

I MODELLI FISICI PER LO STUDIO DELLE OPERE DI SCARICO E DISSIPAZIONE DELLE DIGHE: ALCUNI ESEMPI

1222·2022
800
ANNI



Paolo Salandin
Università degli Studi di Padova

**REALIZZAZIONE E MANUTENZIONE DELLE DIGHE
PNRR ED OPERE IDRICHE - IDROELETTRICO GREEN POWER**



21 settembre 2021

RemTech Expo Blended Edition 2021 (22, 23, 24 Settembre) FerraraFiere

www.remtechexpo.com

PERCHÉ STUDIARE CON MODELLI FISICI I FENOMENI IDRAULICI?

Talvolta la **complessità dei fenomeni fisici non risulta adeguatamente descritta dalla modellazione numerica**, ad esempio quando sia necessario riprodurre campi di moto 3D e la loro interazione con strutture e/o sedimenti.


Norme Tecniche per le Dighe: NTD 2014 (ex 1982)

C.1 – Portata di progetto e dispositivi di scarico


A meno che non sia altrimenti giustificato, il corretto funzionamento dei dispositivi di scarico e dei relativi organi di dissipazione di energia alla restituzione di valle dovrà essere verificato con prove su modello fisico

D.1.4 - Particolari costruttivi (*scarico di superficie in corpo diga*)

... Con l'ausilio di modelli fisici, saranno studiati provvedimenti protettivi dalle erosioni alla base della struttura.



MODELLO IN SCALA 1:40
DELLA DIGA DI SA STRIA
SUL RIO MONTI NIEDDU
STATO AVANZATO DI
COSTRUZIONE - 18 giugno 2001



SBARRAMENTO DI
GIMIGLIANO SUL F. MELITO
SCALA 1:40

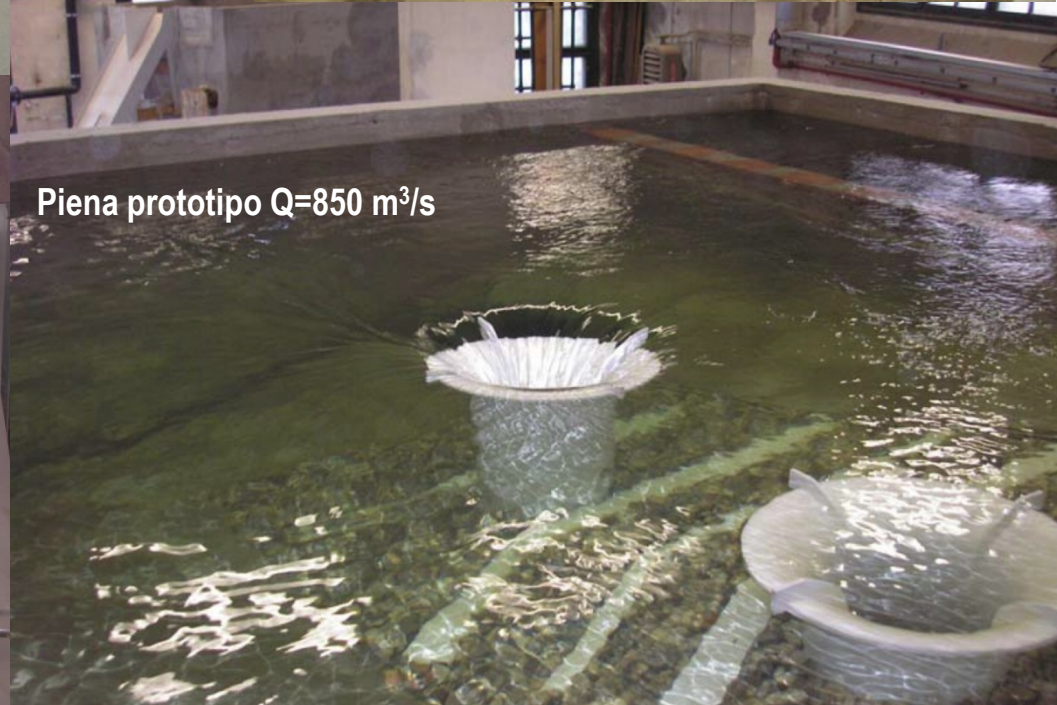
LABORATORIO DI IDRAULICA
UNIVERSITA' DI TRIESTE



P&P Consulting Engineers s.r.l.
DIGA DI CASSIGLIO
ITALGEN s.p.a.

