da drenare la superficie di contatto tra strutture esistenti e nuovi getti.

Nei contrafforti questi drenaggi serviranno anche per drenare le acque provenienti dai versanti retrostanti.

I getti di appesantimento hanno un volume complessivo di circa 850 m³.

Il calcestruzzo per l'esecuzione di questi appesantimenti verrà approvvigionato secondo le stesse modalità precedentemente descritte per i getti in corrispondenza della volta.

6.6 PONTE PEDONALE A CORONAMENTO

Le verifiche idrauliche condotte (v. All. A.03) hanno evidenziato come in concomitanza di importanti eventi di piena le portate sfiorate dallo scarico di superficie andranno a colpire il ponticello pedonale presente subito a valle della diga.

Per questa ragione è stato previsto in progetto la realizzazione di una nuova passerella pedonale, a quota coronamento, che consentirà sempre il collegamento in sicurezza tra le spalle della diga.

Questo ponte pedonale ha una interasse tra gli appoggi di 19,30 m.

La sua struttura portante è costituita da due travi HEB 400 di lunghezza pari a 19,75 m che appoggiano su due spezzoni di rotaie; Trasversalmente le due travi

sono collegate, con interasse di 2,00 m, da traversi, formati da putrelle HEB 120, su cui appoggia il grigliato pedonale, con estradosso alla nuova quota di coronamento: 356,50 m s.m.

6.7 ADEGUAMENTO OPERA DI PRESA

Il Concessionario, approfittando della presenza del cantiere, ha deciso di eseguire interventi di miglioramento all'opera di presa, aventi come finalità la semplificazione delle manutenzioni periodiche.

L'opera di presa, come si può vedere in Figura 13, è costituita all'imbocco da un manufatto a pianta trapezia con pareti laterali inclinate verso monte, su cui è impostata una griglia di monte a sezione trapezia. Subito a valle è presente una seconda griglia (di valle) a sezione rettangolare orientata parallelamente al versante.



Figura 13

Entrambe queste griglie alimentano la derivazione che è costituita da una condotto $\varnothing 900$ che attraversa le fondazioni della diga e prosegue a valle di essa lungo il versante sinistro.

Attualmente gli interventi di manutenzione alle griglie prevedono una pulizia con attrezzi manuali eseguita da personale della Committente, che le può raggiungere tramite il percorso di scale visibile in Figura 14.



Figura 14

Innanzitutto il Concessionario ha deciso di modificare l'imbocco dell'opera di presa realizzando un manufatto, sempre a pianta trapezia ma con pareti laterali più alte, in grado di ospitare due griglie: una superiore e una frontale, in sostituzione della griglia di monte attuale, come si può vedere nella planimetria e nella vista frontale rispettivamente della Figura 15 e della Figura 16. Queste nuove griglie saranno costituite da listelli a profilo idrodinamico.

