

La Diga di Beauregard

UN'OPERA SENZA PRECEDENTI

CVA 
Rinnovabili da sempre



Caro lettore,

è un piacere presentarti una storia in cui l'ingegno, l'impegno ed il coraggio umano hanno lasciato un segno ben visibile sul nostro territorio.

Tutto comincia dopo l'ultima guerra mondiale quando il nostro paese aveva una gran sete di energia elettrica per alimentare quello che sarà il boom economico del dopoguerra.

Per contribuire a tale "miracolo" si decise di realizzare una importante infrastruttura: una centrale idroelettrica all'interno di una profonda caverna artificiale di fronte ad Avise. Per alimentare tale centrale, che grazie al quotidiano lavoro di CVA è tutt'ora la seconda più grande della Valle d'Aosta, si realizzarono una galleria lunga 11.350 m e con un diametro di 2,7 m, una condotta forzata metallica fiancheggiata da un piano inclinato (per il trasporto di materiali ed apparecchiature) entrambi posti in una galleria (lunga 1.600 m, larga 3,80 m ed alta 3,08 m, con pendenza dell'80%), una diga ad arco gravità per immagazzinare sino a 70.000.000 di metri cubi d'acqua e tre prese d'acqua secondarie.

Come per altre infrastrutture di questo genere fu un'avventura epica con i suoi eroi e le sue vittime ma, a differenza di altri casi più fortunati, venne commesso un errore che generò, tanti anni dopo, la storia che ti presento.

L'errore originale avrebbe potuto avere ben altri epiloghi se non fosse stato per la ponderatezza, l'audacia e la determinazione di tante persone che ho avuto il privilegio di coordinare e che hanno consentito di preservare quest'opera che costò, nel dopoguerra, tanti sacrifici e risorse. Abbiamo dovuto trasformarla, ma la trasformazione non la ha né snaturata, né resa un inutile esempio di archeologia industriale. È stata un'evoluzione, una maturazione che le consente di svolgere il suo ruolo adattandosi ad una realtà ineluttabile.

Ci è voluto coraggio per gestire una diga mentre la si demoliva con l'uso di esplosivo ma, come ogni azione coraggiosa degna di tale qualificazione, non ci fu temerarietà, ma studio e consapevolezza ingegneristica.

È stata una bellissima pagina della nostra storia che mi piace condividere con te. Questa pagina non sarebbe stata possibile senza il contributo di tante persone che voglio ringraziare, e tra le quali voglio ricordare l'ing. Angelica Catalano direttore generale del Ministero delle Infrastrutture, l'ing. Sergio Ballatore mio predecessore in CVA, ed il compianto ing. Aldo Marcello grande progettista di dighe.

Buona lettura.

ing. Lorenzo Artaz
Direttore Operativo di CVA

C.V.A. S.p.A. a s.u.

Compagnia Valdostana delle Acque
Compagnie Valdôtaine des Eaux
Via Stazione, 31 - 11024 Châtillon
Valle d'Aosta - Italia

+39 0166823111
marketing@cvaspa.it
cvaspa.it

Progetto editoriale e grafico

Funzione Sostenibilità, Marketing & Relazioni Esterne

Fotografie

Archivio CVA

Stampa

Tipografia DUC
Saint-Christophe - Valle d'Aosta

© CVA 2021
Tutti i diritti riservati
È vietata la riproduzione anche parziale dell'opera

Finito di stampare nel mese di dicembre 2021 presso Tipografia Duc

Sommario

Storia

La costruzione	10
Deformazione Gravitativa Profonda di Versante	16

Un progetto ambizioso

Adeguamento delle Opere	20
Laminazione delle Piene e Sicurezza a Valle	20
Interventi di adeguamento della diga	21
Le indagini preliminari	22
La fase progettuale	23
Crono programma dei lavori	24
Costruzione della Tura	27
La demolizione	29
Volate di prova	30
Sistemazione del Materiale di Risulta della Demolizione	32
Caratteristiche a confronto	34

Appendice

Programma dei lavori	38
-----------------------------	----

Galleria



Premessa

Il lavoro di adeguamento dell'imponente diga di Beauregard ha rappresentato, per CVA, una vera sfida. Questa importante struttura dominava la parte alta della Valgrisenche dal 1957, data in cui la Società Idroelettrica Piemontese ha iniziato i lavori per la realizzazione di questa maestosa opera ingegneristica.

Situata a 1.710 metri sul livello del mare, ha dato origine ad un lago artificiale della capacità nominale di 70 milioni di metri cubi d'acqua. Un lento movimento franoso della sponda orografica sinistra del bacino, che interagisce con la struttura della diga tendendo a comprimerne l'arco, ha condizionato il pieno utilizzo dell'invaso sin dai primi collaudi (1957 – 1969).

Il fenomeno, denominato in termini tecnici "Deformazione Gravitativa Profonda di Versante", ha reso necessaria la messa in sicurezza della diga attraverso la riduzione al minimo dell'invaso, portato a circa 2 milioni di metri cubi d'acqua. Anche al fine di ridurre l'impatto paesaggistico di un'opera che non poteva essere utilizzata appieno, nel 2011 la Compagnia Valdostana delle Acque ha avviato un importante progetto per l'abbassamento della quota di coronamento della diga per la sua intera lunghezza.

Nel corso di cinque anni, tramite l'utilizzo di oltre 115.000 cariche di esplosivo e 56 esplosioni, sono stati demoliti 160.000 metri cubi di calcestruzzo, portando l'altezza della diga dai 72 metri iniziali ai 20 metri attuali. Successivamente è stato avviato un cantiere per il ripristino ambientale del sito con la rimozione dei detriti e la piantumazione di specie vegetali autoctone.

Oggi, grazie all'operato congiunto di CVA, del Comune di Valgrisenche e degli addetti ai lavori, è stato restituito alla collettività un ambiente sicuro, con una struttura meno impattante dal punto di vista ambientale e nuovamente fruibile per le visite turistiche degli escursionisti.

Storia.

L'opera di Beauregard costituisce un capitolo a sé stante della storia dell'energia idroelettrica valdostana. Nel XX secolo si tratta della seconda diga, per dimensioni, della Valle d'Aosta.

Diga di Beauregard - vista notturna
durante uno degli invasi sperimentali



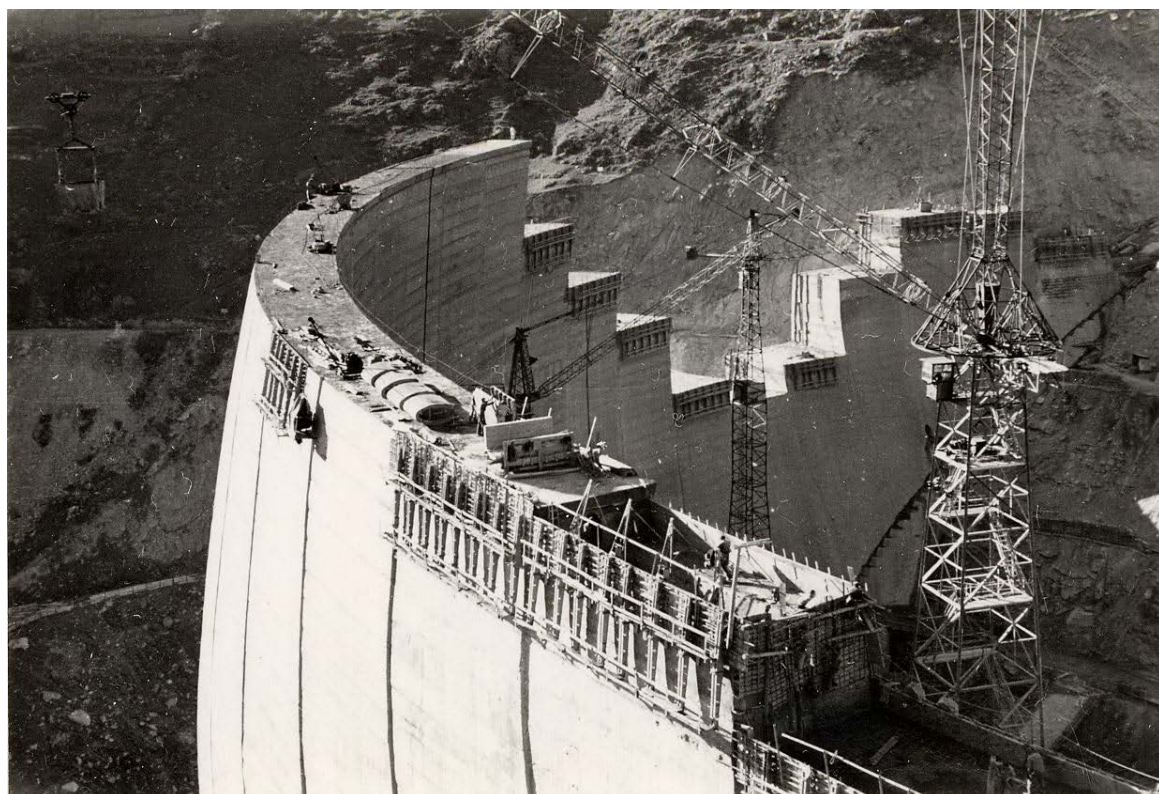
La costruzione

La vicenda della costruzione della grande diga di Beauregard in Valgrisenche ad iniziativa della Società Idroelettrica Piemonte (SIP), tra la fine degli anni Quaranta e i primi anni Sessanta, costituisce un capitolo distinto della storia dello sfruttamento delle risorse idroelettriche valdostane nel XX secolo, per il grande impatto paesaggistico – si tratta della **seconda diga**, per dimensioni, **della Valle d'Aosta**, superata successivamente solo dalla diga di Place-Moulin nella Valpelline – e soprattutto per le sue notevoli conseguenze sociali ed economiche.

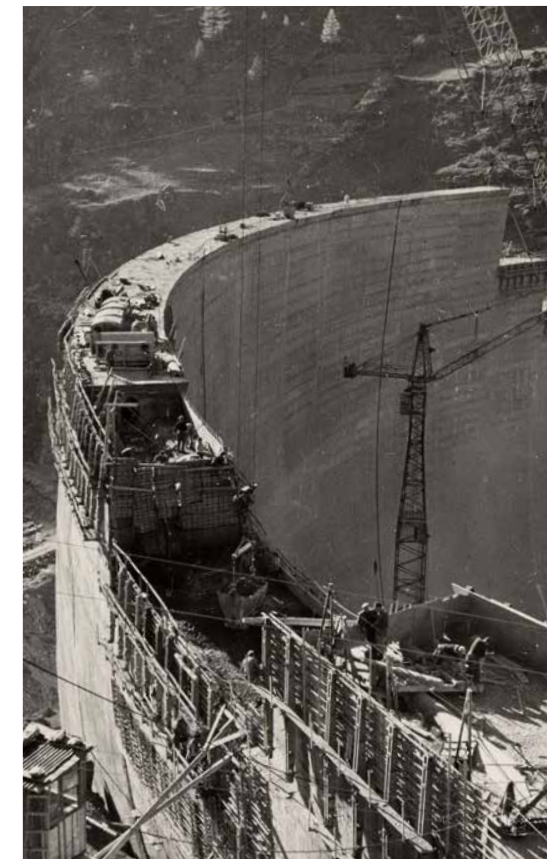
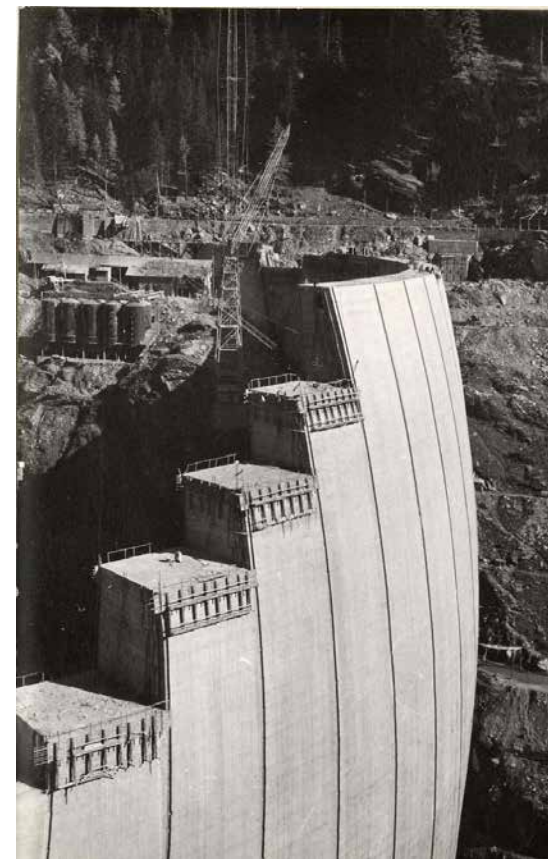
Le limitazioni sempre più restrittive dell'invaso, a cui il serbatoio viene sottoposto fin dagli anni delle prove di collaudo a causa di un sensibile movimento della sponda orografica sinistra della vallata, segnano infatti in maniera rilevante le sorti della Valgrisenche, anche e soprattutto sotto il profilo umano.

Un'area d'interesse

La Valgrisenche, il territorio meno antropizzato e più nevoso dell'intera Valle d'Aosta, percorsa dalla Dora di Valgrisenche, affluente di destra della Dora Baltea, suscita l'interesse della SIP sin dai primi decenni del XX secolo.



Costruzione
paramento
1951-1957



Costruzione
paramento
1951-1957

Sono degli anni '20 del '900 le prime ipotesi di utilizzo delle risorse idriche del vasto bacino imbrifero della vallata, esteso per 93,60 km², in parte di origine glaciale (14 km²), con rilievi superiori ai 3.000 m slm che raggiungono la massima altezza nei 3.747 m dell'Aiguille della Grande-Sassière.