Modello in scala 1:43
Portata su prototipo 177 m³/s

LABORATORIO DI IDRAULICA
UNIVERSITA' DI PADOVA



Piena prototipo $Q=850 \text{ m}^3/\text{s}$

NTD 1982/2014

LABORATORIO DI IDRAULICA
UNIVERSITA' DI PADOVA



DIGA DI SA STRIA SUL RIO MONTI NIEDDU - CAGLIARI

Sbarramento a gravità alto 70 m sul rio Monti Nieddu. Invaso di $35 \times 10^6 \text{ m}^3$ a scopo irriguo. Inizio lavori 1998, poi sospesi ...



Foto WEB da tecnosttrutture-srl.it

DIGA DI SA STRIA SUL RIO MONTI NIEDDU - CAGLIARI

Lo scarico di superficie è costituito da uno sfioratore a soglia libera, suddiviso in 4 luci da tre pile, situato al centro dello sbarramento. Il profilo dello sfioratore è raccordato a valle con un salto da sci. L'altezza sul salto di sci è di 43 m. La massima portata di scarico è di 570 m³/s.

La vasca di smorzamento è limitata circa 80 m a valle del salto da sci da una traversa con 8 luci sfioranti per uno sviluppo complessivo di 70,00 m: tale dispositivo garantisce un tirante a monte di 10,50 m per la normale ritenuta ed un tirante di 13,50 m in condizioni di massima piena.

A valle della traversa è prevista una seconda vasca di smorzamento avente sviluppo di 30 m in direzione della corrente: a valle di questa la portata viene restituita all'alveo naturale.

MODELLO DELLA DIGA DI SA STRIA: configurazione originale (sulla destra la traversa di Medau Aingiu)



SIMILITUDINE DI FROUDE O DI REYNOLDS?

I modelli idraulici sono realizzati in **scala ridotta** nel **rispetto della natura dei fenomeni da esaminare**. Se prevalgono le forze di gravità è da adottarsi Froude, se prevalgono le forze viscosi è Reynolds. Solo in scala 1:1 possono essere rispettate entrambe le similitudini.

Nel caso in esame la similitudine da rispettare è Froude

Quantità	Simbolo	scala
Distanze e dislivelli	λ_L	1:40
Velocità	$\lambda_V = \lambda_L^{1/2}$	1:6,325
Tempo	$\lambda_T = \lambda_L / \lambda_V$	1:6,325
Portate	$\lambda_Q = \lambda_L^2 \lambda_V$	1:10.119
Pressioni	$\lambda_p = \lambda_L$	1:40
Scabrezza K_s [$m^{1/3}/s$]	$\lambda_{KS} = 1/\lambda_L^{1/6}$	1:0,541

DIGA DI SA STRIA: vista del dissipatore a valle del salto da sci per la portata $Q=570 \text{ m}^3/\text{s}$



LABORATORIO DI IDRAULICA
UNIVERSITA' DI PADOVA

DIGA DI SA STRIA: vista del dissipatore a valle della traversa per la portata $Q=570 \text{ m}^3/\text{s}$



