

**PRIMIERO ENERGIA S.P.A.**

COMUNI DI IMER E CANAL SAN BOVO

PROVINCIA DI TRENTO

**ADEGUAMENTO DEGLI SCARICHI DELLA DIGA DI VAL SCHENER AI VALORI  
DI PORTATA DERIVANTI DALLE RIVALUTAZIONI IDROLOGICHE A SEGUITO  
DELL'EMANAZIONE DEL D.M. 26-06-2014**



**R110-5 - RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA**

**Il Progettista**



| COMM | PROT. | DOC.   | REV. | DESCRIZIONE                  | EMESSO | CONTROLLATO | APPROVATO | DATA       |
|------|-------|--------|------|------------------------------|--------|-------------|-----------|------------|
|      |       |        |      |                              |        |             |           |            |
| 1288 | E     | R110-5 | 1    | Inserimento quadro economico | FRR    | FRR         | FRR       | 05/05/2022 |
| 1288 | E     | R110-5 | 0    | Emissione                    | FRR    | FRR         | FRR       | 18/02/2022 |



Il sistema di Gestione Qualità di IC Srl è certificato da Kiwa Cermet Italia Spa secondo ISO 9001:2015  
Certificato n°16771-A del 18.3.2018, scadenza 17.3.2021

---



## SOMMARIO

|           |  |  |
|-----------|--|--|
| <b>1</b>  | <b>PREMESSA</b>  | <b>1</b>                                     |
| <b>2</b>  | <b>RIFERIMENTO NORMATIVI</b>                                       | <b>1</b>                                     |
| <b>3</b>  | <b>DATI GENERALI</b>   | <b>1</b>                                     |
| <b>4</b>  | <b>CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELLE OPERE</b>                      | <b>1</b>                                     |
| 4.1       | OPERE DI SCARICO   | 2  |
| <b>5</b>  | <b>RIVALUTAZIONE IDROLOGICA</b>                                    | <b>3</b>                                     |
| <b>6</b>  | <b>PROPOSTA TECNICA DI MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA IDRAULICA</b> | <b>4</b>                                     |
| 6.1       | NUOVO SCARICO DI SUPERFICIE  | 4  |
| 6.2       | SCARICO DI FONDO   | 6  |
| 6.3       | SCARICO DI SUPERFICIE LATERALE PRESIDATO DA PARATOIE A VENTOLA     | 8  |
| 6.4       | PORTATA COMPLESSIVA SCARICATA – NUOVA QUOTA DI MASSIMO INVASO      | 10   |
| <b>7</b>  | <b>PROPOSTA DI PROGETTO</b>  | <b>12</b>                                    |
| 7.1       | IL RILIEVO DI DETTAGLIO ESEGUITO SULLA DIGA E OPERE ACCESSORIE     | 13   |
| 7.2       | IL NUOVO CORONAMENTO DELLA DIGA                                    | 13   |
| 7.3       | SPALLETTA IN SPONDA SINISTRA                                       | 18   |
| 7.4       | LO SFIORATORE DI SUPERFICIE PRESIDATO CON PARATOIE A VENTOLA       | 20   |
| 7.5       | OPERE ACCESSORIE – CAMMINAMENTO FINO ALL’OPERA DI PRESA            | 22   |
| 7.6       | IL RIPRISTINO DEI GIUNTI DI COSTRUZIONE                            | 24   |
| <b>8</b>  | <b>LO STATO ATTUALE DELLA STRUTTURA</b>                            | <b>29</b>                                    |
| <b>9</b>  | <b>IL PIANO DELLE INDAGINI SULLA STRUTTURA</b>                     | <b>29</b>                                    |
| <b>10</b> | <b>LE VERIFICHE STRUTTURALI</b>                                    | <b>30</b>                                    |
| <b>11</b> | <b>RIEPILOGO DELLE OSSERVAZIONI DELL’UFFICIO DIGHE DI VENEZIA</b>  | <b>36</b>                                    |
| <b>12</b> | <b>ALLEGATI – 5 TAVOLE GRAFICHE</b>                                | <b>ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.</b> |



## 1 PREMESSA

Il presente documento è stato redatto in ottemperanza e in attuazione dell'art. 4 del D.L. 79/2004 convertito con legge 139/2004. A seguito dell'entrata in vigore del D.M. 26-06-2014, la verifica idraulica delle dighe esistenti richiede che le stesse abbiano capacità di scarico minima, rispettando il franco idraulico, pari alla portata con tempo di ritorno di 500 anni.

Il capitolo H.2.2 del D.M. 26.04.2014, infatti, indica che *“è fatto obbligo di procedere almeno ad interventi di miglioramento idraulico, [...], se il tempo di ritorno della portata di piena scaricabile rispettando il franco idraulico risulti inferiore a 500 anni per le dighe in calcestruzzo [..]”*.

Con riferimento alla diga di Val Schener, sono state effettuate a partire dal 2004 varie verifiche idrologiche e idrauliche, cui il presente progetto rappresenta l'ultimo aggiornamento.

Il documento presenta una rivalutazione idrologica sulla base delle ultime considerazioni presentate dal MIT con nota del 14 novembre 2017 e utilizza nella serie storica delle portate anche la piena eccezionale del 29-30 ottobre 2018.

A seguito della rivalutazione si illustra quindi la proposta tecnica che ha come obiettivo il miglioramento della sicurezza idraulica dell'opera ai sensi del punto H.2.2. del vigente D.M. 26 giugno 2014.

Il Concessionario ha presentato nel marzo 2019 il progetto preliminare per la messa in sicurezza idraulica della diga di Val Schener che aveva sollevato, da parte del MIT-Ufficio tecnico per le Dighe di Venezia parere sfavorevole, con varie osservazioni dettagliate nella comunicazione prot. U.0004334.25-02-2019, che sono state superate tramite opportune modifiche e precisazioni.

Successivamente lo stesso UTD di Venezia con comunicazione prot. U.00022120.12-09-2019 aveva dato parere favorevole alla proposta, indicando nel dettaglio gli aspetti che sarebbe stato necessario approfondire nei successivi step della progettazione.

Il presente progetto ricalca quindi le scelte principali del progetto preliminare approvato approfondendo gli aspetti richiesti.

Tali elementi vengono di seguito richiamati:

- 1) analisi della sicurezza strutturale della diga, in considerazione della variazione dei carichi agenti rispetto ai carichi di cui al progetto originario, ai sensi delle Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse) di cui al D.M. 26 giugno 2014 (NTD 2014) e delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 febbraio 2018 (NTC2018). In merito all'azione sismica si rammenta quanto indicato dall'art. C.7.7.1 delle NTD2014, con particolare riferimento allo studio sismotettonico del sito. Infatti la norma stabilisce che *“Per le dighe ubicate in aree per le quali l'azione sismica di progetto per un TR = 475 anni deve essere riferita ad un valore  $a_g$  0,15g (come definito nelle NTC), è necessario lo studio sismotettonico del sito, da cui fare derivare l'azione sismica di progetto, i cui effetti non devono comunque risultare meno gravosi di quelli corrispondenti all'azione sismica definita nelle NTC, relativamente a sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.”* Pertanto nella valutazione della sicurezza sismica dello sbarramento si dovrà relazionare adeguatamente anche in merito a tale punto;
- 2) esame delle condizioni di funzionamento dello scarico di superficie presidiato da paratoie in seguito all'aumento del carico massimo di progetto conseguente al nuovo livello di massimo invaso;
- 3) esame della compatibilità del bacino di smorzamento al piede diga rispetto all'incremento della portata esitabile dallo scarico di superficie in fregio al coronamento;
- 4) esame della compatibilità dell'intervento (e dell'eventuale nuova gestione del serbatoio), con la stabilità delle sponde del serbatoio conseguente alla variazione della quota di massimo invaso;
- 5) esame delle caratteristiche geologiche, geotecniche e geostrutturali e conseguente verifica dell'idoneità idraulica dell'alveo di valle destinato a ricevere la portata Q500 di progetto a fronte della massima portata originariamente approvata e collaudata;
- 6) verifica dell'interferenza tra le opere in progetto ed il sistema di monitoraggio strumentale dell'impianto, con particolare riguardo alle collimazioni, livellazioni e triangolazioni;

- 7) verifica delle eventuali interferenze tra il nuovo livello di massimo invaso e le strutture esistenti prospicienti l'invaso;
- 8) stima del periodo di ritorno dell'evento di piena che annulla il franco netto previsto in progetto;
- 9) verifica che, nell'ipotesi di mancato funzionamento di almeno il 20% delle paratoie a presidio dello scarico di superficie, il franco netto si riduca, al peggio, a 1/3 del valore previsto dal regolamento (DM2014).

### **1.1 Approvazione progetto definitivo e relative prescrizioni**

A seguito della approvazione del progetto definitivo l'UTD con lettera prot. 0009492.06-05-2021 lo stesso ufficio definiva alcune prescrizioni e raccomandazioni con richiesta di approfondimenti da sviluppare nel progetto esecutivo e nel dettaglio:

- 1) *dettagliare la tecnica costruttiva prevista per il rialzo della spalletta in sinistra, nonché le modalità costruttive del sovrizzo delle pile di sostegno della nuova passerella sullo scarico di superficie laterale;*
- 2) *trasmettere le verifiche statiche e sismiche dell'opera nelle nuove condizioni di progetto nonché delle nuove opere previste in progetto, da condurre ai sensi delle NTC2018 e NTD2014 (in termini di resistenza e deformabilità), tenendo anche conto delle indicazioni riportate nel documento "VERIFICHE SISMICHE DELLE GRANDI DIGHE, DEGLI SCARICHI E DELLE OPERE COMPLEMENTARI E ACCESSORIE - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA TECNICA DI CUI AL D.M. 26.06.2014 (NTD14) E AL D.M. 17.01.2018 (NTC18) – Rev.1 – Giugno 2019", redatto dalla Divisione VI Strutture e Geotecnica di questa Direzione Generale e diffuso anche a codesto Concessionario/Gestore. A tal riguardo si richiede quanto segue:*
  - a. *giustificare la scelta della categoria del suolo e del coefficiente topografico nella definizione della azione sismica di progetto;*
  - b. *motivare adeguatamente ai sensi delle NTD2014 par. H.3.4.1 la scelta di una vita nominale VN pari a 100 anni per la verifica sismica dello sbarramento nelle nuove condizioni di progetto;*
  - c. *eseguire le verifiche agli SLE e SLU delle nuove passerelle e delle pile di appoggio e, per la passerella sul coronamento, considerare anche l'effetto di amplificazione dell'azione sismica legato allo sbarramento che, vibrando, amplifica le accelerazioni ricevute in fondazione;*
- 3) *approfondire e chiarire dettagliatamente le conseguenze di un eventuale allagamento della galleria dello scarico di fondo, in considerazione del raggiungimento a valle diga in corrispondenza della sezione di sbocco dello scarico (quota 500.00 m s.l.m.) di un livello idrico pari a 509.94 m s.l.m. Ciò al fine di confermare la sufficienza degli scarichi (come modificati in progetto) ad evacuare la Q500 rivalutata e di individuare gli interventi necessari per far fronte al rigurgito lungo la galleria dello scarico di fondo, con potenziale interessamento dell'aeroforo e della camera paratoie, anche con riferimento al suo accesso.*
- 4) *per lo stesso motivo di cui al punto 3, si ritiene opportuno che venga chiarito l'aspetto relativo alla sommersione della centralina del DMV e agli eventuali provvedimenti, anche gestionali, che il Gestore intende porre in atto al fine di evitare l'irreparabile danneggiamento della centralina e dei suoi apparati elettro-meccanici.*

Nel novembre 2021 è stato presentato dal progettista un aggiornamento della relazione idraulica al fine di valutare, come richiesto, l'effetto del rigurgito sul comportamento dello scarico di fondo, non rilevando modifiche nella sua capacità di scarico: l'UTD rispondeva in data 11 febbraio 2022 con nota prot. 0000451.11-01-2022 affermando la necessità di ottemperare entro il 28 febbraio 2022 alle seguenti prescrizioni:

- 1) degli elaborati relazionali, compresa la Relazione idraulica succitata, analoghi elaborati del progetto definitivo e con la chiara indicazione dell'ottemperanza alla nota prot. 9492 del 06/05/2021 di approvazione del progetto definitivo;
- 2) delle verifiche statiche e sismiche dell'opera, ai sensi delle NTC 2018 e NTD2014, nelle nuove condizioni di progetto già richieste con la succitata nota prot. 9492/2021; si ritiene necessario a tal riguardo ribadire che l'esecuzione dell'intervento è subordinato alla positiva verifica statica e sismica dello sbarramento nelle nuove condizioni di progetto;
- 3) degli elaborati grafici/relazionali relativi alla prevista valvola a clapet sulla testa dell'aeroforo ivi comprese le verifiche di resistenza della struttura dell'aeroforo alle sovrappressioni generate dal livello idrico che si ipotizza venga raggiunto in tale sezione



Per quanto concerne le verifiche eseguite dal progettista circa la portata scaricata dallo scarico di fondo in condizioni rigurgitate e, nello specifico all'affermazione che in tali condizioni la portata "aumenta in ragione dell'incremento del salto motore" sentita la Div.7 per le vie brevi, questa Amministrazione non concorda con tale affermazione. Calcoli speditivi condotti da questa Amministrazione hanno consentito di stimare, con portata con tempo di ritorno 500 anni, una diminuzione del carico motore disponibile con conseguente diminuzione della portata esitata dallo scarico che a parità di livello di invaso, risulterebbe di circa 10-15%. La quota di invaso necessaria per poter evacuare la  $Q_{500}$  risulterebbe, conseguentemente, superiore di 10 cm rispetto a quella indicata in progetto. Pertanto, considerato quanto su esposto, considerate le incertezze insite nei modelli di calcolo adottati, quest'Ufficio chiede a codesto concessionario la possibilità di sovralzare il piano di coronamento di ulteriori 10 cm rispetto alla quota prevista nel Progetto. **Tale richiesta è stata soddisfatta nel presente progetto.**



## 2 RIFERIMENTO NORMATIVI

Legge 28 maggio 2004. "*Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 29 marzo 2004, n. 79, recante disposizioni urgenti in materia di sicurezza di grandi dighe*" pubblicata nella *Gazzetta Ufficiale* n. 125 del 29 maggio 2004.

Decreto 26 giugno 2014. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. "*Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse).*"

Circolare del RID n.3199 di data 6 aprile 2005 "*Attuazione dell'art.4, comma 1 del D.L. 29 marzo 2004 n.79 "Disposizioni urgenti in materia di sicurezza di grandi dighe e di edifici istituzionali"* convertito in legge n.139 del 28.05.2004. VERIFICHE IDRAULICHE.



### 3 DATI GENERALI

Nome della diga: Val Schener

Codice RID e n° SND: 62/823

Corso d'acqua: torrente Cismon

Bacino principale: fiume Brenta

Località: Pontet o Monte Croce

Comune: Sovramonte (BL) e Canal San Bovo (TN)

Provincia: Belluno e Trento

Impianto idroelettrico alimentato: centrali di Val Schener, Moline e centralina DMV

Gestore: Primiero Energia S.p.A. (Via A. Guadagnini 31, 38054 Primiero San Martino di Castrozza, TN)

### 4 CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELLE OPERE

Il bacino imbrifero direttamente sotteso della diga di Val Schener misura circa 200 km<sup>2</sup>. La diga, che sbarra il corso del Torrente Cismon, tributario del Fiume Brenta, nei Comuni di Sovramonte (BL) e Canal san Bovo (TN) in località Pontet o Monte Croce, fu realizzata tra il 1960 e il 1963 e collaudata nel 1966. L'opera è classificata nel FCEM (A.b3.) "Diga muraria a volta, a cupola".

I dati caratteristici dello sbarramento, dell'invaso e degli scarichi indicati nel FCEM, sono i seguenti:

|  |                 |        |
|--|-----------------|--------|
| Altezza della diga (ai sensi del D.M. 24.03.82)        | m               | 72.60  |
| Altezza della diga (ai sensi della L. 584/94)          | m               | 68.22  |
| Altezza di massima ritenuta                            | m               | 65.00  |
| Quota coronamento                                      | m s.l.m.        | 567.00 |
| Franco (ai sensi del D.M. n° 44 del 24.03.82)          | m               | 1.00   |
| Franco netto (ai sensi del D.M. n° 44 del 24.03.82)    | m               | 0.40   |
| Sviluppo coronamento                                   | m               | 80.65  |
| Volume della diga                                      | m <sup>3</sup>  | 26573  |
| Quota di massimo invaso                                | m s.l.m.        | 566.00 |
| Quota massima di regolazione                           | m s.l.m.        | 565.00 |
| Quota di minima regolazione                            | m s.l.m.        | 552.00 |
| Volume totale dell'invaso (ai sensi del D.M. 24.03.82) | Mm <sup>3</sup> | 8.90   |
| Volume d'invaso (ai sensi della L. 584/1004)           | Mm <sup>3</sup> | 8.50   |
| Volume utile di regolazione                            | Mm <sup>3</sup> | 4.50   |



|   |                   |      |
|---|-------------------|------|
| Volume di laminazione                   | Mm <sup>3</sup>   | 0.40 |
| Superficie del bacino imbrifero sotteso | km <sup>2</sup>   | 203  |
| Portata di massima piena di progetto    | m <sup>3</sup> /s | 600  |

#### 4.1 OPERE DI SCARICO

Sono costituite da uno scarico di superficie laterale, da luci sfioranti sul ciglio diga e da uno scarico di fondo.

**Scarico di superficie laterale:** È ubicato in spalla sinistra ed è costituito da una soglia sfiorante di 24 m di luce, divisa in tre luci della larghezza di 8 m, incernierate a quota 561.60, con tre paratoie a ventola della ritenuta normale di 3.40 m e con carico fondamentale, agli effetti della massima portata scaricata, di m 4.40.

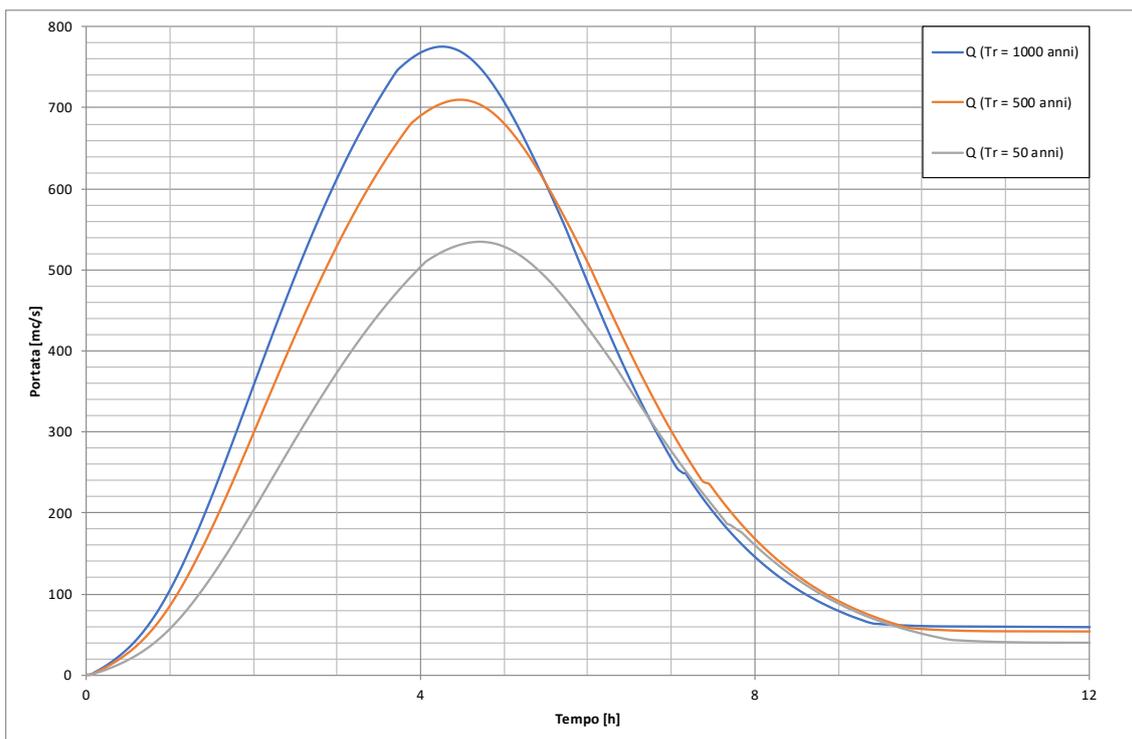
**Sfioratore sul ciglio diga:** Il ciglio della diga posto a quota 565.00 m s.l.m. per il tratto della lunghezza complessiva di 25,82 m (da collaudo e foglio condizioni) al netto delle pile (di ampiezza 0.5 m) che formano le tre luci, è trascinabile con un carico di 1 m (da quota 565 a quota 566 m s.m.m.). Il ciglio di tale tratto è sagomato secondo il profilo Creager-Scimemi. Dal rilievo eseguito nel novembre 2020 la lunghezza di tale ciglio risulta in realtà pari a  $9.16 \cdot 3 = 27.48$  m, mentre la larghezza del ciglio di valle risulta effettivamente 25.80 m.