In quegli stessi anni la SIP, azienda in piena espansione nel panorama nazionale, sta realizzando importanti impianti in altre zone alpine (in Piemonte, al Moncenisio; in Lombardia, in Val Brembana), mentre in Valle d'Aosta sfrutta già le acque del Lys (lago del Gabiet e centrale di Pont-Saint-Martin) e dell'Evançon (centrale di Isollaz). Il fiore all'occhiello dell'azienda consiste soprattutto, però, nella valorizzazione razionale e sistematica dell'asta idraulica del Marmore, in cui essa costruisce in quegli anni un articolato e funzionale impianto a regolazione (serbatoi del Goillet, Perrères e Cignana, centrali di Maën, Covalou e Châtillon). È solo dopo la conclusione della seconda guerra mondiale che prende forma concreta il **grandioso progetto** di sfruttamento dell'alto corso della Dora di Valgrisenche, con la costruzione di una sottostante importante centrale di produzione idroelettrica. Il nuovo impianto a serbatoio stagionale di Beauregard-Avise (da realizzarsi secondo il classico schema serbatoio/opera di presa/galleria di derivazione/pozzo piezometrico/condotta forzata/centrale con gruppi/scarico a pelo libero) si colloca precisamente nel contesto del cosiddetto **"miracolo economico"** italiano, l'eccezionale fase di espansione vissuta dal nostro Paese a partire dalla metà del XX secolo.

Le impellenti necessità della ricostruzione postbellica e la rapida ripresa dei vari settori produttivi nazionali fanno **impennare la domanda di energia su scala nazionale**.

L'elettrificazione gioca un ruolo di primo piano nella ripresa e crescita del sistema produttivo.

Il settore elettrico è per lungo tempo, sino alla vigilia della nazionalizzazione (1962), il comparto più dinamico quanto a volume di investimenti e concentrazione di capitali. In particolare si guarda con crescente interesse alle possibilità di sfruttamento delle risorse idriche dei massicci alpini e alla funzione integratrice dei serbatoi stagionali. Grande è dunque l'impegno profuso nel settore idroelettrico nella realizzazione di nuovi impianti, nell'ingrandimento di quelli già operanti e nell'opera di rinnovamento degli apparati elettrici di grande potenza (turbine, alternatori, trasformatori).

Elettrosip

La rivista mensile aziendale della Società Idroelettrica Piemonte, tra il 1949 e il 1958, aggiorna costantemente i suoi lettori sui progressi del grandioso cantiere di Avise, che sfrutterà le ricche disponibilità idrologiche della Valgrisenche.

Le dighe costruite o in costruzione in Italia nel decennio 1951-1960 non sono meno di 135 (di cui un centinaio di altezza superiore a 30 metri). A livello nazionale si passa dalle 237 dighe ultimate nel 1950 alle 370 del 1960.

Nel 1949 risultano già ultimati i sondaggi preliminari e l'accertamento geologico e completate le opere preparatorie (allestimento dei vari cantieri e installazioni sussidiarie: teleferica per il trasporto del cemento, scavi e terrazze, strade di accesso per i mezzi a motore, rotaie per il trasporto dei materiali, alloggiamenti per gli operai, ecc.). I lavori, condotti dalle imprese Torno e Scavarda, si svolgono nella serie di stagioni estive comprese tra il 1951 e l'ottobre 1957.

Il ritmo costruttivo è intenso; i cantieri richiedono in grande abbondanza **mezzi, materiali e mano d'opera**. Il costo complessivo si aggira sui 20 miliardi di lire.

20 mld

di lire è il costo complessivo

132 m

di altezza al coronamento

286 GWh

di potenziale produzione annua

La deviazione della Dora di Valgrisenche viene ottenuta con un'avandiga a scogliera, dell'altezza di 12 metri, che utilizza per lo scarico delle acque la galleria dello scarico di fondo. L'opera muraria finale è alta 132 metri: il piano del coronamento, che ha uno sviluppo di 394 metri, sorge a 1.772 m slm, mentre il punto più basso della superficie di fondazione è a 1.640 m slm; la diga sbarra il corso della Dora di Valgrisenche in località Marioulaz, poco a monte del capoluogo. Le sue fondazioni si trovano a circa 40 metri al di sotto dell'alveo originale del torrente. Realizzata con una struttura ad arco gravità, simmetrica, a doppia curvatura, essa si appoggia sui due versanti della vallata, unendoli con una strada di raccordo percorribile in tutta la sua lunghezza. Il suo spessore massimo alla base è di 45,6 metri, quello minimo al coronamento di 5 metri.

Gli inerti necessari per la produzione del calcestruzzo (complessivamente, per la realizzazione della diga, ne sono stati impiegati 430.000 m³) vengono estratti nella piana di Beauregard e preparati in un impianto di confezionamento più a valle, dove giunge da Runaz, per teleferica, il cemento in bidoni metallici. L'impianto di distribuzione è costituito da un complesso di gru, installate su apposite basi di calcestruzzo sui fianchi montani e sul fondovalle. Il calcestruzzo viene gettato dentro casseri metallici, a partire dalla zona centrale della diga, e costipato con vibratori elettrici ad immersione.

Nel frattempo, nel 1954, si completa anche la costruzione della centrale di Avise, la cui sala macchine viene ricavata in caverna, su progetto dell'architetto Giovanni Muzio, ed è raggiungibile attraverso una galleria di circa 700 metri. Anche la condotta forzata, lunga 1.580 metri, è posta interamente nel cuore della montagna, in una galleria rettilinea che collega la centrale con Monte Colombo, il luogo in cui, nel pozzo piezometrico, ha termine il canale derivatore della diga, lungo più di 11 km. Nel tunnel a fianco della tubazione si snoda una spettacolare gradinata composta da oltre cinquemila scalini, completamente illuminata, sulla quale può scorrere anche un carrello di servizio trascinato da un argano.

In vista del riempimento del serbatoio stagionale, sono evacuati in via definitiva cinque villaggi abitati tutto l'anno, le cui case sono successivamente sommerse dalle acque, e due frazioni più alte, che si troveranno ad affacciarsi sulle sponde del lago e ai quali verrà preclusa la strada di accesso: Beauregard (da cui prenderà il nome la diga), Sevey, Suplun, Fornet, Chappuis, Usellières e Surier.



Sommersione del villaggio di Fornet a monte della diga





La quota massima di invaso

La diga viene progettata inizialmente per una capacità utile di 70.000.000 m³, che corrisponde ad una quota di massimo esercizio prevista di 1.770 m slm e ad una potenziale produzione dell'impianto di 286,410 GWh annui. In realtà, la quota di massimo invaso, raggiunta sperimentalmente negli anni tra il 1960 e il 1963, viene ben presto ridotta. A seguito del collaudo definitivo, effettuato nel 1969, si decreta che essa non dovrà mai superare il livello di 1.710 m slm, cosa che riduce la capacità utile del serbatoio a 6.800.000 m³, ossia circa un decimo della capacità reale. Inoltre, si decide che il monitoraggio della sponda sinistra della vallata dovrà essere condotto senza soluzione di continuità.

Fin dall'inizio dei lavori, a fronte di un versante destro sano e compatto, di buona resistenza e tenuta, vengono rilevate come critiche le condizioni della sponda sinistra. La cospicua documentazione d'archivio conservata attesta le lunghe e complesse discussioni tra i tecnici che seguono il progetto in merito alla stabilità dell'opera. Tra il 1953 e il 1962 sono realizzati interventi di consolidamento e impermeabilizzazione che richiedono l'esecuzione di cunicoli per iniezioni e sottomurazioni, fino ad una profondità di circa 200 metri sul versante sinistro.

Il materiale della "sacca" (così viene chiamata nelle perizie) è interamente sostituito con calcestruzzo, con complessi lavori di scavo e svuotamento; vengono realizzate strutture che formano sostegni e archi di volta, rinforzati con puntoni, per contrastare le spinte della roccia. Per una profondità di oltre 100 metri viene inoltre realizzato un diaframma impermeabile, a contorno di tutta l'opera, con iniezioni cementizie.



Lavori secondari

Per aumentare la produzione annua di energia, nel 1985 si concludono i lavori di captazione di tre rii affluenti della Dora di Valgrisenche (il torrente Miollet, l'Orfeuille e il Planaval) con immissione diretta delle loro acque, attraverso pozzi profondi fino a 100 metri, nel canale derivatore in pressione, cosa che ha permesso l'ampliamento delle dimensioni del bacino imbrifero sino a 110 km² e un aumento della produzione complessiva dell'impianto.



Deformazione Gravitativa Profonda di Versante

Fin dai primi invasi, avvenuti tra il 1957 - 1969, si sono verificati dei movimenti anomali della struttura e dei capisaldi topografici installati sul versante.

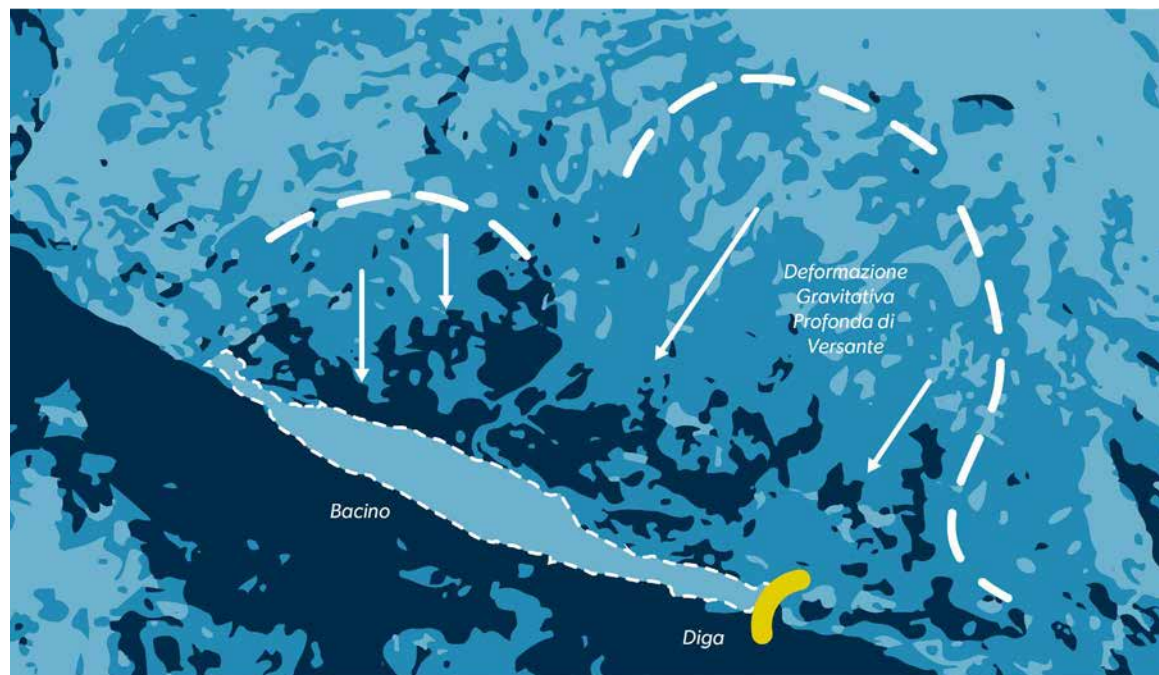
Cosa significa

L'espressione "Deformazione Gravitativa Profonda di Versante" racchiude in sé le principali caratteristiche del fenomeno che consiste nel lento scivolamento gravitativo del versante verso il basso e coinvolge spessori di roccia dell'ordine di centinaia di metri. Al contrario di quanto si potrebbe pensare, le DGPV sono un fenomeno molto diffuso e caratterizzano le fasi finali della formazione di una catena montuosa.

Il movimento del versante è stato analizzato nel corso degli anni, sia tramite indagini specifiche, sia grazie ai dati di monitoraggio che hanno confermato la presenza di una Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV), ossia di un movimento coerente che si estende circa fino a quota 3.000 m slm, con velocità medie di circa 0,2-1 cm/anno. Tale DGPV si è evoluta in modo lento e costante, con velocità simili a quelle osservate attualmente, e nell'arco di circa 10.000 anni.

Nella pagina precedente: muro della diga lato valle come si presentava fino al 2011

A destra: DGPV sulla sponda orografica sinistra del bacino di Beauregard



Non vi sono elementi per prevedere un'evoluzione dissimile nel futuro, ovvero non sono ipotizzabili accelerazioni anomale del movimento. Le piccole variazioni osservate, con cicli sia pluriennali, sia stagionali, fanno parte della complessità di un fenomeno naturale di vaste dimensioni.

Ulteriori indagini

Si sono svolte approfondite attività a scopo conoscitivo tra cui indagini (es: geofisica, sondaggi, drenaggi, galleria esplorativa), studi ampi e approfonditi (es: analisi dati, modellazioni, relazioni di esperti nel settore) per aumentare la conoscenza del movimento in atto nel versante sinistro. Tali studi dimostrano che la Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV) si è mossa, si muove e si muoverà in futuro senza accelerazioni del fenomeno e con ritmi lenti (0,2-1 cm all'anno) indipendenti dai livelli di invaso "bassi" (sotto quota 1.710 m) mantenuti dal gestore. Contemporaneamente sono stati eseguiti studi di tipo idrologico e studi dei percorsi della quantità delle acque superficiali e di infiltrazione sul versante e sul bacino in generale.

