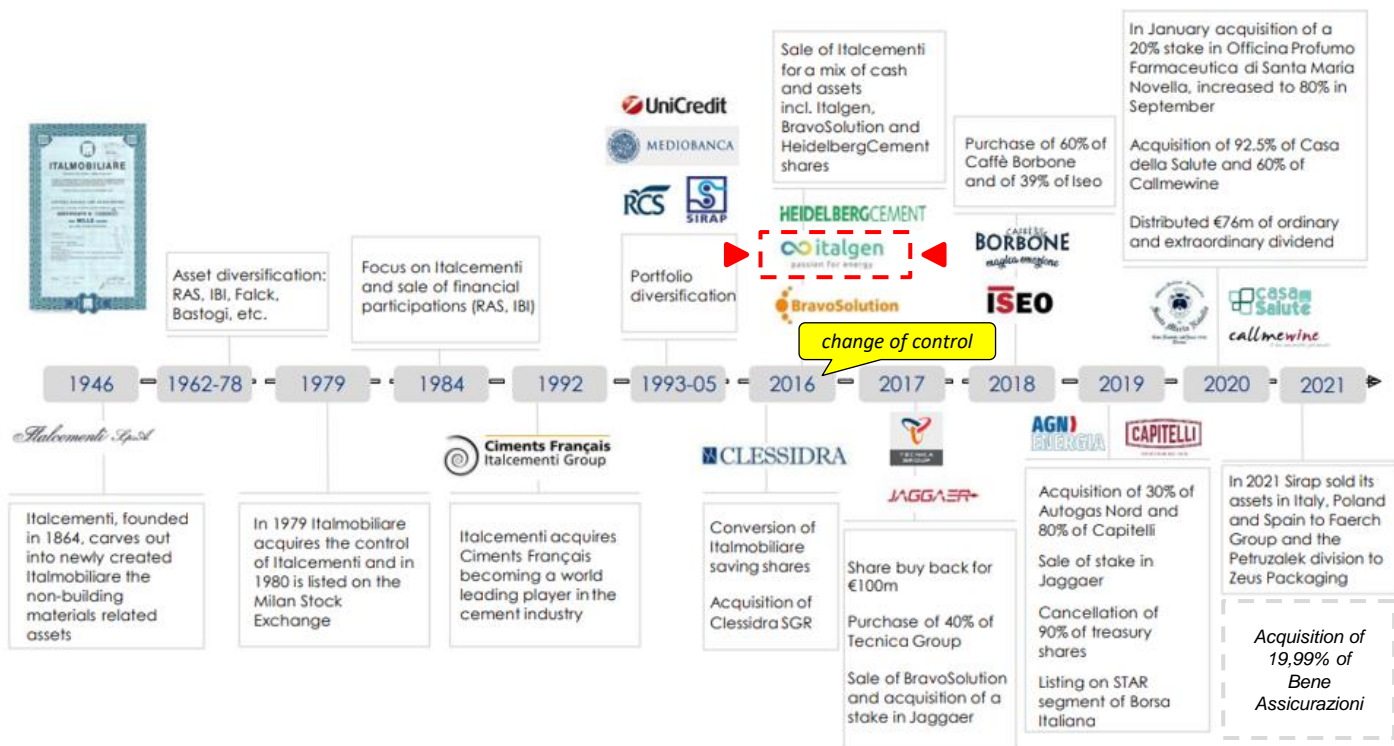


# Diga di Ponte Acqua (SDI - 583 BG) - Italgen S.p.A. Lavori di adeguamento statico e funzionale

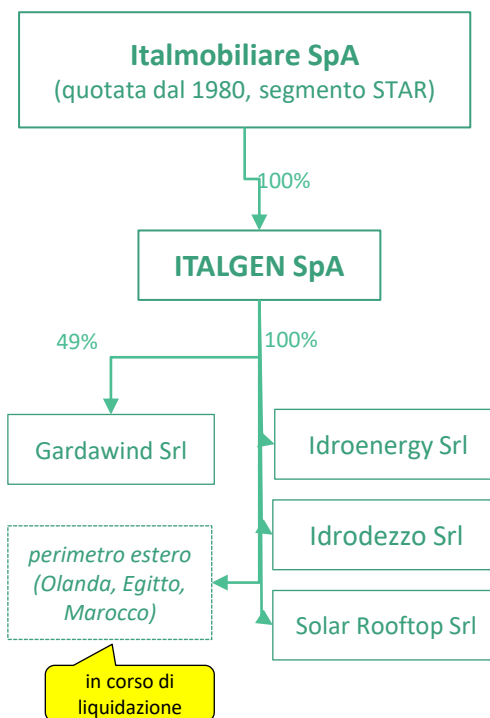


# Italgén: costituita formalmente nel 2001, ma con una storia industriale che affonda le radici nel '800; dal 2016 *portfolio company* di Italmobiliare