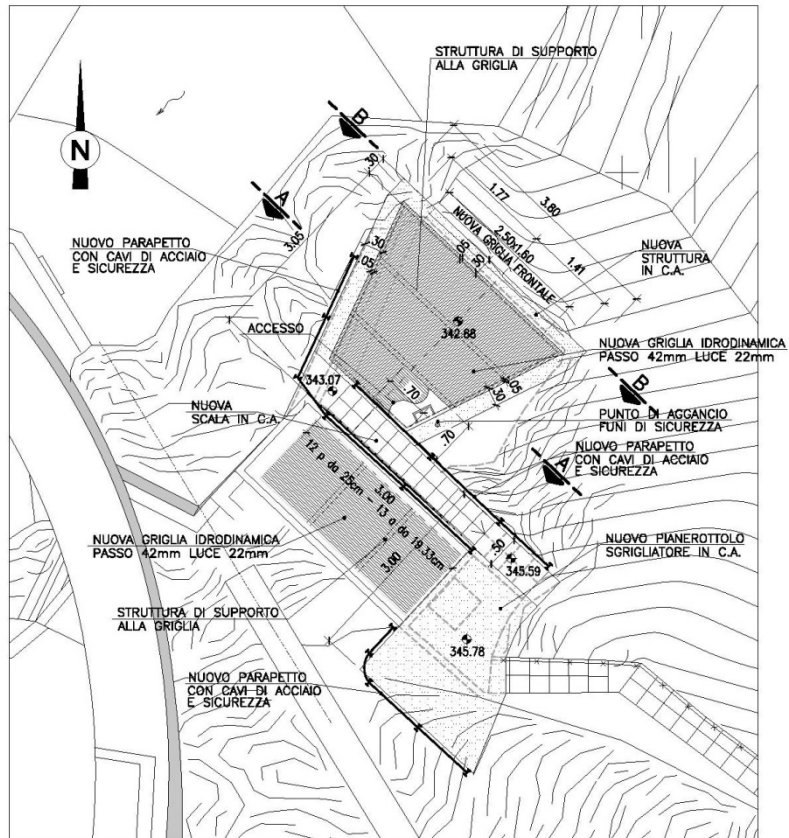


Figura 15

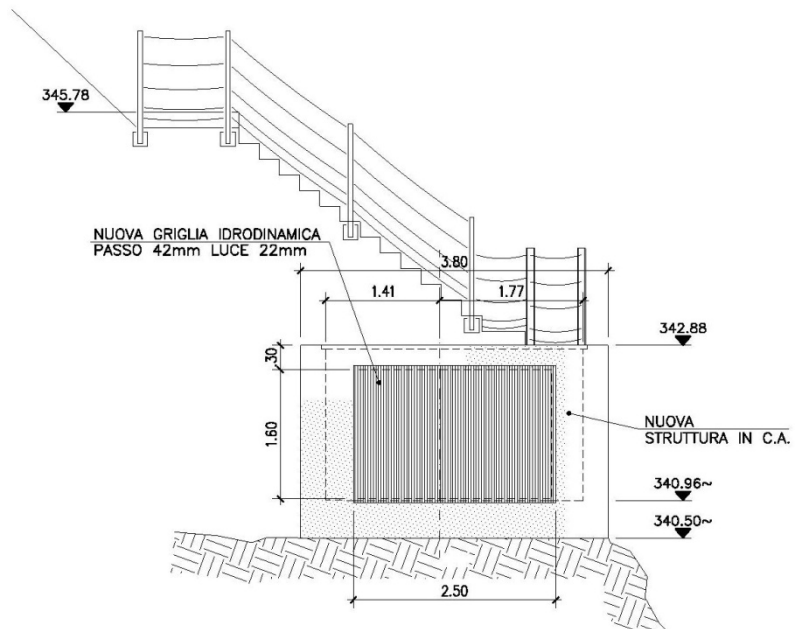


Figura 16

A quota 345,78 m s.m., sopra la griglia di valle dell'opera di presa, verrà invece realizzata una soletta in calcestruzzo armato, che in parte ingloberà gli scalini

preesistenti. Sopra questa soletta troverà sede un nuovo sgrigliatore che servirà per preservare il funzionamento di questa griglia.

Questo sgrigliatore dovrà potere operare sommerso e sarà alimentato da una centralina oleodinamica che verrà posizionata all'interno del locale di manovra dello scarico di fondo, unitamente al suo quadro di comando. Lateralmente allo sgrigliatore verrà allestita una pompa idrica con la finalità di liberare un getto d'acqua che pulisca periodicamente il suo pettine. Questa pompa idrica sarà collegata ad un quadro di azionamento che verrà allestito all'interno del locale di manovra dello scarico di fondo.

Anche questa griglia di valle dell'opera di presa sarà sostituita da una nuova avente listelli con profilo idrodinamico.

Per collegare con un percorso pedonale la soletta su cui poggerà lo sgrigliatore, a 345,78 m s.m., e il piano a quota 342,88 m s.m. della nuova griglia superiore all'imbocco, verranno realizzate delle nuove scale in calcestruzzo armato, fondate sulle esistenti.