Di conseguenza, si sono attuati:

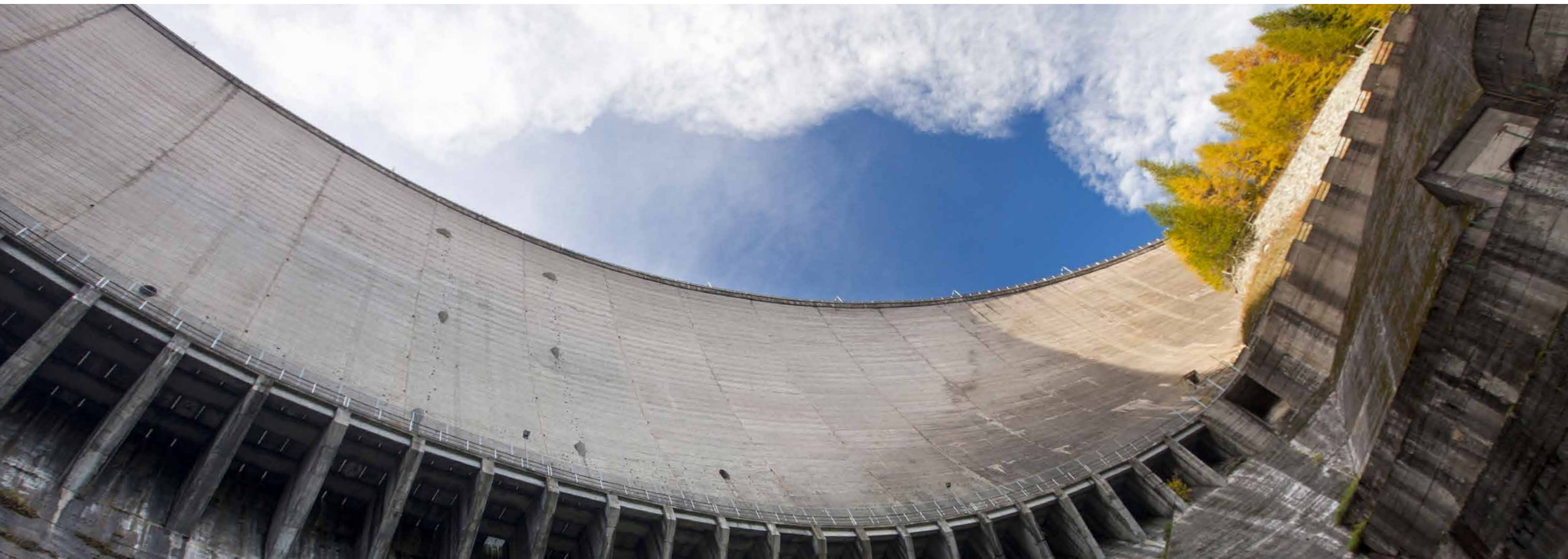
- interventi di regimazione delle acque superficiali che si infiltravano nel corpo della Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (costituzione di una rete di raccolta acque, deviazione dei deflussi dei laghi del Morion);
- la realizzazione di uno sfioratore posizionato a fondo lago, ultimato nel corso del 2011, che garantisce il controllo del livello d'invaso in automatico;
- alcuni interventi in alveo necessari ad assicurare il deflusso di 15 m³/s nel primo tratto a valle della diga e i 50 m³/s a partire dallo sbocco del nuovo sfioratore.

Le conoscenze attuali permettono di affermare che lo stato deformativo ha un'evoluzione lenta e prevedibile ma progressiva, che comunque esclude ogni possibilità di crollo improvviso.

Un progetto ambizioso.

Abbassare il muro della diga
di oltre 50 metri: un'impresa
senza precedenti.

Diga di Beauregard ottobre 2010



Adeguamento delle opere

Questo progetto è stato l'evoluzione e la sintesi degli studi svolti negli anni precedenti, e delle esigenze espresse da tutti i soggetti interessati. In particolare, poiché il complesso delle indagini e degli studi ha chiarito che la possibilità di arrestare o rallentare il fenomeno gravitativo appare molto remota, si è reso evidente come fosse necessario accettare di convivere con il movimento del versante provvedendo alla soluzione dei connessi problemi di protezione civile e di quelli strutturali e idraulici dell'impianto, con un approccio di tipo operativo finalizzato all'adeguamento della situazione in essere.

Inoltre, la situazione territoriale attuale non avrebbe consentito di ipotizzare un'eliminazione della funzione laminatrice della diga. Ne consegue l'inderogabile necessità di conservare la diga la cui laminazione delle piene **salvaguarda il territorio a valle.**

Laminazione delle piene e sicurezza a valle

La salvaguardia dell'invaso si è mostrata fondamentale per la messa in sicurezza dei luoghi poiché consente un buon effetto laminante (ossia di contenimento) delle onde di piena, e assicura il controllo quantitativo delle acque scaricate.

Un ruolo importante

La diga di Beauregard ha svolto negli ultimi cinquant'anni un'importante ruolo, al di fuori della pura finalità di produzione idroelettrica, garantendo le funzioni di laminazione e di sicurezza per la vallata.

Infatti, negli eventi alluvionali più recenti (es. luglio 1996 e ottobre 2000), la diga ha svolto un'importante ruolo di laminazione trattenendo le portate in arrivo. A fronte di una capacità di deflusso dell'alveo nei punti critici inferiore a 10 mc/s, la diga invasava mediamente nel 1996 (evento più gravoso per la Valgrisenche di quello del 2000) 56 mc/s in arrivo con una portata di colmo compresa tra 80-90 mc/s.

Dal 1996 al 2011 l'invaso è stato gestito in modo che la quota massima raggiunta fosse di 1.709,3 m slm. Negli anni successivi altri eventi piovosi significativi sono stati assorbiti con incrementi del livello di invasamento più contenuti.

Per esempio, nell'ipotesi peggiore di un evento catastrofico con tempo di ritorno di 1.000 anni, dal nuovo scarico di superficie uscirebbero verso valle solo 35 mc d'acqua al secondo al massimo, a fronte dei 164 mc/s in arrivo raggiungendo una quota massima di 1.708,17 m slm.

Anche dopo l'abbassamento della struttura l'invaso ha continuato a conservare la sua capacità di laminazione poiché si sono mantenuti i volumi precedenti.

Interventi di adeguamento della diga

La presenza della Deformazione Gravitativa Profonda di Versante e la contestuale necessità di conservare la funzionalità della diga e del serbatoio per garantire l'insostituibile funzione di laminazione delle piene per la tutela della pubblica incolumità, ha portato alla soluzione di mantenere la diga operando però su di essa una riduzione altimetrica. L'abbassamento della diga **migliora le condizioni statiche della restante parte inferiore**, riequilibra i rapporti fra invaso-coronamento-piazzale di valle e riapre la vista della vallata e delle creste montuose togliendo una struttura resa inutilizzabile per sua grande parte.

L'intervento ha previsto la demolizione della porzione di diga superiore che maggiormente risente della spinta del versante fino alla quota 1.720 m (per un totale di circa 52 metri di riduzione di altezza). Oggi, l'opera muraria risulta visibile per soli 20 metri, anziché i precedenti 72, mostrando il paesaggio retrostante.



Diga di
Beauregard
estate 2010

Le indagini preliminari

Nei mesi precedenti l'avvio dei lavori, sono state svolte approfondite attività a scopo conoscitivo, per incrementare i dati già a disposizione relativi al movimento franoso in atto nel versante orografico sinistro. Accanto a studi teorici ampi e approfonditi, comprendenti analisi di dati, modellazioni, relazioni di esperti nel settore, hanno avuto luogo indagini geofisiche, sondaggi, drenaggi, ed è stata realizzata una galleria esplorativa. Contemporaneamente sono stati eseguiti studi di tipo idrologico e studi dei percorsi e della quantità delle acque superficiali e di infiltrazione sul versante e sul bacino in generale.

Successivamente si sono attuati alcuni interventi di regimazione delle acque superficiali che si infiltravano nel corpo della deformazione gravitativa profonda di versante; in particolare, è stata costituita una rete di raccolta delle acque, con deviazione dei deflussi dei laghi del Morion. A fondo lago è stato realizzato uno sfioratore, ultimato nel corso del 2011, per garantire il controllo del livello d'invaso in automatico. Nell'alveo della Dora di Valgrisenche sono stati poi effettuati alcuni interventi necessari ad assicurare il deflusso di $15 \text{ m}^3/\text{s}$ di acqua nel primo tratto a valle della diga e di $50 \text{ m}^3/\text{s}$ a partire dallo sbocco del nuovo sfioratore. Infine, è stato elaborato il progetto definitivo di abbassamento della diga e avviato l'iter burocratico-autorizzativo per la sua attuazione.



Diga di
Beauregard
ottobre 2010

La fase progettuale

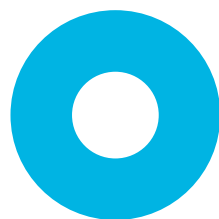
Il progetto di adeguamento delle opere, affidato allo Studio Marcello di Milano, ha tenuto conto soprattutto della progressione e della sintesi degli studi svolti e delle esigenze espresse. Il complesso delle indagini e delle ricerche ha chiarito in maniera inequivocabile l'impossibilità di arrestare o anche solo di rallentare il fenomeno gravitativo profondo. La progettazione è partita dunque dalla necessità di accettare di convivere con il movimento del versante montano e, contestualmente, dall'opportunità di conservare la diga e il serbatoio, per la particolare situazione territoriale; quest'ultima non avrebbe infatti consentito di ipotizzare un'eliminazione della funzione laminatrice delle piene, in vista della salvaguardia del territorio a valle e per la tutela della pubblica incolumità. Bisognava pertanto provvedere alla soluzione dei problemi di protezione civile e di quelli strutturali e idraulici dell'impianto con un approccio diverso, di tipo operativo, finalizzato ad una nuova sistemazione e ad un adeguamento della situazione dell'invaso, tramite il mantenimento dello sbarramento e la sua riduzione altimetrica.

Tra gli obiettivi dell'abbassamento della diga sono stati presi in considerazione anche il miglioramento delle condizioni statiche della restante parte inferiore, il riequilibrio dei rapporti fra l'invaso, il coronamento e il piazzale di valle e la riapertura della vista sulla vallata e sulle creste montuose.



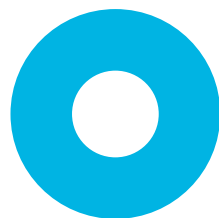
Svuotamento
bacino
ottobre 2011

Cronoprogramma dei lavori



Agosto 2011

In seguito alla gara d'appalto tenutasi nei mesi di maggio e giugno 2011, l'affidamento dei lavori avviene in favore del Consorzio Barrage Beauregard, costituito da quattro imprese: COGEIS SpA, Costruzioni stradali B.G.F. Srl, IVIES SpA, F.Ili Clusaz Srl.



Settembre 2011 - 2012

Fasi Preliminari

Studio cantierizzazione. Esecuzione rilievi e progettazioni costruttive. Qualifica calcestruzzi e controllo produzione. Realizzazione della tura di monte per permettere l'esecuzione dei lavori, dopo lo svuotamento del bacino (avvenuto nel novembre 2011). Disgaggi per la messa in sicurezza e il consolidamento delle zone instabili.

Piste cantiere e viabilità

Ponte a valle diga: progettazione, ordine e fornitura travi nuovo ponte. Cantierizzazione. Rimozioni, demolizioni e nuove spalle. Posa travi e completamento impalcato. Finiture (raccordi, asfaltatura, barriere, torrente, ecc.). Piste di cantiere a monte diga sponda destra: realizzazione pista dalla casa di guardia a quota 1.730 m slm (tornante) e da quota 1.730 (tornante) al piede diga.

Scavi e demolizioni

Preparazioni piani di posa. Esecuzione micropali di fondazione. Realizzazione zona volte, pozzo principale, cunicoli, pozzo derivazione e pozzo fondo. Lavori preparatori (spostamento impianti). Realizzazione protezioni delle nuove strutture realizzate.

Volate di prova

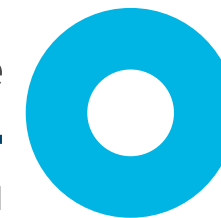
Effettuate quattro esplosioni di prova nel mese di dicembre 2012.

Maggio - Novembre 2013



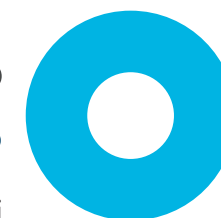
Operazioni di demolizione per l'abbassamento progressivo del paramento della diga, dal coronamento a quota 1.745 m slm. 30 volate in tutto per un totale di circa 85.000 m³ di calcestruzzo demolito e una riduzione di circa 30 metri di altezza. A dicembre 2013 la diga, precedentemente visibile per 72 metri, si presenta con un'altezza di circa 42 metri.

Maggio - Novembre 2014



Operazioni di demolizione per l'abbassamento progressivo del paramento della diga, da quota 1.745 m slm a quota 1.719 m slm, e scavi puntuali al paramento di valle (per terre armate).

Maggio 2015



Ultima fase dei lavori: sistemazione ambientale delle sponde e dei depositi di materiale, oltre alla rimozione della tura e alla sistemazione finale degli accessi, pista di accesso al nuovo coronamento lungo la sponda orografica destra dell'invaso.



Un progetto ambizioso

Costruzione della Tura

Tra ottobre e novembre 2011 si sono svolti i lavori di sistemazione e formazione degli accessi, i consolidamenti e la formazione della tura di monte. A inizio novembre 2011 si è proceduto allo svuotamento tramite pompaggio della zona compresa tra l'avandiga e la diga in calcestruzzo, per permettere la realizzazione del nuovo scarico di esaurimento.

A fine novembre 2011 si è provveduto al riempimento dell'invaso in modo da poter assicurare il controllo dei rilasci e riprendere la produzione di energia elettrica che non si è praticamente mai interrotta durante tutta la durata dei lavori.

Gli scarichi durante i lavori

Il nuovo scarico di esaurimento, progettato sia per garantire il controllo dei livelli di invaso tra tura e paramento di monte della diga durante i lavori sia per permettere a posteriori lo svuotamento del serbatoio garantendo l'ispezionabilità del paramento stesso, non è stato mantenuto a causa della scarsa tenuta idraulica della tura.

In alternativa la sistemazione di monte è stata realizzata, a fine demolizioni, tramite l'abbassamento della tura provvisoria fino a quota 1.698 m s.l.m. e la formazione di un "canale" centrale con pendenza verso monte, che consente comunque il completo vuotamento a gravità di questa porzione del serbatoio tramite lo scarico di fondo esistente.



A sinistra: scavi necessari alla formazione della tura di monte.

