

# I TECHNICAL COMMITTEES di ICOLD

## Il contributo italiano



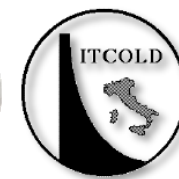
### Technical Committee *"CONCRETE DAMS"*

---

**Mario Berra, Roberto Saccone**  
*Giovanni Borsa (supporto ITCOLD)*



# Concrete Dams: oggetto e finalità



## Oggetto: Dighe in calcestruzzo

Chairmen - Conrad (CH): 2019-21, Rogers (USA): 2016-18, Charlwood (USA): 1998-2015

- Materiali e mix design del calcestruzzo
- Aspetti progettuali
- Aspetti costruttivi
- Analisi del comportamento in esercizio e a lungo termine

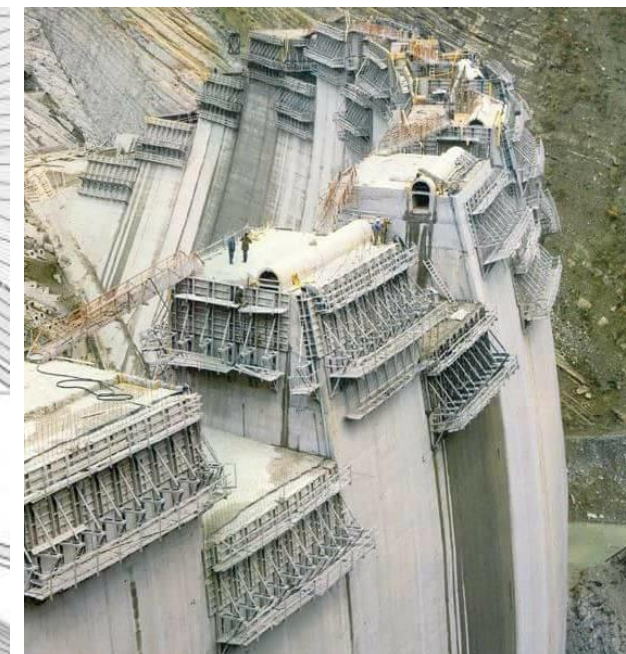


- ❖ Corpo diga (gravità, alleggerita, arco, speroni ecc.)
- ❖ Opere accessorie (sfioratori, opere presa ecc. )

- ✓ Nuove dighe
- ✓ Dighe esistenti

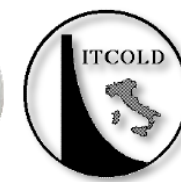
## Finalità: Bollettini

- ☐ Condivisione informazioni a livello internazionale
- ☐ Stato arte e case histories
- ☐ Linee guida e raccomandazioni