Tramite questo nuovo percorso pedonale sarà possibile raggiungere il piano della griglia superiore del manufatto di imbocco e da qui accedere, mediante una botola di accesso nella griglia, ad una scaletta alla marinara che consentirà di ispezionare l'imbocco dell'opera di presa.

Lungo questo percorso pedonale, dovendo essere sommerso, sono stati previsti parapetti costituiti da montanti in acciaio e traversi in cavi metallici che risultano meno ostruibili da parte di corpi galleggianti. Lungo questo parapetto verrà allestito un cavo di sicurezza, con la funzione di linea vita, a cui dovrà vincolarsi, con la propria imbragatura, il personale della Committente che deve raggiungere l'imbocco dell'opera di presa. Questo cavo di sicurezza procederà quindi lungo la parete in calcestruzzo della nuova scala fino alla botola di accesso al manufatto di imbocco; qui è stato previsto un montante in acciaio, sempre con la funzione di vincolo per le imbragature del personale della Committente.

6.8 NUOVO LOCALE DI MANOVRA DELLO SCARICO DI FONDO

In progetto è previsto il completo rifacimento del locale di manovra dello scarico di fondo presente sulla spalla sinistra della diga, con un nuovo edificio, leggermente più lungo, con pareti e copertura in calcestruzzo armato.

Prima di iniziare le demolizioni di questo locale, l'Appaltatore dovrà smontare e mettere a riparo tutte le strumentazioni, le componenti impiantistiche e di monitoraggio presenti al suo interno (misuratore livello, telefono GSM satellitare,

quadri elettrici di comando,) che poi dovranno essere riallestiti all'interno del nuovo edificio affinché siano perfettamente funzionanti.

Particolare cura dovrà anche essere posta per proteggere il sistema di manovra dello scarico di fondo, presente all'interno di questo locale, che non potrà essere rimosso durante i lavori.

Le armature della soletta di questo nuovo edificio verranno collegate strutturalmente con inghisaggi ai calcestruzzi sottostanti della spalla a gravità.

Il nuovo manufatto sarà munito di due portoncini di ingresso laterali, come il locale odierno.

6.9 INTERVENTI ALLO SCARICO DI FONDO

Il Concessionario ha deciso di mettere in opera sullo scarico di fondo, subito a valle della diga, una nuova valvola a saracinesca, per avere un ulteriore organo di tenuta lungo questo scarico.

Questa valvola verrà collegata ad un nuovo tratto di condotta in acciaio ~Ø1000.

La nuova condotta, lunga circa 1 m, verrà saldata alla esistente ed anche ancorata, mediante una piastra appositamente sagomata, al paramento di valle della diga con barre di acciaio inghisate con resina epossidica.

Per evitare che le pressioni agenti sulla nuova valvola a saracinesca vengano trasmesse dagli inghisaggi della condotta al calcestruzzo della diga, è stato previsto di mettere in opera lungo la nuova condotta un giunto di dilatazione tipo Straub, ideale per il suo ridotto ingombro.

La spinta agente sulla valvola a saracinesca verrà quindi trasmessa, tramite il sistema di ancoraggio dimensionato dall'Appaltatore, al suo basamento in calcestruzzo armato, che è stato previsto di dimensioni tali da potere sopportare la spinta di circa 2 bar agente sulla valvola.

La nuova valvola verrà protetta dalle acque provenienti dallo scarico di superficie tramite una copertura metallica, costituita da profilati rivestiti da una lamiera in acciaio inox; questi profilati poggeranno su due pareti in calcestruzzo armato appositamente costruite. Questa copertura è stata prevista in carpenterie metalliche così da potere essere rimossa in caso di future manutenzioni alla valvola.

La parte terminale del basamento in calcestruzzo della valvola verrà protetta dagli sfiori della diga con un rivestimento in blocchi di pietrame.

La nuova valvola sarà oleodinamica e verrà collegata alla nuova centralina allestita nel locale di manovra dello scarico di fondo che asservisce anche lo sgrigliatore.

L'Appaltatore provvederà anche una pompa manuale per consentire di mettere in pressione l'olio della centralina manualmente e movimentare quindi questa valvola in caso di emergenza.