Nella pagina a fronte: il lago di Beauregard durante il cantiere

2012

72 m

2013

42 m

2014

20 m

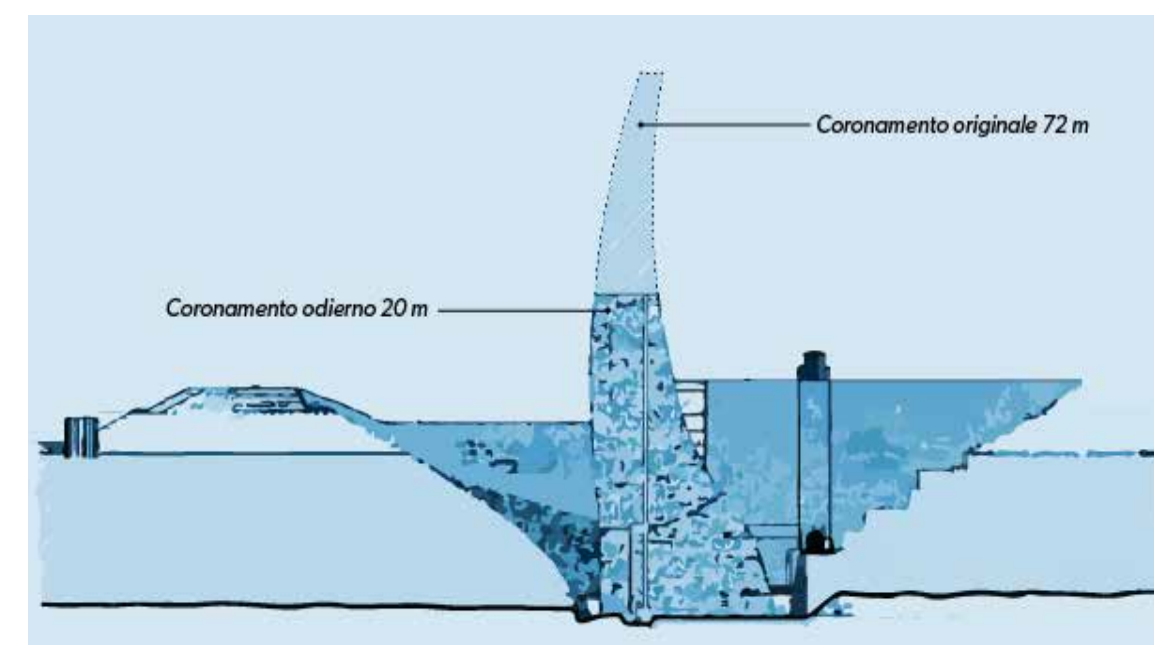
Un progetto ambizioso

La demolizione

La demolizione della parte alta della diga si è resa necessaria per portare la quota originaria del coronamento da 1.772 m slm alla nuova quota di progetto pari a 1.720 m slm.

La metodologia operativa scelta per la demolizione ha previsto l'abbattimento tramite esplosivo applicato in un'intensa maglia di perforazioni ubicate e dirette secondo uno studio specialistico che ha permesso il contenimento delle volate e l'orientamento del materiale prodotto dall'esplosione. Le volate hanno avuto frequenza settimanale tra la primavera del 2013 e l'autunno del 2014. Inoltre sono state previste in orari tali da arrecare il minimo disturbo alla popolazione. La scelta dell'esplosivo ha consentito di minimizzare il disagio ai residenti e al turismo provocando, con la singola volata, un rumore temporalmente concentrato.

La demolizione ha prodotto circa 150.000 m³ d'inerti che non sono stati spostati ma sono stati sistemati in parte a monte, dove al termine dei lavori sono stati coperti dall'acqua, e in parte a valle, dove hanno colmato il profondo vuoto creato al momento della costruzione della diga per realizzarne le fondazioni. Gli inerti a valle sono stati poi ricoperti di terra vegetale rinverdita.



Sezione
che illustra
dov'è stato
collocato il
materiale
demolito



Volate di prova

Le volate di prova, **indispensabili** per testare l'efficacia del metodo di demolizione individuato, sono state eseguite a partire dal mese di dicembre 2012; il loro scopo è stato quello di verificare sul campo gli esiti degli studi effettuati in merito agli impatti che le demolizioni avrebbero potuto avere sulla diga, sulle nuove strutture e sul contorno (abitazioni, inquinamento acustico, inquinamento ambientale, ecc.).

Le volate, di portata crescente, hanno raggiunto nell'ultima esplosione un volume rimosso pari a circa **1.000 m³ di calcestruzzo**.

Le caratteristiche di ogni singola volata sono state studiate da esperti esplosivisti, sia nel progetto sia nella fase esecutiva, tenendo conto degli effetti delle esplosioni in termini di vibrazioni causate dalle microcariche, di rumore e sovrappressione in aria e di distanza di lancio dei detriti di esplosione.

Indagini e approfondimenti costanti

Sono altresì state effettuate indagini per quanto riguarda l'impatto che il rumore inatteso avrebbe potuto provocare negli abitanti della vallata. Per ridurre al massimo il disagio nella popolazione presente, si è predisposto un avviso acustico tramite sirena che potesse avvisare adeguatamente dell'imminente esplosione suonando prima e subito dopo lo sparo. Riguardo invece all'aumento di pressione causato dall'esplosione, i valori sono stati notevolmente inferiori a qualsiasi limite da bibliografia: basti pensare che ad una distanza di 10 m dal punto di esplosione, la sovrappressione è stata di 1.200 Pa, mentre solamente sopra i 2.100 Pa possono rompersi i vetri delle finestre.

In base agli studi condotti, le vibrazioni causate dalle microcariche sono state di **molto inferiori ai limiti imposti per la salvaguardia dei fabbricati dalle varie normative estere**, in particolare alle recenti e moderne norme svizzere (la legislazione italiana non prende in considerazione l'argomento). In ogni caso il Capitolato Tecnico ed il Foglio di Condizioni per la Costruzione, redatto dalla Direzione Generale per le Dighe del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, hanno imposto valori limite di tutta sicurezza alla velocità di vibrazione che era necessario rispettare per il corpo diga e per i versanti. Fin dalle prime volate di prova, le vibrazioni sono state misurate con otto sismografi triassiali, ubicati nella diga, sui versanti e nell'abitato di Bonne.

Infine, si era preventivamente calcolato che la distanza a cui sarebbero potuti essere proiettati i detriti di esplosione fosse inferiore ai 30 m, pertanto di **assoluta sicurezza sia nei riguardi della popolazione che dei fabbricati e delle opere esistenti**.



Volata di prova dicembre 2012

Ad ulteriore garanzia della pubblica incolumità è stata definita un'area interdetta al traffico pedonale e veicolare durante le volate di prova, avente un raggio sempre superiore ai 200 m dal punto di esplosione. Tale zona, tracciata di concerto con i tecnici esplosivisti, con il Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione e con il Comune di Valgrisenche, è stata assai cautelativa e giustificabile con il carattere di prova delle prime volate.

Popolazione circostante e sicurezza

La popolazione è stata avvertita delle date in cui si sarebbero svolte le operazioni di sparo attraverso ordinanze del Sindaco di Valgrisenche. Il personale dell'impresa esecutrice ha sorvegliato il transito lungo le strade e le mulattiere comunali e ha vigilato sull'area interdetta.

Le volate di prova sono state propedeutiche anche per valutare i potenziali impatti delle polveri prodotte dalle esplosioni sia in aria sia nel corpo idrico, e per studiare gli eventuali accorgimenti atti a minimizzare l'impatto sull'ambiente circostante. Al fine di tutelare i proprietari dei fabbricati in prossimità della diga, CVA in accordo con il Comune di Valgrisenche, ha incaricato un professionista esterno di effettuare, nel mese di novembre 2011, delle verifiche sullo stato di consistenza di tutti i fabbricati nella frazione Bonne, sia ante sia post volate. È stata inoltre prevista la posa di fessurimetri tridimensionali sui fabbricati di Bonne, al fine di poter monitorare nel tempo eventuali effetti che avrebbero potuto essere causati dalle operazioni di demolizione, anche se gli studi avevano già escluso possibili danni alle strutture.

Sistemazione del Materiale di Risulta della Demolizione

La demolizione della parte alta della diga ha comportato ovviamente la produzione di un importante volume di materiale di risulta (circa **150.000 m³ di calcestruzzo**), la cui allocazione è stata locale. È risultato opportuno usufruire di questo materiale per colmare le due zone, a monte e a valle dello sbarramento, lasciate vuote dopo l'esecuzione degli scavi di imposta della diga, in modo da ricostituire il livello naturale del deposito quaternario dell'alveo a parziale contrasto fra i due versanti.

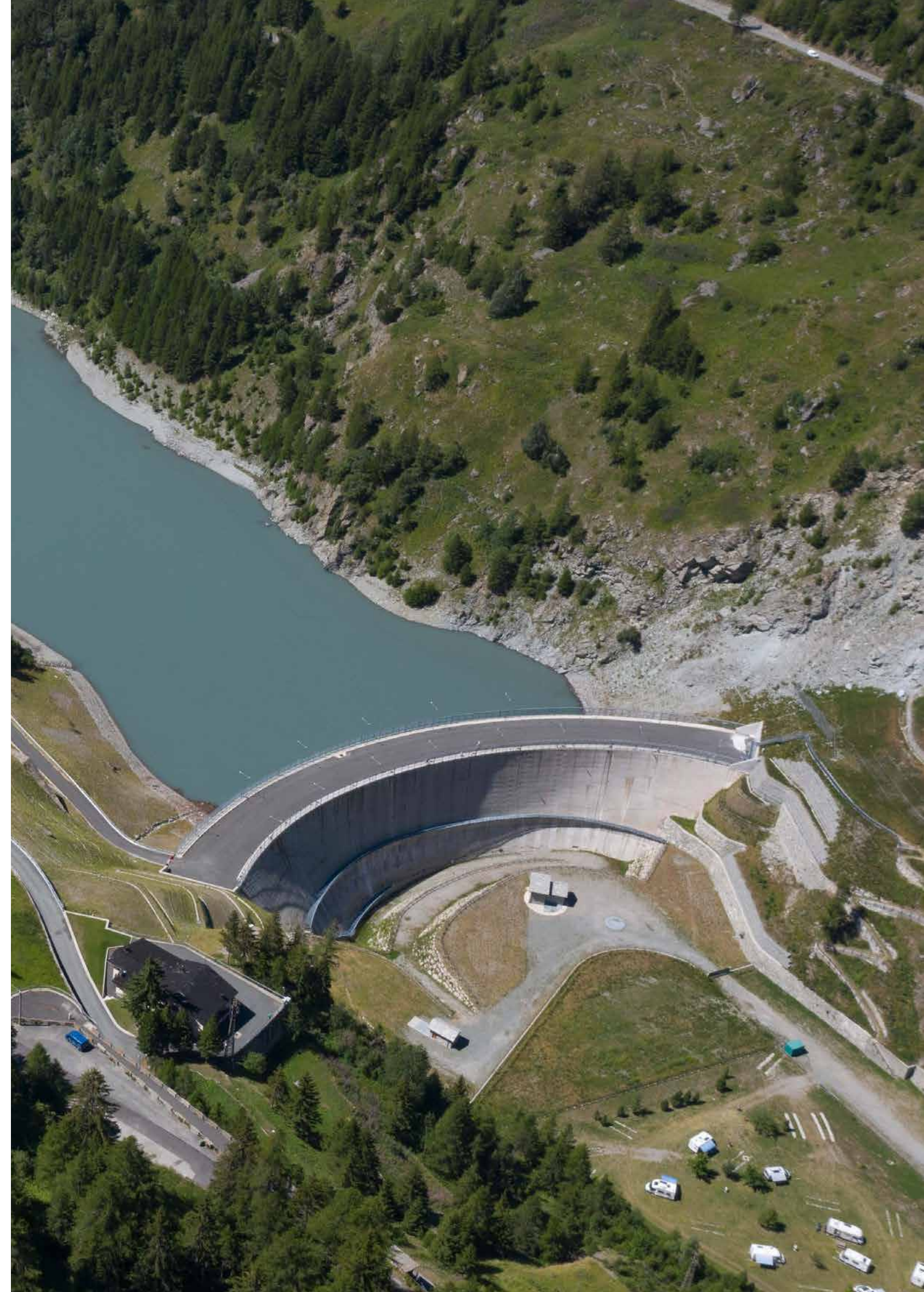
Il riempimento di valle ha permesso di raggiungere la quota del piazzale preesistente, ampliandolo e rendendolo totalmente usufruibile. Sono stati mantenuti gli accessi ai cunicoli, e la possibilità di ispezionare il paramento di valle tramite la realizzazione di pozzi di servizio in calcestruzzo e di protezioni a ridosso del paramento stesso.

Le sponde

La demolizione della parte alta della diga è stata sagomata in modo da lasciare a "gradonata" la parte terminale degli archi dopo la demolizione. Questa scelta origina da metodologie operative e assicura il minor disturbo all'ammasso roccioso delle sponde. La sistemazione finale ha condotto al miglior ripristino possibile della vallata con l'occultamento delle due gradonate in calcestruzzo.

Si è conseguentemente previsto il rinterro il più possibile omogeneo e la sua sistemazione a verde con la piantumazione di specie vegetali autoctone che si inserissero al meglio nel ripristinato assetto vallivo, risultando adatte alle condizioni climatiche del sito.

A destra: la diga di Beauregard oggi.
E' visibile l'area camper a valle.