**Scarico di fondo:** Attraversa in galleria lo sperone roccioso di sponda sinistra con soglia di imbocco a quota 513.50; all'imbocco, profilato ad imbuto, fa seguito un tratto di galleria a sezione ferro di cavallo, sviluppo di 110 m, sino alle paratoie: la sezione dell'ultimo tronco di tale galleria, per circa 47 m, diviene circolare per la presenza di un anello di rinforzo in calcestruzzo armato. Gli organi di intercettazione, posti a circa 100 m dall'imbocco, sono costituiti da due paratoie piane in serie di luce netta  $3 \times 2.20$  m.

## 5 RIVALUTAZIONE IDROLOGICA

La rivalutazione idrologica effettuata a corredo del progetto preliminare ha avuto parere favorevole anche dalla Divisione 8 della D.G. Dighe del MIT a Roma: di seguito si ripercorrono in sintesi i risultati dell'analisi effettuata.

Con riferimento alla allegata relazione idrologica allegata al presente progetto, sulla base dei modelli adottati e le tarature effettuate sui dati misurati, si è arrivati ad una stima concordata con la Sezione VIII del MIT Direzione Generale per le Dighe dei seguenti valori e relative curve di piena:



*Figura 5-1: Idrogrammi di piena sezione sottesa diga di Val Schener.*

|                       | Tr = 50 anni | Tr = 500 anni | Tr = 1000 anni |
|-----------------------|--------------|---------------|----------------|
| Q [m <sup>3</sup> /s] | 535          | 710           | 776            |

*Tabella 5-1: valori della portata di progetto al colmo a seguito della rivalutazione idrologica.*

Detti valori derivano da calcolazioni che, in accordo con la Sezione 8 della D.G. Dighe, si basano sui seguenti principi:

- stima della portata di piena con un modello afflussi – deflusso distribuito
- calibrazione del modello con stima diretta della portata basata sui picchi di piena annuali registrati alla sezione di sbarramento.

Dall'analisi di regressione dei valori calcolati per i 3 tempi di ritorno significativi, 50 500 e 1000 anni è possibile determinare l'andamento della portata di piena per diversi tempi di ritorno con una legge di approssimazione polinomiale secondo la seguente formula:

$$T_{\text{ritorno}} = 0.0208 Q^2 - 23.281 Q + 6561.8$$

Dove: Q portata di piena [m<sup>3</sup>/s]

## 6 PROPOSTA TECNICA DI MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA IDRAULICA

Per valutare gli effetti della nuova portata di dimensionamento cui dovrebbe essere sottoposta l'opera valutiamo, allo stato attuale degli scarichi l'effetto che tale portata avrebbe sulla struttura.

Sulla base dei dati derivanti dal foglio condizioni per l'esercizio dell'opera siamo in grado di valutare le portate che sono in grado di esitare gli organi di scarico della diga in base alle risultanze degli atti di collaudo, aggiornando la geometria all'attuale proposta progettuale.

### 6.1 Nuovo Scarico di Superficie

Lo scarico di superficie in fregio al coronamento è profilato secondo un profilo Creager-Scimeni, con ciglio di sfioro a quota 565 m s.m.m. e lunghezza al netto delle pile che formano le luci pari a  $[b] = 27.48$  m.

Come detto il rilievo ha evidenziato che la larghezza citata in collaudo e nel F.C. (che ha copiato il collaudo) è pari a 25.82 m che è in realtà la larghezza della soglia dello sfioratore nel ciglio di valle.

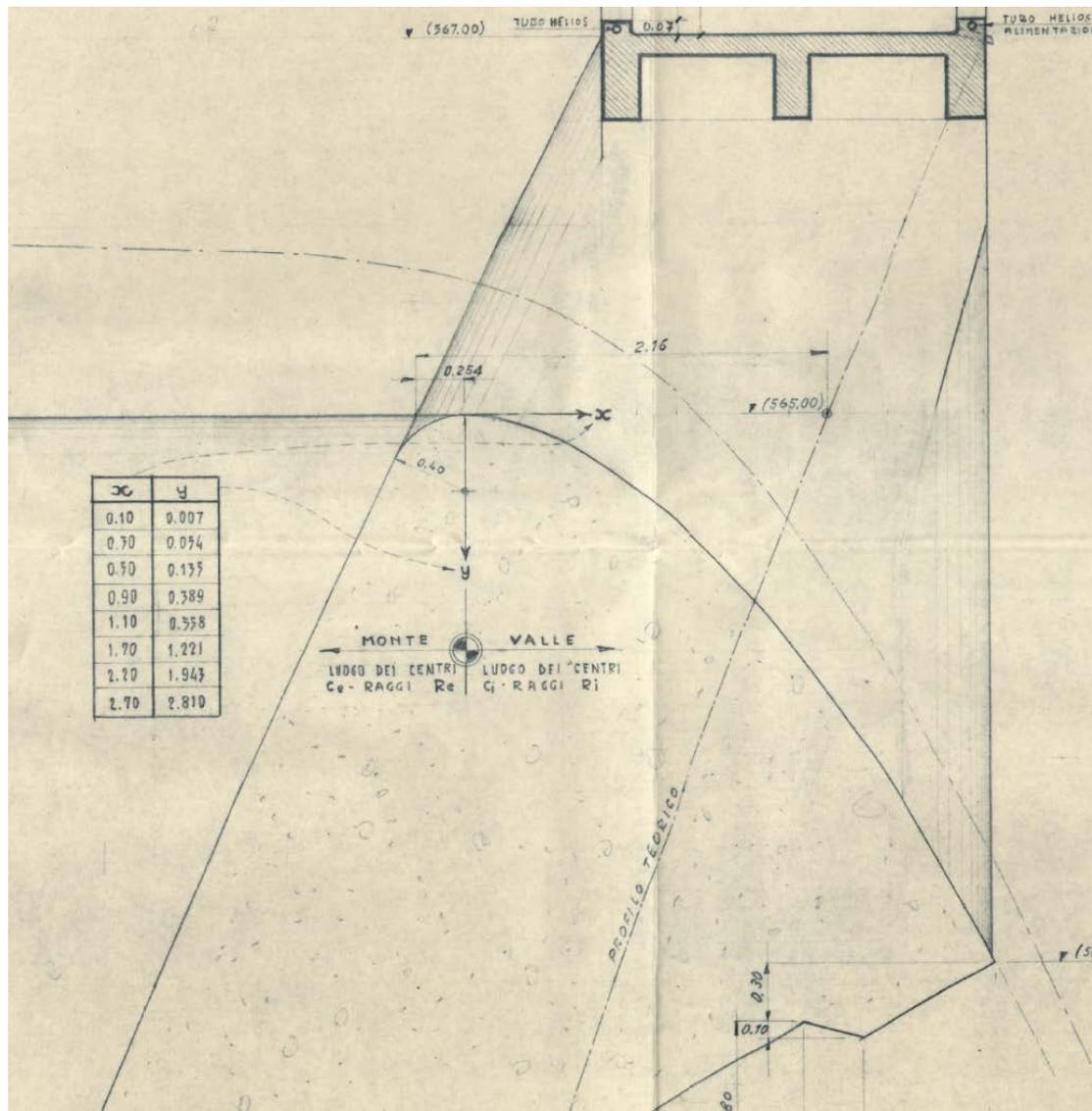


Figura 6-1: estratto dalla tavola n.21 allegata al collaudo – sezione del ciglio sfiorante.



La quota massima d'invaso originaria è pari a 566 m s.m.m., quindi il carico massimo di dimensionamento previsto era pari a 1 m.

La portata sfiorata a stramazzo è stata valutata secondo l'espressione:

$$Q = Cq \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$$

Dove: b = larghezza dello stramazzo [m]

h = carico sullo stramazzo [m]

g = accelerazione di gravità = 9.806 m/s<sup>2</sup>

Il foglio condizioni adotta un coefficiente di efflusso pari a [Cq] = 0.47.

In realtà sulla base della Circolare del RID n. 3199 del 6 aprile 2005 non è possibile considerare il funzionamento completo della soglia sfiorante in quanto non ricorrono le due condizioni previste ovvero:

- a) Che le luci sfioranti abbiano uno sviluppo superiore ai 10 m;
- b) Che vi sia un franco di almeno un metro tra quota di massimo invaso e sotto trave del coronamento.

Poiché attualmente tali condizioni non sono verificate ad applicazione della predetta circolare le portate esitate dallo scarico andrebbero ridotte del 50%.

Per ovviare a tale limitazione, nella proposta del presente progetto, lo sfioratore sarà trasformato creando solo due luci da 14.00 m con un'unica pila centrale da 0.5 m (rastremata verso valle per ridurre la contrazione della vena liquida) guadagnando quindi 0.5 m di sviluppo dalla demolizione di una delle due pile esistenti. Il ciglio sfiorante avrà quindi uno sviluppo complessivo pari a 28.00 m.

Si ottiene quindi la seguente scala delle portate dello sfioratore di progetto che applica anche un coefficiente di afflusso più corretto e pari a 0.48 (valore anch'esso cautelativo in quanto di norma tale coefficiente vien assunto tra 0.49 e 0.50):

$$Q = 0.48 \cdot 28.0 \cdot (2 \cdot 9.806 \cdot h)^{0.5} = 59.519 \cdot h^{0.5}$$

| Quota [m s.l.m.m.] | Battente [m] | Portata [m <sup>3</sup> /s] |
|--------------------|--------------|-----------------------------|
| 565.00             | 0.00         | 0.00                        |
| 565.10             | 0.10         | 1.77                        |
| 565.20             | 0.20         | 5.00                        |
| 565.30             | 0.30         | 9.19                        |
| 565.40             | 0.40         | 14.14                       |
| 565.50             | 0.50         | 19.77                       |
| 565.60             | 0.60         | 25.98                       |
| 565.70             | 0.70         | 32.74                       |
| 565.80             | 0.80         | 40.00                       |
| 565.90             | 0.90         | 47.73                       |
| <b>566.00</b>      | <b>1.00</b>  | <b>55.91</b>                |
| 566.10             | 1.10         | 64.50                       |
| 566.20             | 1.20         | 73.49                       |
| 566.30             | 1.30         | 82.87                       |
| <b>566.40</b>      | <b>1.40</b>  | <b>92.61</b>                |
| <b>566.50</b>      | <b>1.50</b>  | <b>102.71</b>               |
| 566.60             | 1.60         | 113.15                      |
| 566.70             | 1.70         | 123.92                      |

Tabella 6-1: scala delle portate dello sfioratore di superficie a soglia libera.

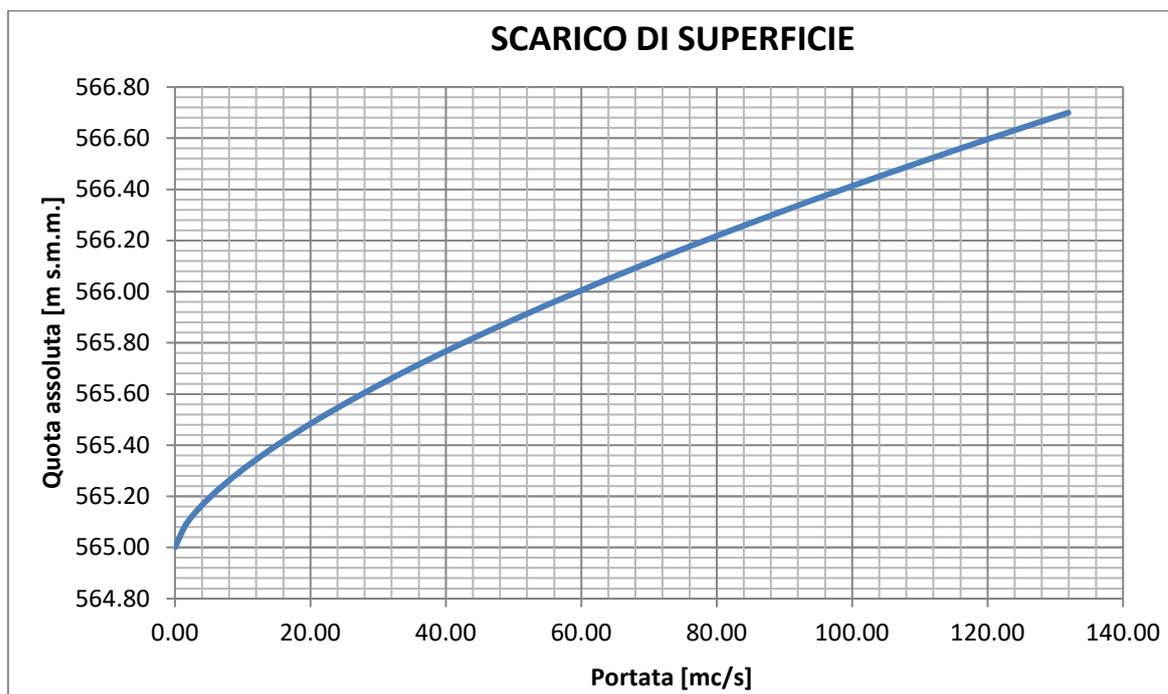


Figura 6-2: scala delle portate dello scarico di superficie a soglia libera di progetto

## 6.2 Scarico di Fondo

Lo scarico di fondo è costituito da una galleria, situata in sponda sinistra, avente sezione a ferro di cavallo e quota d'imbocco a 513.5 m s.m.m. **Nella presente proposta progettuale rimane completamente invariato.**

Per i dettagli si rimanda alla relazione idraulica: il valore della portata scaricata è stato ricalcolato tenendo conto della effettiva geometria della galleria di scarico che ha due sezioni tipologiche nel suo percorso fino alla camera paratoie.

La scala delle portate esitate dallo scarico di fondo risulta quindi:

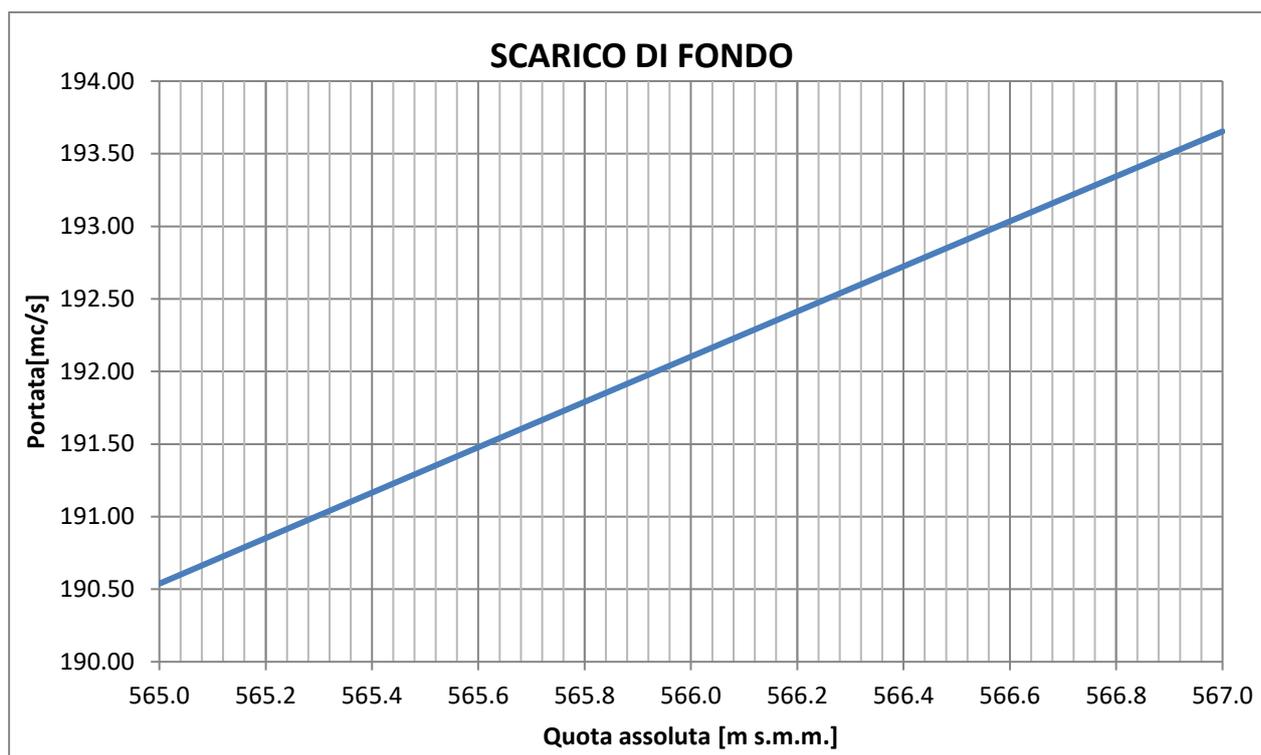
$$Q = 24.464 * (H - 504.34)^{0.5} \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Dove H = livello del serbatoio in m s.l.m.

I valori nel range di nostro interesse sono riportati nella tabella e figura seguenti:

| Quota [m s.l.m.m.] | Portata [m <sup>3</sup> /s] |
|--------------------|-----------------------------|
| 565.00             | 190.54                      |
| 565.10             | 190.69                      |
| 565.20             | 190.85                      |
| 565.30             | 191.01                      |
| 565.40             | 191.17                      |
| 565.50             | 191.32                      |
| 565.60             | 191.48                      |
| 565.70             | 191.63                      |
| 565.80             | 191.79                      |
| 565.90             | 191.95                      |
| <b>566.00</b>      | <b>192.10</b>               |
| 566.10             | 192.26                      |

|               |               |
|---------------|---------------|
| 566.20        | 192.41        |
| 566.30        | 192.57        |
| <b>566.40</b> | <b>192.72</b> |
| <b>566.50</b> | <b>192.88</b> |
| 566.60        | 193.03        |
| 566.70        | 193.19        |
| 566.80        | 193.34        |
| 566.90        | 193.50        |
| 567.00        | 193.65        |



*Figura 6-3: Portata esitata dallo scarico di fondo in funzione della quota d'invaso (senza rigurgito).*

L'incremento di carico per il sovrizzo nel livello di invaso proposto nel presente progetto implica un incremento di portata modesto pari al solo 0.3% e l'incremento di carico in pressione risulta pari a 0.05 Bar pari allo 0.8%.

In realtà a causa del rigurgito determinato dalla portata transitante a valle che, valutata con modello teorico a moto permanente risulta pari a 509.94 m s.l.m., si è rivalutata l'entità della portata esitata dallo scarico non rilevando, teoricamente, una differenza significativa. Tuttavia alla luce di quanto segnalato dall'UTD con lettera prot. 0000451.11-01-2022 si è accettato di introdurre una riduzione cautelativa della capacità di scarico (in ragione della riduzione del salto motore lordo) pari circa al 10% nella portata scaricata.