LABORATORIO DI IDRAULICA
UNIVERSITA' DI PADOVA

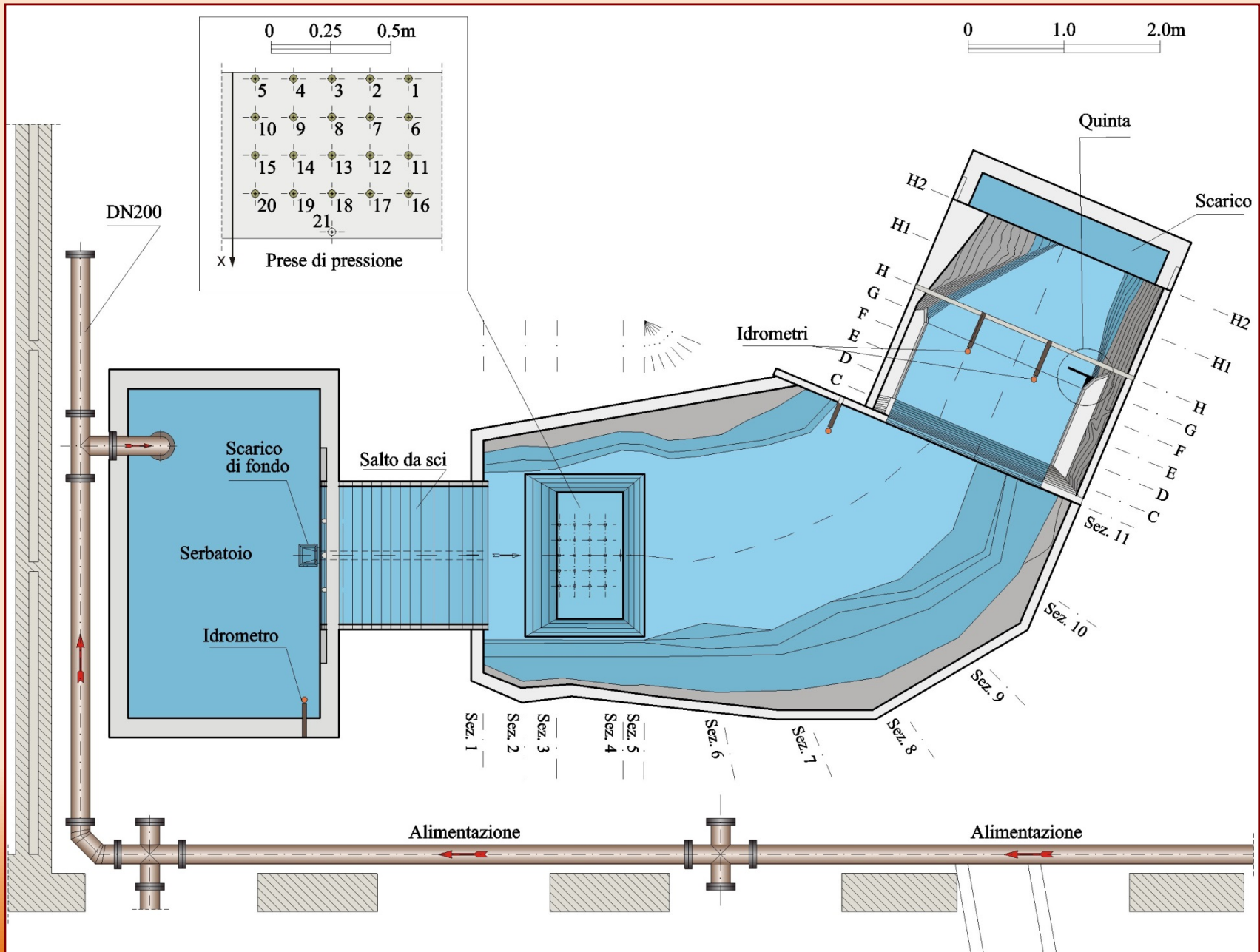
DIGA DI SA STRIA: modifiche apportate al modello

Alla luce di tali risultati, i progettisti hanno provveduto a posizionare più a valle la traversa che delimita la vasca di dissipazione ed allo stesso tempo sostiene il livello creando un cuscino d'acqua che favorisce la dissipazione del getto in uscita dallo scivolo che evacua le portate scaricate dalle luci dello sfioratore di superficie e dello scarico di fondo.

Le modifiche da apportare al modello così come richiesto dal committente riguardano la sola vasca di dissipazione ed il tratto d'alveo a valle della contro diga. È stato peraltro richiesto di portare la massima portata da 570 a 766 m³/s.

La modifica ha permesso di disporre sul fondo della stessa vasca una serie di prese di pressione, ciascuna del diametro di 2 mm, allo scopo di consentire la misura delle pressioni fluttuanti al fondo della vasca.