Caratteristiche a confronto

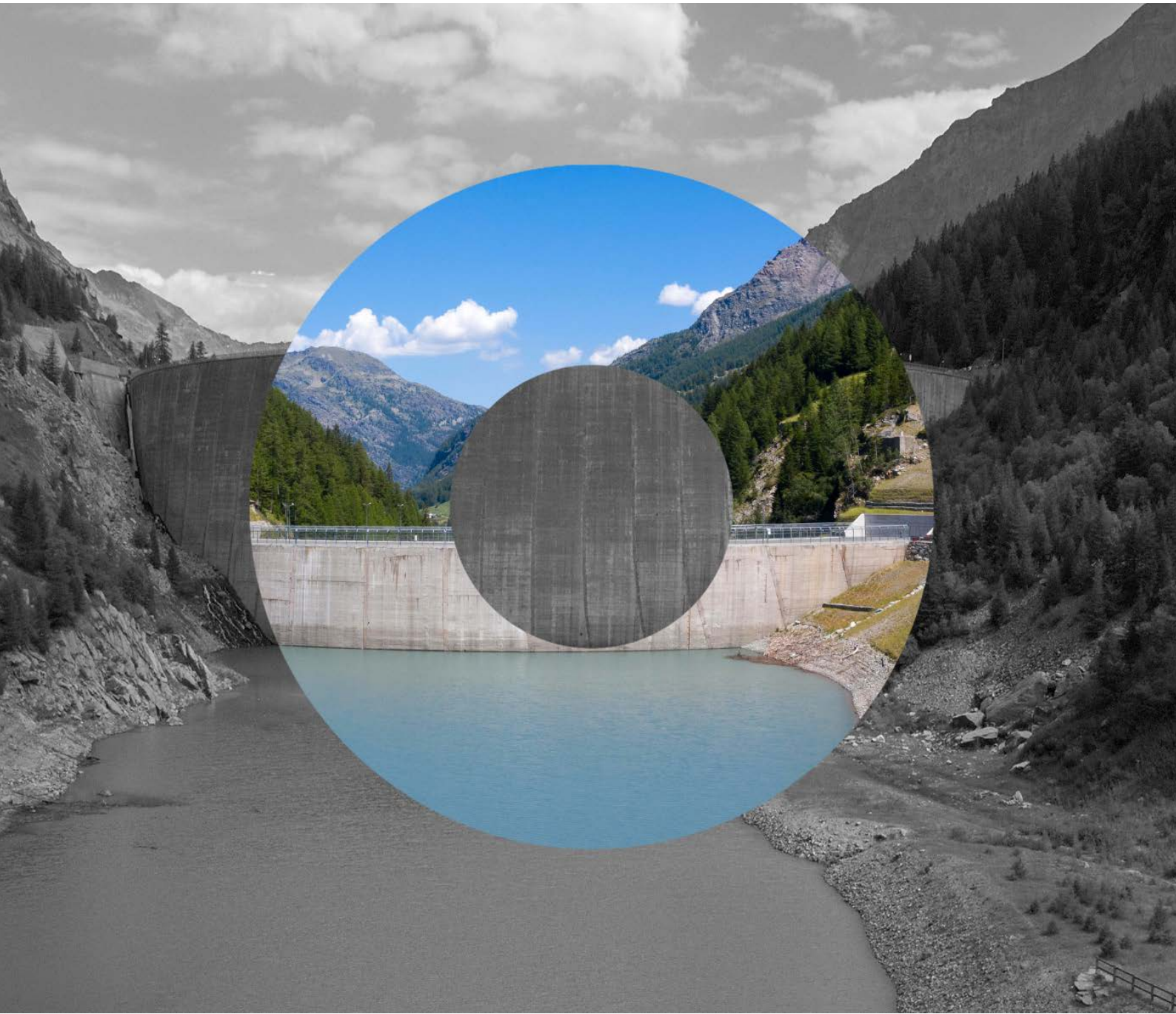
Diga di Beauregard ante 2012

Altezza dell’opera dal punto più depresso delle fondazioni	132 m
Spessore massimo alla base	42 m
Lunghezza coronamento	394 m
Spessore al coronamento	5 m
Volume della diga	430.000 m³
Quota di minima regolazione	1.695 m slm
Livello di massimo esercizio a progetto*	1.770 m slm
Capacità utile di invaso a progetto*	70.000.000 m³
Massimo livello di esercizio consentito	1.705 m slm
Capacità utile di invaso consentito	2.000.000 m³

* Il progetto iniziale prevedeva un invaso più elevato rispetto a quello che è stato poi effettivamente utilizzato. Fin dai primi collaudi di massimo invaso, infatti, a causa della Deformazione del versante il livello di esercizio e la capacità utile d’invaso sono stati ampiamente ridotti ad una soglia di sicurezza.

Diga di Beauregard oggi

Altezza dell’opera dal punto più depresso delle fondazioni	80 m
Spessore massimo alla base	42 m
Lunghezza coronamento	185 m
Spessore al coronamento	15 m
Volume della diga	270.000 m³
Quota di minima regolazione	1.695 m slm
Livello di esercizio dell’invaso del nuovo progetto	1.705 m slm
Capacità utile di invaso del nuovo progetto	3.600.000 m³
Livello di massimo invaso del nuovo progetto	1.710 m slm



Appendice.

I dettagli dei lavori che hanno
portato alla trasformazione
della Diga di Beauregard.

Sistemazione della Diga di Beauregard



Programma dei lavori

I lavori per l’adeguamento della diga di Beauregard sono iniziati a settembre 2011 e si sono conclusi nel 2015. In seguito alla gara d’appalto tenutasi nel periodo maggio-giugno 2011, l’affidamento dei lavori è avvenuto ad agosto 2011 al Consorzio Barrage Beauregard, costituito da 4 imprese: COGEIS S.p.A, COSTRUZIONI STRADALI B.G.F.SRL, I.V.I.E.S S.P.A., FLLI CLUSAZ S.R.

Periodo	Tipo lavoro
Settembre 2011-2012	Sistemazione strade e accessi, opere provvisionali
Ottobre-novembre 2011	Realizzazione della tura di monte per permettere esecuzione lavori
Novembre 2011	Svuotamento e svaso del bacino
Anno 2012	Disgaggi e consolidamento zone instabili
Anno 2012	Esecuzione opere in calcestruzzo a valle per lasciare l’accesso ai cunicoli diga anche dopo l’accumulo del materiale di demolizione
Anno 2013-2014	Demolizione a corpo della diga con uso esplosivo e sistemazione materiale di risulta
Anno 2015	Sistemazione ambientale della spalla e dei depositi di materiale, rimozione della tura e sistemazione accessi

Anno 2011

Periodo	Tipo lavoro
20 settembre	Inizio lavori
20 settembre 20 ottobre	Realizzazione delle piste di cantiere per raggiungere zona dei lavori a monte diga
20 settembre 23 ottobre	Pista di cantiere da piazzale a valle diga e installazione gru a torre e realizzazione di strutture in carpenteria metallica per il posizionamento della perforatrice del nuovo scarico di esaurimento. Pulizia canale di scarico (galleria esistente dello scarico profondo)
10 ottobre	Iniziate le operazioni di scavo, la selezione e vagliatura dei materiali per il rilevato della tura, per le gabbionate e per la scogliera
10 ottobre 15 ottobre	Installazione della stazione di pompaggio delle acque a valle dell’avandiga
20 ottobre	Incominciate le operazioni di svaso del bacino
21 ottobre	Inizio dello scavo per il materiale limoso presente sull’avandiga e sua collocazione in area di cantiere appositamente preparata
21 ottobre 21 novembre	Deviate le acque della dora di Valgrisenche da fondo lago nello scarico sussidiario
30 ottobre 21 novembre	Lago vuoto
4 novembre 9 novembre	Ripristino impermeabilizzazione lastre danneggiate dell’avandiga con getto di calcestruzzo armato e geotessuto bentonitico (180 m²)
7 novembre 12 novembre	Eseguita la perforazione di 32 metri nel corpo diga per installazione tubazione diametro 300 mm del nuovo scarico di esaurimento. Sfondo degli ultimi metri il 14 novembre

Appendice

Periodo	Tipo lavoro
10-12 novembre	Pulizia dei depositi antistanti l’opera di presa
9-15 novembre	Intasata, con calcestruzzo, opera di presa presente a monte dell’avandiga
16-17 novembre	Infilaggio e inghisaggio della tubazione dello scarico di esaurimento
18-23 novembre	Collegamenti, saldature, ancoraggi e posa valvole dello scarico di esaurimento
27 ottobre 21 novembre	Formazione rilevato della tura provvisoria rinforzato a valle da gabbioni, geogriglie orizzontali e scogliera
9 novembre 23 novembre	Impermeabilizzazione del paramento di monte dell’avandiga con posa di materassi tipo reno a confinamento e protezione di un geocomposito bentonitico. Da quota 1.698 m slm posati manto in poliolefine e geostuoia rinforzata
24 novembre 2 dicembre	Installazione dell’impianto anti-ghiaccio
2-5 dicembre	Ripiegamento del cantiere per neve - sospensione lavori

Anno 2012

Periodo	Tipo lavoro
Maggio	Opere di cantierizzazione stagione 2012 (sgombero neve e preparazione aree di cantiere); Formazione micropali di fondazione torre principale a valle diga; Costruzione guado su Dora a valle diga; Demolizione ponticello a valle diga; Getto fondazioni nuovo ponticello a valle diga;
Giugno	Getto spalle e impalcato ponticello a valle diga; Getto setti parte bassa diga e armatura volte.
Luglio	Realizzazione ponticello a valle diga e sistemazione sponde alveo in corrispondenza del ponticello; Armatura, cassetta e getto setti e volte nella parte più bassa della diga.
Agosto	Armatura, cassetta e getto del blocco di accesso alla zona volte; Realizzazione fondazioni e inizio realizzazione parte in elevazione del pozzo di accesso alla derivazione; Realizzazione fondazioni e inizio realizzazione parte in elevazione del pozzo di accesso alla derivazione; Realizzazione fondazione fabbricato di accesso allo scarico di fondo.
Settembre	A metà mese sono iniziati i lavori di costruzione del pozzo principale, con la realizzazione delle fondazioni a quota 1.660 m slm e il rifacimento pressoché totale del locale che accoglie le pompe di drenaggio; Iniziati i lavori di protezione della passerella posta a quota 1.700 m slm mediante posa di tessuto non tessuto e terreno vegetale, al fine di mitigare il previsto impatto dei materiali demoliti sulla struttura; È stata ultimata la realizzazione del pozzo d’accesso alla derivazione. Allo scopo d’evitare danneggiamenti della parte superiore del pozzo durante l’esecuzione delle demolizioni, è stato deciso d’interrompere i getti a circa 20 cm dalla sommità e di prevedere l’ultimazione del pozzo nell’ultima stagione di lavori ovvero nel 2015; Contemporaneamente ai lavori di realizzazione del pozzo, si è proceduto all’esecuzione dei primi lavori di rinforzo della fondazione del fabbricato d’accesso allo scarico di fondo. Il progetto ha previsto per questa stagione la sola realizzazione delle opere di fondazione e rinforzo del muro d’accesso al cunicolo, mentre le rimanenti opere saranno realizzate nella stagione successiva;

Periodo	Tipo lavoro
Ottobre	Proseguimento dei lavori di costruzione della parte in elevazione del pozzo principale; Ultimazione dei lavori di adeguamento del sistema di drenaggio delle perdite; Inizio realizzazione cunicoli a quota più bassa, ovvero quelli di collegamento al sistema di cunicoli in diga, alla sottomurazione in sinistra e di collegamento alla galleria di servizio della valvola di derivazione; Ultimazione lavori di protezione della passerella posta a quota 1.700 m slm mediante posa di tessuto non tessuto e terreno vegetale, al fine di mitigare il previsto impatto dei materiali demoliti sulla struttura.
Novembre	Ultimazione dei lavori di costruzione della parte in elevazione del pozzo principale con l'interruzione dei getti, analogamente a quanto previsto per il pozzo a servizio della derivazione, a circa 20 cm dalla sommità, allo scopo d'evitare danneggiamenti della parte superiore del pozzo durante l'esecuzione delle demolizioni; Ultimazione dei cunicoli a quota più bassa, ovvero quelli di collegamento al sistema di cunicoli in diga, di collegamento alla sottomurazione in sinistra e di collegamento alla galleria di servizio della valvola di derivazione; Spostamento dei cavidotti presenti all'interno dei cunicoli della diga al fine di porli in zone non interessate dai lavori di demolizione; Spostamento dei pendoli interni della diga con ancoraggio della base di misura a quota inferiore a quella prevista per le demolizioni; Realizzazione opere a protezione delle nuove strutture realizzate; Inizio opere propedeutiche alla realizzazione delle volate di prova.
Dicembre	Le volate di prova sono di portata crescente, fino a giungere, con l'ultima, a un volume rimosso pari a circa 1.000 m³ di calcestruzzo. Le volate di prova hanno lo scopo di verificare sul campo gli esiti degli studi effettuati in merito agli impatti che le demolizioni potranno avere sulla diga, sulle nuove strutture e sul contorno (abitazioni, inquinamento acustico, inquinamento ambientale, ecc.).

Anno 2013

Periodo	Tipo lavoro
Maggio	Eseguite n.4 volate per l'abbattimento controllato e graduale del paramento della diga
Giugno - luglio	Eseguite n.6 volate per l'abbattimento controllato e graduale del paramento della diga
Agosto	Eseguite n.3 volate per l'abbattimento controllato e graduale del paramento della diga; Completata la demolizione dei primi 12 m in altezza della diga per un totale di circa 26.000 m³.
Settembre	Eseguite n.4 volate per l'abbattimento controllato e graduale del paramento della diga
Ottobre	Eseguite n.7 volate per l'abbattimento controllato e graduale del paramento della diga
Novembre	Eseguite n.5 volate per l'abbattimento controllato e graduale del paramento della diga
Dicembre	Eseguite n.1 volate per l'abbattimento controllato e graduale del paramento della diga

Anno 2014

Periodo	Tipo lavoro
Aprile	Eseguite n.1 Volate per l'abbattimento controllato e graduale del paramento della diga
Maggio	Eseguite n.5 Volate per l'abbattimento controllato e graduale del paramento della diga
Giugno	Eseguite n.3 Volate per l'abbattimento controllato e graduale del paramento della diga
Luglio	Eseguite n.6 Volate per l'abbattimento controllato e graduale del paramento della diga
Agosto	Eseguite n.2 Volate per l'abbattimento controllato e graduale del paramento della diga
Settembre	Eseguite n.5 Volate per l'abbattimento controllato e graduale del paramento della diga
Ottobre	Eseguite n.4 Volate per l'abbattimento controllato e graduale del paramento della diga

Anno 2015

Periodo	Tipo lavoro
Maggio	Sistemazione nuova strada d'accesso al coronamento; Riprofilatura scarpate in sponda destra a monte diga; Completamento getti in calcestruzzo armato all'interno del pozzo principale; Inizio realizzazione passerella a quota 1.700 m slm sul paramento di valle della diga.
Giugno	Sistemazione nuova strada d'accesso al coronamento (realizzazione cunette); Riprofilatura scarpate in sponda destra e sinistra a monte diga con posa di gabbioni e terre armate; Completamento getti in calcestruzzo armato all'interno del pozzo principale; Sistemazioni terreni a valle del coronamento.
Luglio	Demolizione pista provvisoria dall'area camper al coronamento; Riprofilatura scarpate in sponda sinistra con posa di gabbioni e terre armate; Realizzazione muro a valle del coronamento in sponda destra e sinistra; Sistemazioni terreni a valle del coronamento.
Agosto	Sistemazioni terreni a valle del coronamento; Riprofilatura scarpate in sponda sinistra con posa di gabbioni e terre armate; Realizzazione muri a valle del coronamento in sponda destra e sinistra.
Settembre	Scavo e realizzazione scogliera ad anfiteatro a valle del coronamento; Riprofilatura scarpate in sponda destra e sinistra con posa di gabbioni e terre armate; Realizzazione muro a valle del coronamento in sponda destra e sinistra; Realizzazione massicciata su nuova strada d'accesso al coronamento; Realizzazione struttura su pozzo principale.
Ottobre	Riprofilatura scarpate in sponda destra e sinistra con posa di gabbioni e terre armate; Asfaltatura nuova strada d'accesso al coronamento; Realizzazione struttura su pozzo principale e su struttura di accesso allo scarico di fondo; Svaso bacino; Demolizione della tura e riprofilatura delle scarpate tra tura e diga; Sistemazione coronamento.