In definitiva si ottiene la seguente tabella e grafico definitivo:

| <b>Quota [m s.l.m.m.]</b> | <b>Portata [m<sup>3</sup>/s]</b> |
|---------------------------|----------------------------------|
| 565.00                    | 172.43                           |
| 565.10                    | 172.57                           |
| 565.20                    | 172.70                           |
| 565.30                    | 172.84                           |
| 565.40                    | 172.98                           |
| 565.50                    | 173.12                           |
| 565.60                    | 173.26                           |

|        |        |
|--------|--------|
| 565.70 | 173.39 |
| 565.80 | 173.53 |
| 565.90 | 173.67 |
| 566.00 | 173.81 |
| 566.10 | 173.95 |
| 566.20 | 174.08 |
| 566.30 | 174.22 |
| 566.40 | 174.36 |
| 566.50 | 174.49 |
| 566.60 | 174.63 |
| 566.70 | 174.77 |
| 566.80 | 174.91 |
| 566.90 | 175.04 |
| 567.00 | 175.18 |

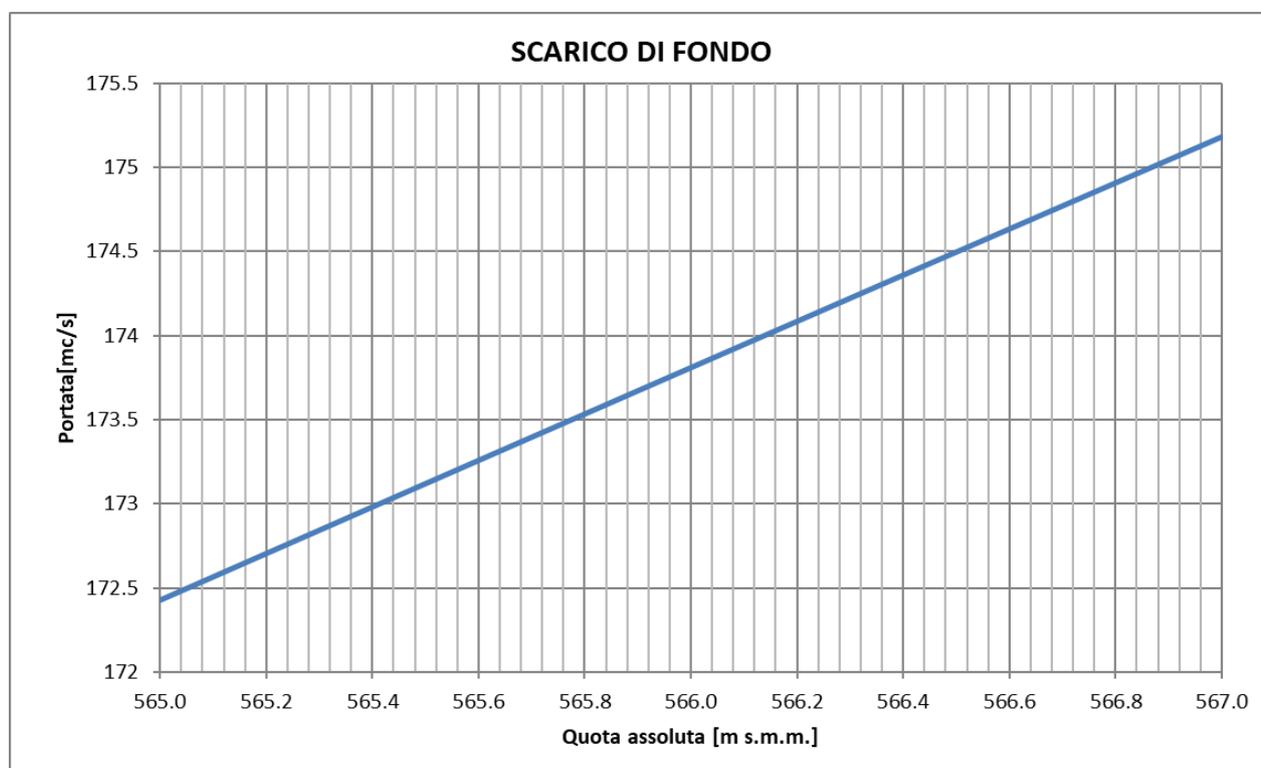


Figura 6-4: Portata esitata dallo scarico di fondo in funzione della quota d'invaso (finale con rigurgito).

### 6.3 Scarico di superficie laterale presidiato da paratoie a ventola

Lo scarico di superficie laterale esistente, si compone di 3 paratoie a ventola di luce [b] 8.0 m x 3.4 m di sviluppo ciascuna, con soglia sfiorante a quota 561.60 m s.m.m.

Le paratoie sono comandate da un sistema oleodinamico a pistoni a semplice azione in quanto in apertura funzionano a gravità mentre vanno in pressione attiva solo in chiusura.

La portata complessivamente esitata dallo scarico di superficie laterale con tutte e tre le ventole al massimo grado d'apertura, con funzionamento a stramazzo in parete grossa. **Nella presente proposta rimane anch'esso**



**invariato.** Per i dettagli del calcolo, che conferma quanto riportato sia nel collaudo che nel F.C. si rimanda alla relazione idraulica allegata al presente progetto.

Di seguito si riportano i valori delle portate esitate dallo scarico di superficie con paratie completamente abbassate e il relativo grafico:

| <b>Quota</b> | <b>tirante</b> | <b>Q1</b>         | <b>Q2</b>         | <b>Q3</b>         |
|--------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| m s.l.m.m.   | m              | m <sup>3</sup> /s | m <sup>3</sup> /s | m <sup>3</sup> /s |
| 565.0        | 3.4            | 84.4              | 168.8             | 253.3             |
| 565.1        | 3.5            | 88.2              | 176.3             | 264.5             |
| 565.2        | 3.6            | 92.0              | 184.0             | 275.9             |
| 565.3        | 3.7            | 95.8              | 191.7             | 287.5             |
| 565.4        | 3.8            | 99.7              | 199.5             | 299.2             |
| 565.5        | 3.9            | 103.7             | 207.4             | 311.1             |
| 565.6        | 4.0            | 107.7             | 215.4             | 323.2             |
| 565.7        | 4.1            | 111.8             | 223.6             | 335.4             |
| 565.8        | 4.2            | 115.9             | 231.8             | 347.7             |
| 565.9        | 4.3            | 118.8             | 237.6             | 356.4             |
| <b>566.0</b> | <b>4.4</b>     | <b>124.3</b>      | <b>248.6</b>      | <b>372.8</b>      |
| 566.1        | 4.5            | 128.5             | 257.1             | 385.6             |
| 566.2        | 4.6            | 132.8             | 265.7             | 398.5             |
| 566.3        | 4.7            | 137.2             | 274.4             | 411.6             |
| <b>566.4</b> | <b>4.8</b>     | <b>141.6</b>      | <b>283.2</b>      | <b>424.8</b>      |
| <b>566.5</b> | <b>4.9</b>     | <b>146.1</b>      | <b>292.1</b>      | <b>438.2</b>      |
| 566.6        | 5.0            | 150.5             | 301.1             | 451.6             |
| 566.7        | 5.1            | 155.1             | 310.2             | 465.3             |
| 566.8        | 5.2            | 159.7             | 319.3             | 479.0             |
| 566.9        | 5.3            | 164.3             | 328.6             | 492.9             |
| 567.0        | 5.4            | 169.0             | 337.9             | 506.9             |

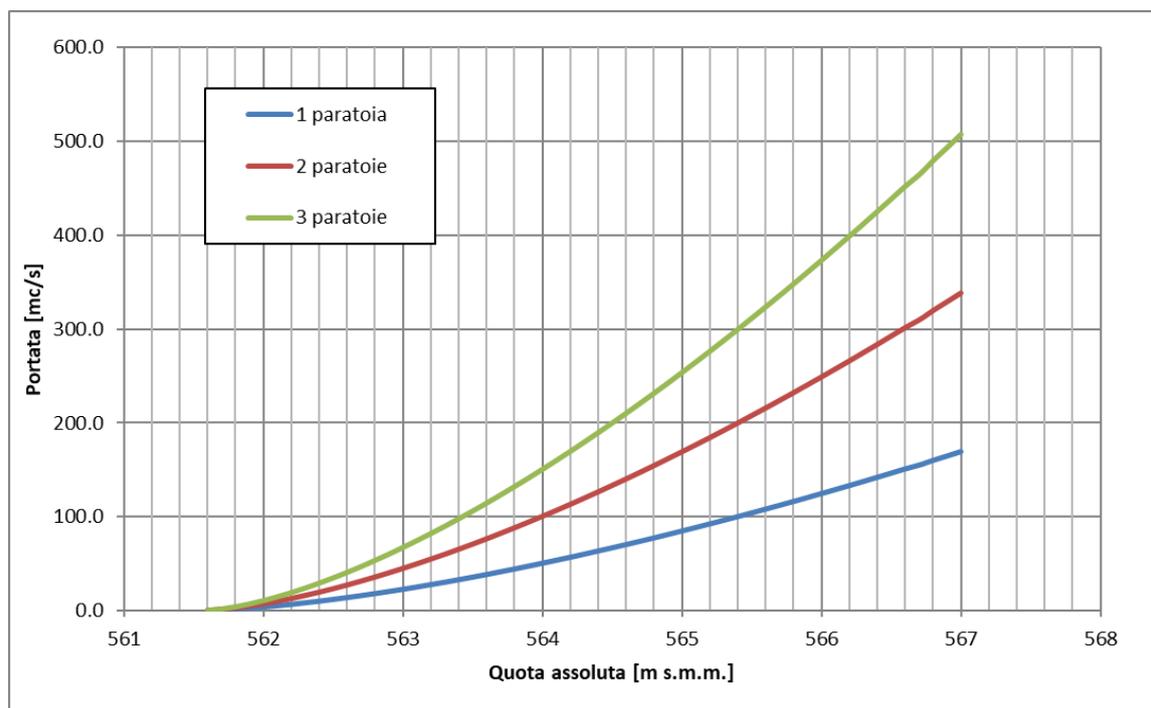


Figura 6-5: Portata esitata dallo scarico di superficie laterale, a seconda dell'apertura completa di una, due o tre paratoie a ventola.

Anche in questo caso l'incremento di quota del massimo invaso determina un incremento minimo di sollecitazione sugli organi di manovra.

In particolare le paratoie a ventole devono sopportare un incremento di carico pari al 9% relativo al rapporto tra 0.40 m di aumento di livelli idrico rispetto al carico attuale che è di 4.40 m.

Rispondendo quindi al quesito n.2 si può affermare che le riserve di resistenza delle strutture e degli impianti idraulici sono in grado di sopportare questo incremento di carico senza problemi.

E' importante sottolineare che le ventole si abbassano a gravità mentre solo il sollevamento è azionato tramite i pistoni di sollevamento che sono tutti a semplice azione e sono stati completamente rifatti recentemente.

#### 6.4 Portata complessiva scaricata – nuova quota di massimo invaso

Se consideriamo assieme i tre scarichi si ottiene il seguente grafico:

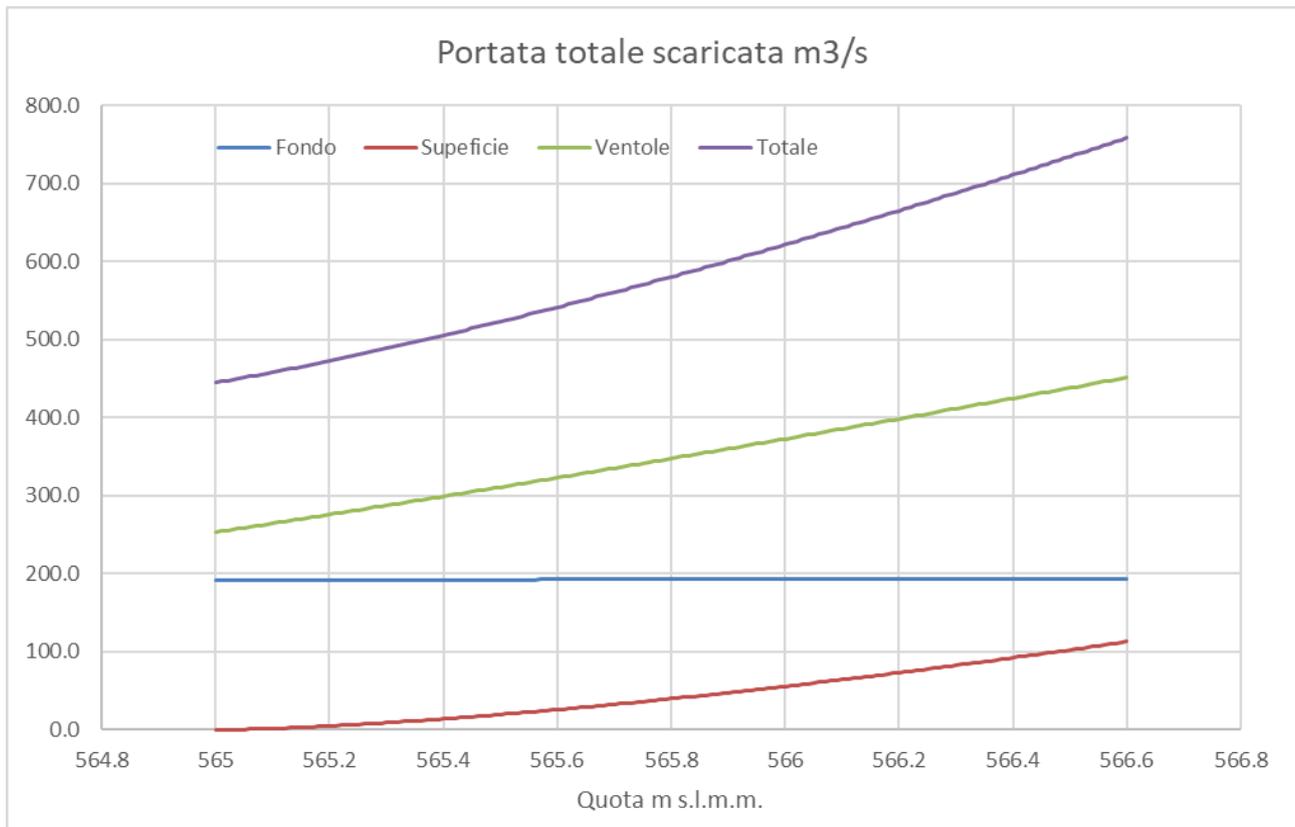


Figura 6-6:Portata esitata dagli scarichi della diga di Val Schener da quota 565 a 566.70.

**La portata con tempo di ritorno di 500 anni 710 m<sup>3</sup>/s viene evacuata con quota d'invaso a 566.38 m s.l.m., (in assenza di rigurgito sullo scarico di fondo) e a quota 566.48 m s.l.m. (in presenza di rigurgito).**

**Si adotta, arrotondando, la quota di massimo invaso di 566.50 m s.l.m.**

## 7 PROPOSTA DI PROGETTO

La proposta di progetto per adeguare la diga e le opere connesse (in questo caso sono sfioratori laterali e opera di derivazione) alla nuova portata con tempo di ritorno di 500 anni  $710 \text{ m}^3/\text{s}$ , è quella di **ALZARE LA QUOTA DI MASSIMO INVASO A 566.50 m s.l.m.**, lasciando invariati tutti gli altri parametri dell'opera (massima regolazione e dimensione e funzionamento degli scarichi).

Il rialzo di 40 cm del massimo invaso implica oltre ad un modestissimo incremento di carico massimo teorico sulla diga pari al +0.6% (sulla massima ritenuta) necessita un rialzo della quota del coronamento per il rispetto del franco di legge.

Nel caso della diga di Val Schener oltre al metro di norma va sommata anche l'onda prodotta dal bacino.

I valori misurati indicano una velocità media massima registrata (su intervalli di 10 minuti) pari a **12.9 m/s (46.4 km/h)**, nel periodo di misura compreso tra il 2007 e 2018: si allega il grafico con il diagramma delle velocità registrate alla stazione di Mezzano (dati Meteotrentino aggiornati ad aprile 2019).

E' importante anche sottolineare che la tempesta Vaia del 31 ottobre 2018, caratterizzata da venti impetuosi, non ha creato danni evidenti nella zona della diga e del serbatoio in generale, segno che i venti non tendono a canalizzarsi in questo tratto della valle che è molto stretta (non per niente posto ideale per collocare una diga).

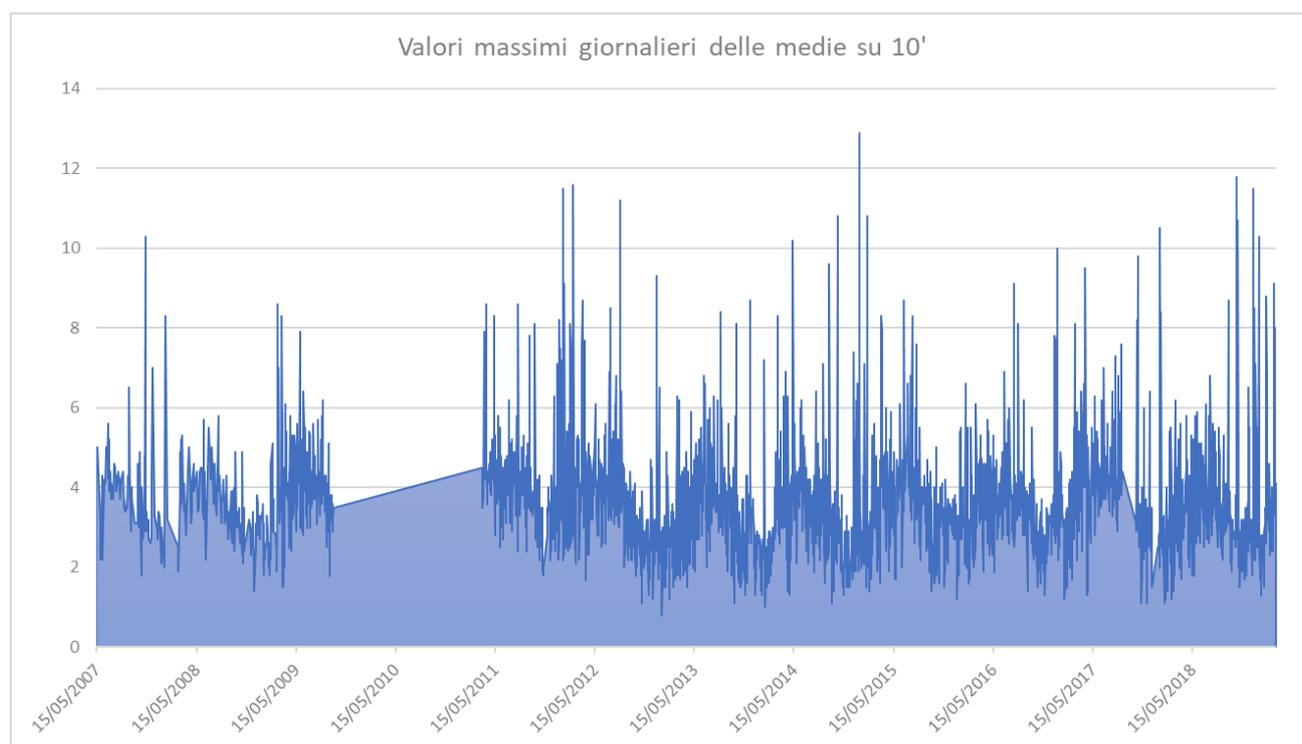


Figura 7-1: Valori della velocità massima media registrati a Mezzano (6 km a monte della diga).

Il fetch [km] del bacino è pari a 3 km. In base alle misurazioni, con riferimento al D.M. 2014 – tabella capitolo C.2 -, considerando che è ammissibile aspettarsi velocità massime che non superino i 60 km/h, si ottiene una ampiezza d'onda pari a 0.25 m (ottenuta per interpolazione lineare tra il fetch di 2 e 4 km).