# Il calcestruzzo da diga

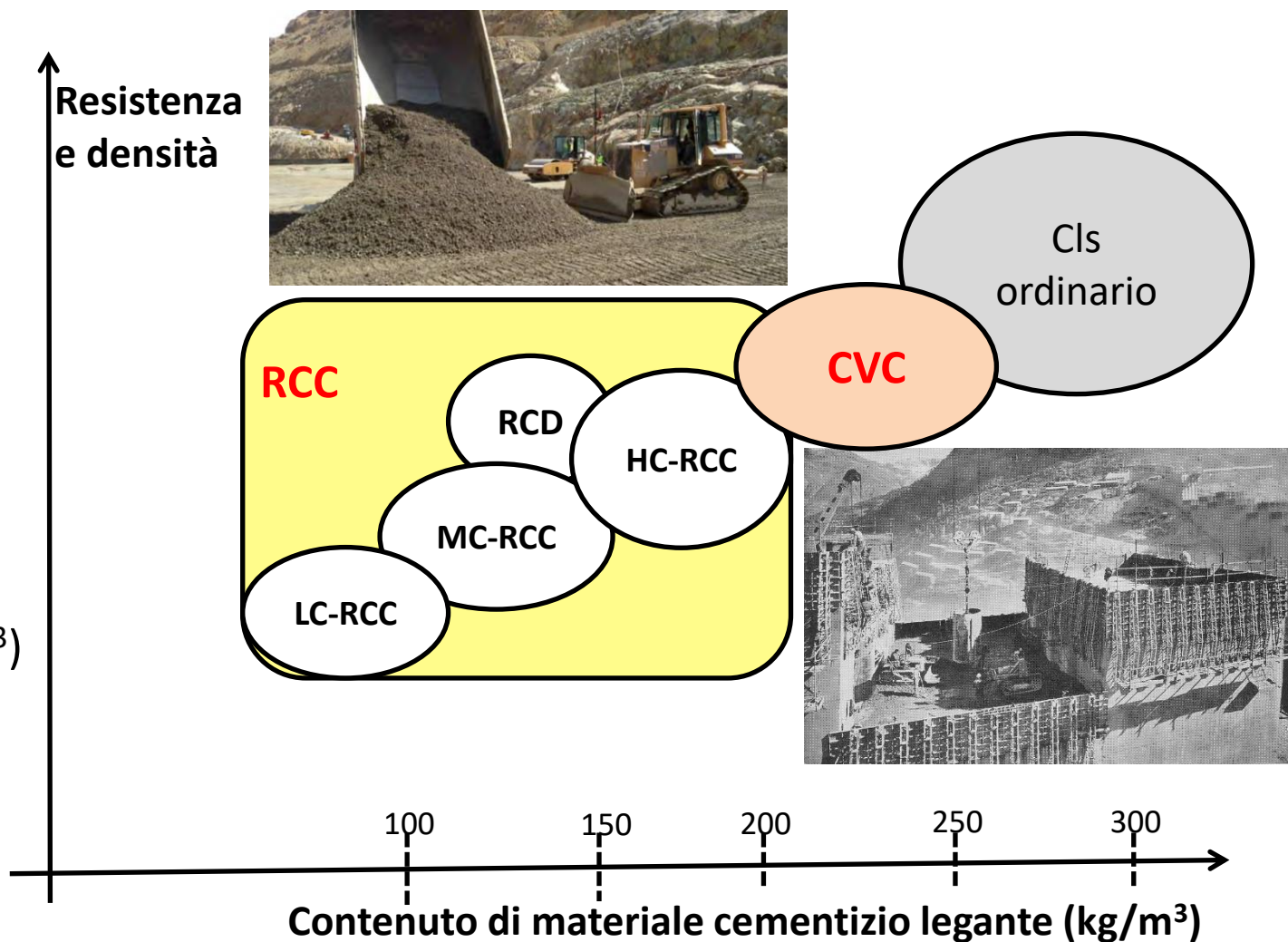


## Clis strutturale da diga diverso dal cls per strutture ordinarie

- Grandi volumi (cls massivo)
- Calore idratazione di fondamentale importanza
- Grandi dimensioni aggregati (sino a 150 mm)
- Aggregato di origine locale
- Stringenti richieste per la posa in opera
- Resistenza meccanica richiesta inferiore rispetto alle strutture ordinarie
- Bassi dosaggi di materiali cementizi ( $<250 \text{ kg/m}^3$ )
- Elevata e costante umidità
- Tempo di vita in servizio molto lungo

**Conventional Vibrated Concrete (CVC)**

**Roller-Compacted Concrete (RCC)**



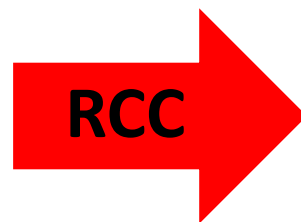


# Dighe in calcestruzzo rullato (RCC)



**CVC – Cls Vibrato Convenzionale**

- \* Semplicità costruttiva
- \* Max produttività cantiere



**Riduzione tempi e  
costi di esecuzione**



**RCC – Cls Compattato con Rulli**

**RCC = un materiale:** nuova miscela cls a zero slump

**RCC = un processo costruttivo:**

strati orizzontali di circa 30 cm – giunti dilatazione più distanziati – cura dei giunti di ripresa tra strati

