



**POLITECNICO
MILANO 1863**

**PROTEZIONE CATODICA: UNA TECNICA PER PREVENIRE E
CONTROLLARE LA CORROSIONE DELLE ARMATURE**

Seminario APCE, 19 aprile 2024, Piacenza




Protezione catodica e prevenzione catodica nel calcestruzzo

Prof. Matteo Gastaldi
Politecnico di Milano - Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "G. Natta"



mCD - Concrete durability

Prevenzione/protezione e ripristino del c.a. 2

Obiettivo → Garantire la Vita nominale / Vita residua

TECNICHE ELETTROCHIMICHE

Prevenzione catodica (*CPre*) → metodo di prevenzione aggiuntivo
per garantire la *Vita nominale*

Protezione catodica (*CP*) → metodo di ripristino, non convenzionale,
per la garanzia della *Vita residua*

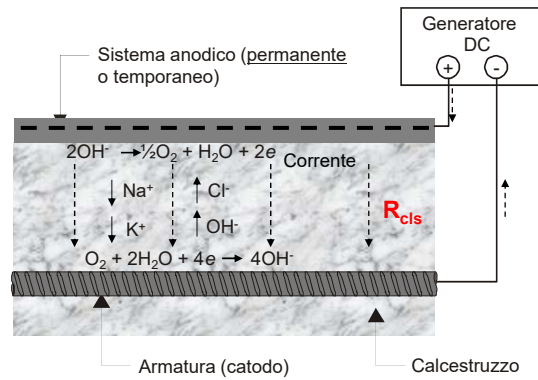
Scopo: Controllo/blocco del processo di corrosione delle armature
mediante circolazione di una corrente

matteo.gastaldi@polimi.it

mCD - Concrete durability

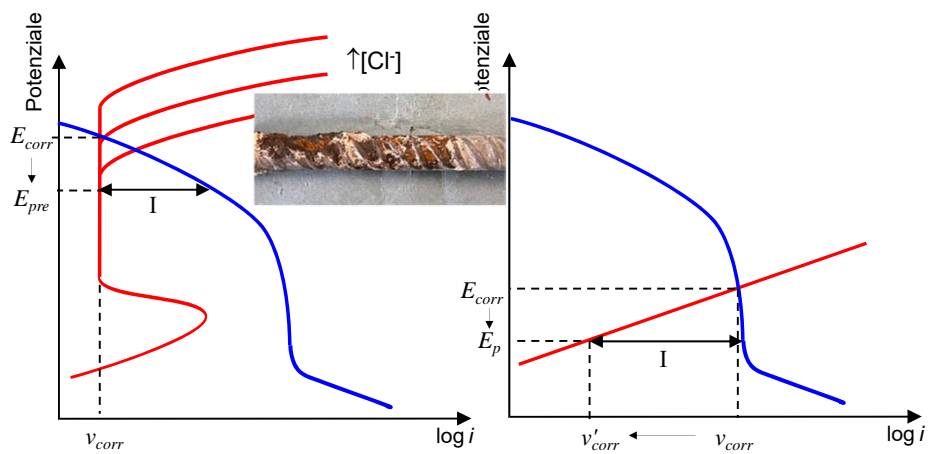
POLITECNICO MILANO 1863

Si basano sulla circolazione di una corrente tra un *anodo* (in genere esterno) e un *catodo* (armatura) nel calcestruzzo



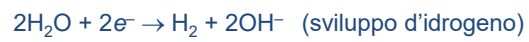
Prevenzione catodica (CPre)

Protezione catodica (CP)



Reazioni agli elettrodi

→ **Catodo (armatura)**



**PRODUZIONE
DI ALCALINITÀ**

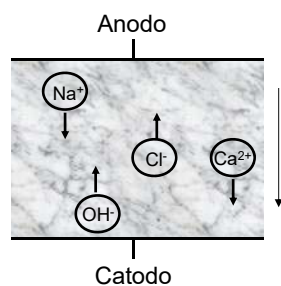
→ **Anodo**



Dipende dalla corrente che circola nel sistema

Fenomeni di trasporto nel calcestruzzo

Migrazione



Elettro-osmosi



Effetti della circolazione della corrente (collaterali)

7

Infragilimento da idrogeno → sviluppo d'idrogeno se $E < -950$ mV/SCE
→ rischi su acciai ad alto carico di snervamento (c.a.p.)