Nel 2016 si sono conclusi i lavori di adeguamento con la sistemazione della zona antistante la diga che oggi ospita una fra le più frequentate aree camper della Valle d'Aosta. Il 30 luglio del 2016 è stata inaugurata la nuova opera con uno spettacolo piromusicale molto suggestivo.

Galleria.

I ricordi fotografici dei
momenti più significativi
dell'impresa.

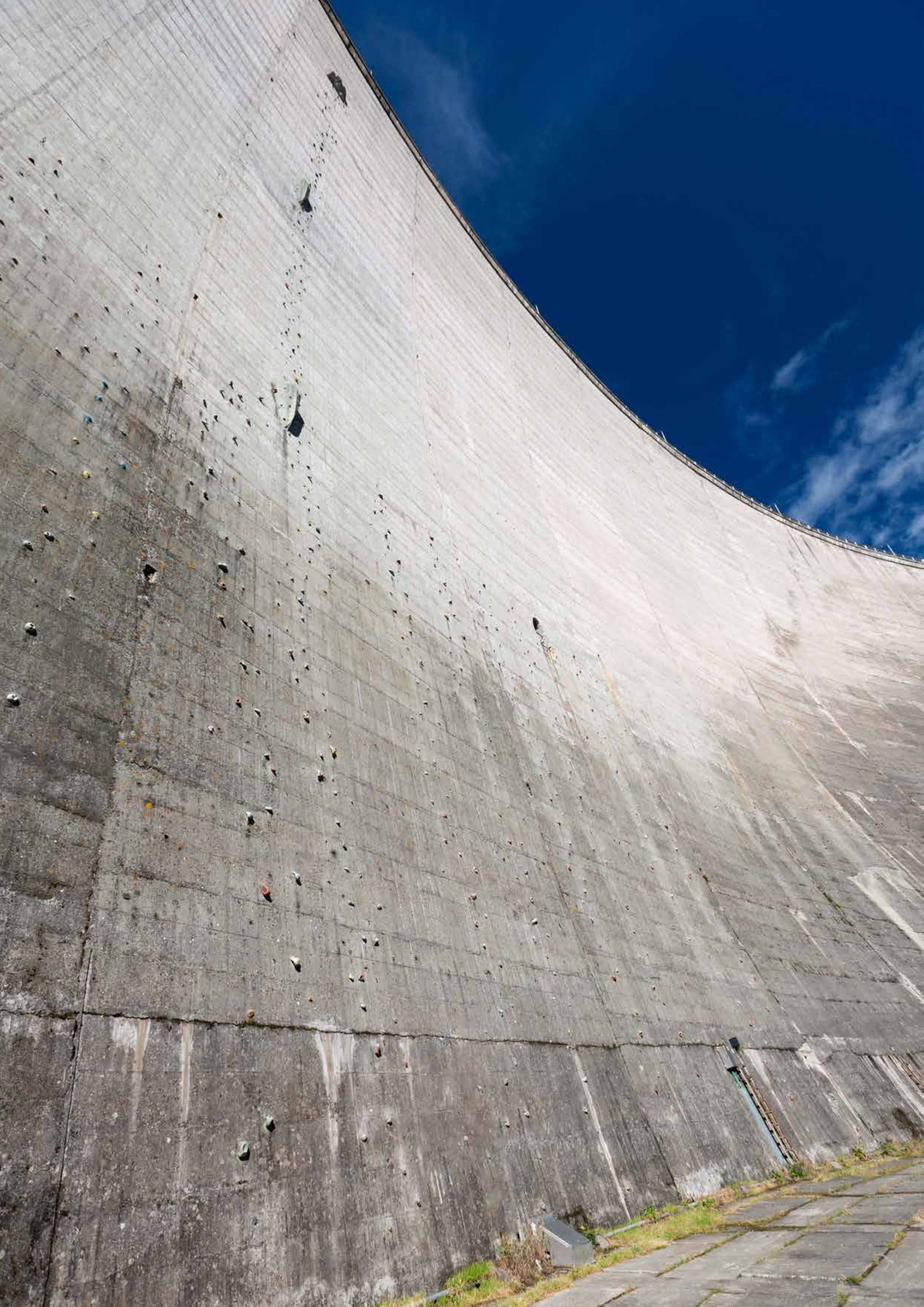