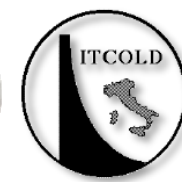
**Due approcci progettuali:**

- 1) far affidamento sull'impermeabilità RCC e giunti tra strati orizzontali
- 2) far affidamento su una barriera impermeabile indipendente



# Bollettini ultimi 10 anni e in fieri

N - E



## Bollettini pubblicati nel periodo 2009 - 2018

**N** Nuove dighe

**E** Dighe Esistenti

**N** Le specifiche e il controllo di qualità del calcestruzzo da diga: **BULLETIN 136 (2009)** J. Berthelsen (NO)

**N E** Proprietà fisiche del calcestruzzo convenzionale indurito nelle dighe: **BULLETIN 145 (2011)** M. Berra (**ITCOLD**)

**N** Selezione dei materiali per il calcestruzzo delle dighe: **BULLETIN 165 (2013)** J. Berthelsen (NO)

## Principali argomenti in esame nel periodo 2018-2021 e Bollettini pubblicati

**N** Dighe in calcestruzzo rullato (RCC): **BULLETIN 177 (2020)** Q. Shaw (ZA)

**E** Gestione delle reazioni espansive nelle dighe in calcestruzzo: **BULLETIN PREPRINT 184 (2019)** R. Charlwood (US)  
Prevenzione dei fenomeni espansivi delle dighe in calcestruzzo M. Berra (**ITCOLD**)  
Case histories di dighe soggette a fenomeni espansivi F. Amberg (CH)

**E** Invecchiamento delle dighe in calcestruzzo e loro gestione E. Nordstrom (SE) + **ITCOLD**

**N** I moderni metodi e criteri nella progettazione ed analisi delle dighe ad arco in calcestruzzo Q. Shaw (ZA) J. Salamon (US)

**E** Innalzamento delle dighe in calcestruzzo A. Huges (US)

**N** Sostenibilità delle dighe in calcestruzzo M. Conrad (CH)

**E** Data base delle dighe in calcestruzzo ???



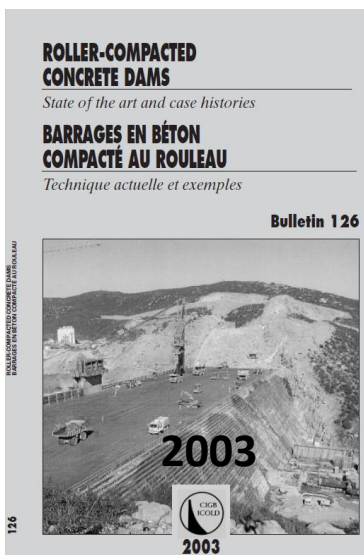
# Recenti sviluppi nella tecnologia RCC dams (Bollettino 177)



15 dighe



250 dighe in 30 paesi



## Bulletin 177: Roller-Compacted Concrete Dams

1. Introduction / 2. Design of RCC dams / 3. Materials / 4. Mixture proportions / 5. Construction / 6. Quality control / 7. Performances of RCC dams / 8. Other applications of RCC / 9. RCC arch dams / A. Stress-relaxation creep in mass concrete

### \* Recenti sviluppi nel mix design delle miscele in RCC:

RCC super ritardato ad alta compattabilità (**Super-retarded high workability RCC**), ottenuti oltre che con le ceneri leggere, anche con l'aggiunta di parti fini ( $< 75 \mu\text{m}$ ) o speciali additivi