In progetto si è previsto di eseguire anche una manutenzione della paratoia a lente presente all'imbocco dello scarico di fondo. Questa manutenzione consisterà nel suo smontaggio, nel trasporto in officina e nel trattamento delle sue superfici in acciaio e delle sue battute.

6.10 LOCALE G.E.

Nel locale G.E. è stata prevista la sostituzione della porta di ingresso e della finestra.

Inoltre verrà eseguita la manutenzione della valvola a saracinesca Ø900 motorizzata ivi presente, che intercetta la condotta di derivazione. Verranno mantenute le sue carpenterie, le sue tenute e soprattutto verrà sostituito il suo motore elettrico.

6.11 CONDOTTA DERIVAZIONE

La condotta di derivazione nel tratto che va dalla diga al locale G.E. presenta una estesa ossidazione superficiale, con notevole discontinuità dello strato di vernice che risulta in più punti assente.

Per questa ragione verrà eseguito un trattamento protettivo sulla superficie esterna di questa condotta, consistente in una sabbiatura (o trattamento analogo) e nell'applicazione di un nuovo ciclo di vernici protettive.

6.12 NUOVO SISTEMA DI RILASCIO DEL DEFLUSSO MINIMO VITALE

A seguito della definizione (Hydrodata – 2008) del deflusso minimo vitale da rilasciare a valle della diga, 68 l/s, e approfittando della presenza del cantiere per i lavori di adeguamento, il Concessionario ha deciso di realizzare un nuovo sistema di rilascio del DMV.

Attualmente, in via provvisoria, viene rilasciata nell'alveo del Torrente Penna subito a valle della diga, con una tubazione esistente collegata al sistema di derivazione, una portata inferiore al DMV, in quanto questo sistema di rilascio non consente di scaricare fino a 68 l/s.

Il nuovo sistema consisterà invece in una nuova condotta Ø250 in acciaio che si diramerà dal tratto aereo della condotta di derivazione Ø900 presente subito a valle della diga, visibile in Figura 17.



Figura 17

Subito a valle di questa diramazione per il DMV, è presente una valvola sulla condotta di derivazione, all'interno del locale G.E., che permetterà quindi in futuro di rilasciare il deflusso minimo vitale anche quando non vengono derivate acque verso la centrale.

Il nuovo sistema di rilascio del DMV è stato previsto lungo il camminamento esistente tra il versante e il tratto aereo della condotta di derivazione.

Infatti subito dopo la diramazione dalla condotta di derivazione, la nuova tubazione presenterà una curva a 130°; essa si svilupperà quindi rettilinea sopra il camminamento sopra citato e lungo di essa verranno messi in opera una valvola a saracinesca, una valvola a fuso e un misuratore di portata. Mediante una ulteriore curva a 90° la condotta verrà indirizzata verso l'alveo dove potrà rilasciare la portata del DMV.

In Figura 18 è riportata la planimetria del nuovo sistema di rilascio del DMV.