DIGA DI SA STRIA: planimetria generale del modello



DIGA DI SA STRIA: modello nella configurazione modificata in avanzato stato di costruzione



DIGA DI SA STRIA: particolare del sistema di acquisizione. Collegamento con le prese di pressione al fondo della vasca di dissipazione



LABORATORIO DI IDRAULICA
UNIVERSITA' DI PADOVA

DIGA DI SA STRIA: vista generale del modello nella configurazione modificata per la portata $Q=766 \text{ m}^3/\text{s}$



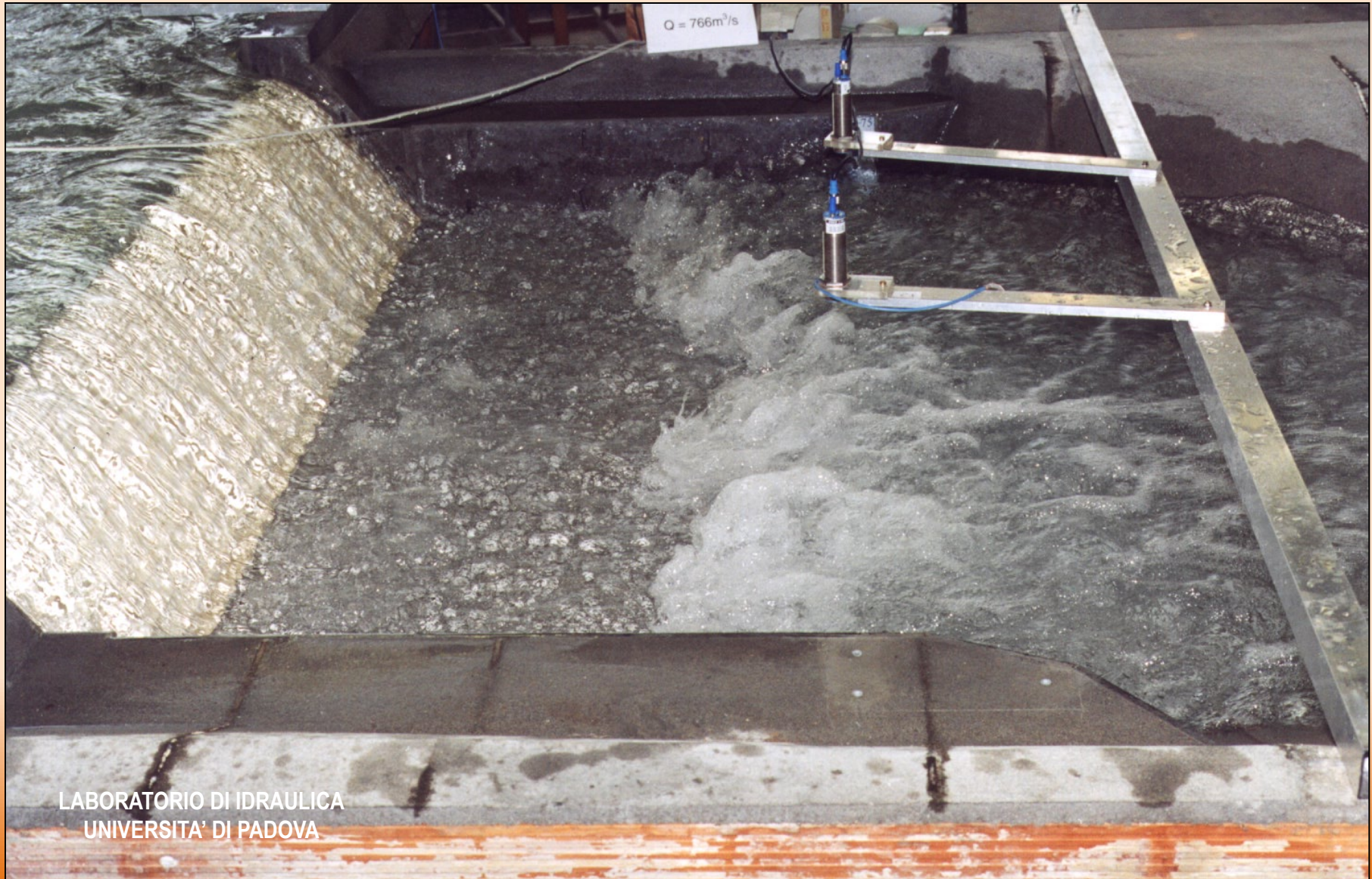
LABORATORIO DI IDRAULICA
UNIVERSITA' DI PADOVA

DIGA DI SA STRIA: vista della vasca di dissipazione a valle della controdiga nella configurazione modificata per $Q=766 \text{ m}^3/\text{s}$. Localizzazione del risalto