### \* Sviluppi nelle tecniche costruttive. l'uso di miscele di cls super ritardato ad alta lavorabilità consente la realizzazione di dighe totalmente in RCC (**all RCC approach**), evitando di usare il cls convenzionale per i paramenti

### \* Nuove conoscenze sul comportamento allo stato fresco dei diversi tipi di RCC: **stress-relaxation creep** (durante la sviluppo del calore di idratazione) diverso da CVC: con influenza sull'analisi termica, progetto e costruzione

### \* Sviluppo nel progetto e costruzione di dighe ad arco-gravità ed arco in RCC: minore volume di cls, tempi più rapidi, minori costi rispetto dighe a gravità

### \* Nuove conoscenze derivanti dall'uso di RCC in condizioni climatiche difficili

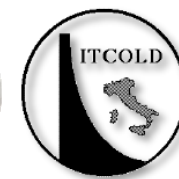
700 dighe (115 H > 100 m)  
(molte dighe arco in Cina)



Tecnologia convenzionale standard  
per dighe cls a gravità



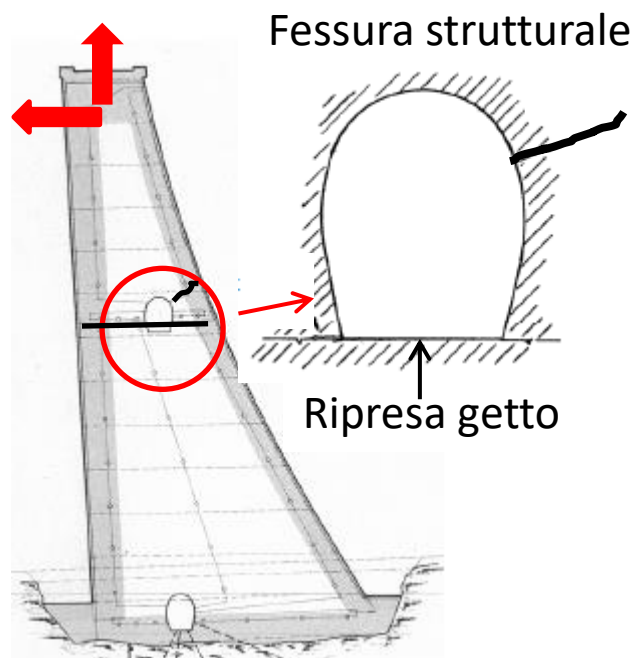
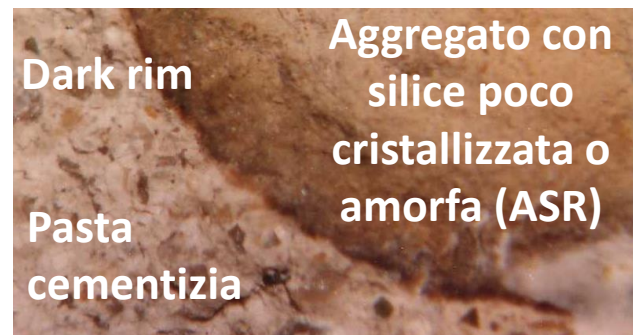
# Le reazioni chimiche espansive nel cls delle dighe



## AAR - Reazioni Alcali-Agregato:

ASR = Reazione Alcali-Silice;