Il run-up risulterebbe di 9 cm.

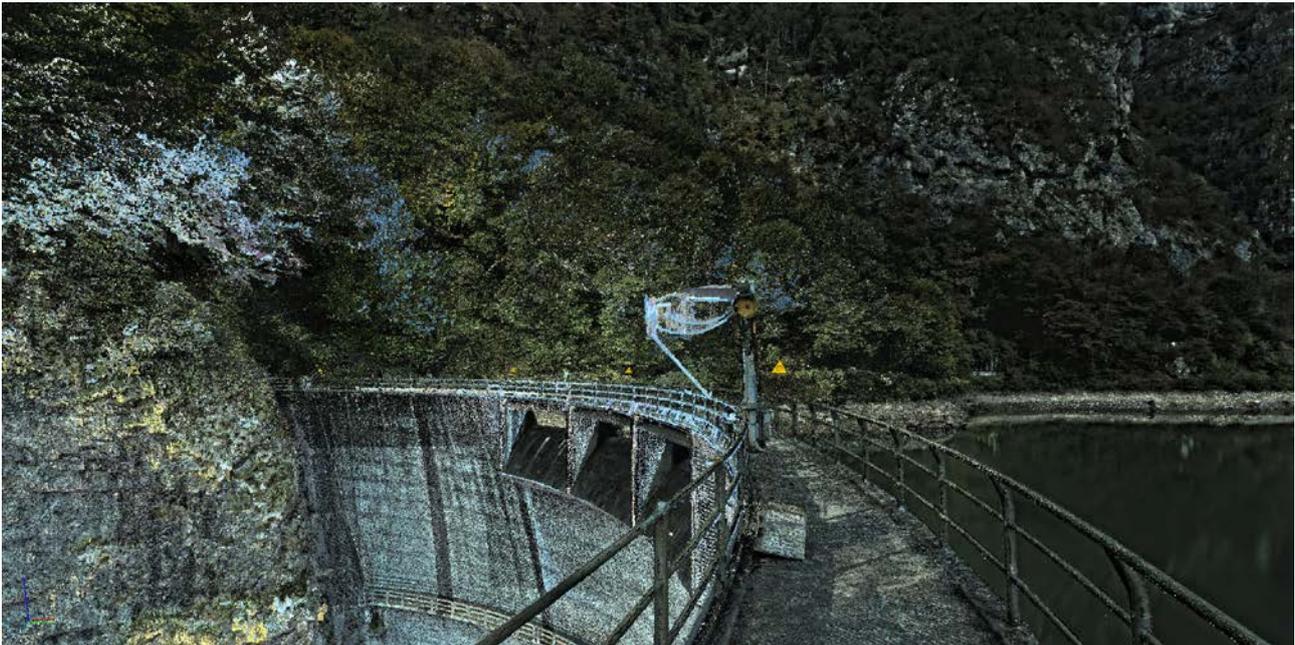
In definitiva la nuova quota del coronamento dovrebbe essere  $566.50 + 1.00 + 0.25 = 567.75 \text{ m s.l.m.}$ .

A monte verrà realizzato un cordolo largo 15 cm alto 25 cm con funzione frangi onda con la sommità a quota **567.90 m s.l.m.**

## **7.1 Il rilievo di dettaglio eseguito sulla diga e opere accessorie**

Al fine di ottemperare alla prescrizione che voleva, alla base della progettazione, l'esecuzione di un rilievo di dettaglio delle opere e delle loro pertinenze, si è eseguito nel ottobre 2020 un rilievo con tecnica scanner laser di tutte le opere interessate con la sola esclusione del paramento di monte che è stato rilevato solo nella sua parte emergente dal livello del serbatoio, che è stato abbassato per l'occasione alla quota di 560.0 m s.l.m.

Il rilievo è caratterizzato da un'altissima quantità di punti rilevati: uno ogni 5 mm<sup>2</sup> a dare una nuvola di grandissima precisione.



*Figura 7-2: Schermata del rilievo laser-scan effettuato.*

## **7.2 Il nuovo coronamento della diga**

Si propone di realizzare il rialzo di 65 cm del coronamento tramite con getto in calcestruzzo in completa continuità con la struttura attuale.

Questo "rialzo" verrà realizzato tramite due lastre predalles prefabbricate dello spessore di 5-6 cm armate e sagomate in curvatura come la diga a dare la quota coronamento finita, con a monte un'altezza maggiorata di 25 cm per tenere conto del run-up, quindi di altezza pari a 90 cm mentre a valle la lastra sarà alta 65 cm.

La testa del coronamento attuale sarà idroscarificata fino al raggiungimento del calcestruzzo intatto, e quindi saranno posate le predalles che saranno fissate rigidamente mediante tassellatura.

Quindi saranno predisposti i sistemi per lo spostamento dei punti di misura che nel caso della livellazione saranno barre invar rigidamente collegate con le teste dei punti originali.

Prima del getto si promuoverà la perfetta aderenza dello stesso tramite opportuni adesivi epossidici bicomponenti specificamente formulati per dare perfetta continuità alla struttura in elevazione.

Nel getto di rialzo del coronamento saranno inseriti 3 cavidotti per il passaggio della rete di alimentazione degli impianti (tra cui l'illuminazione) e le reti del sistema di controllo e monitoraggio.

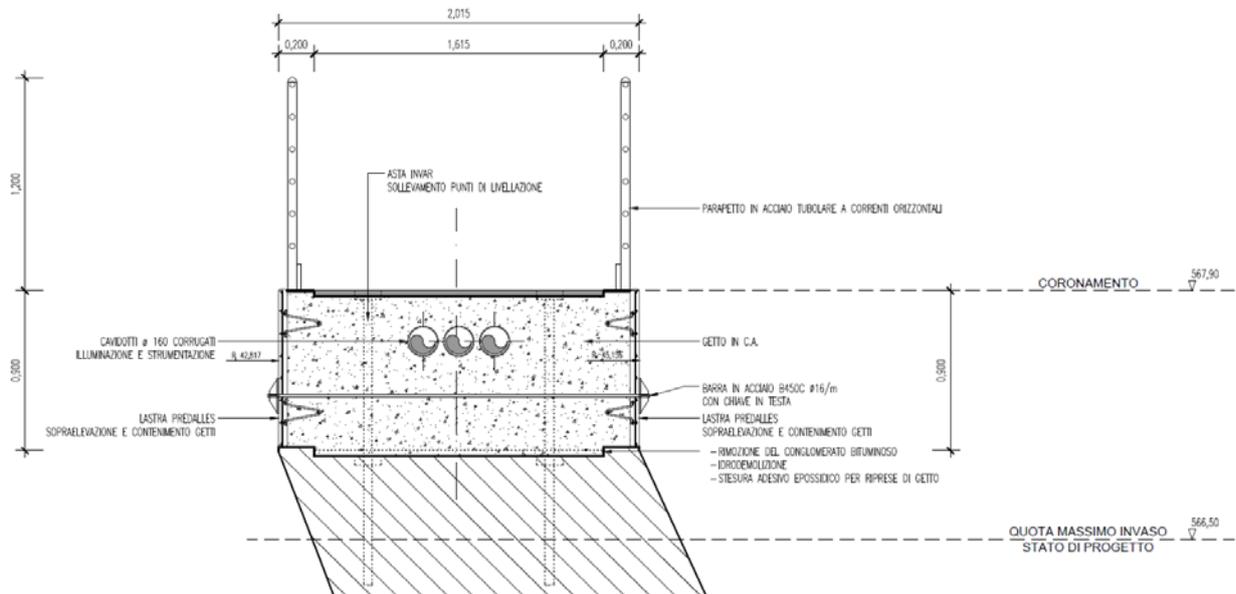


Figura 7-3: Sezione tipo del sovrizzo della diga nella sezione corrente.

Ora per rispettare appieno la citata circolare del RID n. 3199 del 6 aprile 2005 è necessario verificare che il sottotrave della passerella sopra lo sfioratore abbia un franco di 1 m rispetto alla quota dell'acqua.

Per fare questo la passerella sopra lo sfioratore avrà la quota pari a 567.90 m s.l.m. con uno spessore della trave di 50 cm e conseguentemente un sottotrave di 567.40 m s.l.m. ovvero 1 m sopra la quota di massimo invaso di progetto.

La sezione della passerella sopra lo sfioratore sarà caratterizzata dall'essere in acciaio corten con i parapetti integrati nella stessa e il piano di calpestio realizzato mediante l'utilizzo di un grigliato antisdrucchiolo in fibra di vetro.

Lo schema statico fa sì che la trave del ponte funzioni in continuità sulla pila centrale che funzionerà come appoggio semplice.

La pila centrale di nuova costruzione (le due pile esistenti saranno demolite) avrà una forma rastremata in modo tale da ridurre la contrazione della vena stramazzante sullo sfioratore che passa da una larghezza in soglia di 14.00 m a una larghezza sul ciglio di valle di 13.30 m; tale modestissima contrazione non altera in alcun modo la capacità di scarico dello sfioratore.

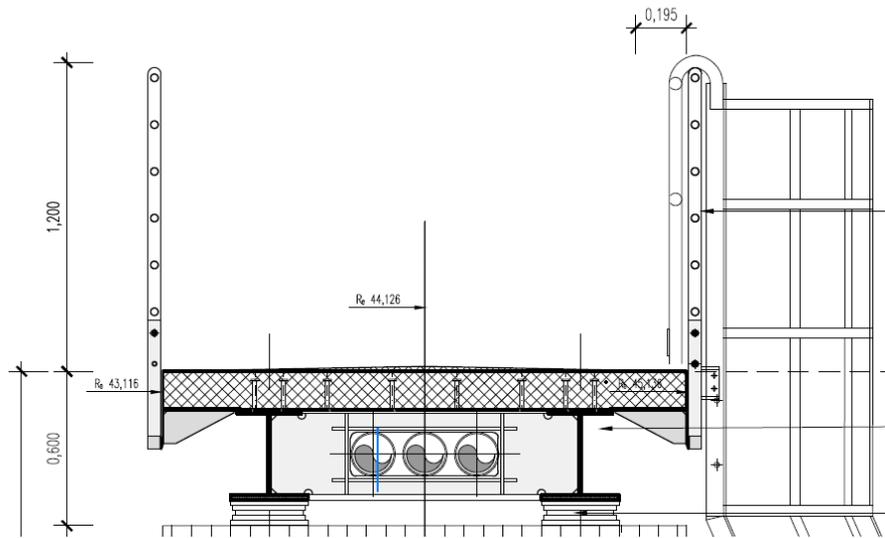


Figura 7-4: Sezione tipo della nuova passerella pedonale sopra lo sfioratore.

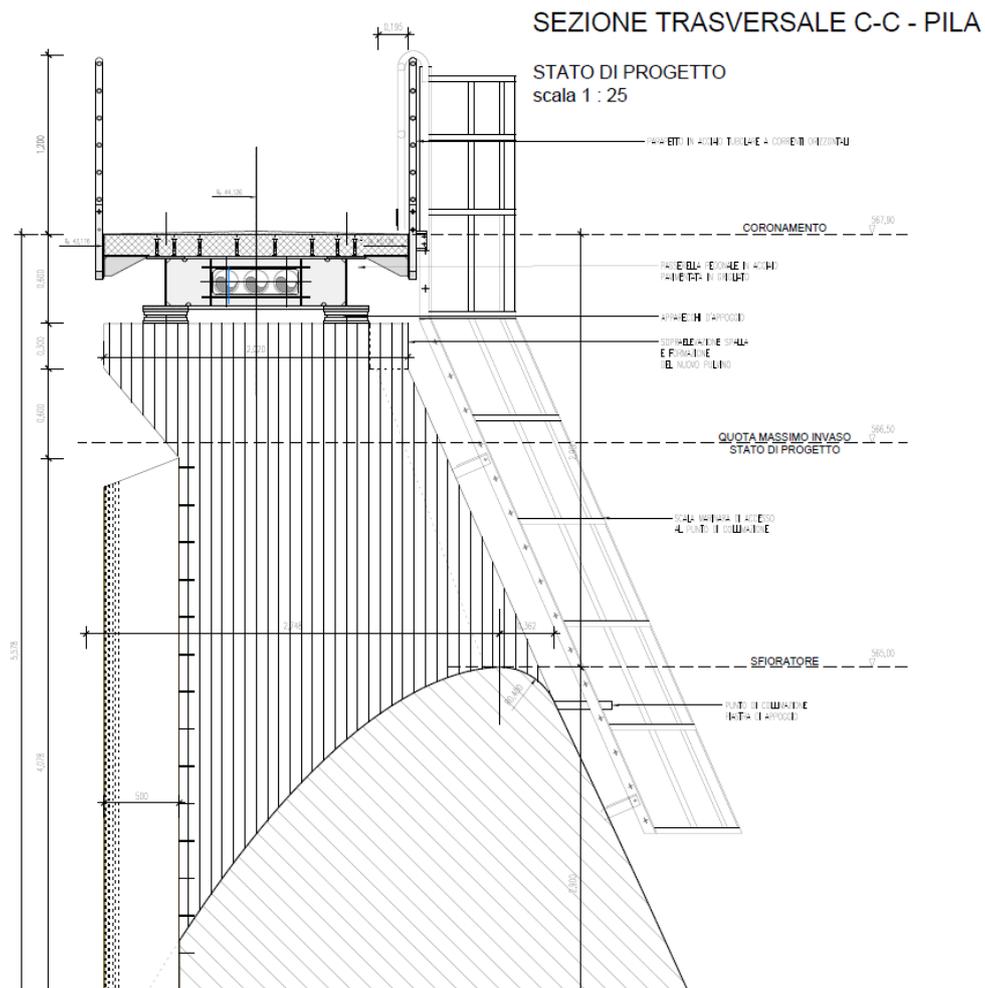
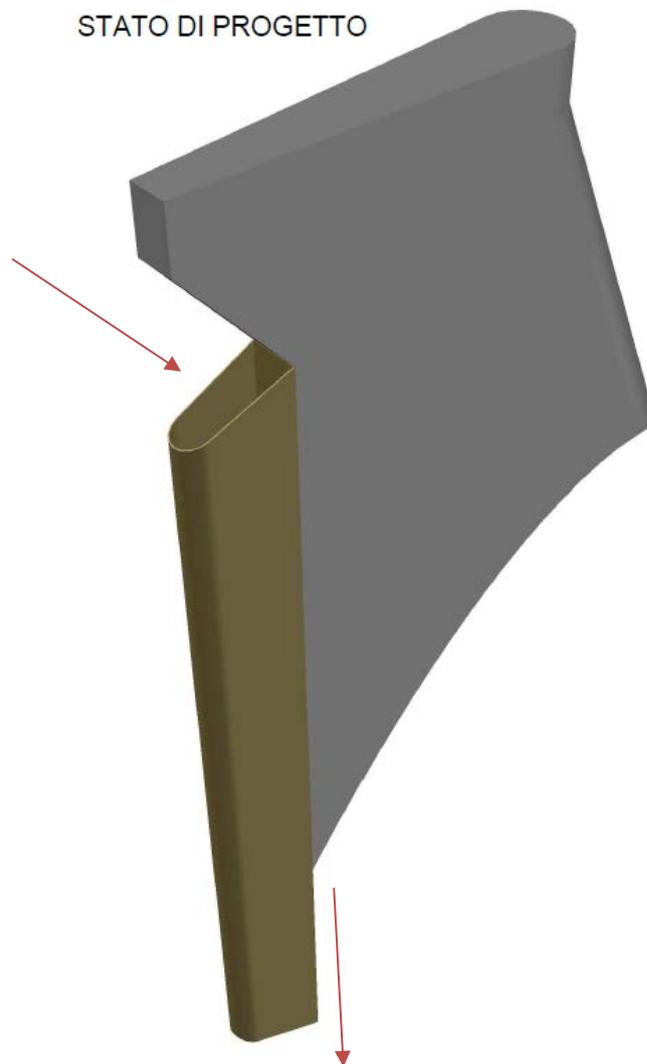


Figura 7-5: Sezione dello sfioratore a quota 565.00 m s.l.m. con la nuova pila intermedia.

La pila centrale sarà dotata, nella parte più rastremata di valle, di un condotto di aerazione della vena stramazzone realizzato in corten in grado di prendere aria sopra la quota di massimo invaso e portarla sotto la vena d'acqua.



*Figura 7-6: Vista prospettica della pila con aeratore posteriore in corten integrato nella stessa con indicazione dell'ingresso e dell'uscita dell'aria.*

La portata stramazzone avrebbe così 3 fonti di alimentazione d'aria, sotto di sé:

1. La spalla destra;
2. La spalla sinistra;
3. La pila centrale.

Sul ciglio sfiorante verrà realizzata una "lama" in corten dello spessore di 8 mm che fungerà da perfetto rompighetto provvedendo ad un "distacco" netto della lama dalla struttura senza pericoli di ripiegamento del getto libero verso l'intradosso della diga.

Questi provvedimenti vengono adottati per evitare di riprofilare il ciglio sfiorante dello sfioratore: contrariamente a quanto proposto nel progetto preliminare a alla luce di quanto visto nei lavori di sovrizzo della diga di Cazul (Edison – provincia di Pordenone).

Nel progetto preliminare applicando la formula di Greager si era proposto di modificare il profilo in ragione dell'incremento del carico sullo stesso secondo la seguente parabola:

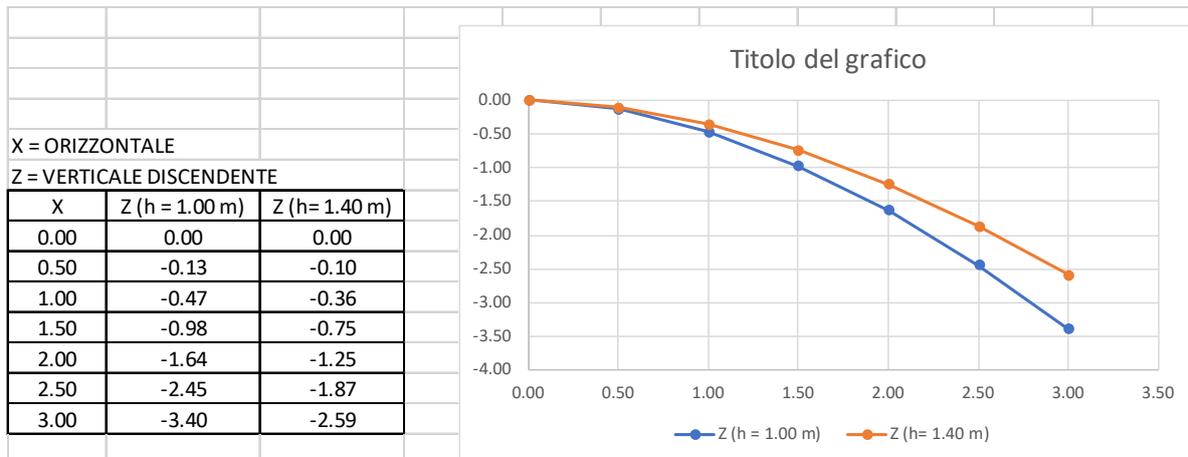


Figura 7-7: Valori dei profili Creager per i due differenti carichi sullo sfioratore (dal progetto preliminare).

Ora il profilo attuale avendo una curvatura maggiore idraulicamente determina due effetti:

1. Un incremento della portata e quindi del coefficiente di deflusso (di cui non si tiene conto a favore di sicurezza);
2. Una leggera "depressione" sul profilo dello sfioratore.

Tale depressione NON potrà creare alcun danno alla struttura per due motivi:

- A. L'aerazione della vena sottostante annulla tale depressione;
- B. La finitura superficiale rinforzata tramite un intonachino ad alta resistenza che verrà posto su tutta la sua superficie ne rafforzerà sensibilmente la resistenza all'abrasione.

D'altro canto l'operazione di risagomare il ciglio oltreché inutile risulterebbe molto dispendioso e particolarmente difficile da realizzare sia tecnicamente che dal punto di vista della sicurezza.