Reazione alcali-aggregati → in presenza di aggregati reattivi

Perdita di aderenza acciaio/calcestruzzo → $E < -1.1$ V/SCE per tempi lunghi

Acidificazione all'anodo → può portare al deterioramento dei materiali cementizi
(trascurabile se si usa MMO se $i_{an} < 100$ mA/m²)



⇒ La corrente deve essere limitata al valore necessario per raggiungere le condizioni di protezione

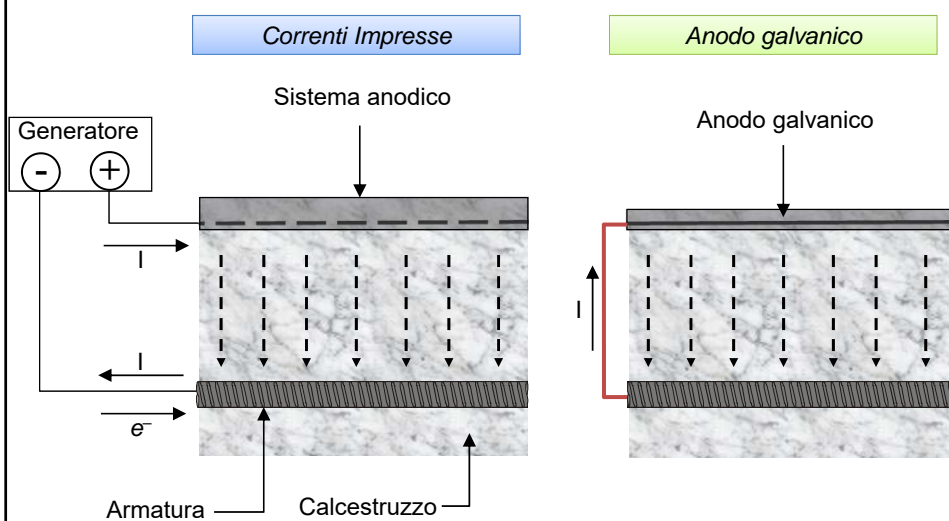
matteo.gastaldi@polimi.it

mCD - Concrete durability

POLITECNICO MILANO 1863

Applicazione

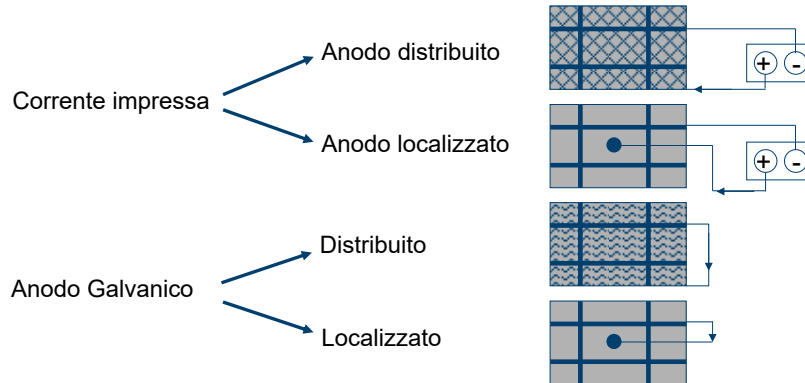
8



matteo.gastaldi@polimi.it

mCD - Concrete durability

POLITECNICO MILANO 1863



Tecniche permanenti → "per sempre"