ACR = Reazione Alcali-Carbonato



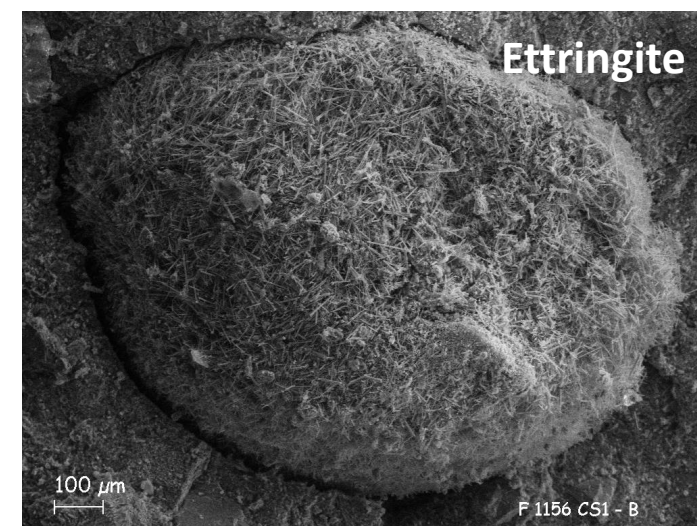
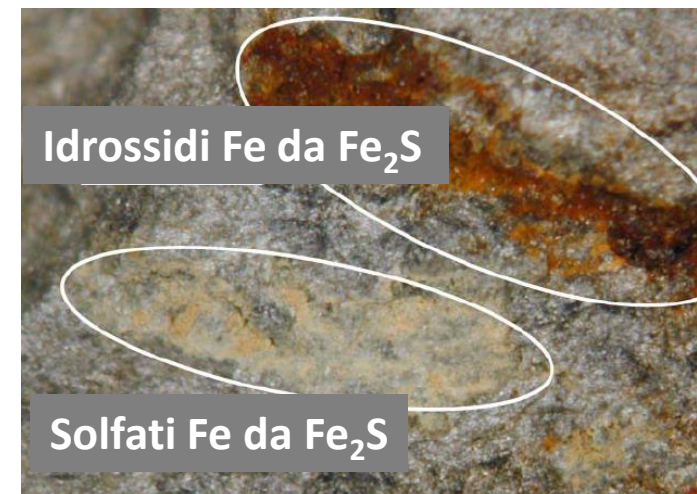
- Chiusura giunti dilat. e stati di sforzo
- Disallineamento giunti sul coronamento
- Blocco degli organi di manovra
- Fessurazioni superficiali con gel



## Degrado solfatico:

Attacco solfatico Esterno (ESA) / Interno (ISA);

Formazione ritardata di Ettringite (DEF)





# Guida alla gestione delle espansioni delle dighe in cls (Bollettino 184)



## Bulletin 184: Management of expansive chemical reactions in concrete dams

1. Introduction / 2. Expansive chemical reactions in concrete / 3. Behaviour of concrete dams affected by expansive reactions / 4. Diagnosis in existing dams / 5. Physical effects in dams / 6. Structural analysis to assess dam behaviour/ 7. Management options / 8. Monitoring / 9. Conclusions and Recommendations

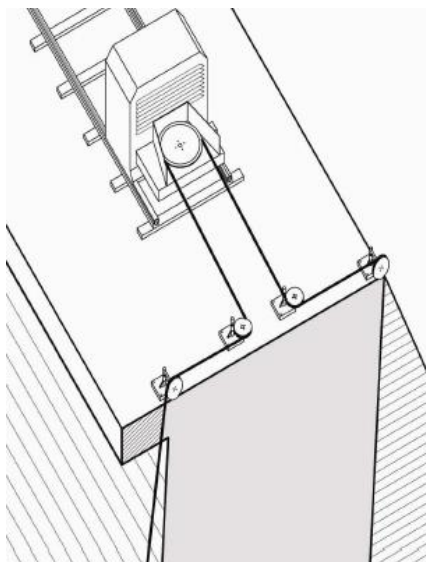
### MANAGEMENT OF EXPANSIVE CHEMICAL REACTIONS IN CONCRETE DAMS & HYDROELECTRIC PROJECTS



Cover photograph: Diamond wire saw cutting equipment in use re-cutting slots in the gravity dam intake at Macleanan Generating Station, New Brunswick, Canada, 2011