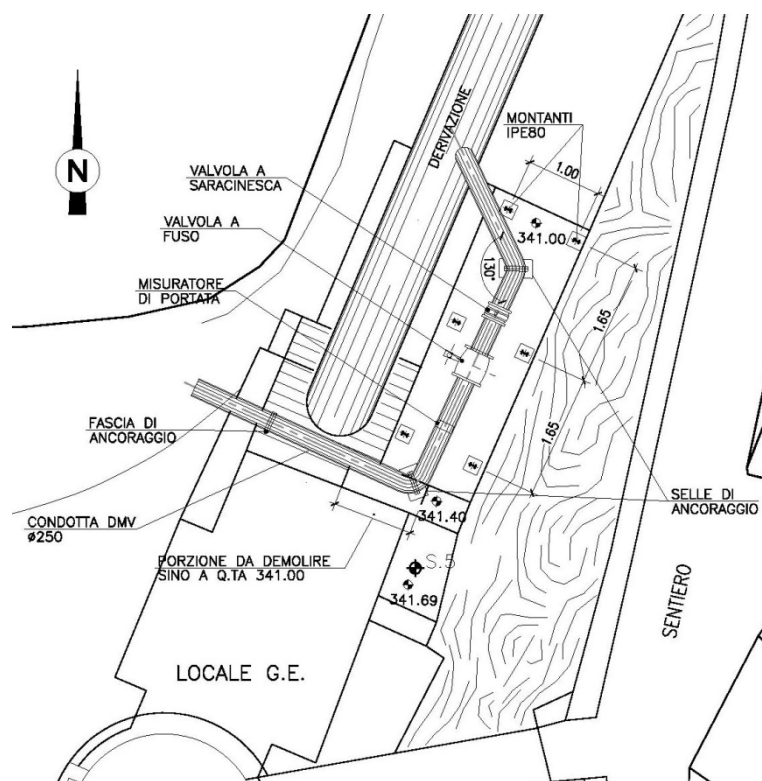


Figura 18

La valvola a saracinesca, a comando manuale, permetterà di sezionare la nuova condotta per eventuali futuri interventi di manutenzione, mentre quella a fuso, a comando elettromeccanico, servirà per regolare la portata in uscita. Il motore della valvola a fuso e il misuratore di portata verranno collegati al quadro di comando presente all'interno del locale di manovra dello scarico di fondo, in modo che la valvola sia manovrabile dall'interno di questo edificio sia volontariamente che in automatico in funzione del misuratore di portata.

Lungo il piccolo spiazzo esistente, dove troveranno sede queste valvole e il misuratore di portata, verrà preventivamente eseguito un getto di regolarizzazione armato su cui verrà fondata una copertura in carpenterie metalliche a protezione di queste componenti del sistema di rilascio del DMV.

6.13 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

In progetto è stato previsto un nuovo impianto di illuminazione della diga e dei suoi camminamenti.

In particolare verranno stesi due cavidotti dal locale G.E. al locale di manovra dello scarico di fondo e lungo tutto il nuovo piano di coronamento.

Mediante queste nuove linee elettriche, collegate all'impianto della diga, verranno alimentati i nuovi sistemi di illuminazione, che consistono in:

- lampade al led per illuminare il camminamento lungo il piano di coronamento, inclusa la nuova passerella
- un faro per illuminare il paramento di valle della diga
- due lampioni al led appena fuori dai locali G.E. e di manovra dello scarico di fondo

7. MONITORAGGIO

7.1 TRIANGOLAZIONE

Gli spostamenti della diga di Zolezzi sono monitorati attraverso un sistema di triangolazione; la diga è infatti munita di cinque prismi: i TR01 e TR02 sulle spalle in prossimità dell'incastro con l'arco, mentre i TR03, TR04 e TR05 lungo la sezione in chiave della volta.

In Figura 19 si può vedere la planimetria del sistema di triangolazione con l'ubicazione dei prismi, le cui quote sono:

- TR01: 356.00 m s.m.
- TR02: 356.20 m s.m.
- TR03: 351.00 m s.m.
- TR04: 348.40 m s.m.
- TR05: 346.17 m s.m.