## La storia di Italmobiliare



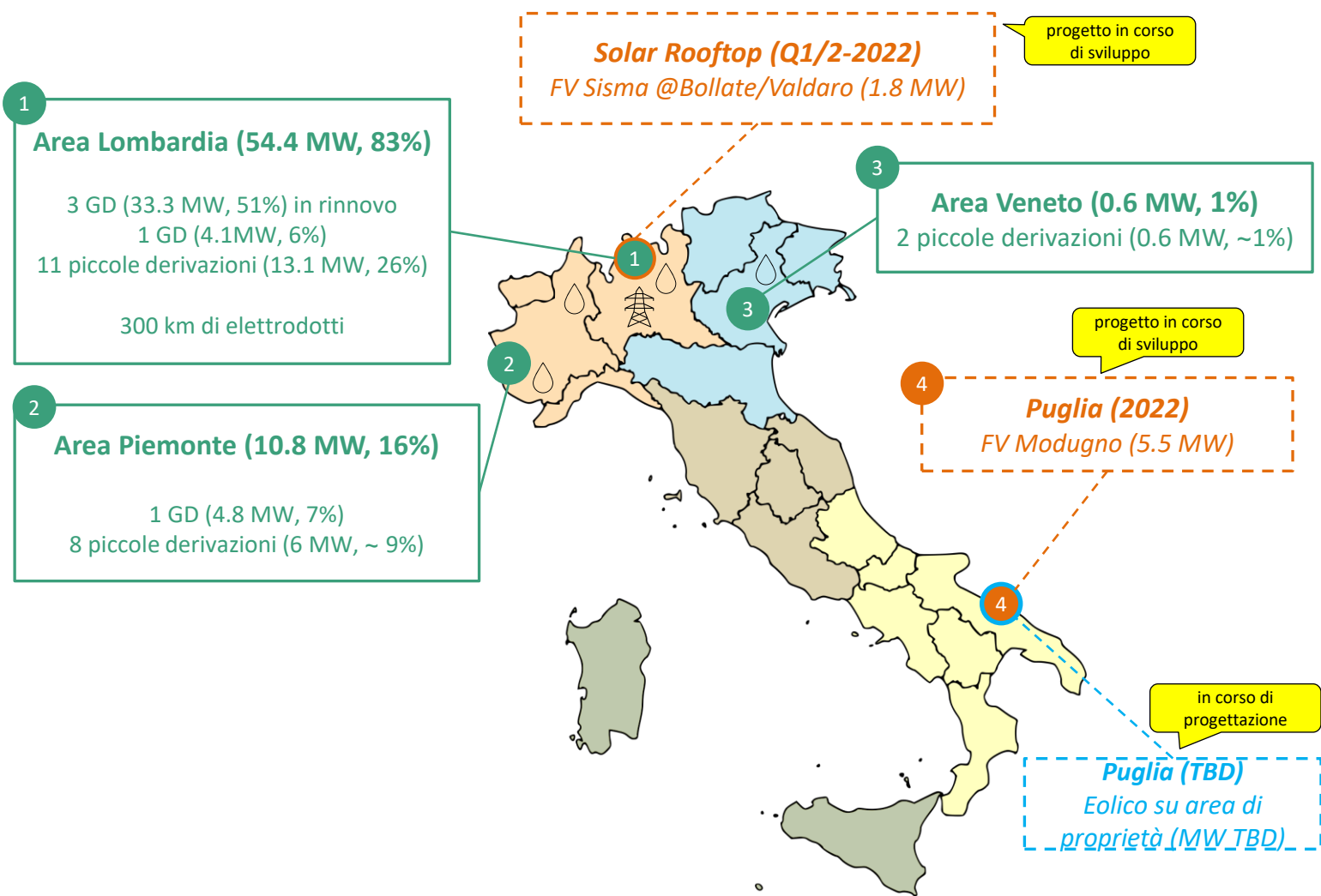
## Italgén



## Key Issues

- In Italia, oggi **Italgen** produce e dispaccia energia da **fonte idro** con 300 km di **elettrodotti** di proprietà
- L'attuale **portafoglio idro** è composto da **27 derivazioni (65.9 MW)**, di cui **5 GD (grandi derivazioni)**
- In **Bulgaria**, Italgen detiene minoranza in progetto eolico (8 MW) in JV con Leitner
- Nel **2021**, Italgen ha acquisito **Idroenergy** (6 MW) e **Idrodezzo** (1.6 MW)
- Sono in corso di sviluppo **3 impianti fotovoltaici** (7.3 MW)

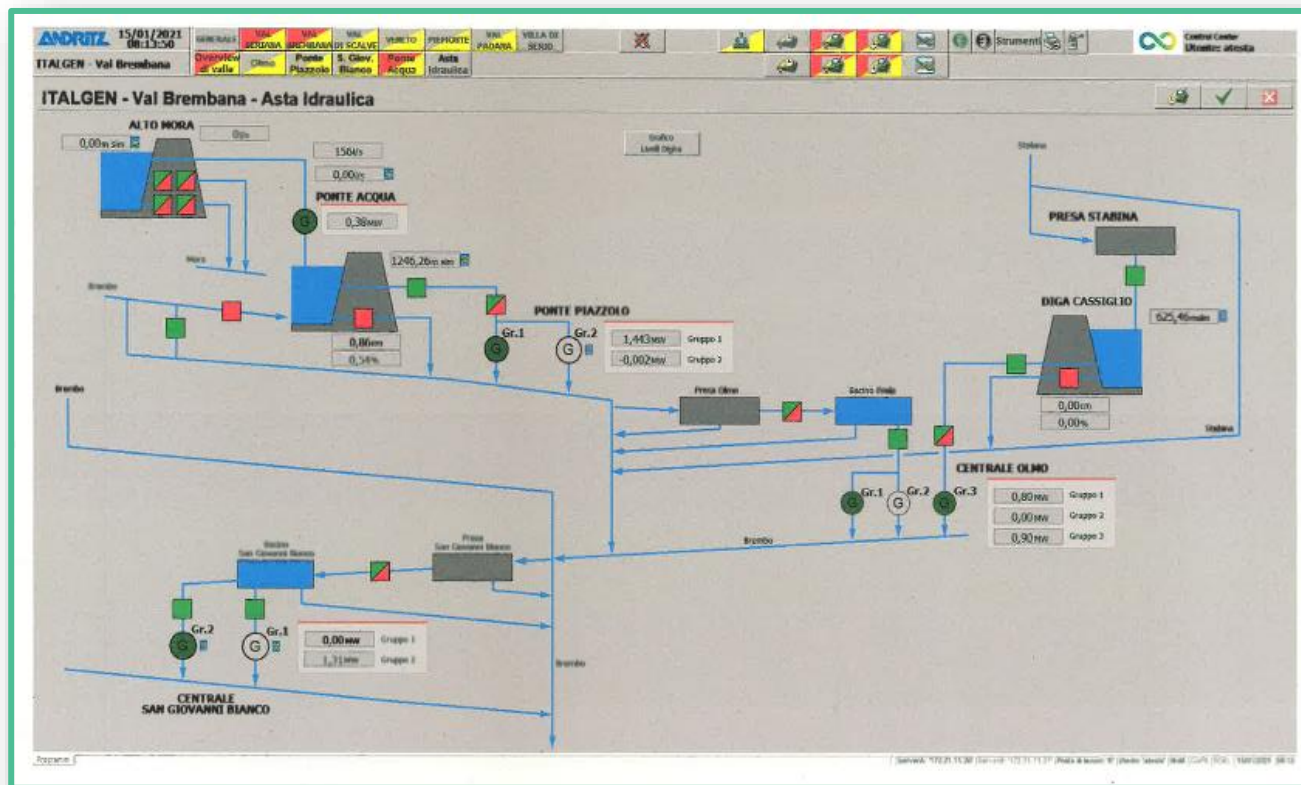
## Capacità installata idro/FV per Area – Italia 2022 (MWp)



# ITALGEN: territorio di riferimento e interconnessioni impianti idro

Le centrali idroelettriche di Italgén S.p.A. sono raggruppate nei seguenti 5 nuclei operativi:

0. Sede legale e centrale operativa: Villa di Serio (BG)
1. Centrali Val Brembana: Ponte Acqua, Ponte Piazzolo, Olmo e S. Giovanni Bianco (BG)
2. Centrali Val Seriana: Comenduno e Ponte Nembro (BG)
3. Centrali Val di Scalve: Dezzo-Povo (BG) e Mazzunno (BS) (+ Idrodezzo)
4. Centrali Val Padana: Vaprio (MI), Palazzolo s/O e Vetra (BS)
5. Centrali extra-Lombardia: Roccavione 1-2 (CN) e Vittorio Veneto (TV) (+ Verbano – Idroenergy)





# ITALGEN: nucleo centrali idroelettriche e dighe Val Brembana - BG

## DIGA DI ALTO MORA



## DIGA DI CASSIGLIO



## DIGA DI PONTE ACQUA



La diga di **Ponte dell'Acqua** appartiene al nucleo degli impianti idroelettrici di costruzione anni '50 della società Italcementi S.p.A. per l'utilizzo, a fini energetici delle acque dell'Alta Val Brembana in provincia di Bergamo.