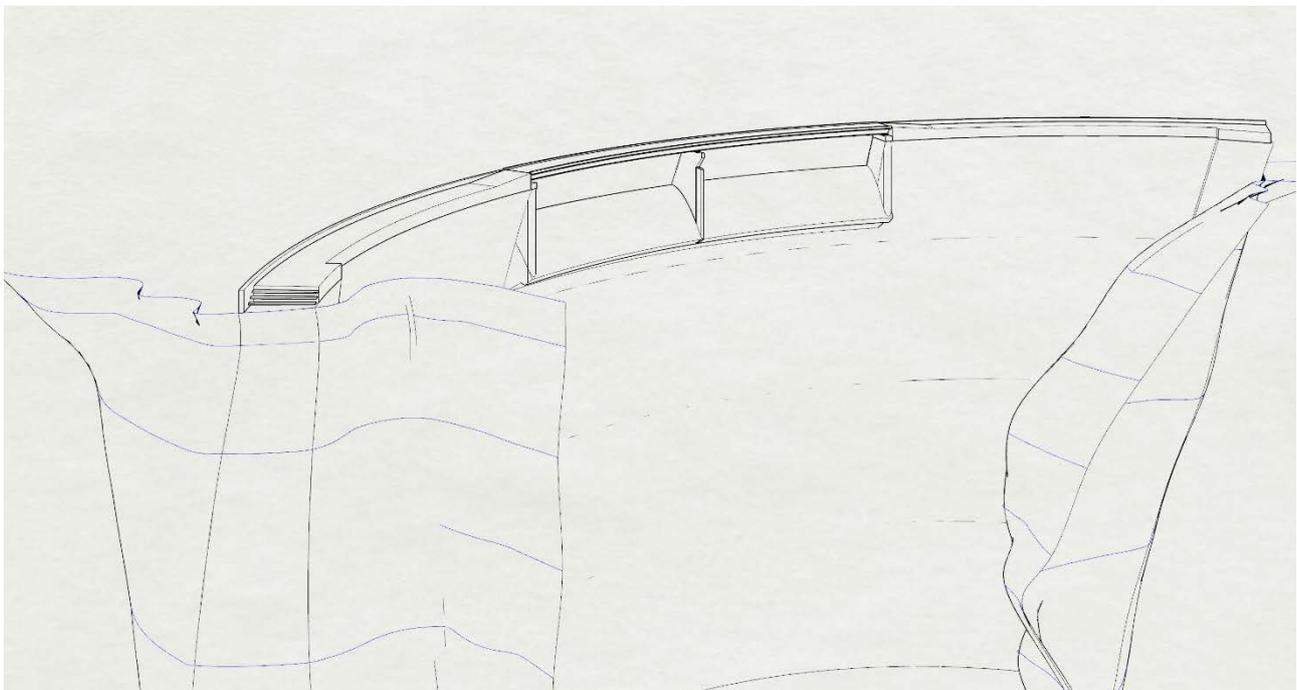
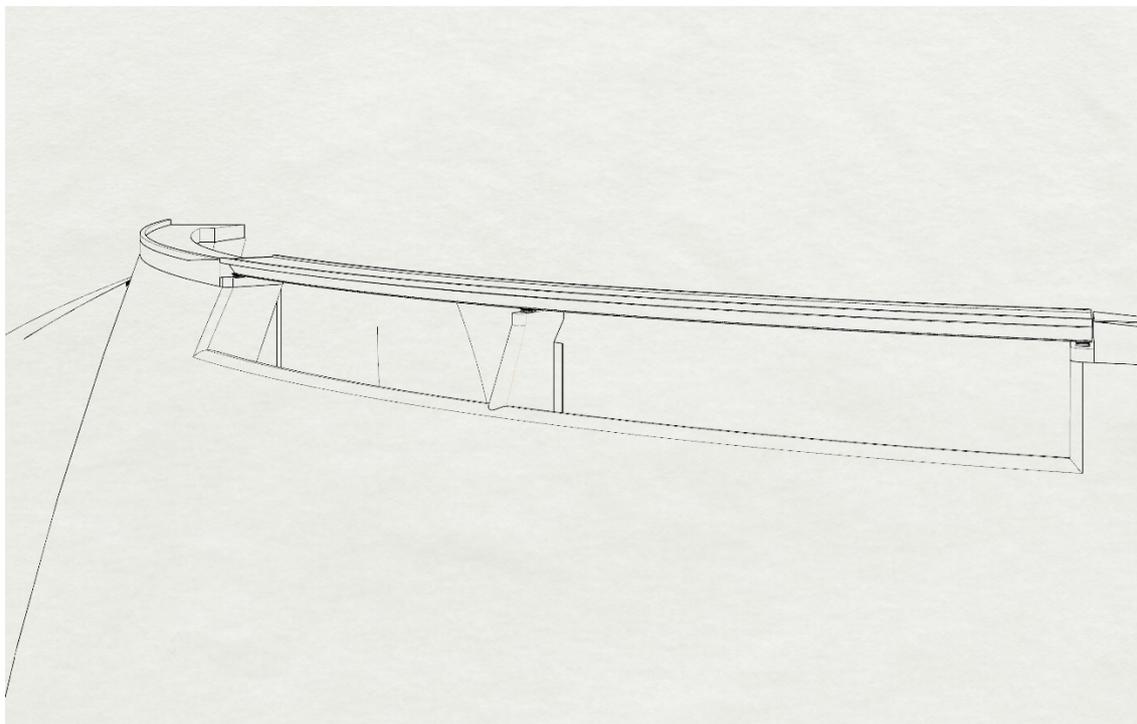
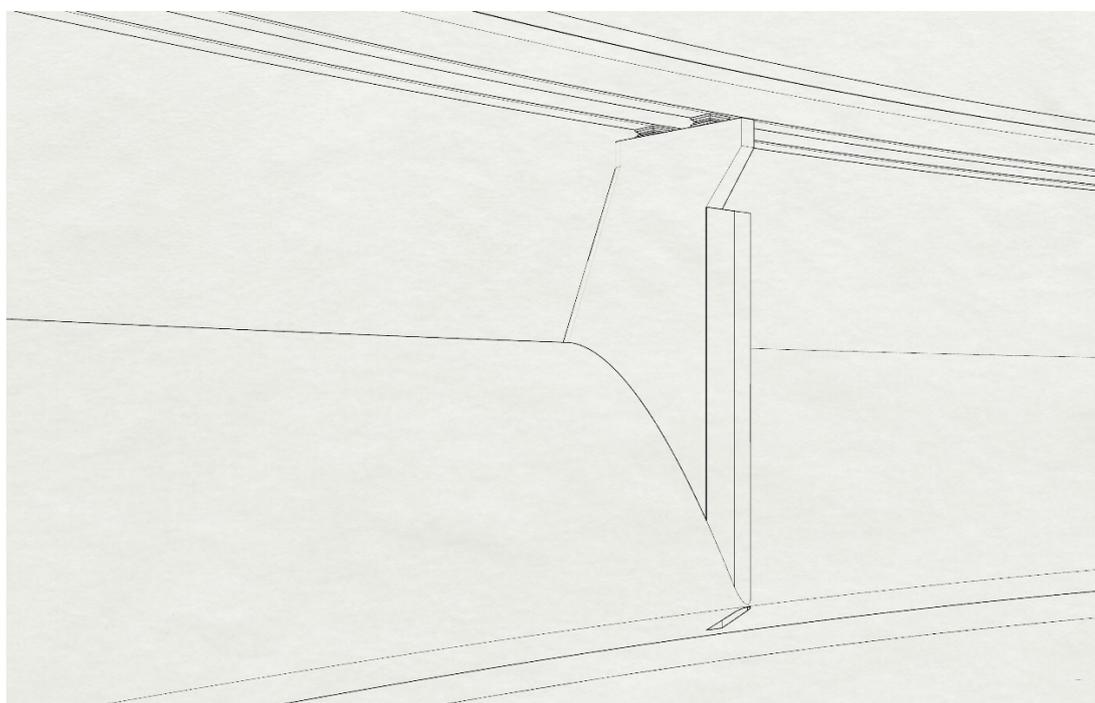


Figura 7-8: Vista 3d del nuovo sfioratore a soglia libera con pila singola con aeratore.



*Figura 7-9: Vista 3d del nuovo sfioratore a soglia libera visto da monte.*



*Figura 7-10: Vista 3d della pila con aeratore sul nuovo sfioratore a soglia libera.*

### **7.3 Spalletta in sponda sinistra**

In sponda destra tra la diga e lo sfioratore di superficie presidiato è stata realizzata una spalletta a gravità avente il coronamento sempre a quota 567.00 m s.l.m..





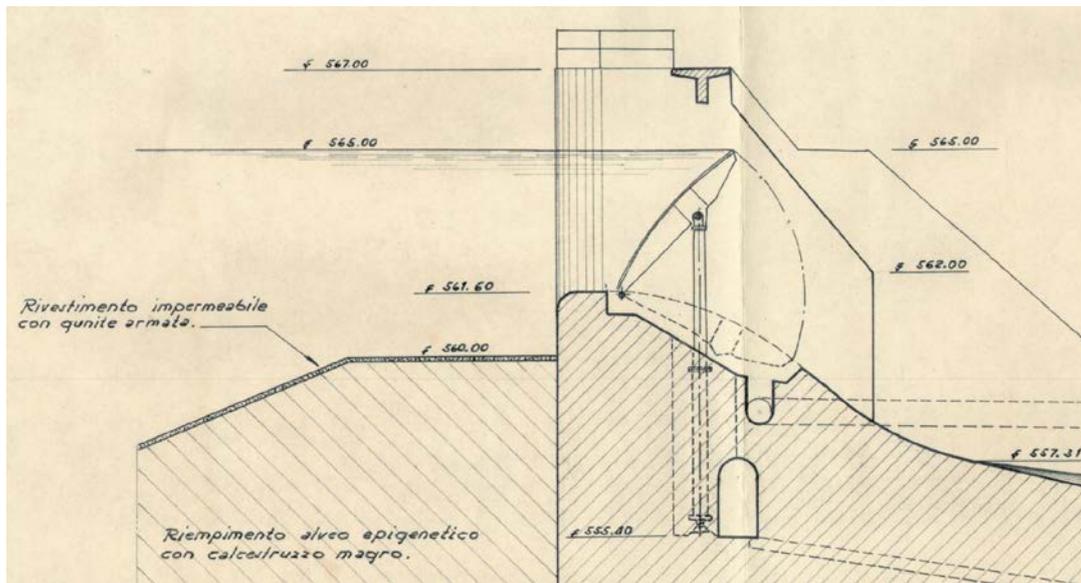


Figura 7-14: estratto dalla tavola n.28 allegata al collaudo – sezione dello scarico di superficie presidiato da paratoie.

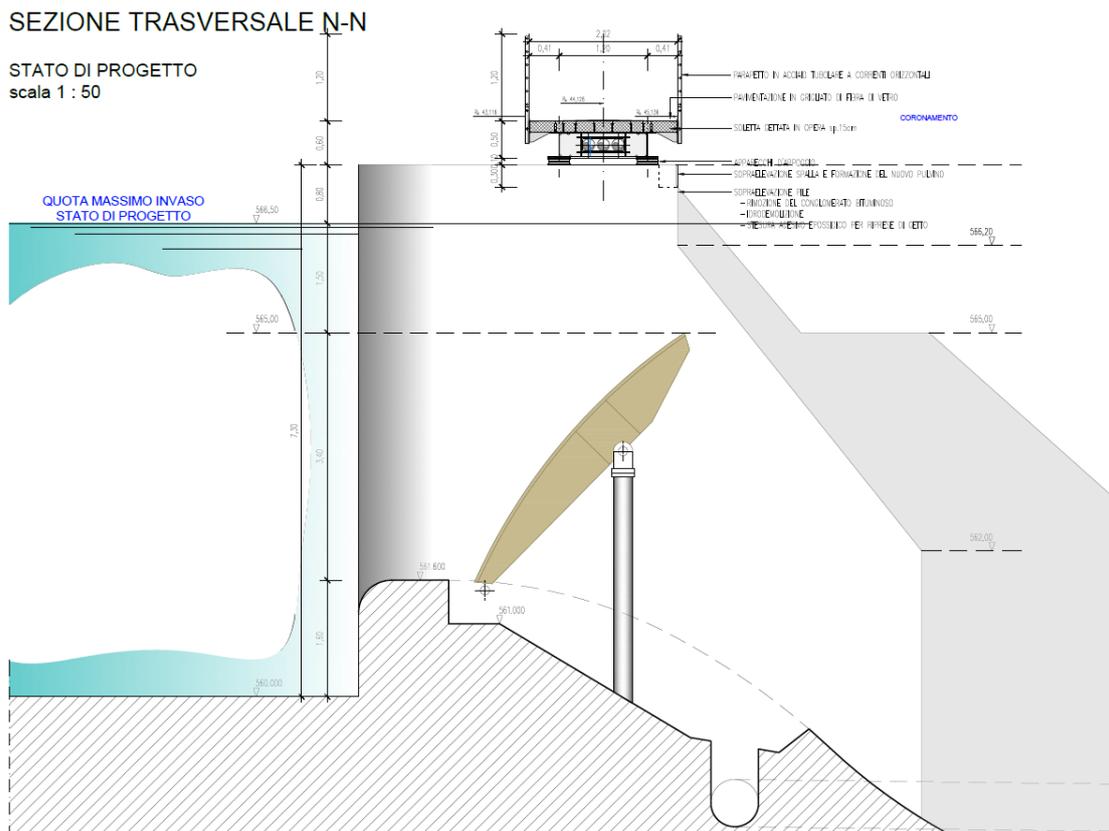


Figura 7-15: proposta di sistemazione della zona dello scarico di superficie con paratoie – sezione dello scarico di superficie presidiato da paratoie.

La struttura sarà rialzata a quota 567.30 per permettere tramite gli apparecchi di appoggio alti 10 cm di avere il sottotrave della nuova passerella a 567.40 e camminamento a quota 569.90 esattamente come per la analoga passerella del coronamento diga sopra lo sfioratore a soglia libera.

La spalla sinistra vedrà a ridosso del muro che delimita il piazzale della casa di guardia il raggiungimento della quota 567.90 m s.l.m. ovvero la quota del franco netto.

Da questa posizione parte il camminamento che porta all'opera di presa che è comunque raggiungibile anche da sopra transitando tramite scalette nell'area in cui si colloca il piazzale antistante la casa di guardia.

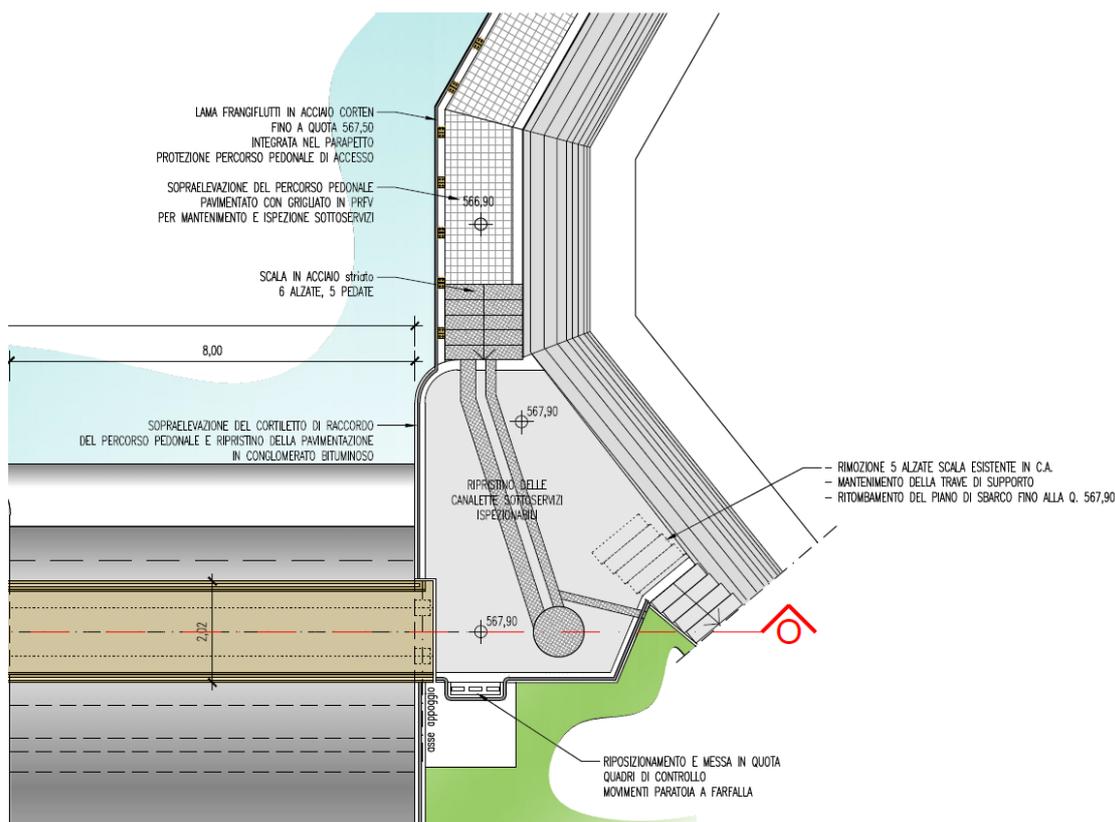


Figura 7-16: estratto dalla planimetria di progetto – particolare della spalla sinistra con scalette che verso valle portano al piazzale della casa di guardia e verso monte al camminamento che porta all'opera presa.

## 7.5 Opere accessorie – camminamento fino all'opera di presa

Il camminamento che collega diga e scarico di superficie presidiato alla casa di guardia e all'opera di presa costituito da una struttura in calcestruzzo armato con una canale per alloggiamento cavidotti visibile nelle fotografie seguenti, si trova attualmente ad una quota inferiore a quella del coronamento perché di fatto passa sotto la casa di guardia.

Nelle tavole di progetto è indicata la sezione attuale e futura della sistemazione proposta di questo camminamento di servizio che partendo attualmente da quota 567.0 tramite tre gradini in acciaio si porta a quota 566.40 m s.l.m. , come è visibile nella Figura 7-13, e quindi con una leggera salita si porta a quota 566.90 m s.l.m. che è la quota della soletta in calcestruzzo ove si colloca la cabina di comando dell'opera di presa.

Di fatto il camminamento ora in salita verso l'opera di presa risulterebbe tutto a quota costante e pari a 567.90 m s.l.m.. Il franco di 1 m rispetto alla quota di massimo invaso verrebbe garantito da un lama continua in corten inserita stabilmente sulla struttura e inglobante il parapetto di sicurezza. Questa soluzione ricalca in pieno quanto già proposto nel progetto preliminare considerando che il passaggio è stato aggiunto dopo il collaudo dell'opera e risulta un collegamento di servizio importante ma più a livello manutentivo in quanto nella canaletta sottostante sono alloggiati i collegamenti idraulici alle paratoie dello scarico di superficie.



Figura 7-17: fotografia del camminamento che collega sfioratore e opera di presa passando sotto la casa di guardia.