LABORATORIO DI IDRAULICA
UNIVERSITA' DI PADOVA

DIGA DI SA STRIA: vista della vasca di dissipazione a valle della controdiga nella configurazione modificata per $Q=766 \text{ m}^3/\text{s}$. Mancata localizzazione del risalto



LABORATORIO DI IDRAULICA
UNIVERSITA' DI PADOVA

DIGA DI SA STRIA: vista della vasca di dissipazione a valle della controdiga nella configurazione modificata per $Q=766 \text{ m}^3/\text{s}$. Soluzione del problema

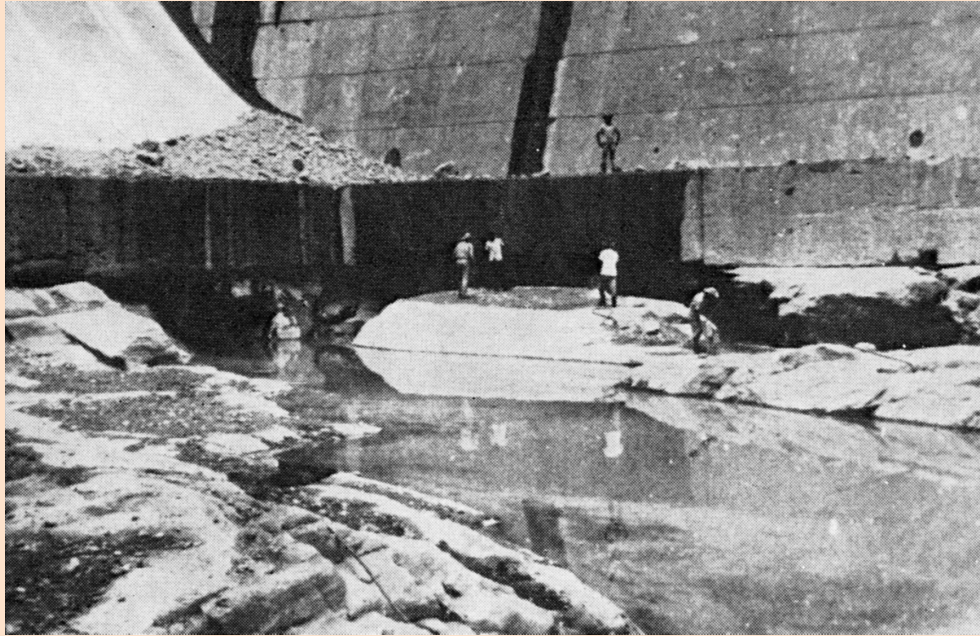


DIGA DI MALPASO (MESSICO)

La diga entrò in funzione nel 1967. Lo scaricatore di superficie può esitare fino a $11.000 \text{ m}^3/\text{s}$.