**BULLETIN PREPRINT 184**

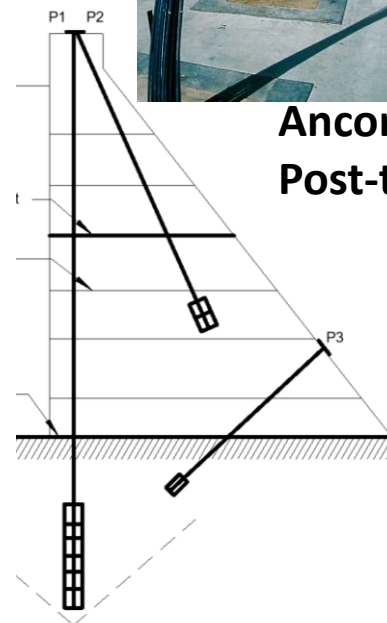
**2019**



**Tagli strutturali**



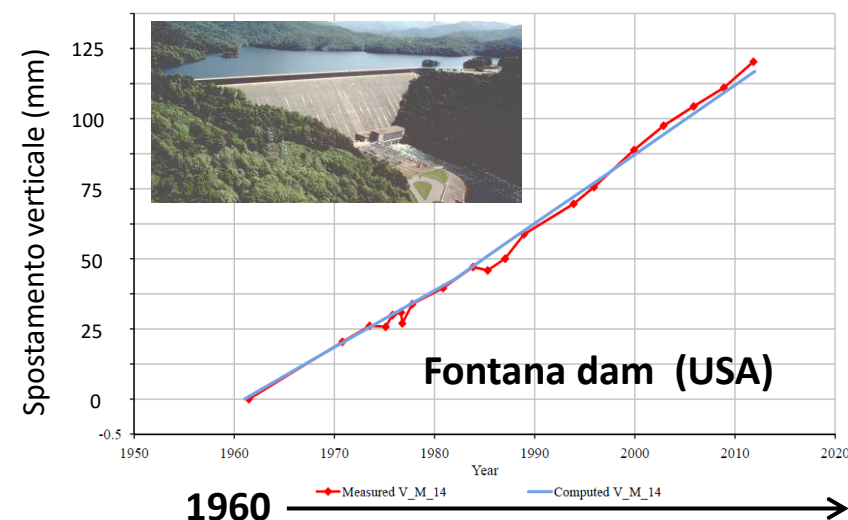