- Protezione catodica (CP) Densità di corrente: 10-20 mA/m²
- Prevenzione catodica (CPre) Densità di corrente: 1-2 mA/m²

Obiettivo: Controllo/blocco del processo di corrosione delle armature in calcestruzzo non protettivo

Tecniche temporanee → settimane/mese

- Rimozione elettrochimica dei cloruri (ECE) Densità di corrente 1-2 A/m²
- Rialcalinizzazione elettrochimica (ER)

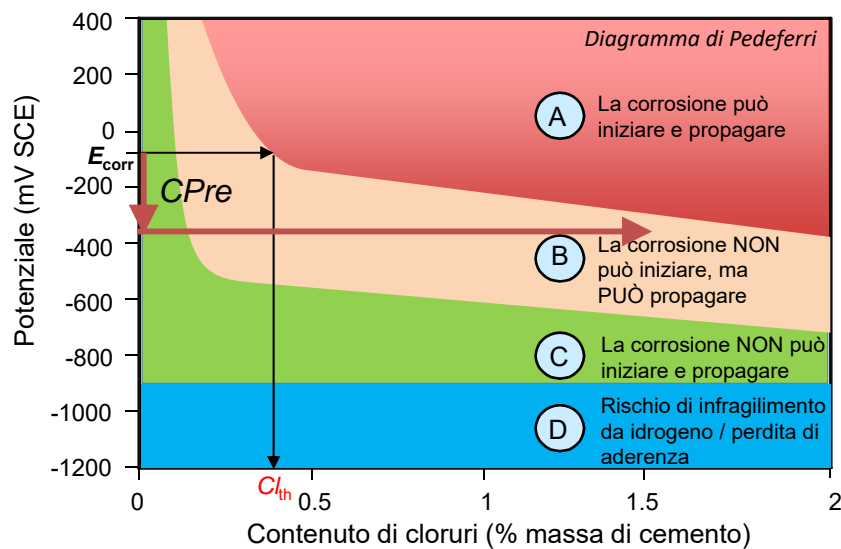
Obiettivo: ripristinare le caratteristiche protettive del calcestruzzo nei confronti delle armature

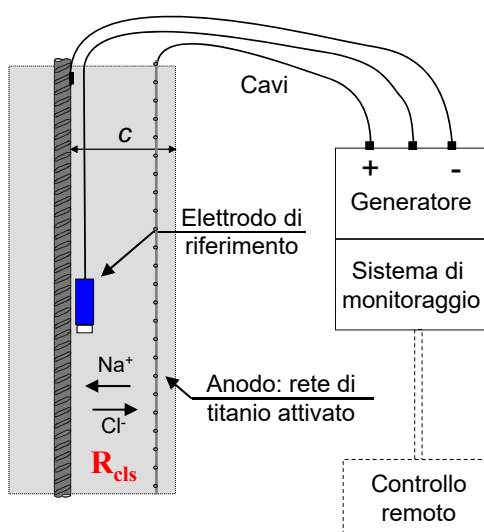
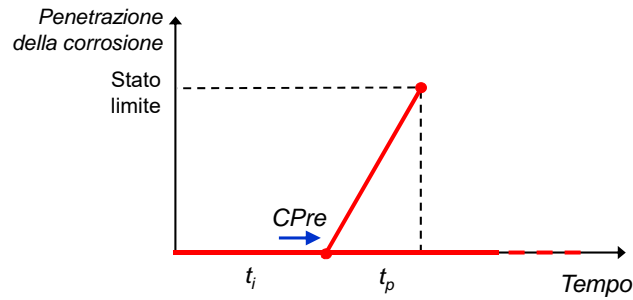
- Elevata efficacia in ambienti aggressivi (es. cloruri)
- Conservazione del calcestruzzo esistente (solo il calcestruzzo danneggiato deve essere sostituito)
- Riduzione delle operazioni di rimozione (e conseguente generazione di rumore, polvere e rifiuti da smaltire)
- Rispetto dei requisiti di conservazione (spesso prioritari nel caso di beni culturali e architettonici)