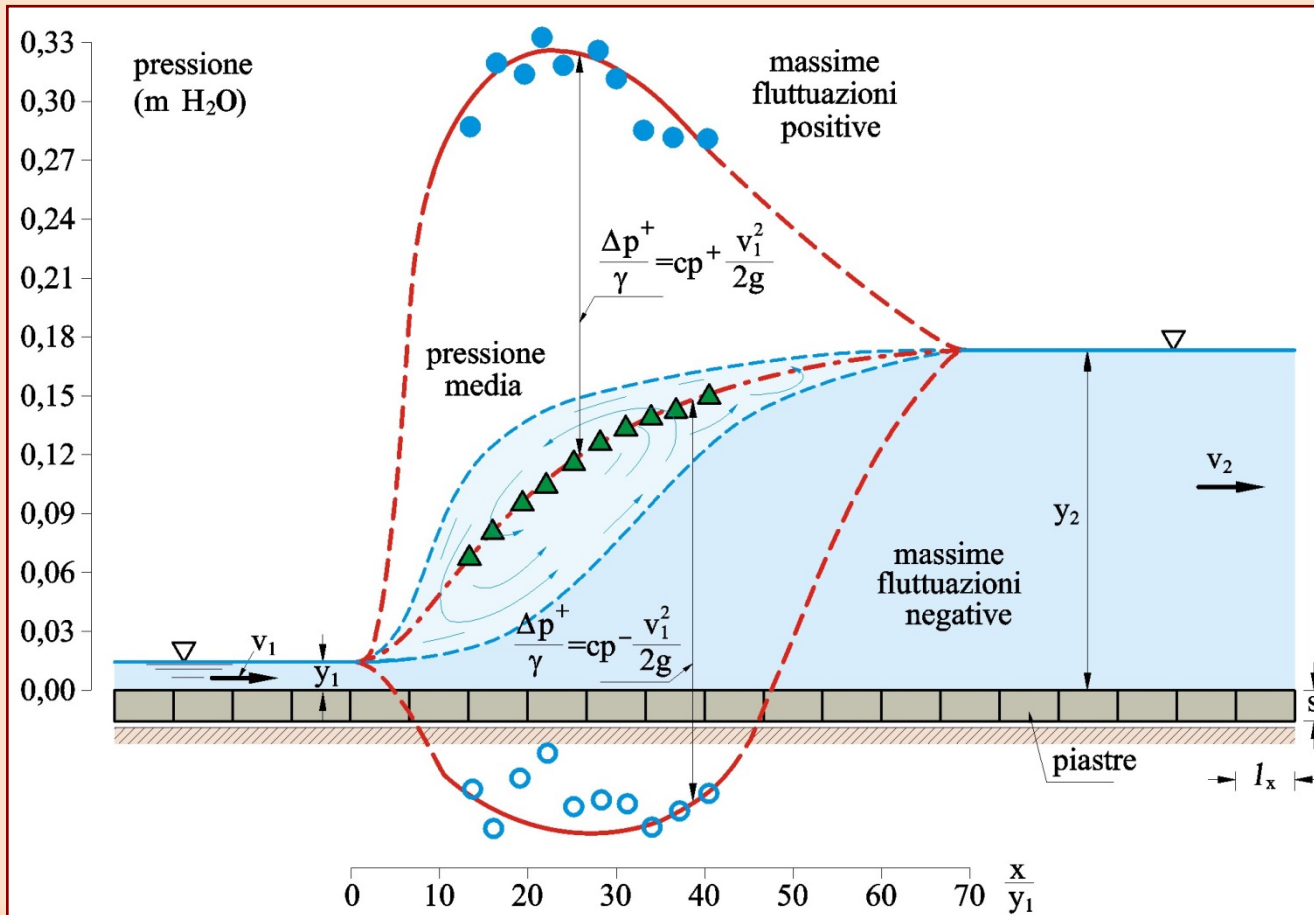
La vasca era protetta con blocchi di calcestruzzo di dimensioni di $12 \times 12 \text{ m}$ e spessore di 2 m (con massa quindi di 720 t), ciascuna ancorata con 12 barre d'acciaio $\phi 30 \text{ mm}$

Nel 1970, dopo una piena di $3.000 \text{ m}^3/\text{s}$, durata due settimane, la vasca di dissipazione mostrò danni consistenti