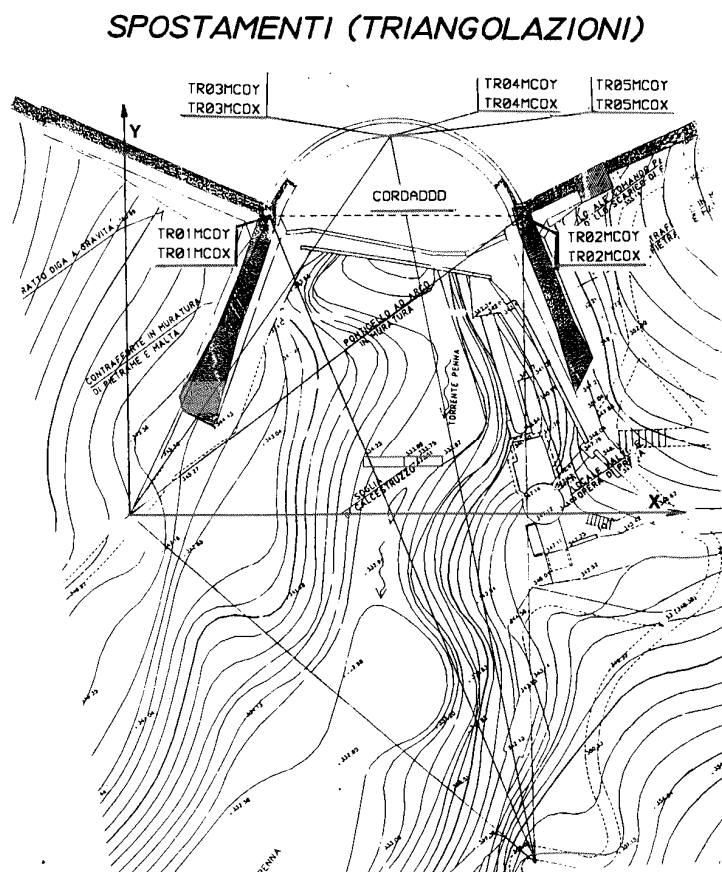


Figura 19

I lavori di rinnovamento dell'asta del Torrente Penna, realizzati negli anni 2010-2012, hanno determinato uno sfioro quasi continuo della diga di Zolezzi con conseguente deterioramento dei prismi installati sul paramento di valle (TR03,

TR04 e TR05) compromettendone la leggibilità. Questo fatto fa ritenere poco attendibili le misure eseguite a partire dal 2011.

Approfittando dei lavori di adeguamento della diga, verranno messi in opera cinque nuovi prismi in corrispondenza delle stesse posizioni planimetriche degli attuali, come si può vedere dalla planimetria di progetto del monitoraggio.

I nuovi prismi NTR01 e NTR02 saranno alla nuova quota di coronamento, 356,50 m s.m., NTR03 verrà ubicato appena sotto il nuovo ciglio di sfioro a quota ~351,00 m s.m., mentre NTR04 e NTR05 lungo la volta alle stesse quote degli attuali: rispettivamente 348,40 m s.m. e 346,17 m s.m.

7.2 PENDOLO

Per dotare la diga ad arco di un sistema di misura in tempo reale, semplice ed affidabile, dei movimenti della sua sezione in chiave, si è previsto di mettere in opera, sul paramento di valle, un pendolo diritto con fulcro ancorato all'intradosso della nuova trave del ciglio di sfioro.

Il nuovo pendolo, come si può vedere dai disegni di progetto, sarà dotato di una sola stazione di misura, a quota 339,20 m s.m., dove le letture degli spostamenti verranno eseguite sia in automatico, con telecoordinometro biassiale, che in manuale, con coordinometro ottico.

Dato che è necessario proteggere la strumentazione sia dal vento che da eventuali spruzzi della corrente sfiorata, si è prevista la messa in opera di una cabina prefabbricata a ridosso del paramento, che potrà essere raggiunta da valle tramite un nuovo percorso pedonale.

Le misure del pendolo verranno acquisite dal sistema di acquisizione dati automatico presente nel locale di manovra dello scarico di fondo.

7.3 ALTRE COMPONENTI DELL'IMPIANTO

La diga dispone oggi di un misuratore di livello a galleggiante, ubicato in sponda destra in prossimità dello scarico di superficie.

A seguito degli interventi di adeguamento dello sfioratore in corpo diga, il misuratore di livello deve essere riallocato; si è previsto pertanto di spostarlo verso il versante, come si può vedere dalla planimetria di progetto del monitoraggio.

Anche la posizione della stadia esistente in sponda sinistra interferisce con la nuova configurazione dello scarico di superficie, pertanto verrà spostata sulla spalla a gravità destra.

Oltre a quanto sopra descritto, gli adeguamenti del sistema di monitoraggio prevedranno anche la rilocalizzazione della sirena di allerta e delle telecamere, così come l'adeguamento del sistema di raccolta delle perdite.