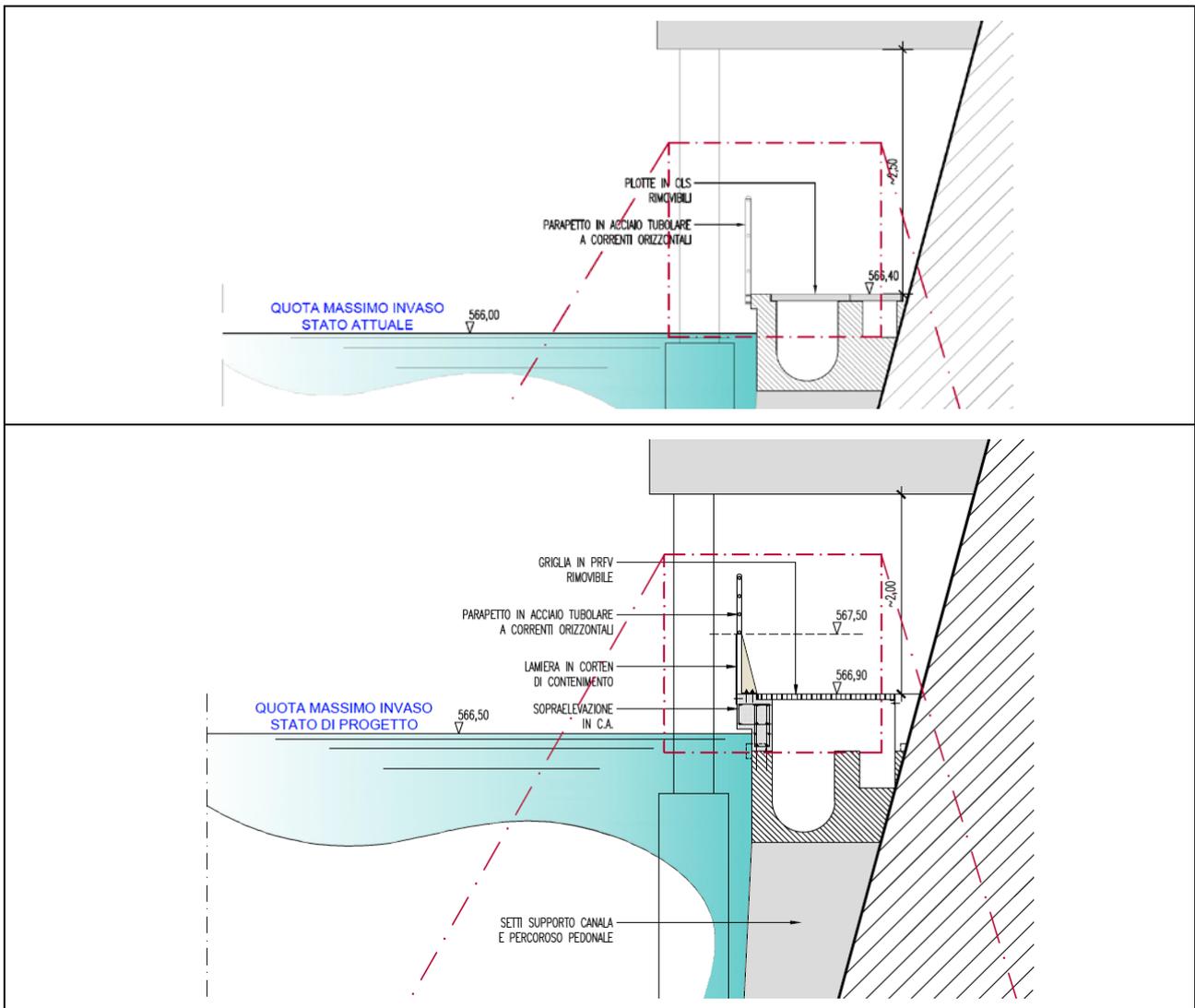


Figura 7-18: confronto tra stato attuale e proposta di progetto del camminamento sotto la casa di guardia

La soluzione che si propone, che ricalca come detto quanto già proposto in sede di progetto preliminare è la seguente (sempre con riferimento alla Figura 7-18):

Rialzare il camminamento mediante un muretto in calcestruzzo armato a valle e uno a monte con la realizzazione di un grigliato di copertura posto tutto a quota 566.90 m s.l.m.;  
 Proteggere il camminamento (fino a tutto l'intorno della cabina dell'opera di presa) con una lamiera in corten saldamente ancorata alla struttura, tale da inglobare anche il parapetto (quota 567.50).

La sezione del parapetto sarà la stessa anche intorno all'edificio dell'opera di presa, riprodotto nella figura seguente:

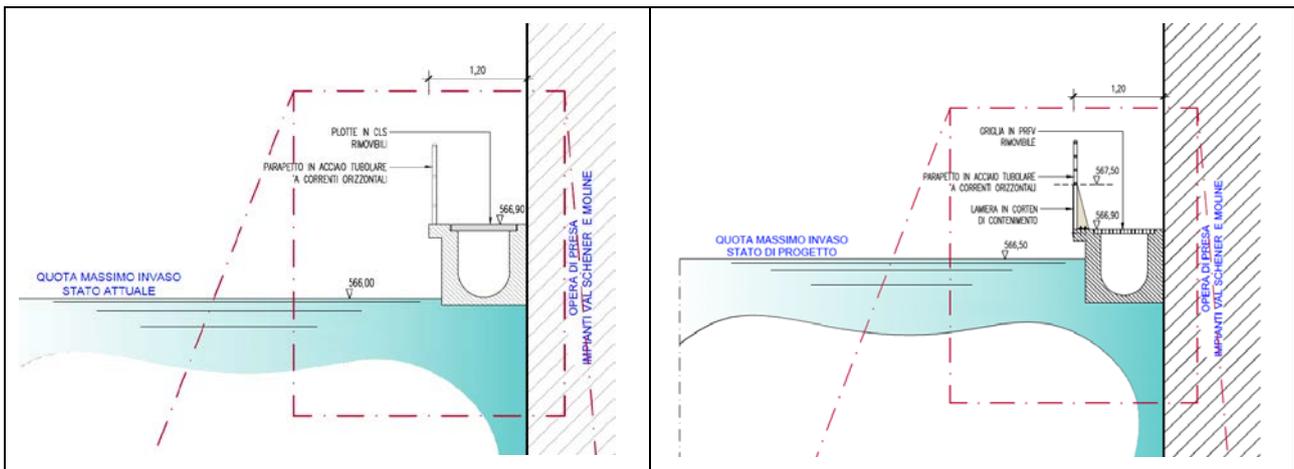


Figura 7-19: Sezione corrente (sinistra) e di progetto (destra), in corrispondenza dell'edificio che alloggia l'opera di presa.

Il rialzo proposto è il massimo realizzabile senza alterare il passaggio sotto la cassa di guardia la cui altezza si riduce da 250 cm a circa 200 cm.

## 7.6 Il ripristino dei giunti di costruzione

In generale sia sul corpo della diga ad arco che sul resto delle strutture importanti come spalletta a gravità e sfioratore presidiato l'opera è stata realizzata utilizzando dei profili coprigiunto water-stop in PVC della Sika per garantire la tenuta dei giunti di costruzione.

Tali giunti sono ancora disponibili sul mercato con caratteristiche non molto diverse: sono i profili waterband-p di Sika in PVC plastificato: essi possono essere saldati sul posto a dare completa continuità e perfetta tenuta.

In corrispondenza dei giunti presenti sulla struttura verrà messo in vista il giunto waterstop originale e collegato tramite saldatura il nuovo giunto.

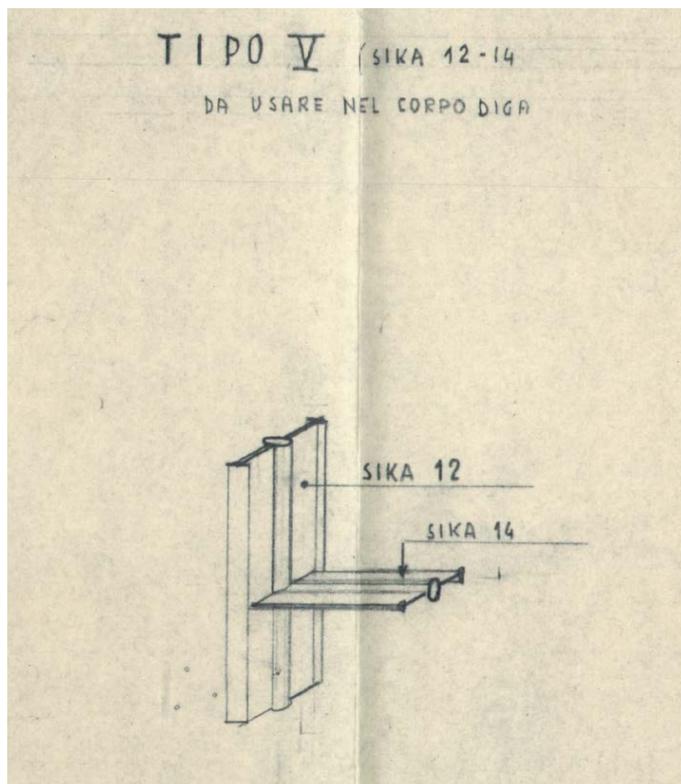


Figura 7-20: Particolare del water-stop Sika utilizzato nella diga (estratto dalla tavola n.25 allegata al collaudo).

## Sika Waterbar® D-19, D-24 e D-32

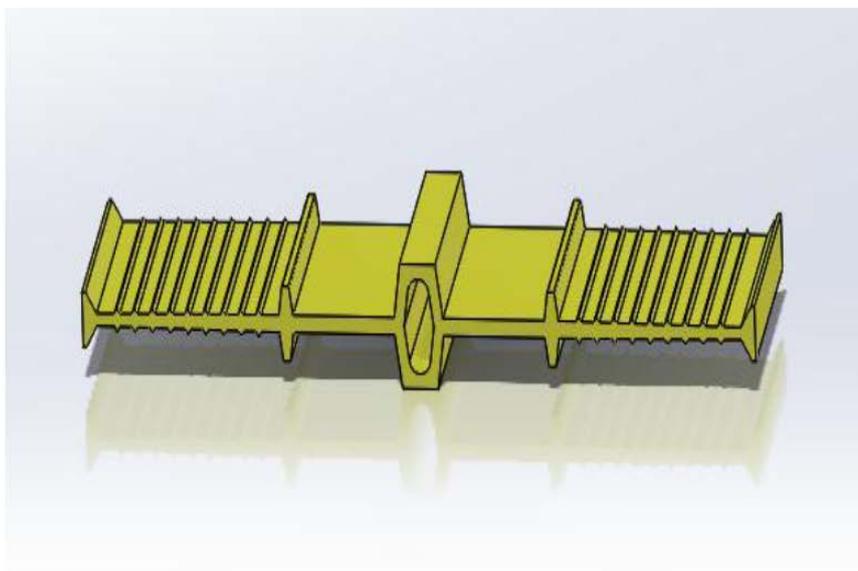


Figura 7-21: Particolare del water-stop Sika Waterbar D24 da utilizzato in progetto.

## 8 IMPATTI DEL PROGETTO SUL SISTEMA DI MONITORAGGIO E CONTROLLO DELLA DIGA

Il progetto del sovrizzo ha un impatto anche sulla strumentazione di monitoraggio e controllo presente in diga. Sul coronamento sono posizionati i seguenti punti di controllo e misura:

1. 28 punti di livellazione;
2. 6 punti di triangolazione;
3. 6 punti di collimazione che coincidono con i punti di triangolazione.

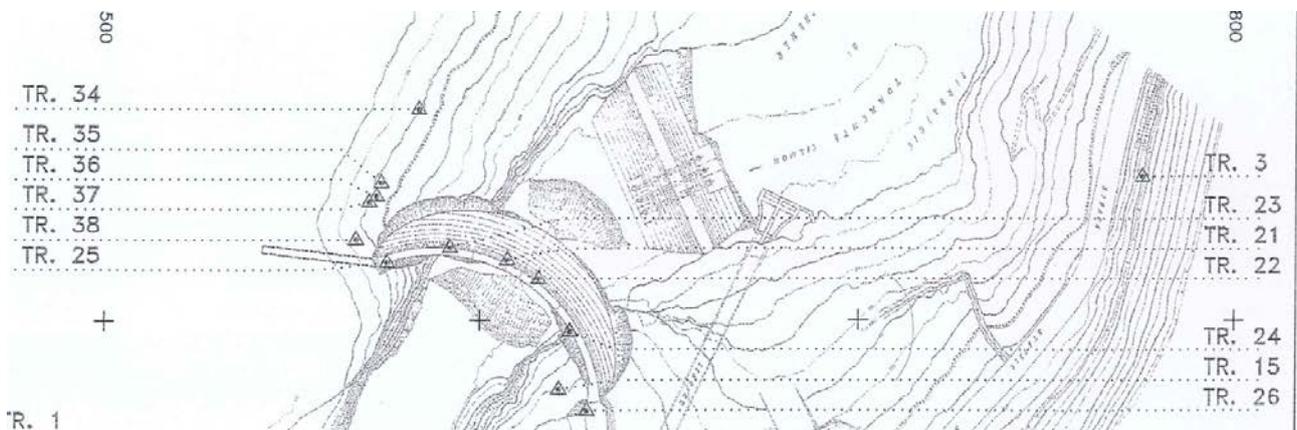


Figura 8-1: Schema dei punti di triangolazione: sul coronamento ci sono 6 punti da TR21 e Tr25 essi coincidono con i punti di collimazione.

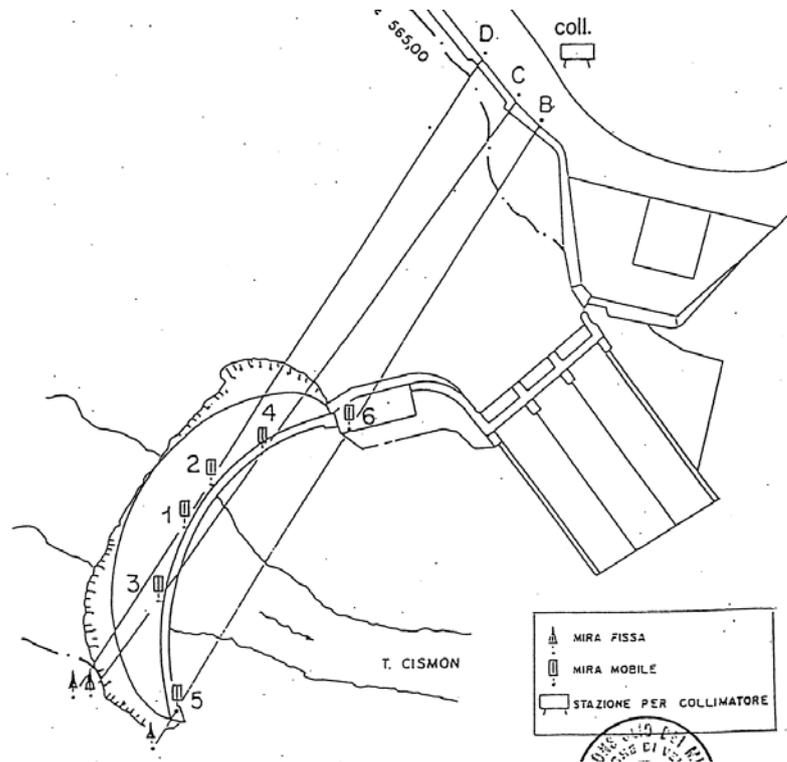


Figura 8-2: Schema dei punti di collimazione: sul coronamento ci sono 6 punti su 3 allineamenti.

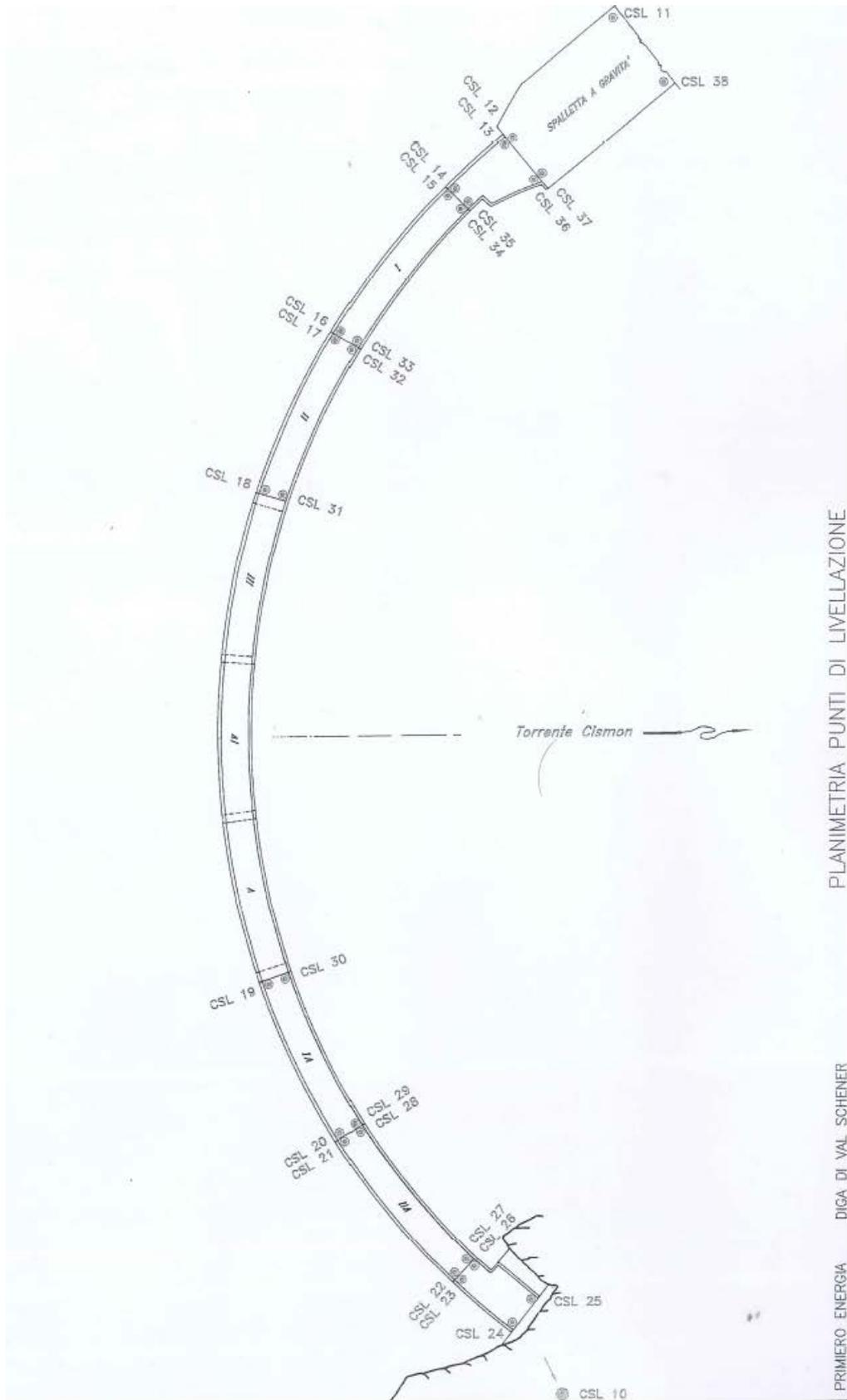
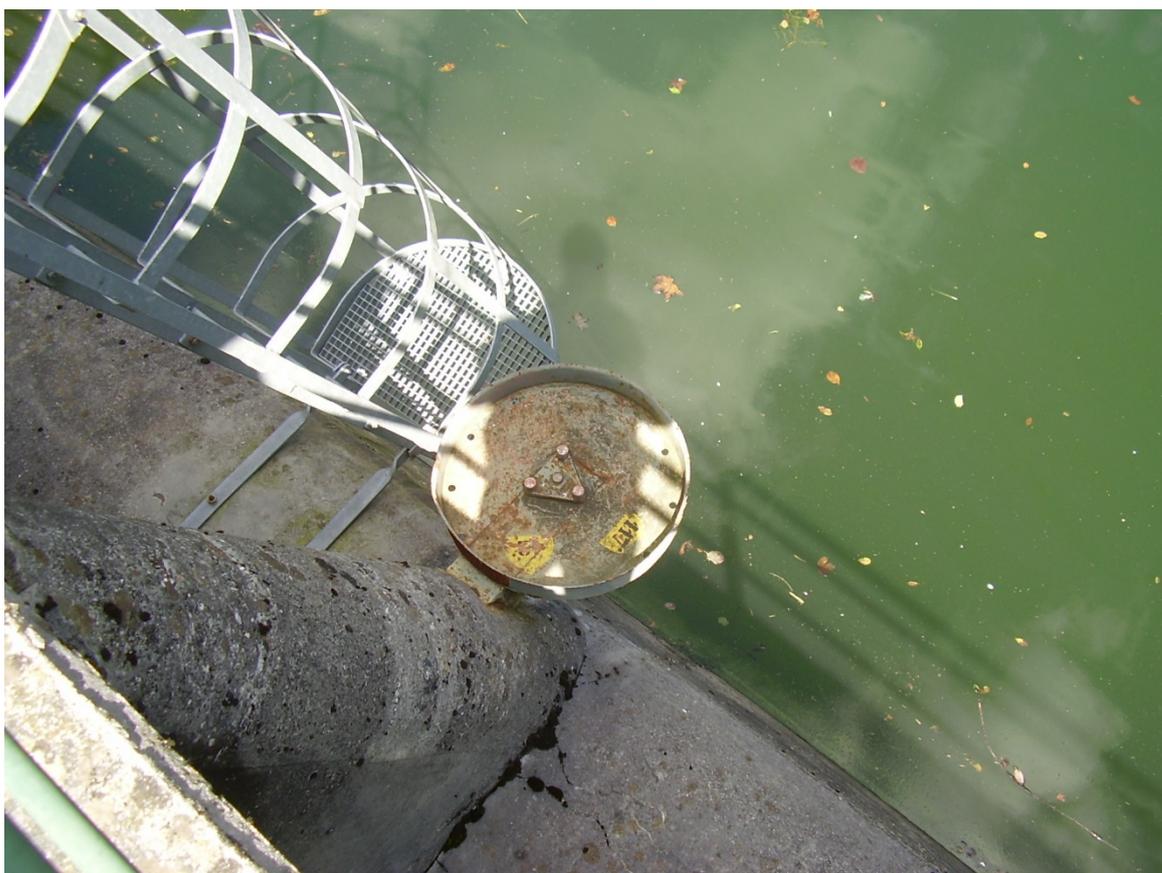


Figura 8-3: Schema dei punti di livellazione: sul coronamento e spalletta ci sono 28 punti.