LE VASCHE DI DISSIPAZIONE A RISALTO

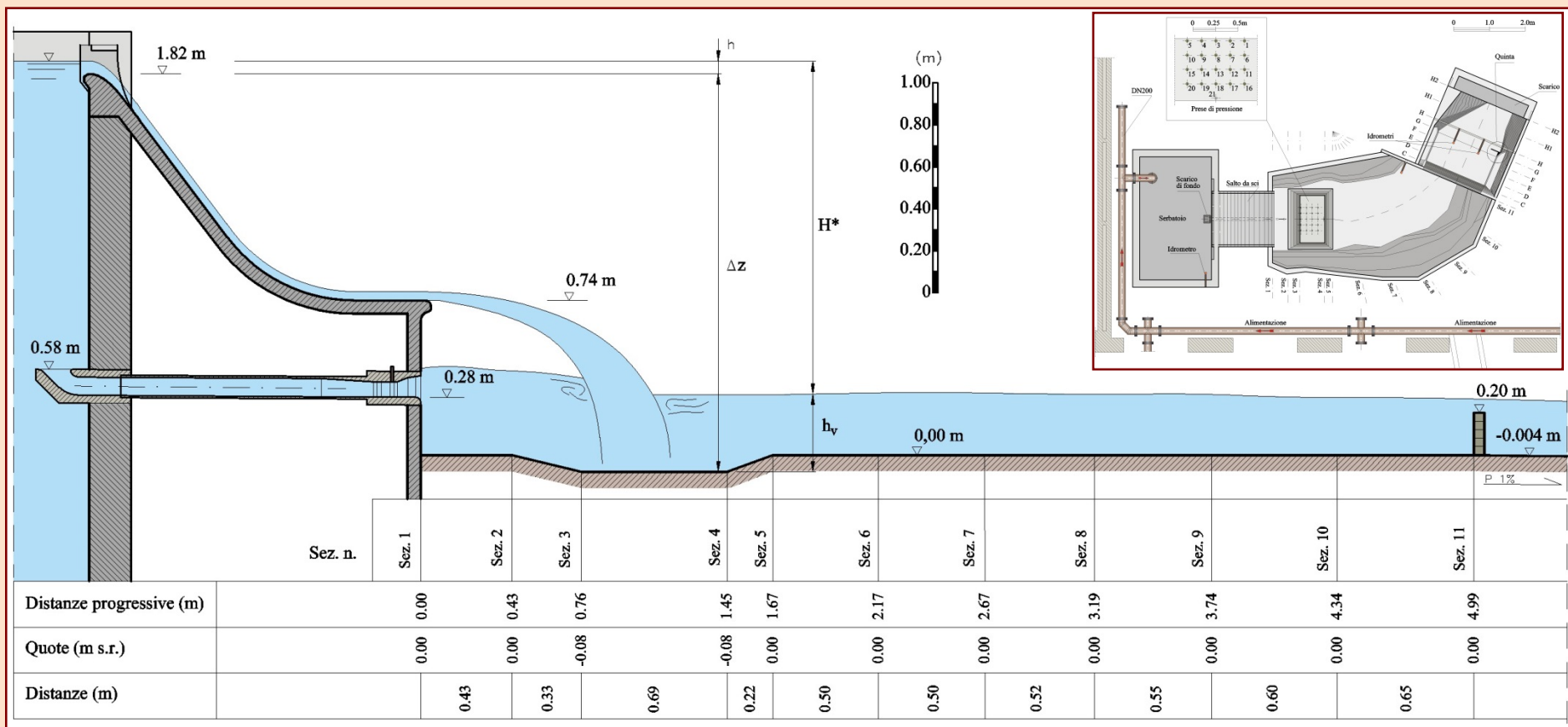
Il fenomeno è da collegarsi agli elevati valori delle pressioni fluttuanti che si realizzano al fondo del risalto (~ carico cinetico in ingresso)



Le pressioni si trasmettono al di sotto delle piastre attraverso i giunti di costruzione e possono causare il sollevamento delle stesse o, in assenza di adeguate protezioni, destabilizzare il fondo della vasca di dissipazione.