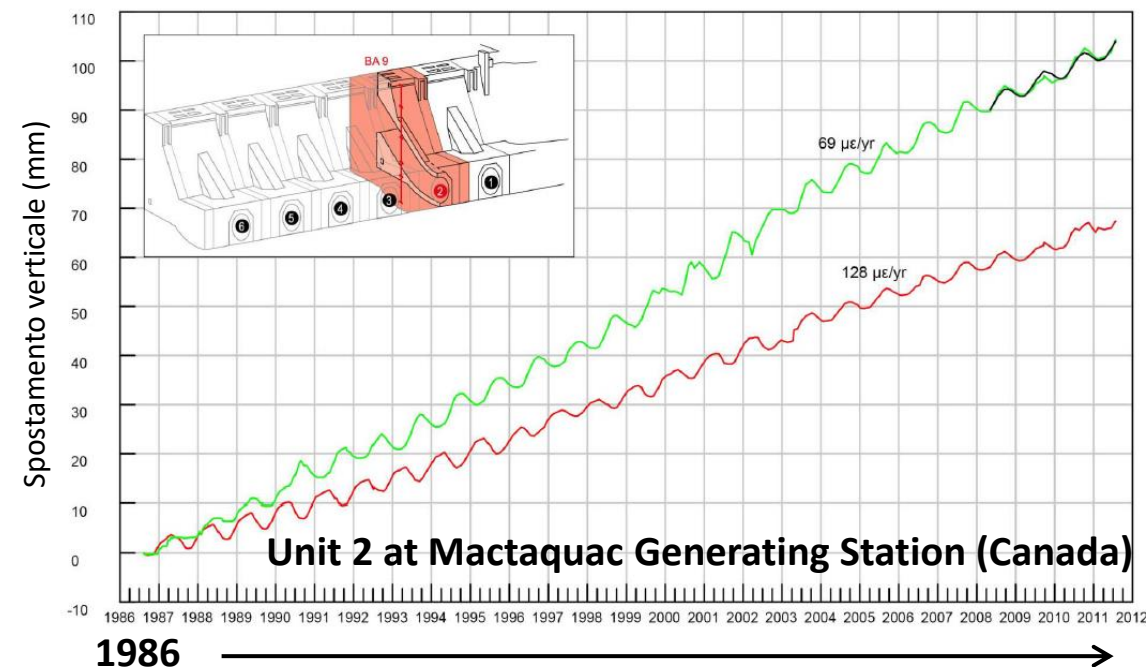
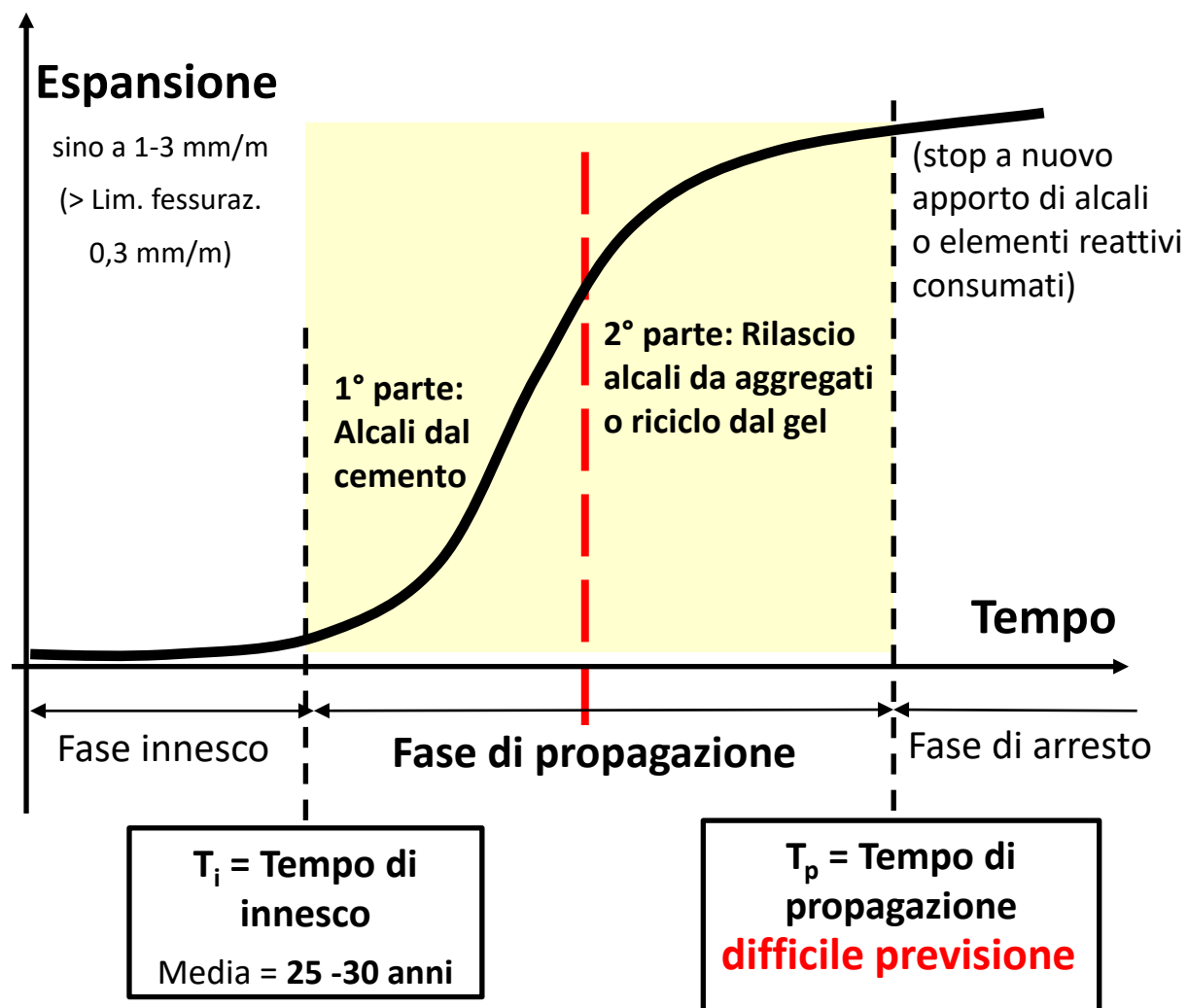
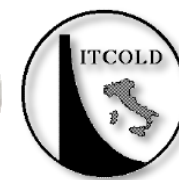
**Ancoraggi  
Post-tesi**