Le perdite della diga sono quasi nulle, si sono infatti registrati valori medi negli ultimi cinque anni di circa 0,05 l/s. Si è comunque previsto in progetto di realizzare un nuovo sistema di raccolta delle perdite come quello attuale, che prevede la realizzazione alla base della parete interna dei contrafforti di una canaletta che convogli le acque verso una tubazione di scarico dove possono essere misurate manualmente.

8. PROGRAMMA DEI LAVORI

L'iniziale fase di accantieramento impegnerà oltre 3 mesi in quanto include la realizzazione della nuova teleferica; essa infatti permetterà l'alimentazione del cantiere tra il nuovo piazzale, da sistemare in adiacenza alla strada che conduce a Zolezzi a quota 520 m s.m., e il cantiere a valle della diga.

Tramite la teleferica verrà montata la gru a torre e quindi verranno approvvigionati tutti gli impianti, i mezzi e le attrezzature necessari per l'esecuzione dei lavori.

Per potere iniziare i lavori allo scarico di superficie e alle strutture a gravità verrà limitato il livello del serbatoio a 348,00 m s.m., in ottemperanza alla prescrizione della Direzione Generale per le Dighe; durante questa limitazione le portate in ingresso al serbatoio eccedenti la capacità della derivazione verranno smaltite con lo scarico di fondo.

Gli interventi allo scarico di superficie e di irrigidimento della volta prevedono l'iniziale allestimento dei ponteggi lungo il paramento di valle della volta e alle sue imposte; per fare questo verrà realizzata una deviazione dello scarico di fondo con prolungamento della sua condotta e installazione di tute provvisoriale e sistemi di aggotamento per proteggere le aree di lavoro al piede della volta dalle acque restituite da questo scarico profondo.

Si inizierà con l'esecuzione delle nuove strutture da realizzare alla base della volta, quali il basamento della nuova valvola a saracinesca e i getti della sua struttura di protezione, il nuovo percorso di accesso al pendolo e le fondazioni delle costole di irrigidimento.

La costruzione di queste opere prevede una fase iniziale di demolizioni, scarifiche e preparazione dei piani di getto con una fitta rete di inghisaggi per collegare strutturalmente le nuove opere alle esistenti.

Inizieranno anche le demolizioni del ciglio di sfioro esistente e dei suoi scudi laterali, con preventivo taglio della membrana in PVC al paramento di monte.

Una volta eseguiti i getti al piede di valle della volta, si procederà con le elevazioni delle costole ed anche dei ringrossi laterali, alle reni della volta, che serviranno come imposta del ciglio di sfioro.

Giunte in sommità queste strutture di irrigidimento della volta verranno collegate alle armature del nuovo sfioratore, che saranno allo stesso tempo inghisate alle opere esistenti. In questa fase di preparazione dei getti del nuovo ciglio di sfioro, verranno anche messe in opera le barre tipo dywidag per

creare il suo incastro alle imposte; esse saranno tesate dopo 28 giorni di maturazione dei calcestruzzi del nuovo sfioratore.

Una volta ultimati i getti allo scarico di superficie, si procederà con la messa in opera della fascia protettiva in acciaio inox al paramento di monte a protezione della sommità della membrana in PVC.

Contestualmente ai lavori lungo la volta della diga, si eseguiranno anche gli interventi di appesantimento delle strutture a gravità. Si inizierà con gli scavi e quindi con la messa in opera dei ponteggi lungo i contrafforti e al paramento di valle delle spalle a gravità.

Operando dai ponteggi verranno eseguite le idroscarifiche delle superfici, gli inghisaggi delle barre di armatura e verranno impostati i tubi di drenaggio all'interno di perforazioni attraversanti il rivestimento lapideo delle strutture a gravità.

Si procederà quindi con il completamento delle armature, delle casserature ed infine con i getti.

Appena il calcestruzzo sarà maturato si eseguiranno i rinterri a ridosso delle nuove strutture a gravità.

Ultimati gli appesantimenti di spalle e contrafforti si realizzerà il nuovo locale di manovra dello scarico di fondo e verrà messo in opera il nuovo ponte pedonale a coronamento, che consentirà il collegamento tra le due spalle a gravità.