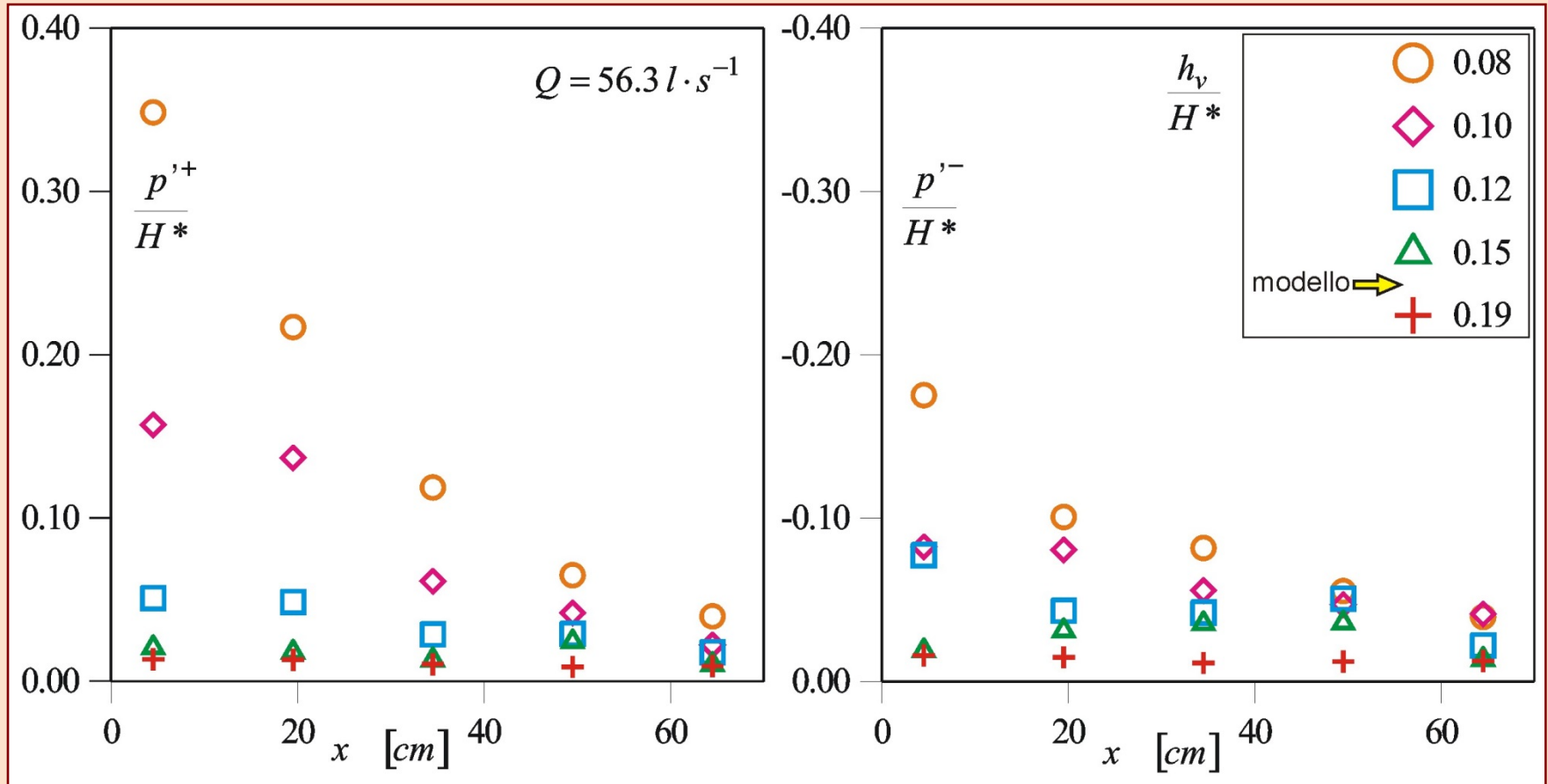
La stabilità della piastra è garantita dalla scelta opportuna di spessore e dimensioni planimetriche. In assenza di protezioni le fluttuazioni di pressione possono ridursi in presenza di un cuscino d'acqua

DIGA DI SA STRIA: profilo longitudinale del modello



L'andamento delle pressioni fluttuanti al variare dello spessore del cuscino d'acqua h_v è stato sistematicamente valutato anche attraverso uno studio sviluppato a posteriori [Ursino et al., IAHR 2003]

DIGA DI SA STRIA: valori delle sottopressioni massime al variare dello spessore del cuscino d'acqua



Andamento delle sottopressioni massime p'^+ (a sinistra) e minime p'^- (a destra) in funzione dello spessore h_v del cuscino d'acqua (distanze riferite al modello)

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Buona parte del materiale utilizzato in questa relazione è stato tratto da

Da Deppo, L. e Salandin, P. (2014), Opere di scarico e presa per dighe, traverse e canali, Terza edizione, Edizioni Progetto, Padova.

Si ringrazia il collega Luigi Da Deppo per averne consentito l'utilizzo.