Fanno parte del sistema, oltre la diga di Ponte Acqua che alimenta la centrale di Ponte Piazzolo, la **diga di Alto Mora** e la **diga di Cassiglio** che alimentano rispettivamente le centrali di Ponte Acqua e di Olmo al Brembo

# 1. Caratteristiche costruttive della diga di Ponte Acqua

La diga in oggetto è stata costruita nel periodo 1949-50 ed è di tipo murario a calcestruzzo a gravità ordinaria le cui caratteristiche principali sono:

▪ Altezza massima (quota 1.226,50 m s.l.m.):	H = 21,70 m
▪ Sviluppo del coronamento (quota 1.248,20 m s.l.m.):	L = 75 m
▪ Pendenza paramento di monte:	0,04
▪ Pendenza paramento di valle:	0,75
▪ Volume del calcestruzzo:	V = 6.500 m <sup>3</sup>
▪ Livello di normale ritenuta:	1.246,50 m s.l.m.
▪ Livello di massimo invaso:	1.247,20 m s.l.m.
▪ Volume totale d'invaso:	47.000 m <sup>3</sup>
▪ Superficie bacino imbrifero direttamente sotteso:	13 km <sup>2</sup>

Il corpo diga è provvisto di 5 giunti trasversali di costruzione che separano la diga in 6 conci della larghezza indicativa di 13 m. La tenuta è assicurata da prodotti bituminosi, protetti da trave coprigiunto in c.a. Esiste un cunicolo d'ispezione e raccolta delle portate di drenaggio della fondazione e di filtrazione del corpo diga, ubicato in vicinanza della fondazione medesima, con accesso da cunicolo trasversale posto nella sezione di maggior altezza. Sono presenti canne di drenaggio con diametro 200 mm ed interasse  $\approx 3,5$  m, nel corpo diga, ed di 1,75 m nella fondazione.

Le opere di scarico della portata di piena  $Q_{1000} = 196 \text{ m}^3/\text{s}$  sono costituite dai seguenti manufatti:

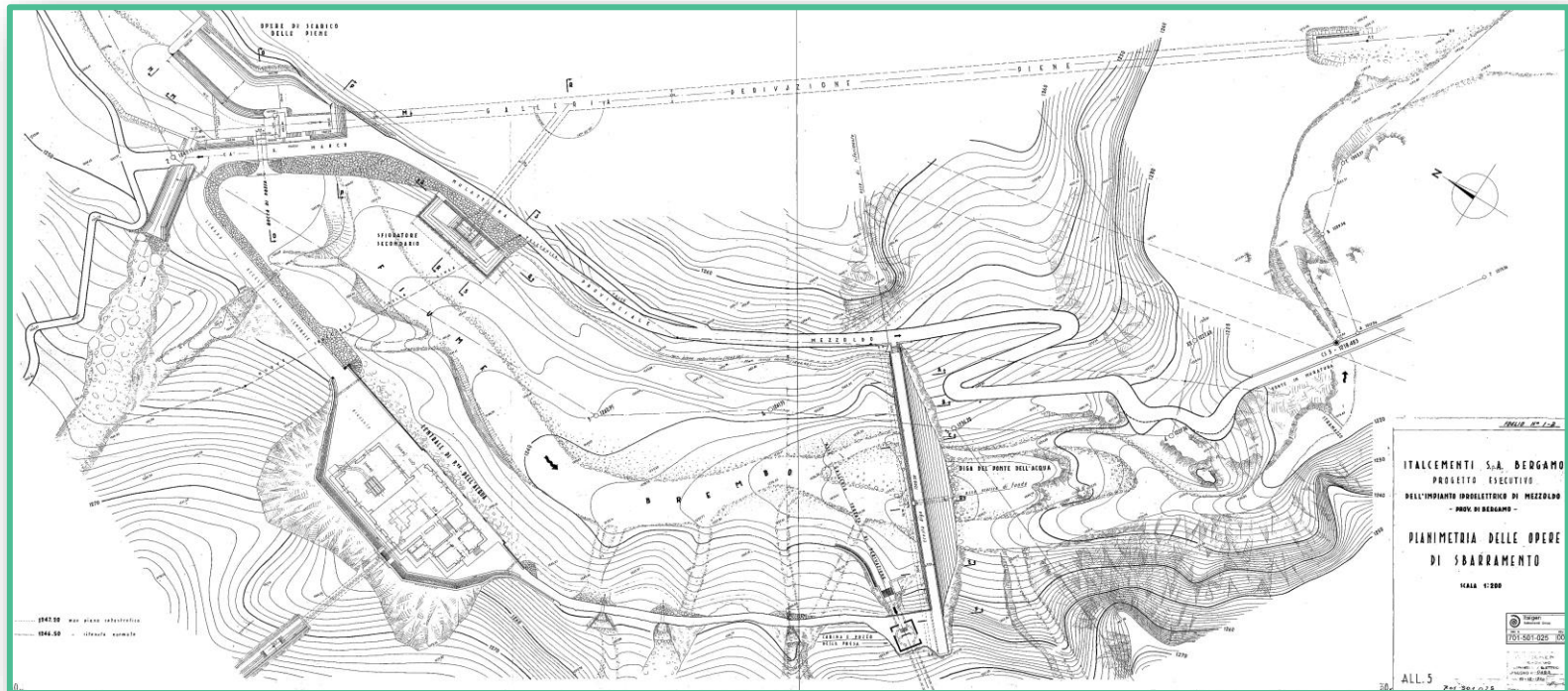
- **sfioratore principale:** situato all'ingresso dell'invaso, con by-pass in galleria delle acque derivate nel f. Brembo
- **sfioratore secondario:** situato in sponda sx dell'invaso, originario alla costruzione della diga
- **sfioratore di emergenza:** in corpo diga, realizzato nei suddetti lavori di adeguamento idraulico
- **scarico di fondo:** in corpo diga, costituito da una paratoia piana a strisciamento di dimensioni 1,00 x 1,60 m

## 2. Progetto di adeguamento statico e funzionale

Gli interventi in progetto sono conseguenti ad una prima indagine effettuata dalla Società Ismes S.p.A. nel 1988, i cui risultati avevano posto in evidenza alcune carenze relative al peso specifico della muratura, risultato inferiore a quanto assunto in sede di Progetto iniziale; tale fatto, unitamente alle caratteristiche (diametro ed interasse) dell'esistente sistema drenante, aveva consigliato **un intervento di appesantimento del corpo diga al fine del contenimento del coefficiente di scorrimento** entro i limiti contemplati dall'attuale Normativa (D.M. n. 44/1982).