La soluzione proposta prevede:

1. Punti di Livellazione: rimangono completamente invariati nella posizione planimetrica ma solo alzati tramite una barra in acciaio invar che risulterà avvitata alla testa attuale in modo rigido; sarà necessario solo fare una lettura di passaggio aggiungendo un valore fisso di passaggio tra vecchia e nuova misura;
2. Punti di triangolazione: anche in questo caso rimangono invariati ad esclusione delle postazioni TR21 e TR22 che sono piazzate ai piedi delle pile dello sfioratore attuale (coincidono con le Mire 01 e 02 della collimazione), in questo caso le pile vengono demolite e le due postazioni confluiranno in una nuova postazione unica collocata sulla sezione maestra in corrispondenze dell'unica pila in progetto. La diga quindi perde un punto ma guadagna una misura sulla sezione maestra che in realtà è la più sensibile alle variazioni di carico e temperatura. I punti di controllo rimangono 5 e si ritiene che tale "perdita" non sia significativa nel controllo della struttura.
3. Punti di collimazione: la differenza più importante è che le postazioni delle mire 01 e 02 si trasformano nella sola nuova mira 01 posta sulla pila centrale in asse alla diga. Le altre postazioni che sono anch'esse collocate esternamente al coronamento rimangono invariate.



*Figura 8-4: fotografia della Mira01 sulla pila che verrà demolita: una base simile sarà realizzata sulla nuova pila centrale.*

## 9 LO STATO ATTUALE DELLA STRUTTURA

Per i dettagli si rimanda alla relazione R110-30 relazione sullo stato di consistenza dell'opera.

Si è provveduto ad un'approfondita analisi degli elaborati grafici allegati al Collaudo dell'opera. Sulla base delle indicazioni riportate in tali elaborati si sono sviluppate le seguenti attività:

- Riproduzione vettoriale degli elaborati grafici di collaudo che definiscono la geometria dell'opera: si sono riprodotti gli elaborati grafici di collaudo in files vettoriali editabili riproducendoli sulla base delle regole geometriche indicate negli allegati di collaudo;
- Sviluppo di una procedura automatica in ambiente Matlab per la generazione analitica della geometria completa della diga; la procedura automatica è stata sviluppata sulla base delle regole geometriche definite negli elaborati grafici di collaudo;
- Sviluppo di un modello geometrico tridimensionale in ambiente AutoCad e Rhinoceros generato sulla base dei dati calcolati con la procedura Matlab;
- Rilievo con tecnica scanner laser della porzione visibile della diga.

Il raffronto delle elaborazioni grafiche e delle risultanze della procedura analitica con i disegni allegati al collaudo dell'opera hanno consentito di rilevare una ottima corrispondenza tra gli elaborati vettoriali ricostruiti e gli elaborati grafici allegati di collaudo.

Il raffronto ha consentito di individuare alcuni errori di trascrizione di dati presenti negli elaborati grafici allegati al collaudo, a confermare comunque complessivamente l'elevatissima qualità del progetto e della costruzione dell'opera. Il rilievo scanner laser ha consentito di verificare l'ottima corrispondenza della geometria dell'opera all'impostazione progettuale.

## 10 IL PIANO DELLE INDAGINI SULLA STRUTTURA

Per i dettagli si rimanda alla relazione R110-35 relazione sul piano delle indagini.

La caratterizzazione dei materiali desumibile dagli atti di progetto e di collaudo è opportuno sia raffrontata con gli esiti di una campagna di indagini in sito idonee a definire le principali caratteristiche meccaniche necessarie all'esecuzione delle verifiche strutturali dell'opera.

Si rende necessaria quindi l'esecuzione di una campagna di indagini integrative che portino alla definizione compiuta dei materiali, in conformità a quanto specificato nelle "Istruzioni per l'applicazione della Normativa Tecnica di cui al D.M. 26.06.2014 (NTD14) e al D.M. 17.01.2018 (NTC18)".

Il piano delle indagini riguardante la caratterizzazione del calcestruzzo indurito della diga di Val Schener ha previsto le seguenti attività:

- prelievo di campioni di calcestruzzo costituente la diga di Val Schener mediante carotaggio continuo con corona diamantata e con circolazione d'acqua; i prelievi sono stati effettuati in conformità alla norma UNI EN 12504-1 "Prove sul calcestruzzo nelle strutture – Carote – Prelievo, esame e prove di compressione", con le seguenti caratteristiche dimensionali:
  - 6 carotaggi  $\varnothing$  200 mm lunghezza 420 mm;
  - 15 carotaggi  $\varnothing$  200 mm lunghezza 220 mm;
- esecuzione del rilievo delle barre di armatura degli elementi strutturali in calcestruzzo armato mediante pacometro a scansione;
- ripristino, in ciascuna posizione di carotaggio, del paramento carotato con betoncino strutturale, avente resistenza cubica caratteristica a compressione non inferiore a 45 MPa a 28 giorni di maturazione;
- taglio e rettifica delle carote prelevate secondo UNI EN 12390-3 "Prove sul calcestruzzo indurito – Parte 3: Resistenza alla compressione dei provini";
- prova di resistenza a compressione di provini cilindrici secondo UNI EN 12390-3 "Prove sul calcestruzzo indurito – Parte 3: Resistenza alla compressione dei provini" su 15 carote  $\varnothing$  200 mm h 200 mm;

- prova per la determinazione del modulo di elasticità secante in compressione secondo UNI EN 12390-13, eseguita su 2 terne di provini cilindrici  $\varnothing$  200 mm/400 mm di cui 3 provini da sottoporre a prova di schiacciamento per la determinazione della resistenza a compressione di riferimento secondo UNI EN 12390-3;

In parallelo alle attività di carotaggio, sono state condotte le seguenti indagini non distruttive:

- Analisi visiva delle carote prelevate in situ al fine di individuare difetti e criticità che possano qualificare un materiale di scarsa qualità;
- Prove sclerometriche, in conformi alla norma UNI EN 12504-2 “Prove sul calcestruzzo nelle strutture – Parte 2: Prove non distruttive – Determinazione dell’indice sclerometrico”, in corrispondenza dei 15 siti di carotaggio sul paramento di valle della diga di Val Schener.

## 11 LE VERIFICHE STRUTTURALI

Per i dettagli si rimanda alle relazioni da R110-40 alla R110-55 Relazione di calcolo delle strutture delle nuove opere, della passerella sul coronamento della diga, della passerella sullo scarico di superficie, e verifiche sismiche della struttura della diga.

L’opera oggetto di intervento, costruita tra gli anni 1960-1963 è una diga in calcestruzzo ad arco a doppia curvatura, di altezza 72.60 m e sviluppo al coronamento 80.65 m.

Si prevede l’analisi della sicurezza strutturale della diga, in considerazione della variazione dei carichi agenti rispetto ai carichi di cui al progetto originario, ai sensi delle Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse) di cui al D.M. Infrastrutture 26.6.2014 (NTD 2014) e delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. Infrastrutture 17.1.2018 (NTC2018).

Per le verifiche strutturali delle nuove opere sia per le condizioni di carico statiche che per le condizioni di carico in caso di evento sismico si sono considerate tutte le prescrizioni derivanti da:

- Decreto Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 26.6.2014 “Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traversi)”;
- Decreto Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 17.1.2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”;
- “Verifiche sismiche delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere complementari accessorie – Istruzioni per l’applicazione della normativa tecnica di cui al D.M.26.36.2014 (NTD14) e al D.M.17.1.2018 (NTC18)” emesse dalla Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Il sito su cui sorge la diga oggetto di intervento è localizzato dai seguenti riferimenti:

- Nome della diga: **VAL SCHENER**
- Codice RID e n.SND: **62/823**
- Corso d’acqua: **torrente Cismon**
- Bacino principale: **fiume Brenta**
- Località: **Pontet o Monte Croce**
- Comune: **Sovramonte (BL) e Canal San Bovo (TN)**
- Provincia: **Belluno e Trento**
- Impianto idroelettrico alimentato: **centrali di Val Schener, Moline e centralina DMV**
- Gestore: **Primiero Energia S.p.A. (Via A. Guadagnini 31, 38054 Primiero San Martino di Castrozza, TN)**
- Coordinate geografiche (WGS84): **LAT 46.104508 - LNG 11.772289**
- Coordinate geografiche (ED50): **LAT 46.105402 - LNG 11.773300**

Per il ricalcolo dell’opera e la definizione dell’azione sismica si considerano i seguenti parametri:

- Vita Nominale:  $V_N = 100$  anni
- Classe d’uso: IV

e quindi

- coefficiente  $C_U$ : 2.0
- periodo di riferimento:  $V_R = 200 \text{ anni} = 100 \text{ anni} \times 2.0$

Si sono assunti inoltre i seguenti parametri:

- terreno di categoria: A;
- superficie topografica di tipo: T1;
- fattore di amplificazione topografica,  $S_T = 1.0$

Di seguito si riportano i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per i diversi periodi di ritorno forniti dalle NTC2008, nel punto di riferimento per il sito della diga di Val Schener, determinati per interpolazione su superficie rigata dei corrispondenti valori nei 4 nodi del reticolo delle NTC2008:

*Tabella 11-1 Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per i diversi periodi di ritorno indicati dalle NTC2008, nel sito della diga di Val Schener.*

| $T_R$<br>(anni) | $a_g$<br>(g) | $F_0$<br>(-) | $T_c^*$<br>(s) |
|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| 30              | 0.039        | 2.551        | 0.232          |
| 50              | 0.052        | 2.482        | 0.255          |
| 72              | 0.062        | 2.470        | 0.272          |
| 101             | 0.073        | 2.435        | 0.284          |
| 140             | 0.084        | 2.439        | 0.295          |
| 201             | 0.098        | 2.454        | 0.309          |
| <b>475</b>      | <b>0.138</b> | 2.495        | 0.332          |
| 975             | 0.187        | 2.478        | 0.347          |
| 2475            | 0.261        | 2.547        | 0.360          |

In funzione della pericolosità sismica di base, nel caso in cui il valore di  $a_g$  ( $T_R=475$ )  $\geq 0.15g$ , si renderebbe necessario effettuare uno studio sismo tettonico del sito ai sensi del paragrafo III.2.2 delle "Istruzioni per l'applicazione della Normativa Tecnica di cui al D.M. 26.06.2014 (NTD14) e al D.M. 17.01.2018 (NTC18)".

Il sito della diga di Val Schener non corrisponde ad un nodo del reticolo di riferimento. Il valore dell'accelerazione di riferimento  $a_g$  è determinato per interpolazione con una superficie rigata per i tempi di ritorno  $T_R$  sopra elencati. In particolare per il tempo di ritorno  $T_R=475$  anni, risulta  $a_g = 0.138g < 0.15g$ .

Il valore dell'accelerazione sismica  $a_g$  può essere calcolato anche come una media pesata dei valori delle accelerazioni nei quattro punti del reticolo circostanti il sito di interesse, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici, in conformità all'Allegato A delle NTC08, secondo l'espressione:

$$p = \frac{\sum(p_i/d_i)}{\sum(1/d_i)}$$

È possibile identificare, con riferimento al periodo di ritorno  $T_R=475$  anni, in conformità a quanto riportato nell'Allegato B delle NTC2008 il valore dell'accelerazione  $a_g$  nei quattro nodi del reticolo circostanti il sito della diga di Val Schener:

| Nodo | $a_g$<br>(g/10) | d<br>(m) |
|------|-----------------|----------|
| 9633 | 1.302           | 2143     |
| 9634 | 1.502           | 5112     |
| 9855 | 1.449           | 3691     |
| 9856 | 1.664           | 5904     |

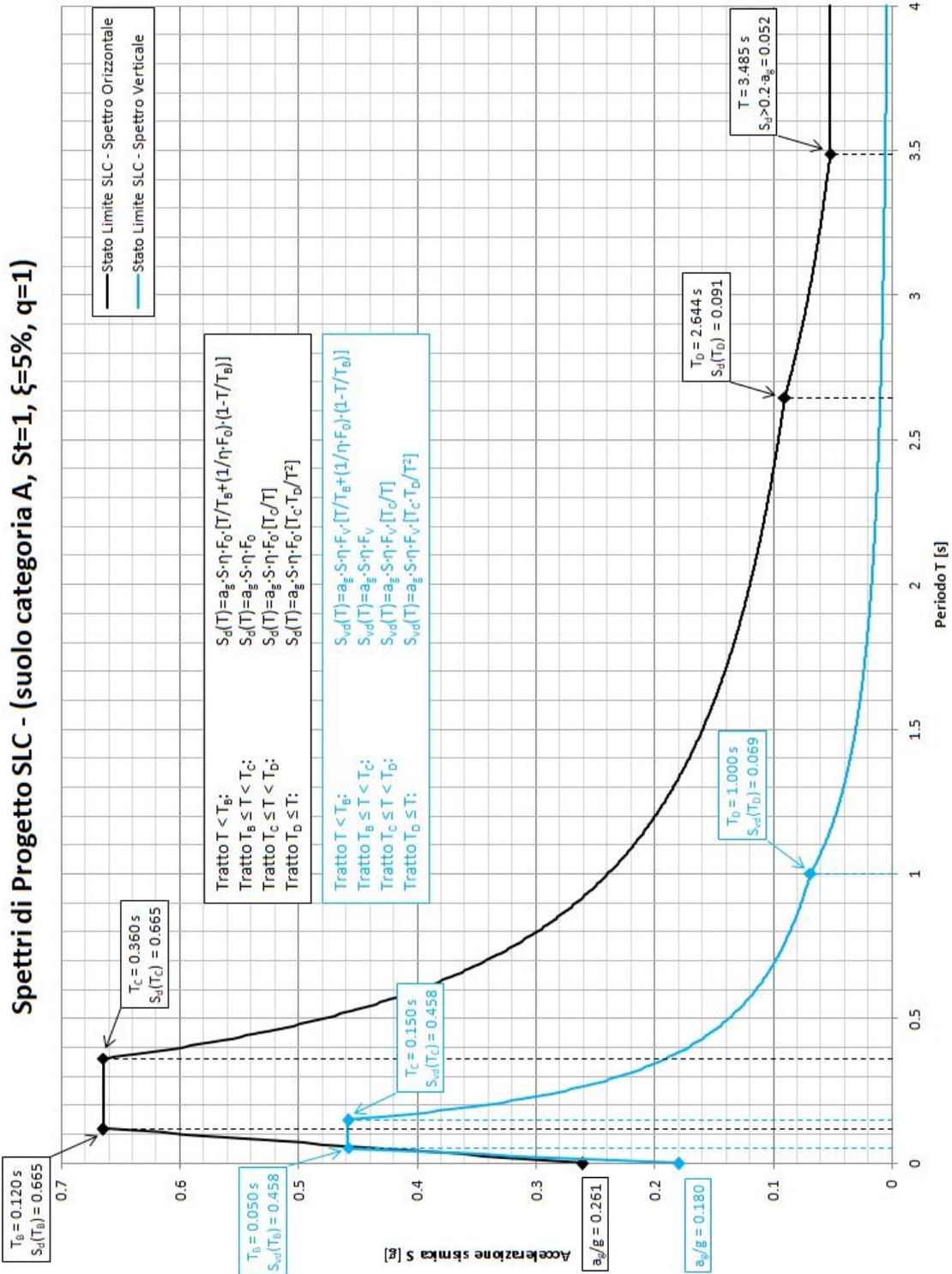
Adottando quindi l'interpolazione pesata con l'inverso delle distanza tra i 4 nodi ed il sito di interesse, l'accelerazione  $a_g$  nel sito della diga di Val Schener corrisponde a:

$$a_g (T_R = 475) = 1.429 \text{ g}/10 = 0.143 \text{ g}$$

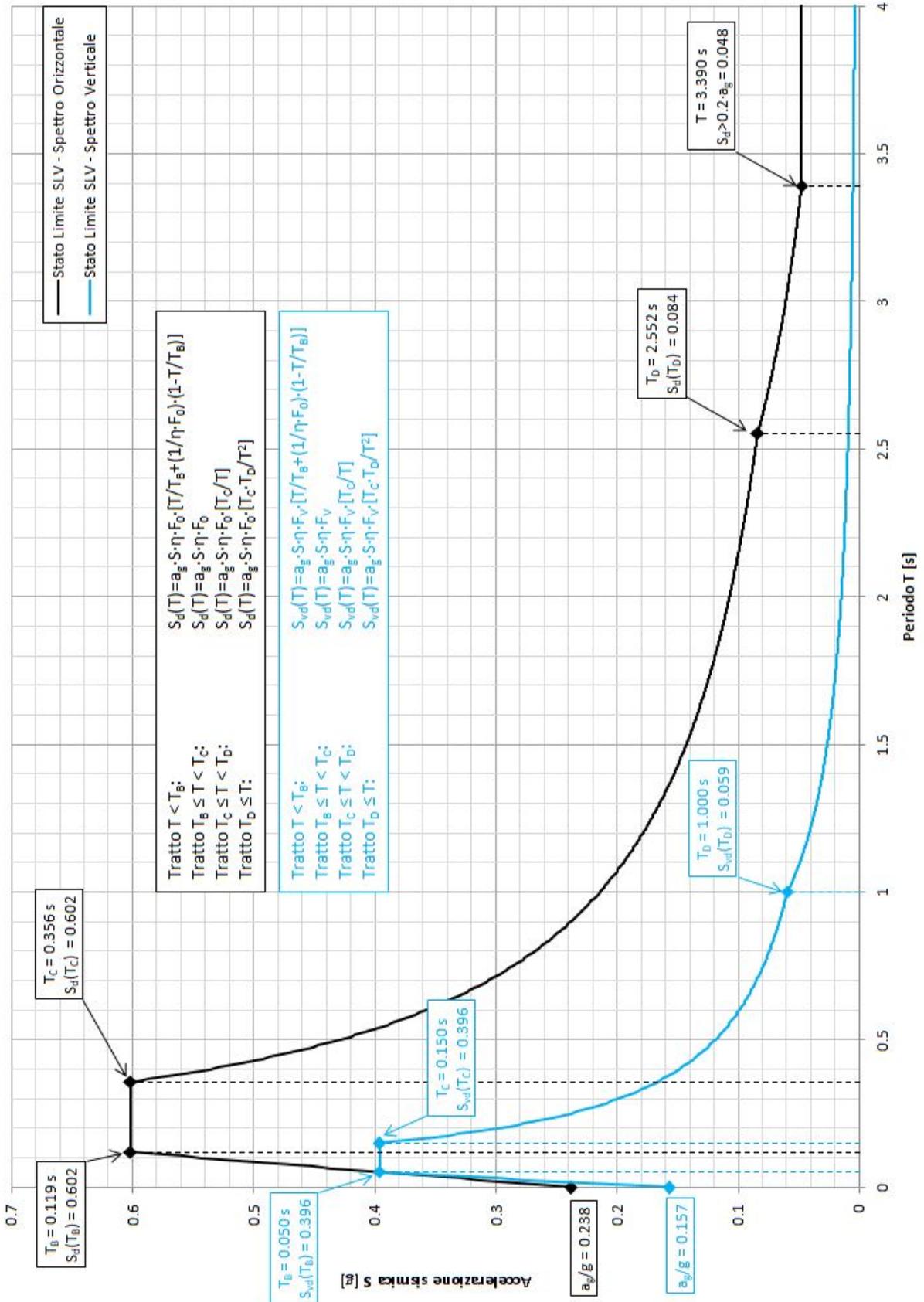
di nuovo inferiore a 0.15g.