**Sostituzione diga**



# Guida alla gestione delle espansioni delle dighe in cls (Bollettino 184)



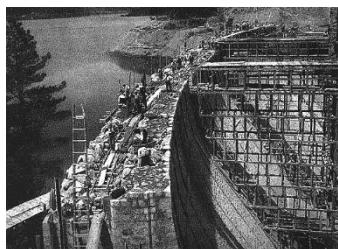


# Bollettino sull'invecchiamento delle dighe in calcestruzzo in preparazione



## Invecchiamento chimico-fisico dei cls da diga

Sviluppo della tecnologia del cls nel XIX e XX secolo



### Sviluppo storico

- Cls XIX sec. (< 1900)
- Cls I gen. (< 1920)
- Cls II gen (1920-35)
- Cls moderno (1935-45)
- Cls dopo guerra (1945-90)
- Cls contemporaneo (> 1990)

### Materiali

### Miscelazione/posa opera cls

### Progetto (tipologia diga)

Processi di invecchiamento



### Dilavamento

### Cls espansivo

### Gelo /Effetti termici

### Erosione

### Ritiro/ Creep

### Corrosione ferri e ancoraggi

### Fatica

Impatto dei processi sulle proprietà fisiche del cls



### Proprietà materiali

- Densità
- R. Compr. /trazione
- M. Elastico
- R. erosione
- Proprietà trasporto

### Proprietà globali

- Impermeabilità
- Stabilità
- Capacità portante

Valutazione delle condizioni delle dighe

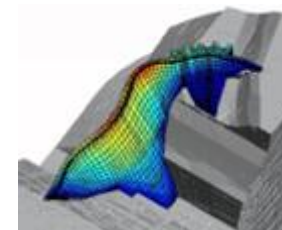


### Indagini situ/lab

- Analisi doc. esistenti
- Ispezione visiva
- Indagini specialistiche
- Monitoraggio
- Campionamento
- Test

## Gestione delle dighe invecchiate

Analisi numerica

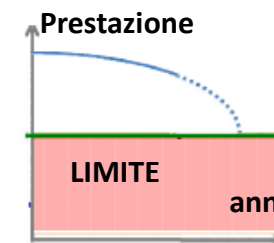


**Modelli concettuali** del fenomeno (cause e danni osservati: spostamenti, fessure, sforzi, deformazioni)

**Modellazione numerica:** analisi non lineare

**Validazione e criteri di accettazione**

Previsione della vita residua in servizio



### Modellazione:

- Evoluzione danno
- Grado saturazione
- Frequenza carichi (es. n° cicli gelo)
- Effetti sinergici (es. Espansione + dilavamento)
- ...

Misure



**Monitoraggio finalizzato**

**M. emergenziali**

**M. mitigazione**

**Ripristini**

**Adegamenti strutturali**



# Grazie per l'attenzione