In tempi immediatamente successivi (anno 1989) l'Italcementi ha provveduto al rifacimento completo del sistema drenante adeguandone le caratteristiche a quanto previsto nel D.M. sopracitato (Interventi realizzati: dreni diametro 125 mm in corpo diga e 215 mm in fondazione; interasse  $\approx 2,5$  m).

Nel marzo del 1993 l'Italcementi ha presentato al S.N.D. il **Progetto di adeguamento statico e funzionale** della diga, a firma del **Progettista** Dott. Ing. G. Guala; tale progetto è stato poi perfezionato, nel maggio del 1995, a seguito delle prescrizioni impartite dal S.N.D., con approvazione in data 18/01/1996.



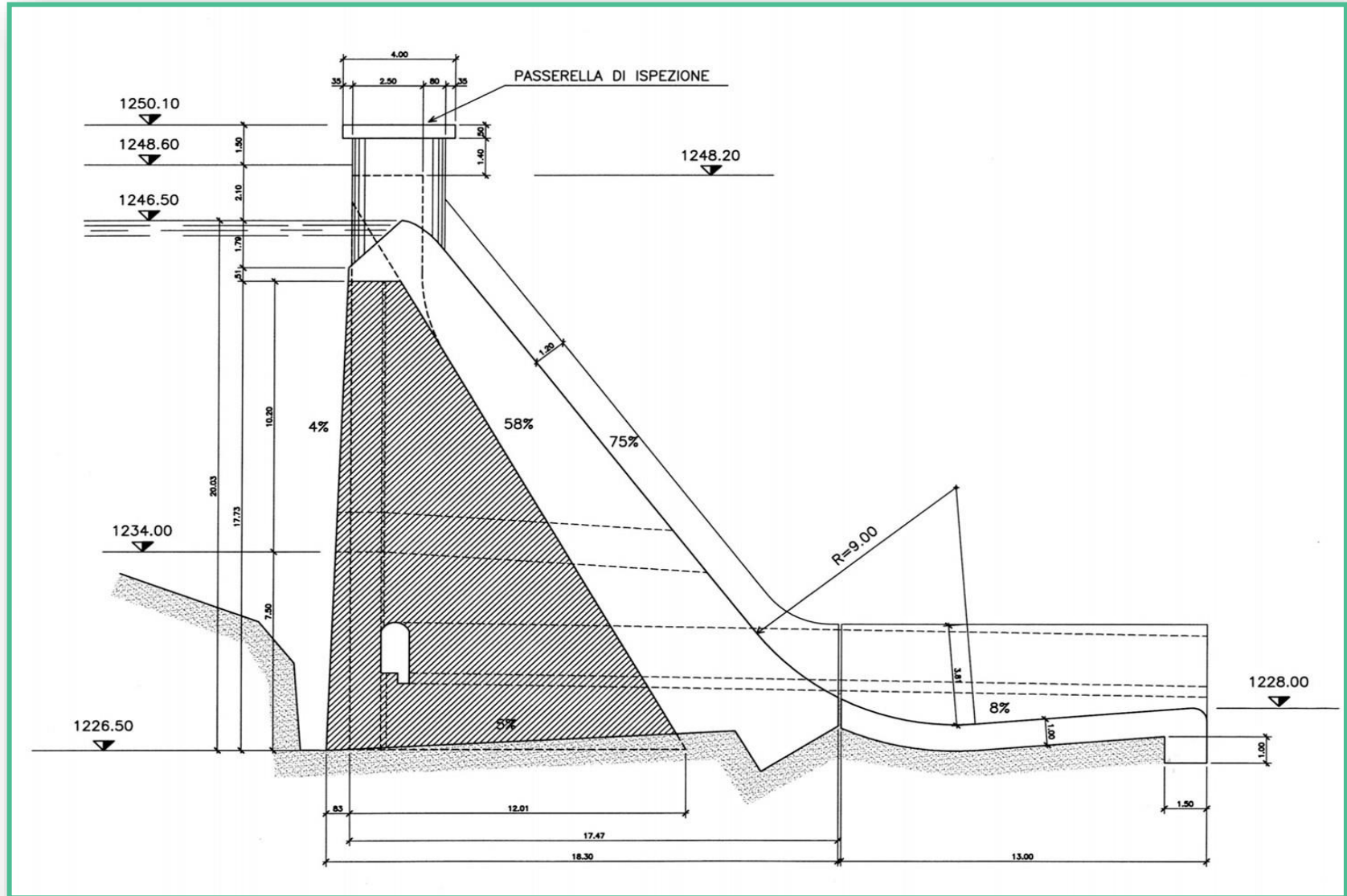
## 2. Progetto di adeguamento statico e funzionale

Gli interventi progettati prevedevano:

- appesantimento del corpo diga, mediante una nuova **riprofilatura del paramento di valle con getti in calcestruzzo a spessore variabile** da un massimo in fondazione (quota 1.226,80 m s.l.m.) di circa 6 m ad un minimo alla quota 1.244,20 m s.l.m., di circa 2 m. Con tale intervento lo spessore complessivo della diga veniva incrementato a circa 18 m; la pendenza del nuovo paramento di valle passava quindi dal 0,58 a 0,75. Al fine di garantire la corretta trasmissione degli sforzi di taglio tra il vecchio ed il nuovo getto di appesantimento, è stata prevista una **armatura metallica di collegamento costituita da barre** ( $1\phi 30/m^2$ ) opportunamente zincate per garantirne la durabilità e un trattamento con resina epossidica bicomponente, della superficie di contatto tra i due getti.
- integrazione del sistema drenante con drenaggi perforati di diametro 125 mm in corpo diga e 215 mm in fondazione, con interasse  $\approx 2,5$  m.
- realizzazione di un **nuovo sfioratore d'emergenza in corpo diga** in grado di convogliare a valle la portata di piena millenaria; l'aspetto idraulico del progetto è stato sperimentato su **modello fisico** in scala 1:30 presso il Centro Ricerche Idraulico-Strutturali dell'ENEL (MI).
- opere di adeguamento e sistemazione dell'alveo naturale a valle del bacino di dissipazione.