Volata per la demolizione del muro

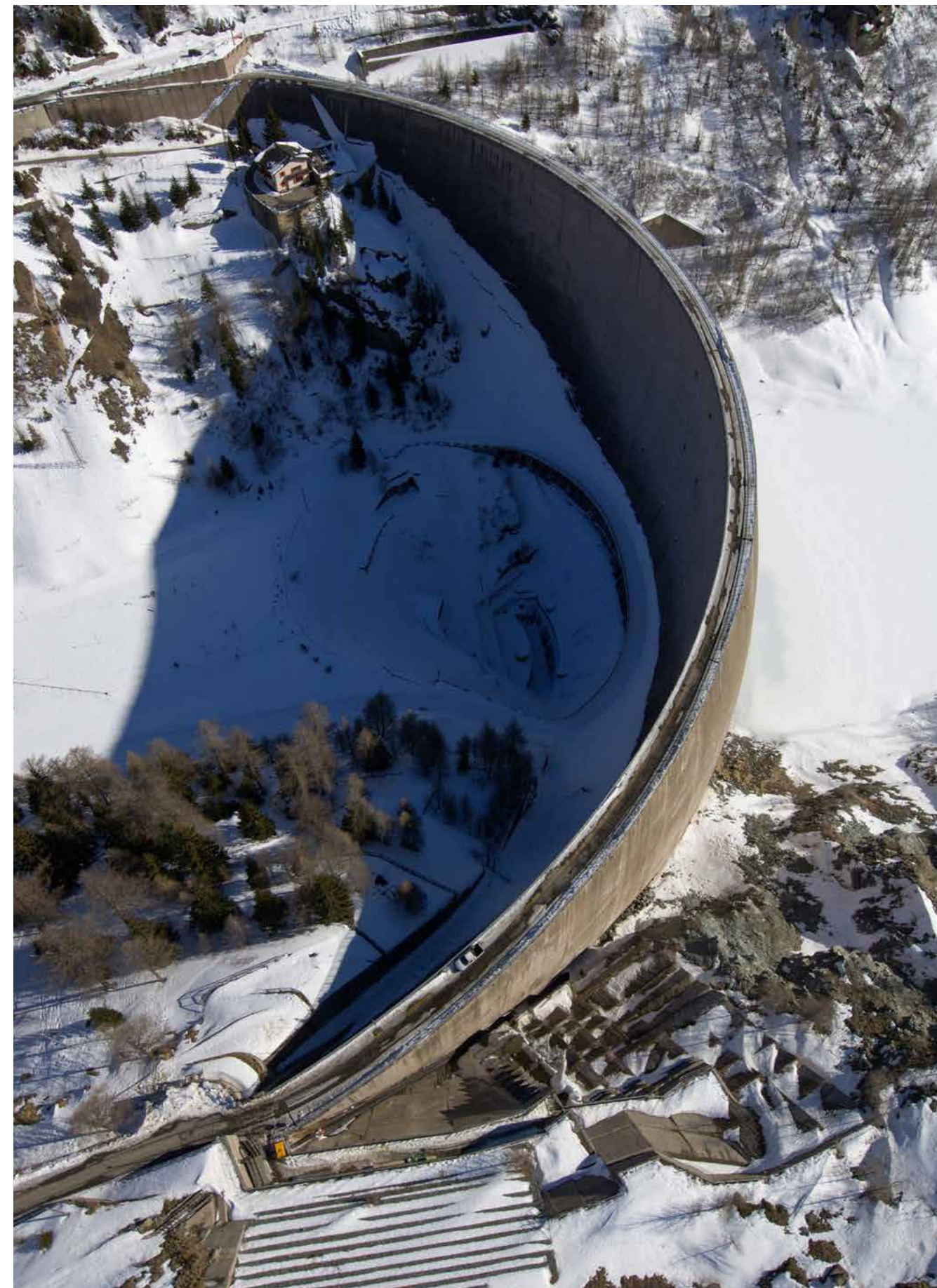


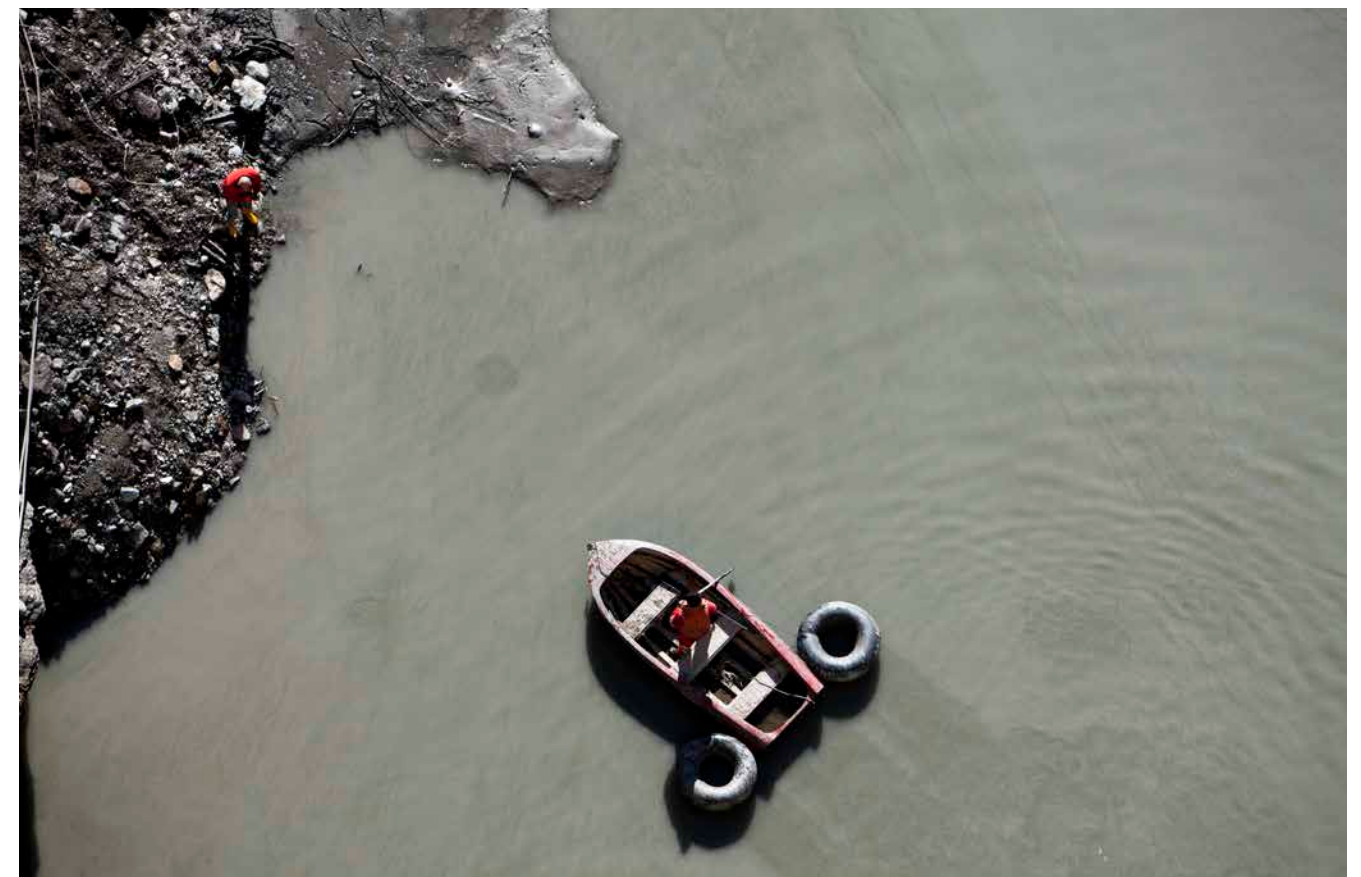


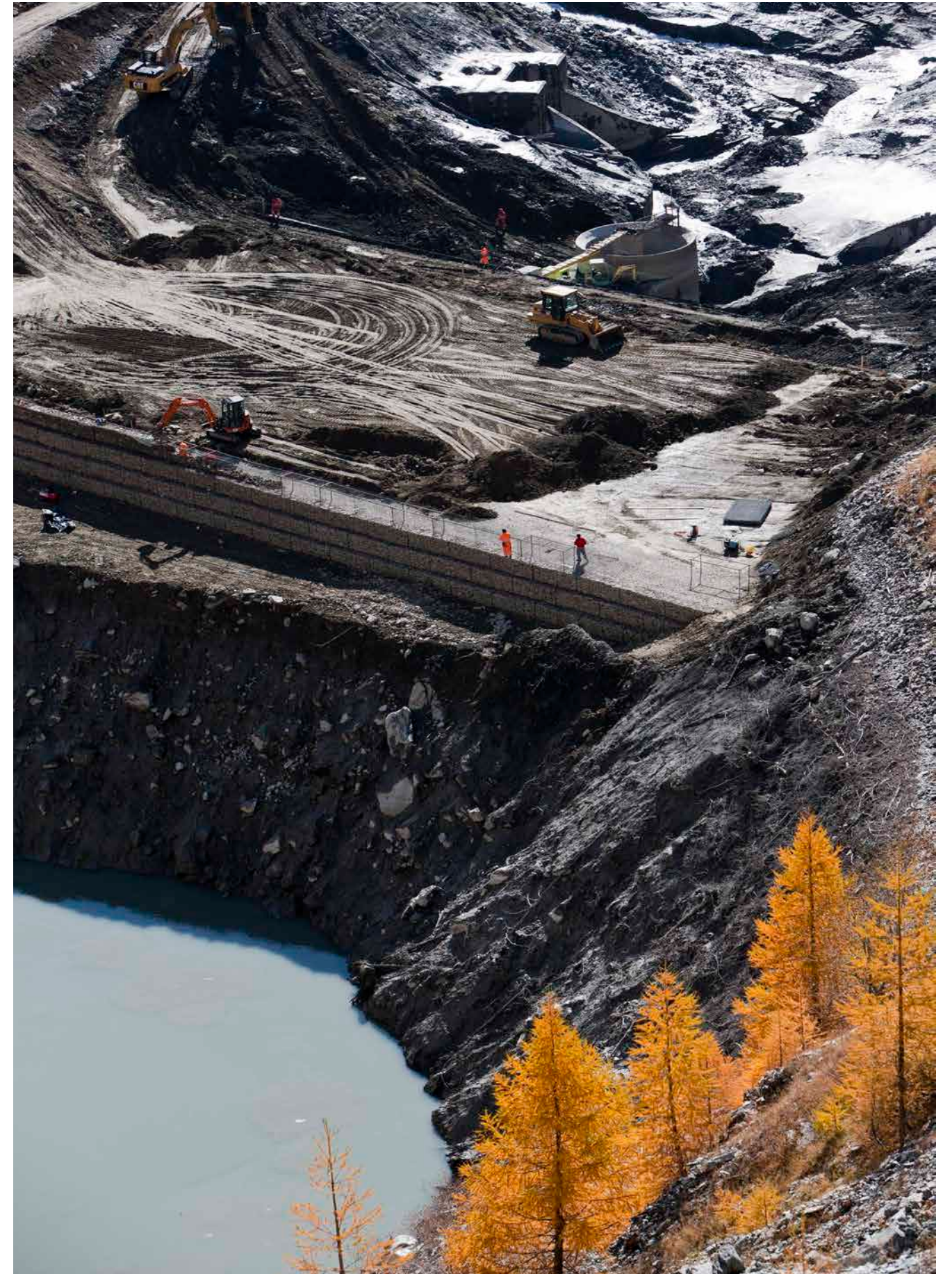
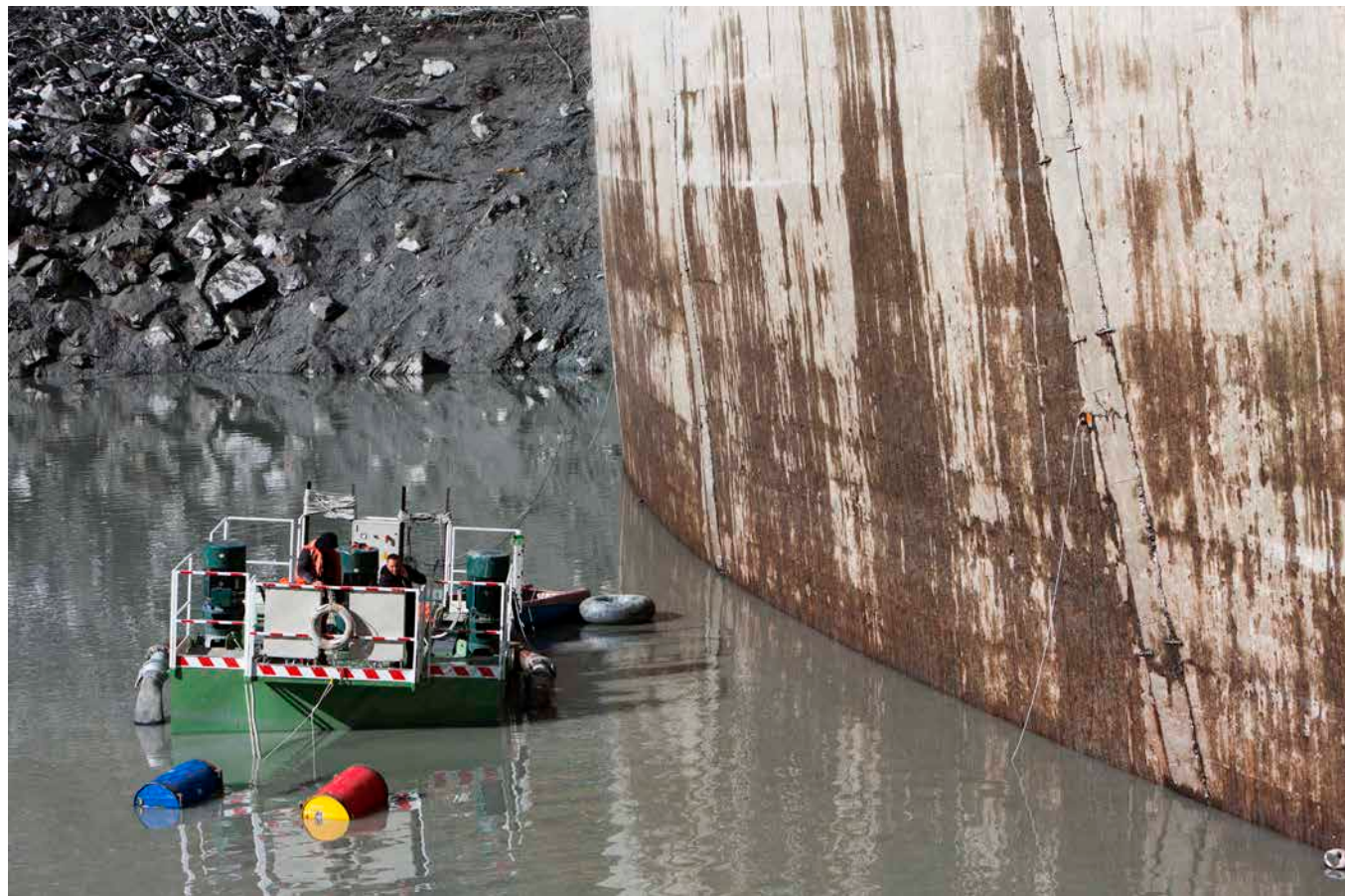


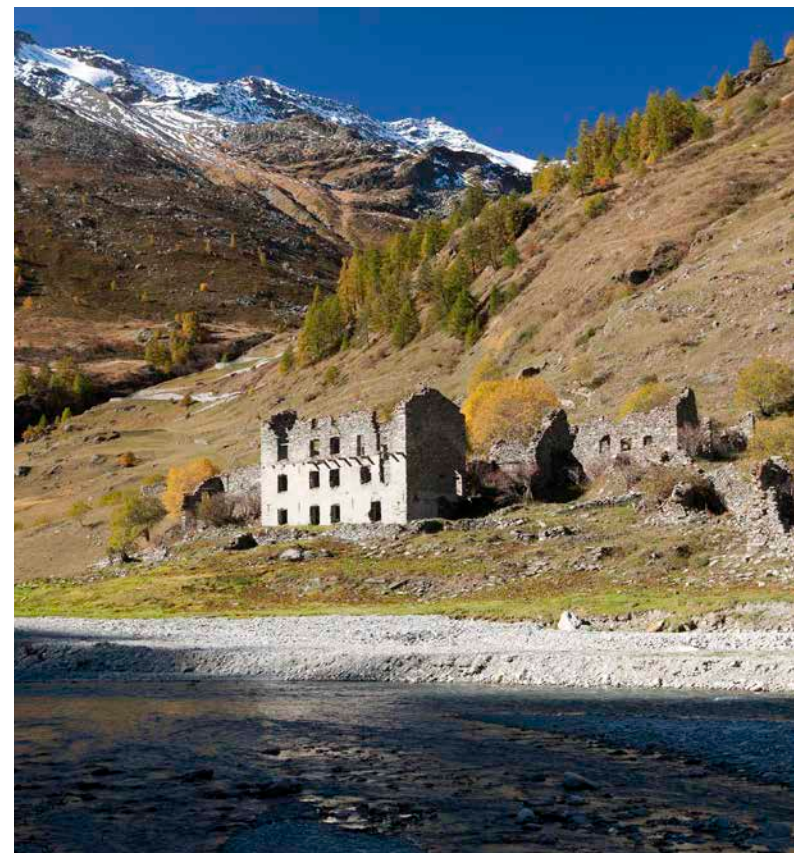
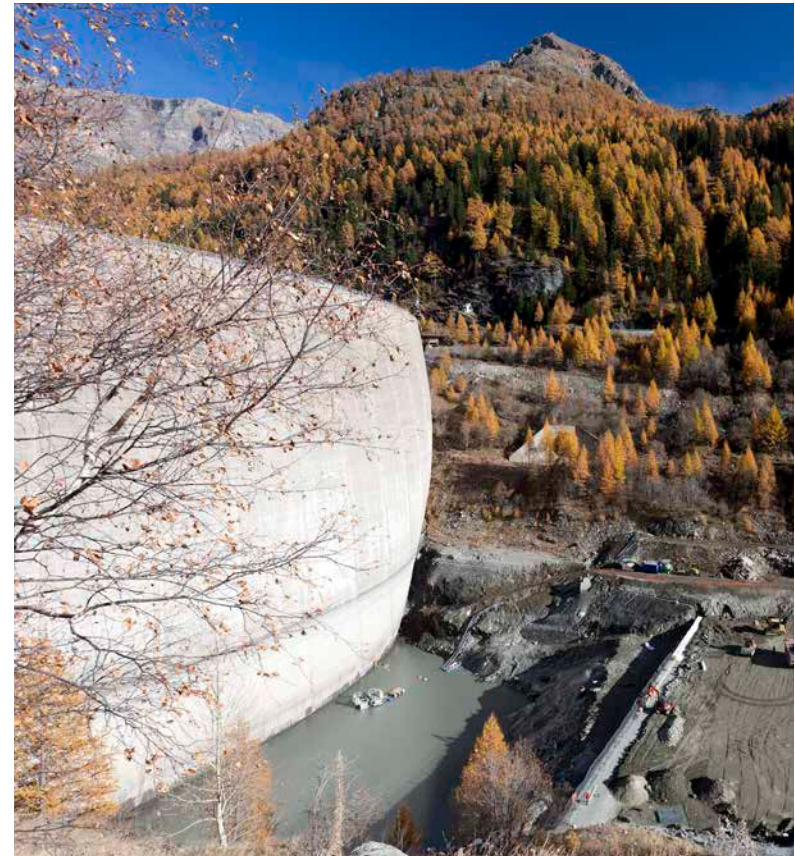








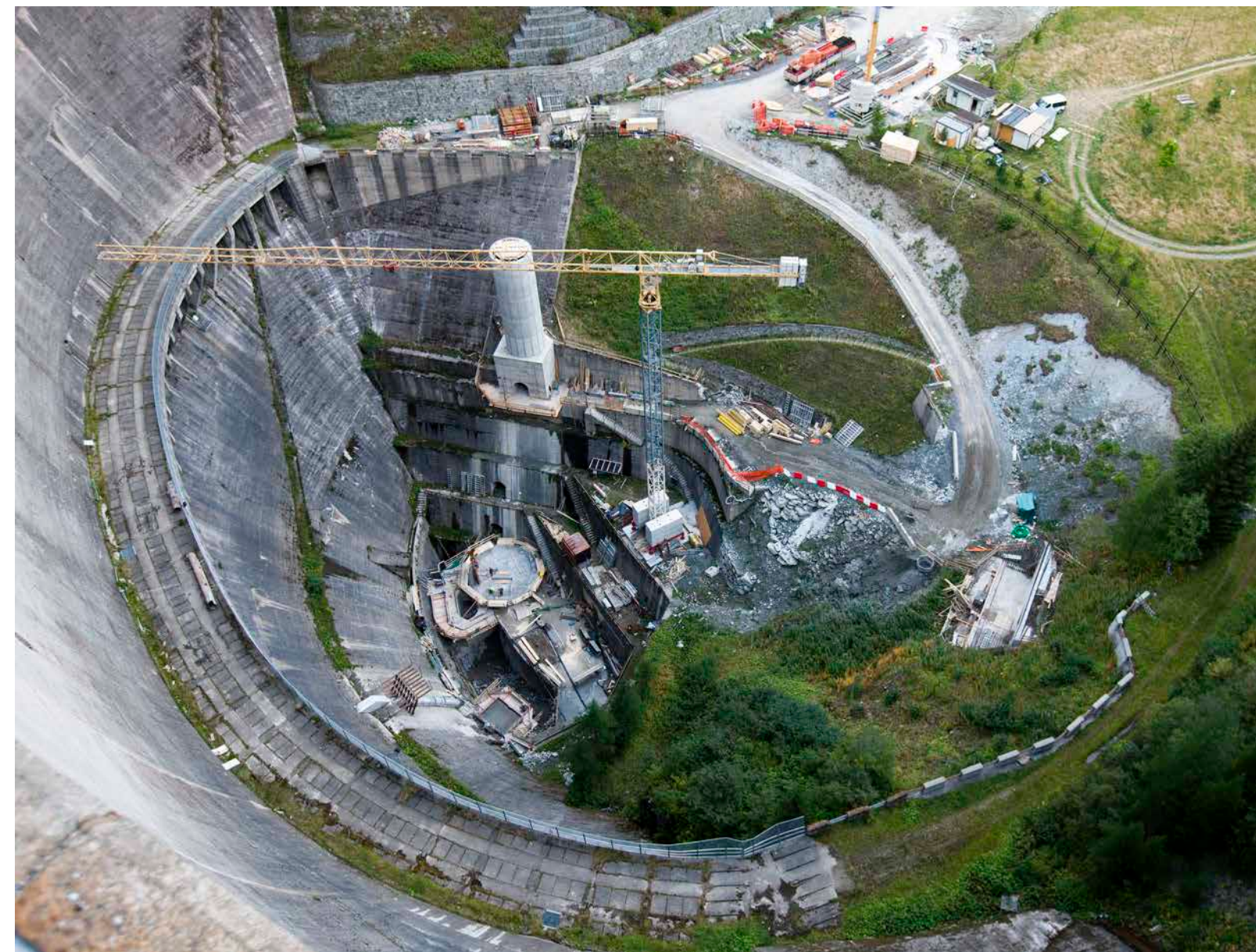
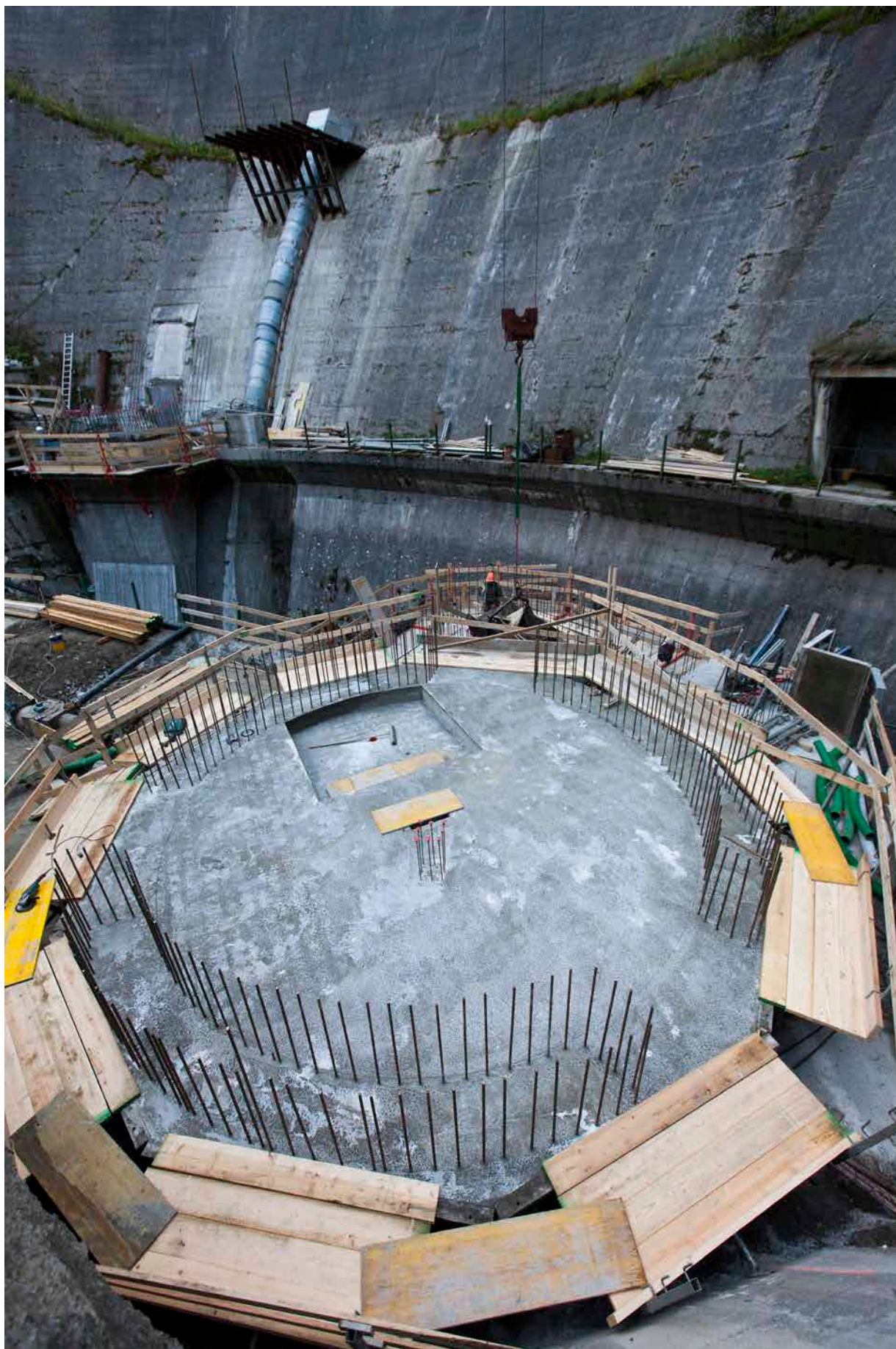