Ai sensi delle previsioni dell'Art.C.7.7.1 delle NTD2014, risultando quindi l'azione sismica di progetto  $a_g$  relativa al periodo di ritorno  $T_R=475$  anni, nel sito della diga di Val Schener, di intensità inferiore a 0.15g, non risulta necessario sviluppare uno specifico studio sismo tettonico del sito.

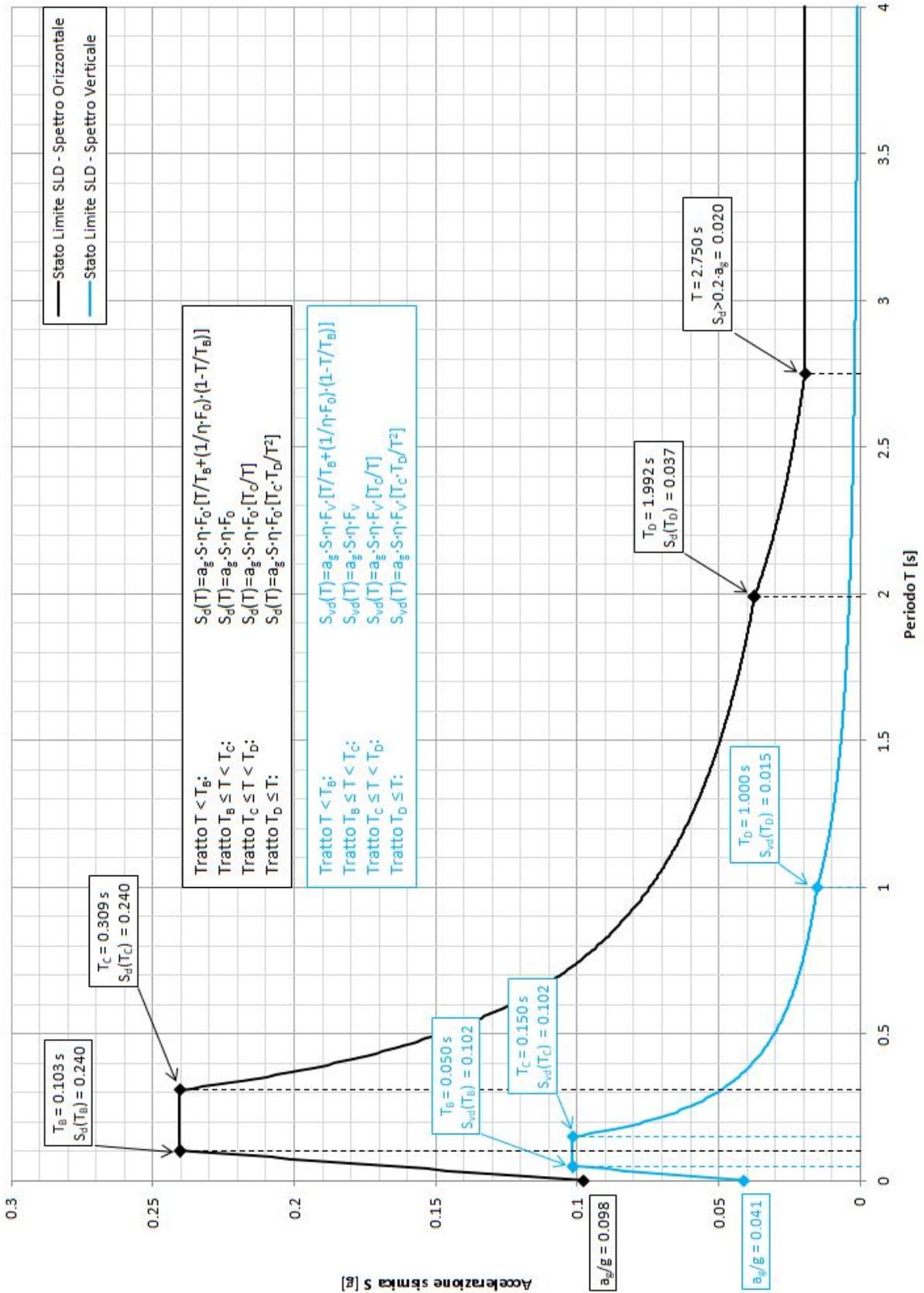
Si riportano di seguito gli spettri di progetto adottati per le verifiche sismiche della diga.



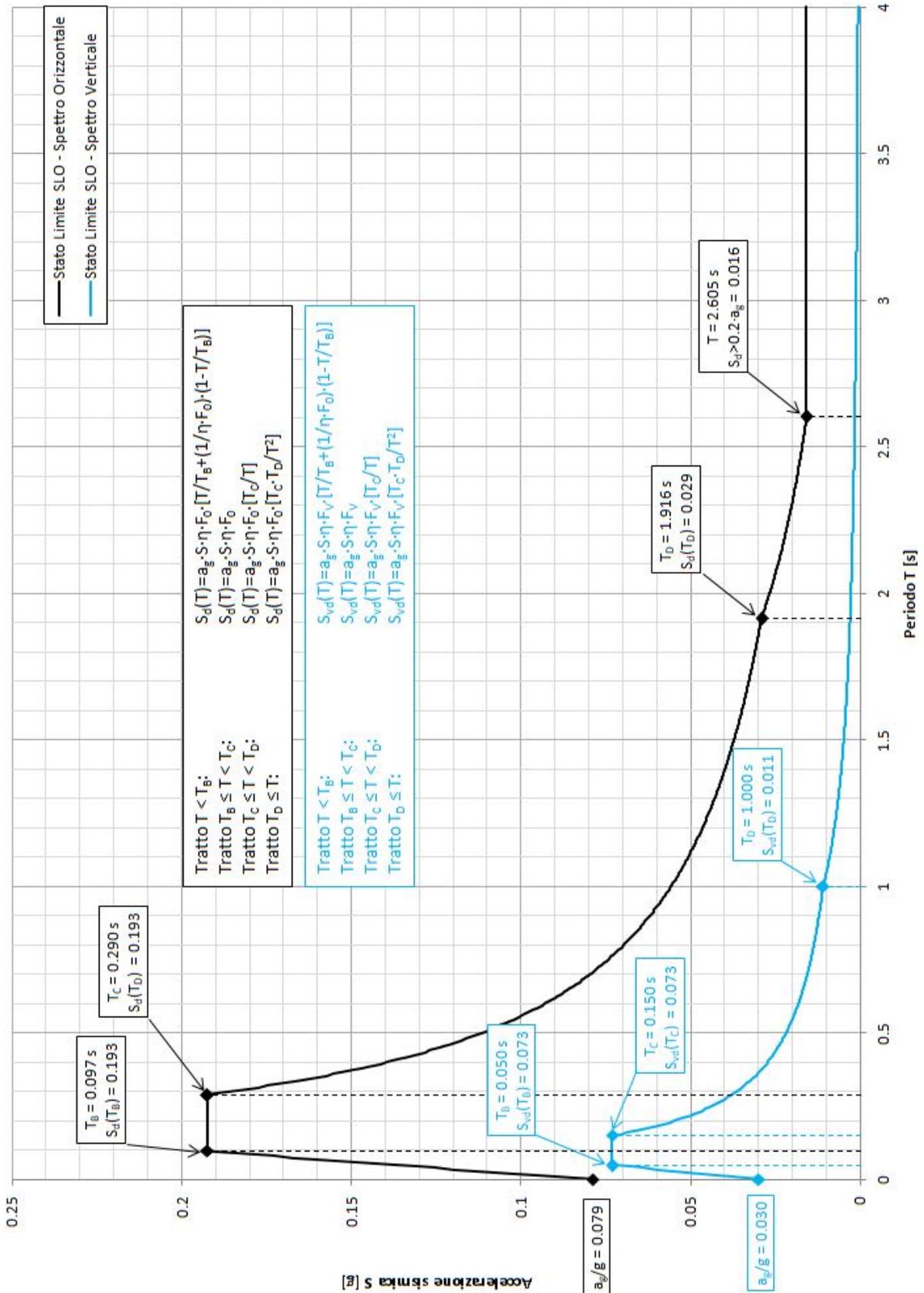
### Spettri di Progetto SLV - (suolo categoria A, $St=1$ , $\xi=5\%$ , $q=1$ )



### Spettri di Progetto SLD - (suolo categoria A, $St=1$ , $\xi=5\%$ , $q=1$ )



### Spettri di Progetto SLO - (suolo categoria A, $St=1$ , $\xi=5\%$ , $q=1$ )



## 12 RIEPILOGO DELLE OSSERVAZIONI DELL'UFFICIO DIGHE DI VENEZIA

Si riepilogano di seguito le risposte alle prescrizioni inserite dal MIT-Ufficio dighe di Venezia citate in premessa sull'approvazione del progetto preliminare:

|  |  |
|--|--|
| <p>1. <i>analisi della sicurezza strutturale della diga, in considerazione della variazione dei carichi agenti rispetto ai carichi di cui al progetto originario, ai sensi delle Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse) di cui al D.M. 26 giugno 2014 (NTD 2014) e delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 febbraio 2018 (NTC2018). In merito all'azione sismica si rammenta quanto indicato dall'art. C.7.7.1 delle NTD2014, con particolare riferimento allo studio sismotettonico del sito. Infatti la norma stabilisce che "Per le dighe ubicate in aree per le quali l'azione sismica di progetto per un TR = 475 anni deve essere riferita ad un valore <math>a_g</math> 0,15g (come definito nelle NTC), è necessario lo studio sismotettonico del sito, da cui fare derivare l'azione sismica di progetto, i cui effetti non devono comunque risultare meno gravosi di quelli corrispondenti all'azione sismica definita nelle NTC, relativamente a sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale." Pertanto nella valutazione della sicurezza sismica dello sbarramento si dovrà relazionare adeguatamente anche in merito a tale punto;</i></p> | <p>La valutazione dell'azione sismica di riferimento ai sensi delle NTC2018 nel sito della diga di Val Schener, consente di verificare che l'accelerazione sismica di riferimento con periodo di ritorno <math>T_R=475</math> anni risulta pari a 0.138g utilizzando un'interpolazione con superficie rigata o di 0.143g adottando una interpolazione ponderata con l'inverso delle distanza del sito della diga dai nodi del reticolo di riferimento.</p> <p>Ai sensi dell'art.C.7.7.1 delle NTD2014 essendo <math>a_g &lt; 0.15g</math>, non risulta quindi necessario lo sviluppo di uno studio sismo-tettonico del sito.</p> |
| <p>2. <i>esame delle condizioni di funzionamento dello scarico di superficie presidiato da paratoie in seguito all'aumento del carico massimo di progetto conseguente al nuovo livello di massimo invaso;</i></p>  | <p>Come evidenziato nella relazione Idraulica (R110-20) l'incremento di carico pari al 9% non crea nessun problema al sistema oleodinamico di controllo e movimentazione delle paratoie.</p>   |
| <p>3. <i>esame della compatibilità del bacino di smorzamento al piede diga rispetto all'incremento della portata esitabile dallo scarico di superficie in fregio al coronamento;</i></p>   | <p>Come evidenziato nella relazione Idraulica (R110-20) la zona sotto la diga smorza in corrente lenta la portata esitata dallo sfioratore che accelera solo 30-40 m a valle.</p>  |
| <p>4. <i>esame della compatibilità dell'intervento (e dell'eventuale nuova gestione del serbatoio), con la stabilità delle sponde del serbatoio conseguente alla variazione della quota di massimo invaso;</i></p>   | <p>L'incremento di 40 cm nella quota di massimo invaso non crea problemi di stabilità alle sponde del serbatoio stante che la quota di massima regolazione, assai più rilevante sotto questo aspetto NON subisce variazione.</p>   |
| <p>5. <i>esame delle caratteristiche geologiche, geotecniche e geostrutturali e conseguente verifica dell'idoneità idraulica dell'alveo di valle destinato a ricevere la portata Q500 di progetto a fronte della massima portata originariamente approvata e collaudata;</i></p>   | <p>Il modello a moto permanente sulla massima piana di progetto (vedi relazione idraulica) ha evidenziato livelli di velocità compatibili con la struttura dell'alveo, che registra livelli molto elevati in un'area totalmente priva di infrastrutture.</p>   |
| <p>6. <i>verifica dell'interferenza tra le opere in progetto ed il sistema di monitoraggio strumentale dell'impianto,</i></p>  | <p>I punti di livellazione e triangolazione saranno traslati rigidamente mediante elementi in acciaio invar inglobati nel getto del sovrizzo. I punti 2 di collimazione presenti</p>   |



|   |   |
|---|---|
| <i>con particolare riguardo alle collimazioni, livellazioni e triangolazioni;</i>   | sulle due pile che vengono demolite vengono sostituiti con 3 punto collocati sulla pila centrale e sulle spalle: in questo caso è necessaria una reimpostazione del sistema, che vedrà una modifica degli allineamenti. |
| <i>7. verifica delle eventuali interferenze tra il nuovo livello di massimo invaso e le strutture esistenti prospicienti l'invaso;</i>  | E' stata fatta una verifica con relativa proposta di sistemazione del camminamento in sponda sinistra (cap.7.5 presente relazione).   |
| <i>8. stima del periodo di ritorno dell'evento di piena che annulla il franco netto previsto in progetto;</i>   | Dalla relazione idraulica si è ricavato il valore pari ad un tempo di ritorno di oltre 2600 anni.   |
| <i>9. verifica che, nell'ipotesi di mancato funzionamento di almeno il 20% delle paratoie a presidio dello scarico di superficie, il franco netto si riduca, al peggio, a 1/3 del valore previsto dal regolamento (DM2014).</i> | Nella relazione idraulica si è verificato che riducendo del 20% l'efficienza delle paratoie dello scarico di superficie il livello di massimo invaso si alza di 41 cm riducendo solo del 33% il franco di progetto.     |

Per quanto riguarda le prescrizioni allegate all'approvazione del progetto definitivo si rimanda alla relazione di dettaglio 1288\_PE\_R110-55 in cui sono riportate tutte le risposte e integrazioni prodotte nel presente progetto esecutivo.

## 13 QUADRO DEI TEMPI E DEI COSTI DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE

Allegato al piano di sicurezza e coordinamento del progetto c'è il Cronoprogramma dei lavori che porta a stimare in 230 giorni naturali e consecutivi la durata dell'appalto, secondo la successione riportata nella figura seguente:

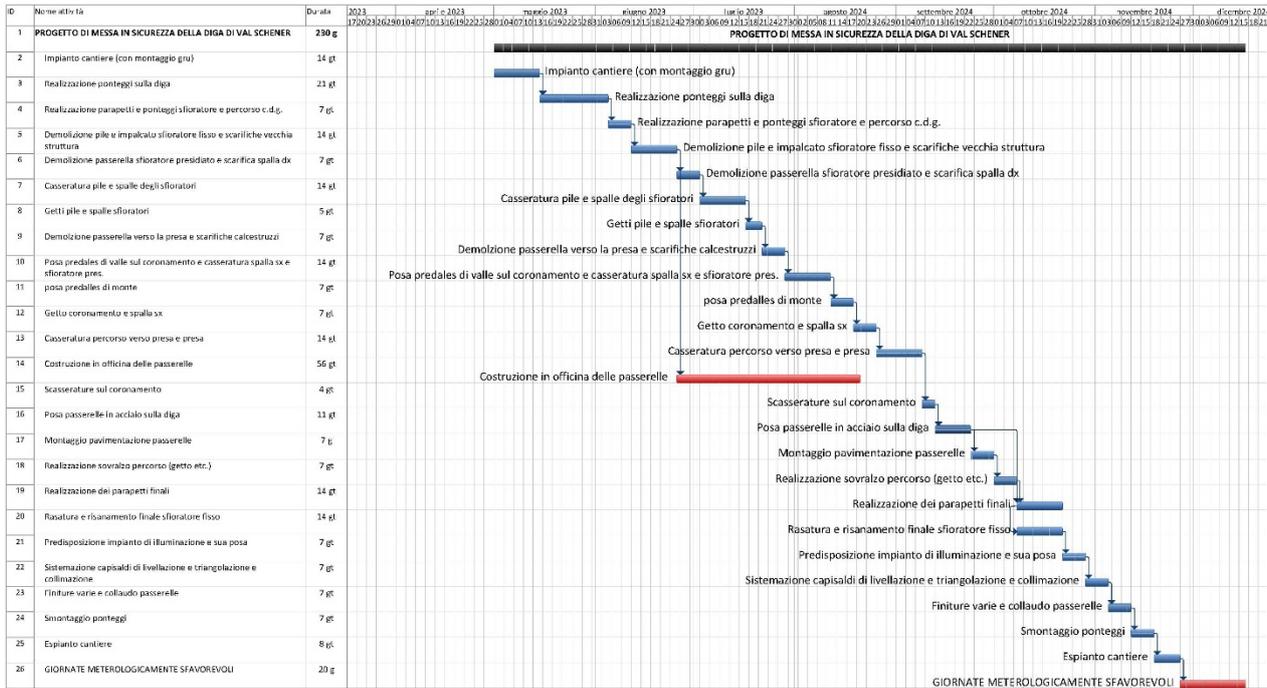


Figura 13-1: cronogramma dei lavori.

Il costo delle opere calcolato mediante computo metrico estimativo basato su un elenco prezzi adeguato al prezzario della Provincia di Trento per l'anno 2022 porta al seguente quadro:

|                       | <b>COSTO DEI LAVORI</b>                   |                       |
|-----------------------|---|-----------------------|
| A.1                   | Lavori a misura                           | 496'897.51 €          |
| A.2                   | Oneri per la sicurezza                    | 223'734.95 €          |
| <b>A</b>              | <b>TOTALE LAVORI</b>                      | <b>720'632.46 €</b>   |
| <b>SPESE GENERALI</b> |   |                       |
| B.1                   | Imprevisti (8%)                           | 57'650.60 €           |
| B.2                   | Spese tecniche comprensive di oneri prev. | 86'475.90 €           |
| B.3                   | Accantonamento per indennizzi e prove     | 14'412.65 €           |
|                       | iva 22% (su A + B.1 + B.2 + B.3 )         | 193'417.75 €          |
|                       | <b>TOTALE SPESE</b>                       | <b>351'956.89 €</b>   |
|                       | <b>TOTALE GENERALE</b>                    | <b>1'072'589.35 €</b> |

Trento 05.05.2022

Il progettista

Ing. R.Ferrari (Firmato digitalmente.)