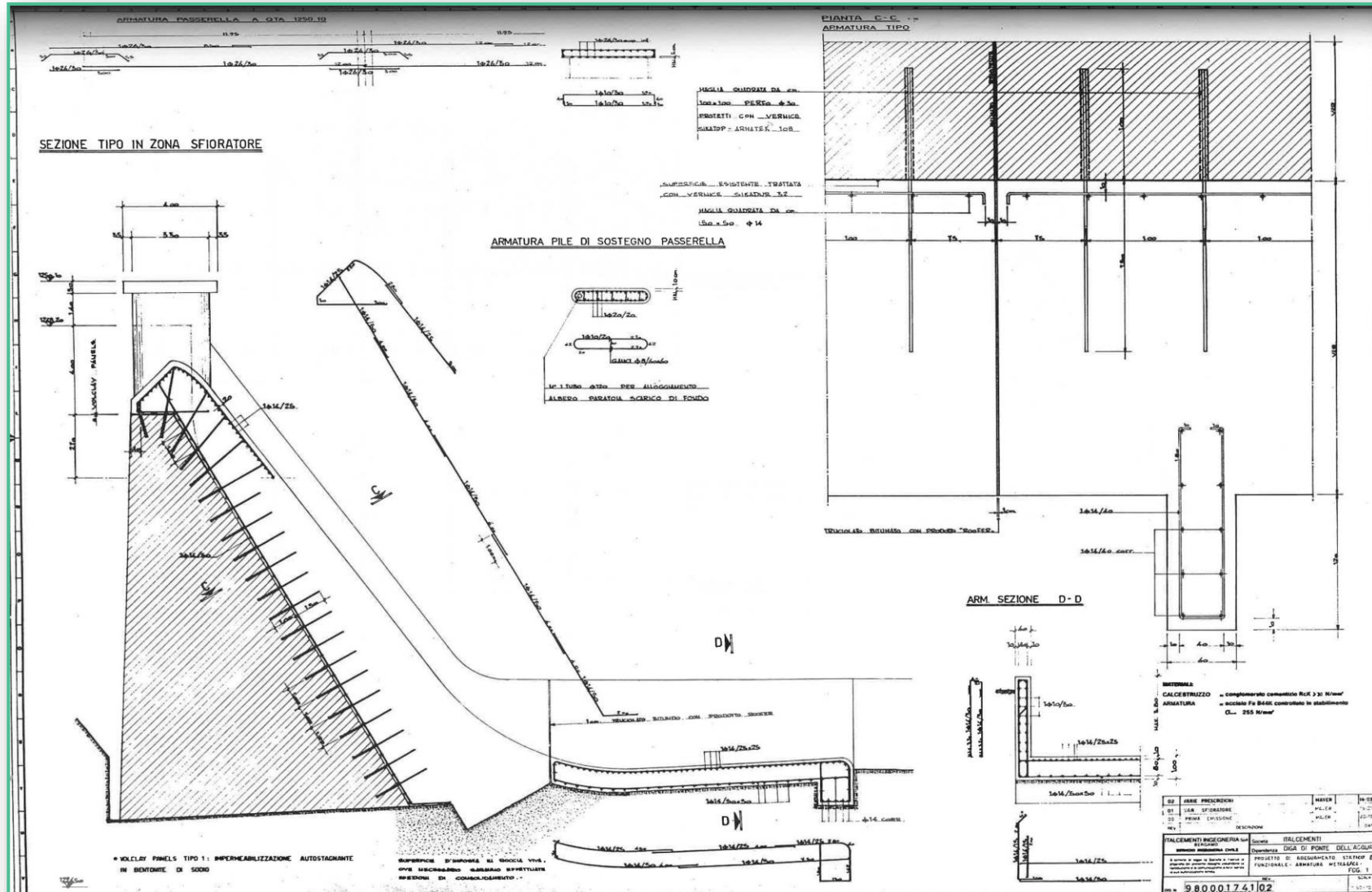


## 2. Progetto di adeguamento statico e funzionale



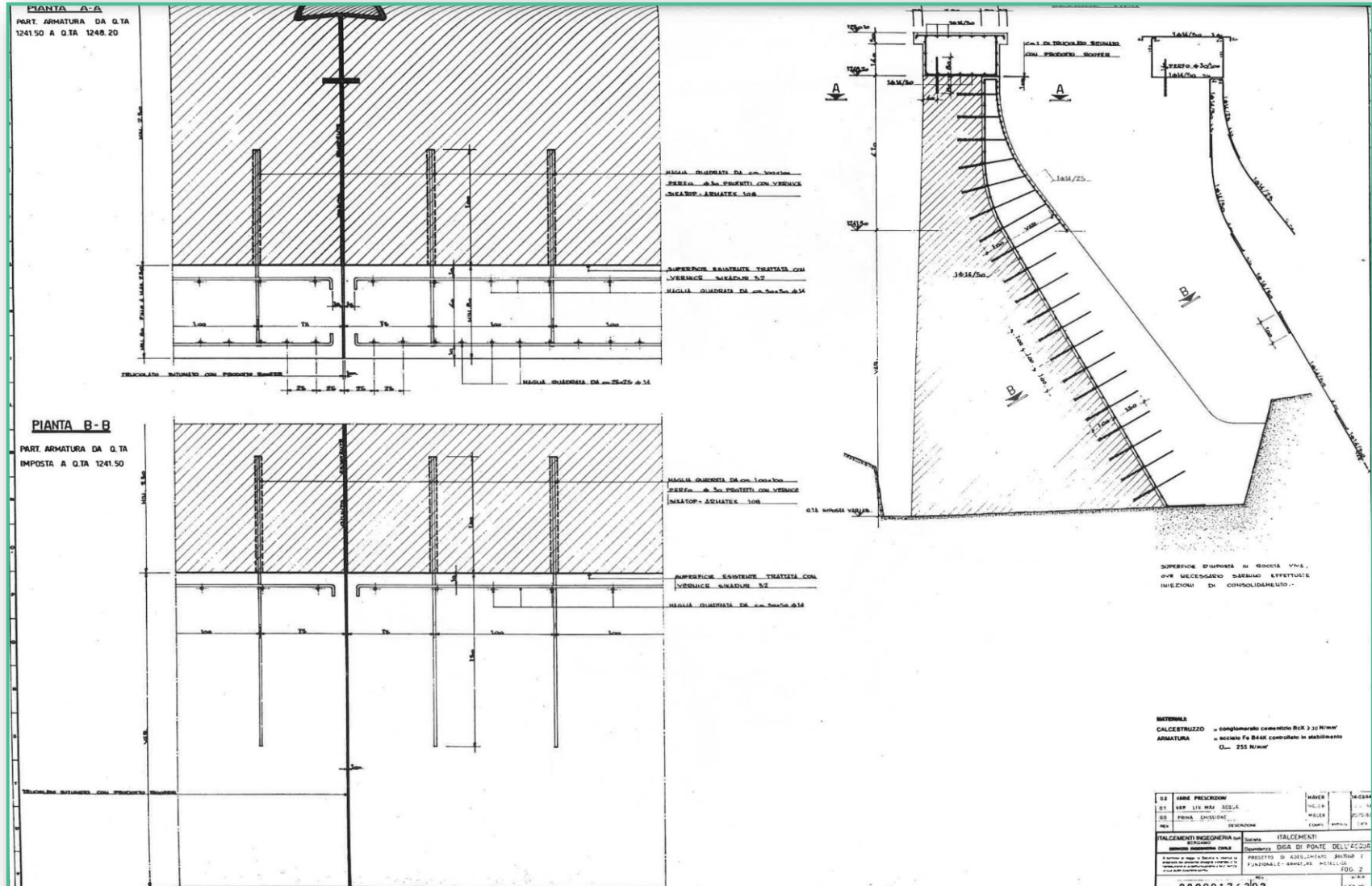
Intervento di adeguamento statico e funzionale – Sezione tracimabile