Requisiti per l'applicazione

- Continuità elettrica, delle armature, ed elettrolitica, del calcestruzzo (riparazioni)
- Accurata ispezione
- Attento progetto (corrente applicata, distribuzione di corrente, durata anodo galvanico, ...)
- Controlli e Monitoraggio

Possibili effetti collaterali devono essere valutati con attenzione (es. sviluppo d'idrogeno)



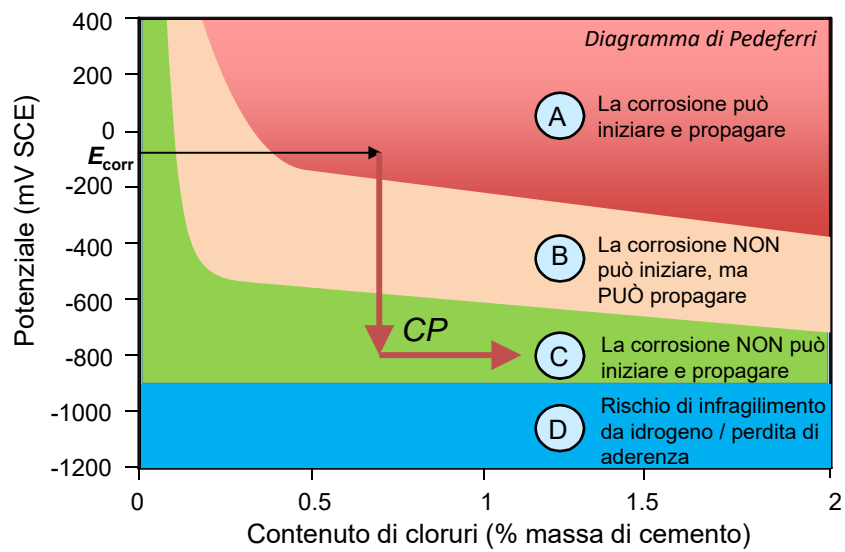


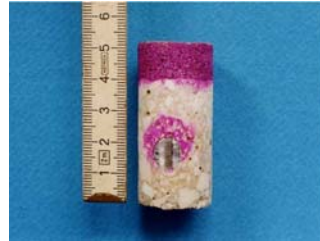
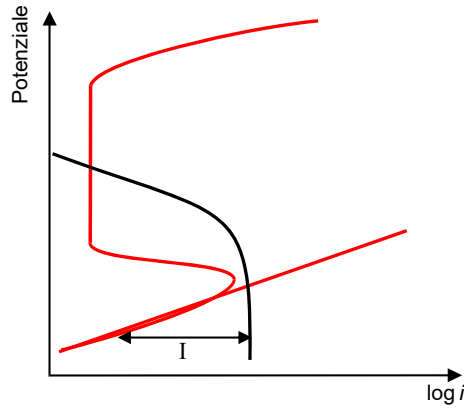
Ispezioni, controlli e monitoraggio

Intervallo massimo di 1 anno (ISO 12696):

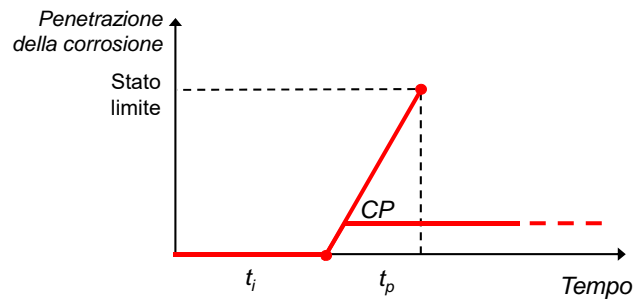
- ispezione visiva
- analisi dei dati (esperti)
- regolazione della corrente
- ...