Per quanto riguarda gli interventi a monte della diga, si è previsto a inizio giugno di svasare completamente il serbatoio; i lavori nel serbatoio necessiteranno per alcune aree di lavoro di tute e pompe per l'aggotamento delle acque.

Una volta svasato il serbatoio, inizieranno i lavori di adeguamento dell'opera di presa con realizzazione dei nuovi manufatti in c.a., messa in opera delle nuove griglie idrodinamiche e soprattutto dello sgrigliatore.

Approfittando di questo svasso si potranno eseguire le manutenzioni alla paratoia di monte dello scarico di fondo, mentre a valle della diga sarà possibile realizzare il nuovo sistema di rilascio del deflusso minimo vitale, e le manutenzioni alla condotta di derivazione e alla sua valvola presente all'interno del locale G.E.

Una volta rimontata la paratoia a lente dello scarico di fondo, ed ultimati gli interventi alla presa, si potrà reinvasare il serbatoio fino a quota 348,00 m s.m. Questa limitazione di invaso rimarrà fino al completamento degli interventi al nuovo ciglio di sfioro, previsto per l'inizio del mese di settembre.

Durante il reinvaso del serbatoio si eseguiranno i lavori sullo scarico di fondo a valle della diga, consistenti nella messa in opera del tratto di condotta e della valvola a saracinesca.

Verranno quindi completati gli adeguamenti degli impianti elettrici e di monitoraggio della diga; in particolare va ricordato il nuovo pendolo diritto da allestire lungo il paramento di valle della volta.

Ultimate le finiture e le sistemazioni finali, si potrà smobilitare completamente il cantiere e ripristinare le aree.

Come si può vedere dal programma lavori allegato alla presente relazione (v. Allegato 1), si è stimata una durata complessiva degli interventi di circa undici mesi, concentrando i lavori lungo la volta e a monte dello sbarramento nei mesi idrologicamente più favorevoli.

9. CONCLUSIONI

La diga di Zolezzi ha avuto negli ultimi 90 anni un esercizio assolutamente regolare: non risultano infatti dai documenti evidenze di particolari problematiche allo sbarramento, né sono mai emerse dal sistema di monitoraggio anomalie del suo comportamento.

Il presente progetto esecutivo, in perfetta continuità con il progetto definitivo approvato, descrive ed analizza gli interventi di adeguamento della diga.

Essi consistono nell'adeguamento idraulico dello scarico di superficie per consentire l'evacuazione della nuova piena millenaria con portata al colmo di 321 m³/s, e nell'adeguamento strutturale avente il duplice obiettivo di adeguare allo scorrimento le strutture a gravità e rinforzare la volta.

Quello che emerge dalle verifiche idrauliche è che la nuova quota di massimo invaso è 355,41 m s.m., 41 cm superiore a quella attuale.

Il piano di coronamento verrà sovralzato di 50 cm, fino a 356,50 m s.m.; questo garantirà un franco nei confronti del nuovo massimo invaso di 1,09 m: 9 cm superiore rispetto all'odierno.

Approfittando della presenza del cantiere verranno eseguiti anche altri interventi minori all'impianto, quali l'adeguamento dell'opera di presa con messa in opera di uno sgrigliatore, il nuovo sistema di rilascio del DMV, la manutenzione della valvola lungo la derivazione e della paratoia a lente dello scarico di fondo, e la messa in opera di una nuova valvola allo sbocco di questo scarico profondo.

Verrà inoltre adeguato il sistema di monitoraggio della diga ed implementato con la messa in opera di un pendolo diritto con fulcro ancorato all'intradosso del nuovo ciglio di sfioro.

Al termine dei lavori la diga di Zolezzi risulterà idraulicamente idonea ad affrontare la nuova piena millenaria e strutturalmente adeguata ad affrontare non solo i nuovi carichi ma anche eventi sismici fino a 0,5 g (v. All. A.04).

Dott. Ing. Carlo Claudio MARCELLO

ALLEGATO 1

PROGRAMMA DEI LAVORI