## 2. Progetto di adeguamento statico e funzionale



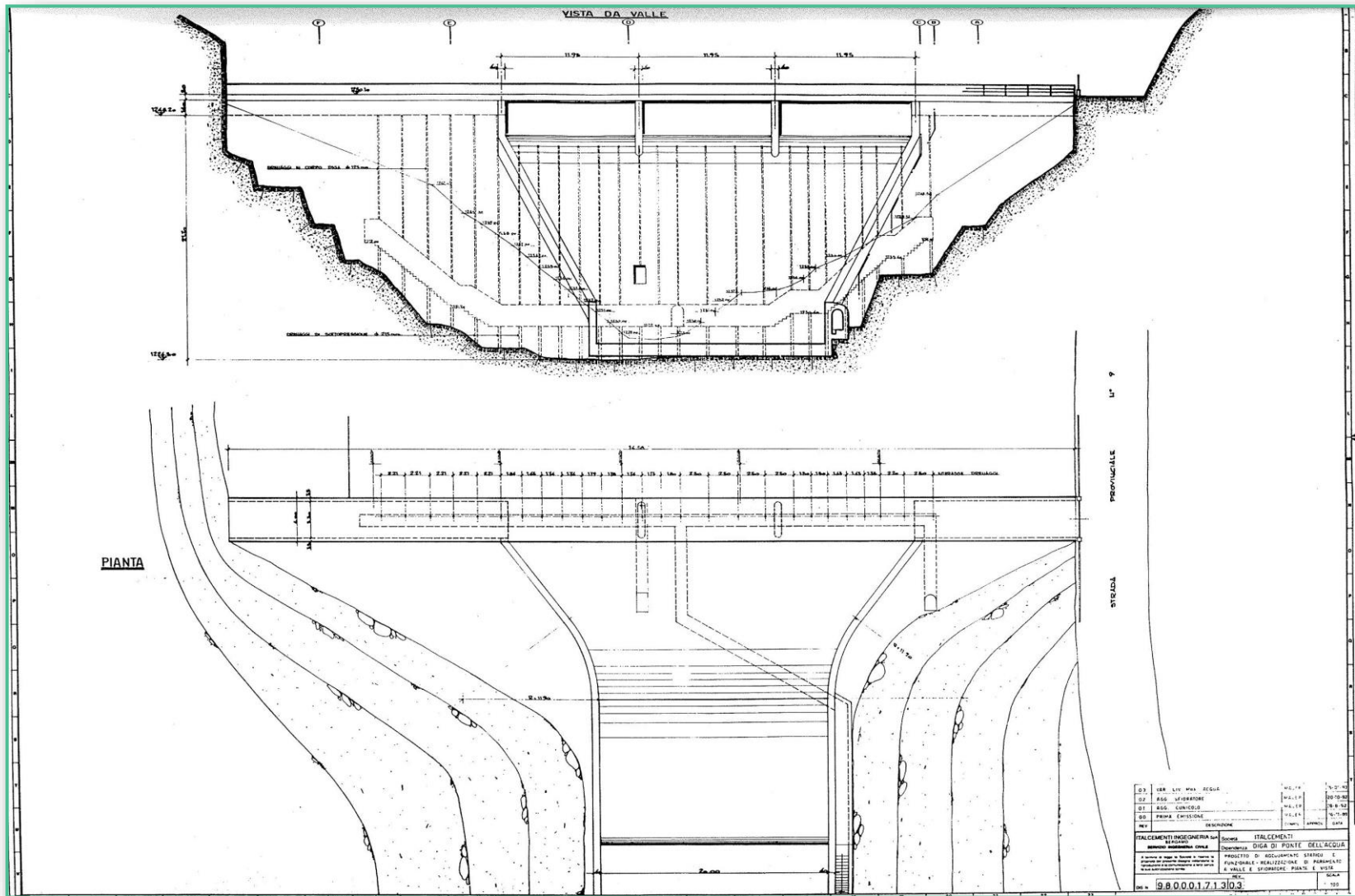
### Progetto esecutivo - Sezione trascinabile con armature di ancoraggio

## 2. Progetto di adeguamento statico e funzionale





## 2. Progetto di adeguamento statico e funzionale



Progetto esecutivo - Realizzazione del paramento di valle e sfioratore

### 3. Foglio condizioni per la costruzione

Prima dell'inizio dei lavori, il S.N.D. Ufficio periferico di Milano, ha predisposto il **Foglio Condizioni per la Costruzione** Rep. N° 4 del 15/10/1997, contenente gli obblighi e le condizioni del Concessionario per l'esecuzione dei lavori ed indicate le caratteristiche dei materiali, i metodi di esecuzione dei getti, le prove di laboratorio e quelle di taglio (tra superficie vecchio paramento e nuovi getti) da effettuare in sito su campioni di grandi dimensioni.