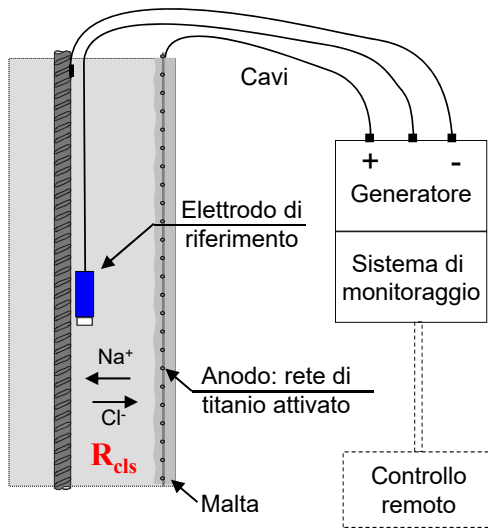
Anodi galvanici (sacrificiali)





Ripassivazione
↓
Indotta dalla
rialcalinizzazione



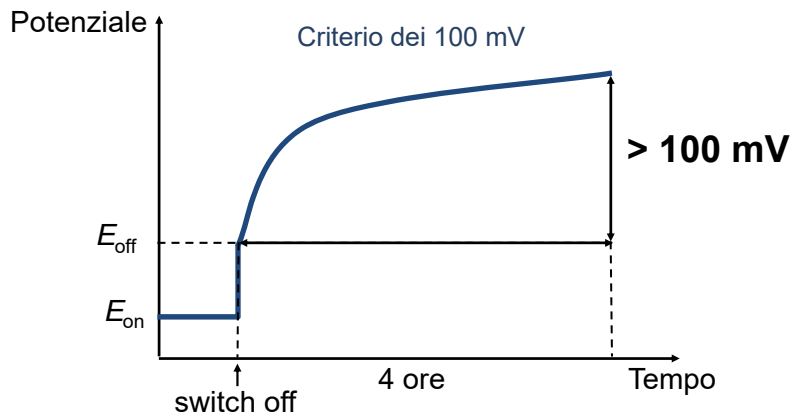


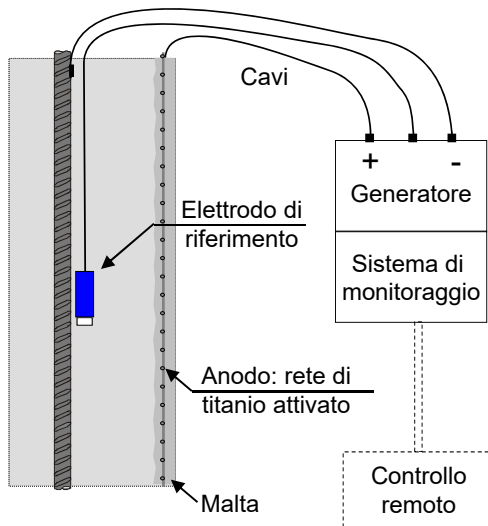
Ispezioni, controlli e monitoraggio

Intervallo massimo di 1 anno (ISO 12696):

- ispezione visiva
- analisi dei dati (esperti)
- regolazione della corrente
- ...

- Potenziale instant-off < -720 mV/SSC
- Depolarizzazione a 4/24 ore > 100 mV





Componenti

- Anodo
- Elettrodo di riferimento
- Cavi
- Connessioni elettriche
- Alimentatore
- Sistema di monitoraggio

- Richiedono:
 - accurata ispezione e valutazioni preliminari
 - progetto e competenze specifiche
 - monitoraggio e manutenzione
 - Attenzione in caso di strutture precomprese
- Incertezza sull'efficacia in presenza di armature fortemente corrose
- Durabilità:
 - CP correnti impresse (MMO) → >50 years
 - CP anodi galvanici → consumo anodi
 - Componenti (es. elettrodi: 10-15 anni)?
- Necessità di riparare il calcestruzzo danneggiato