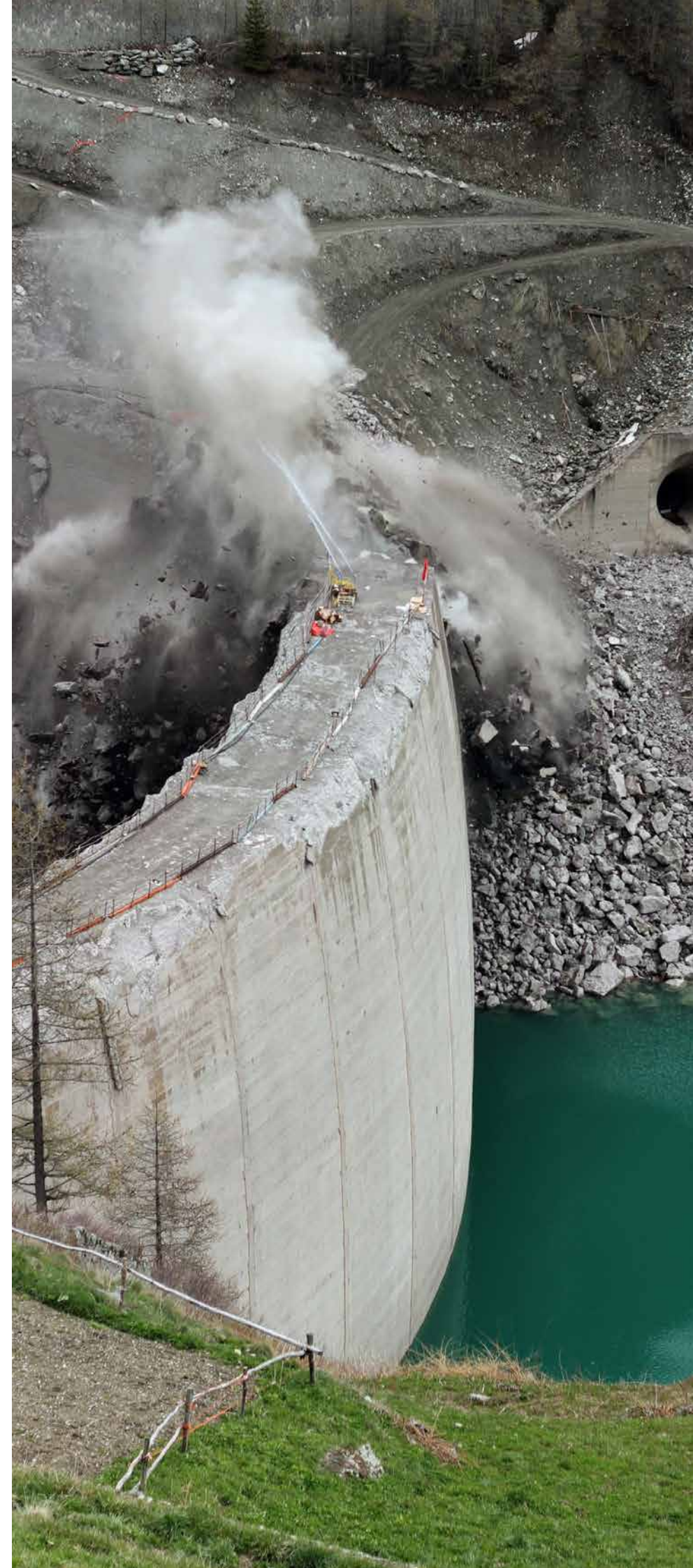
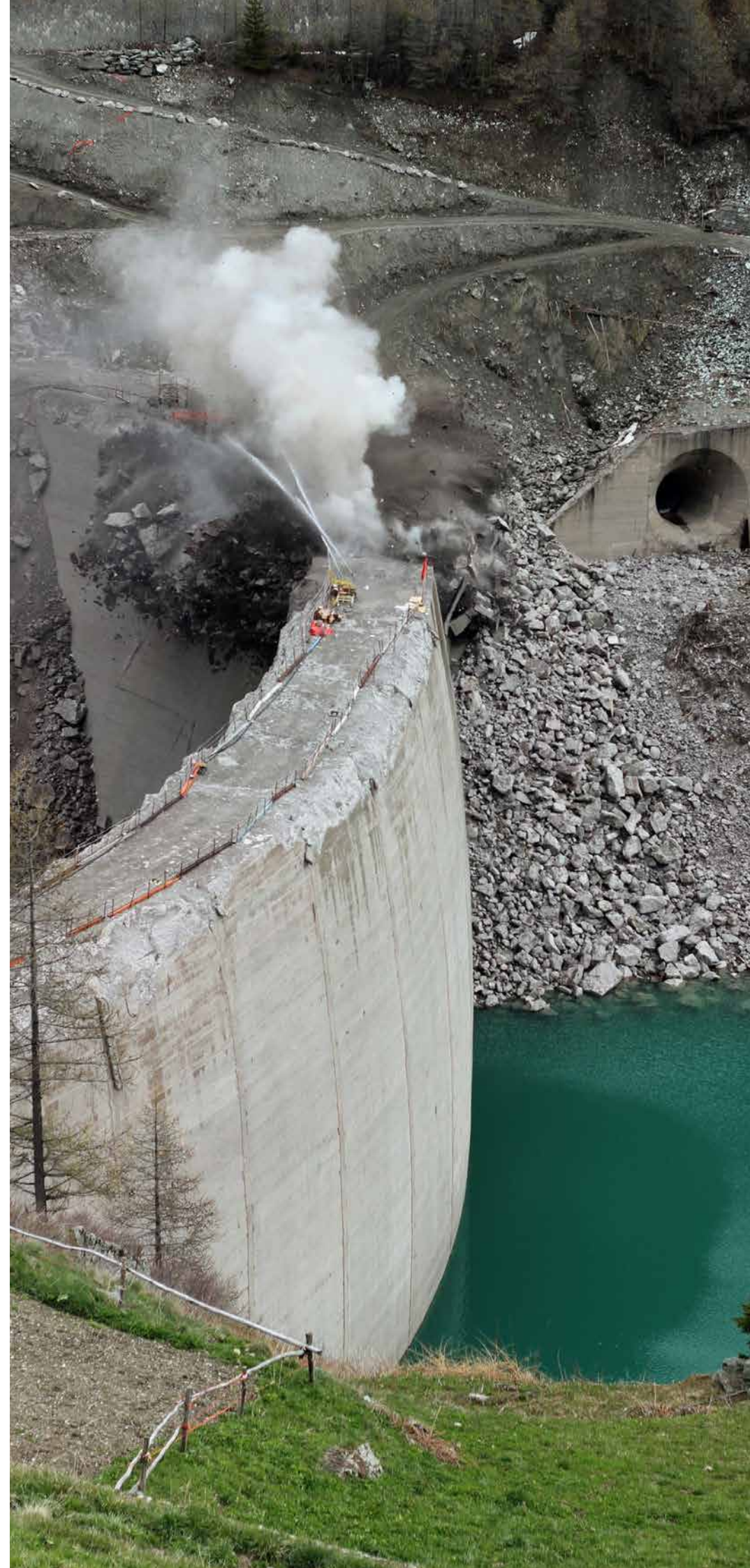


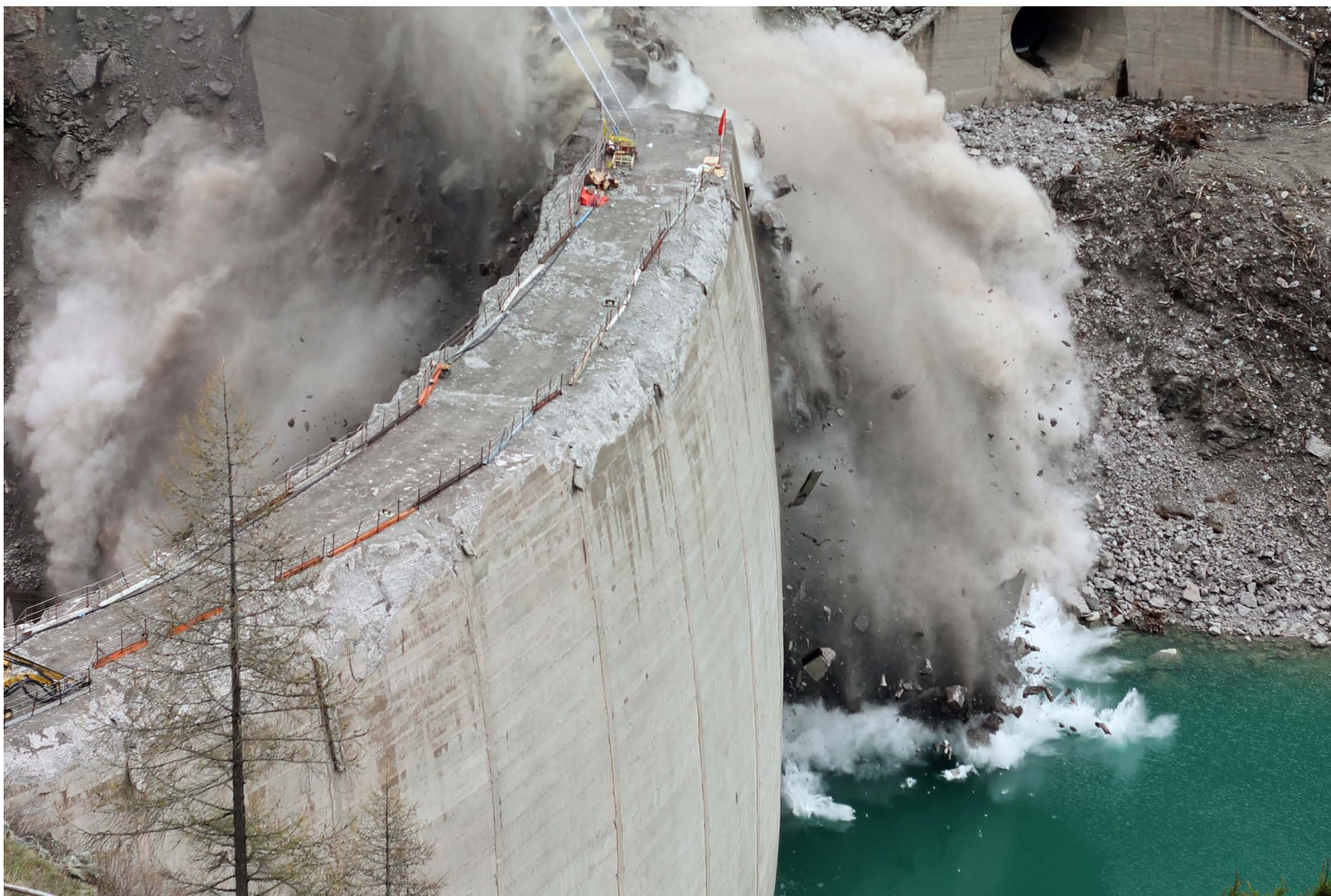














Taglio del
coronamento con il
filo diamantato