### 4. Conduzione dei lavori

#### 4.1 Direzione Lavori, Vigilanza e Assistenza governativa

Il **Direttore dei Lavori** che ha seguito le fasi iniziali della costruzione è stato l'Ing. I. Oggionni dell'Ordine Ing. della Provincia di Bergamo e successivamente, in data 27/1/1998 Italcementi ha affidato la DL all'Ing. F. Bavestrello dell'Ordine Ing. della Provincia di Milano.

La **Vigilanza dei lavori** è stata affidata dal S.N.D., Ufficio periferico di Milano, all'Ingegnere Incaricato Ing. G. Tamponi, che è stato successivamente sostituito dall'Ing. A. Di Stazio; il controllo dell'esecuzione è stato affidato all'**Assistente Governativo** Ing. A. Ceroni dell'Ordine Ing. della Provincia di Bergamo

#### 4.2 Esecuzione dei lavori

I lavori di adeguamento statico e funzionale, di cui al Progetto esecutivo approvato dal S.N.D., sono stati affidati all'**Impresa di costruzioni** Ing. G. Pandini S.r.l. di Bergamo in data 06/10/1997.

La consegna delle aree all'Impresa Pandini è stata effettuata in data 15/10/1997 cui hanno fatto seguito immediatamente le operazioni di tracciamento e di sistemazione delle aree di cantiere.

## 4.2 Esecuzione dei lavori

Le fasi principali dei lavori effettuati sono state:

- **opere preliminari** di sistemazione delle aree e disboscamento;
- **scavo e demolizioni** in roccia, con escavatore e martello demolitore, in sponda dx, al piede della diga e in sponda sx;
- interventi di iniezione finalizzati all'eliminazione di alcune perdite localizzate, soprattutto in sponda sx, al contatto tra il corpo diga e il substrato roccioso, con **iniezioni** con cemento microfine e resina epossidica bicomponente fluida
- adeguamento del **sistema drenante** in corpo diga ed in fondazione, mediante perforazione di nuove canne, poste in posizione intermedia a quelli esistenti, interessanti sia il corpo diga (125 mm), sia il contatto roccia di fondazione-calcestruzzo (215 mm);
- **prove di resistenza taglio** su campioni di grande dimensione per investigare in dettaglio il comportamento del collegamento tra la diga esistente e i nuovi getti previsti sul paramento di valle, effettuate in corrispondenza del piede dell'esistente diga, su 2 campioni (1.00 x 2.00 x 0.60 m) collegati al calcestruzzo diga con 2 barre  $\phi$  30 mm, disposte entro fori preventivamente iniettati con resina epossidica;



## 4.2 Esecuzione dei lavori

- intervento di **demolizione della parte centrale della diga** per il nuovo scarico di superficie a soglia libera. Allo scopo di minimizzare i possibili disturbi alla sottostante porzione di diga, con filo diamantato e demolizione meccanica con escavatore e martello idraulico;
- **idroscarifica** per la preparazione della superficie dell'esistente paramento di valle posto a contatto con il nuovo getto di appesantimento;
- messa in opera, sull'esistente paramento di valle delle **barre** passive f 30 preventivamente zincate a caldo, mediante intasamento con resina epossidica entro fori f 32 mm della lunghezza di 1,00 m;
- prove preliminari per ottenere il **mix design** ottimale del calcestruzzo da porre in opera secondo i requisiti richiesti;
- definizione del programma dei getti in cls di dettaglio;
- esecuzione delle **operazioni di getto** del cls, con l'utilizzo di casseri rampanti, a struttura metallica e pannellatura in compensato, dal piede sino al raggiungimento della quota di soglia dello sfioratore, con la sagomatura a mano della curva della soglia dello sfioratore a profilo idraulico Creager;
- completamento delle operazioni di getto in c.a, con la realizzazione delle due **pile** centrali, con sezione idraulica conformata a lama, il **piano di coronamento** ed i muri laterali di invito e di contenimento lungo il paramento di valle delle portate sfiorate.
- **prove** previste dalle vigenti normative, sia dei materiali costituenti il calcestruzzo (aggregati, cemento, acqua, additivi ecc.), sia del calcestruzzo confezionato per differenti stagionature ecc., con prelievi continui, per tutta la durata dei getti;

## 4.2 Esecuzione dei lavori

La seguente figura riporta la vista da valle della diga dopo i suddetti lavori di adeguamento:





## 4.2 Esecuzione dei lavori

- intervento finale del rivestimento dell'originale **paramento di monte**, a base di malte modificate con resine epossidiche e strato impermeabilizzante elastomerico.

La seguente figura riporta la vista del paramento di monte della diga al termine dei lavori di ripristino del rivestimento:





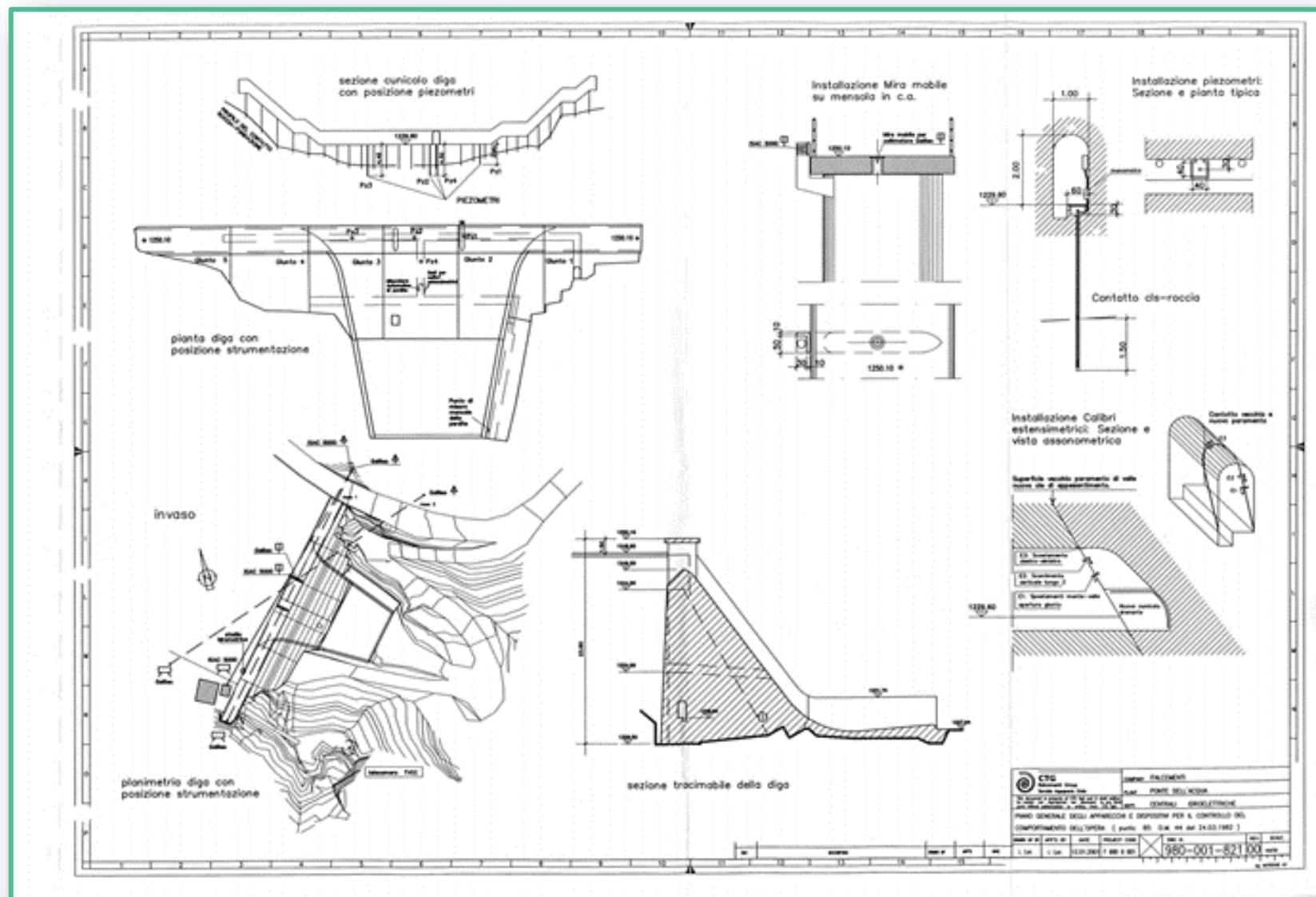
## 4.3 Strumentazione del monitoraggio della diga

Infine è stato aggiornato il **Piano della strumentazione** di controllo del comportamento diga, per monitorare gli invasi sperimentali e l'esercizio dell'opera, con l'acquisizione delle seguenti misure:

- **Spostamenti orizzontali:** collimazione manuale con collimatore ottico tradizionale e in automatico con collimatore optoelettronico (ISMES-Mod. ISAC 5000);
- **Spostamenti verticali:** livellazione di precisione lungo il coronamento diga (successivamente abbandonato)
- **Movimenti dei giunti di costruzione:** tra la superficie del paramento di valle originale ed il nuovo getto di appesantimento, con calibro estensimetrico;
- **Sottopressioni:** 4 piezometri di tipo Casagrande ubicati al contatto roccia-fondazione diga, con misura automatica e manuale, effettuata nei cunicoli d'ispezione trasversale e longitudinale;
- **Perdite:** misura automatica delle perdite totali mediante stramazzo tarato;
- **Livello d'invaso:** misura automatica mediante bilancia dinamometrica e visiva con staffe;
- **Temperatura:** dell'aria e dell'acqua del serbatoio in superficie ed a meno 5 m;
- **Precipitazioni:** con pluviometro;
- **Controllo visivo:** mediante telecamere che controllano lo scarico di fondo, quello di superficie, ed anche gli accessi all'opera.

E' stato predisposto anche un sistema automatico ISMES di acquisizione e tele-trasmissione dati all'ufficio del Responsabile della Gestione Tecnica e all'Ing. Responsabile della diga.

### 4.3 Strumentazione del monitoraggio della diga



## 4.4 Invasi sperimentali e comportamento dell'opera

A lavori completati sono stati effettuati gli **invasi sperimentali**, con raggiungimento della quota di sfioro del nuovo scarico di superficie. In particolare nel periodo **18/10/2001 e 19/11/2001** sono stati effettuati gli invasi sperimentali con raggiungimento della quota massima di 1.246,50 m s.l.m.; il riempimento è avvenuto in dieci giorni, con una velocità di salita di 0,5 m/g, rispettando quattro gradini intermedi di stabilizzazione della durata di un giorno. La quota massima è stata mantenuta per 2 settimane dopodiché è iniziata la discesa con la medesima modalità sino a raggiungere, in dieci giorni, la quota di partenza (1.244,0 m s.l.m.). Durante tutto il periodo è stato effettuato il controllo delle operazioni attraverso le misure della strumentazione installata in diga.

Le misure registrate hanno mostrato un comportamento regolare dell'opera, evidenziando una riduzione di circa il 60% delle perdite registrate prima dell'esecuzione dei lavori. L'osservazione visiva del nuovo paramento di valle e delle sponde durante gli invasi sperimentali e nei giorni immediatamente successivi, ha confermato l'efficacia dell'intervento di impermeabilizzazione del paramento di monte e la buona esecuzione dei getti. **Dall'Aprile 2002 la diga è rientrata in esercizio.**

Sul lungo periodo il comportamento dello sbarramento, quale risulta dai dati di monitoraggio, ha evidenziato le seguenti caratteristiche:

- Le perdite si sono mantenute sempre su valori molto modesti, con valori massimi in corrispondenza della quota di massima regolazione (1.246,50 m s.l.m.) pari a circa 2,5 l/min, confermando una sensibile riduzione rispetto a quanto misurato nel periodo di esercizio precedente ai lavori.
- Gli spostamenti sono caratterizzati da andamenti correlabili principalmente con la variazione termiche stagionali. A fronte di una escursione complessiva annuale di circa 4-5 mm in direzione monte – valle, risulta una proporzione di 3:1 tra la componente di spostamento legata alle variazioni termiche rispetto alla componente di spostamento legata alle variazioni idrostatiche.
- Le sottopressioni hanno evidenziato risposte differenti rispetto alle variazioni del carico idrostatico di monte; inoltre per alcune zone (Pz3) i valori piezometrici sono apparsi in aumento durante l'ultimo periodo di esercizio.

Pertanto il comportamento dell'opera si può considerare regolare e solamente per quanto riguarda una limitata zona di contatto tra diga e fondazione si è reso necessario un ulteriore intervento di impermeabilizzazione mediante iniezioni, visti gli elevati livelli idraulici misurati da alcuni piezometri.



## 4.5 Vista del paramento di valle prima dei lavori





## 4.5 Vista del paramento di valle alla fine del cantiere





## 4.5 Vista della centrale idroelettrica di Ponte Acqua





## 4.6 Giornata UNICF e CAI BG « Aiutiamo i giovani a scalare il loro futuro »

