



**ORDINE DEGLI
INGEGNERI
DELLA PROVINCIA
DI CASERTA**



ordine degli **architetti**
planificatori paesaggisti conservatori
della provincia di **caserta**



Collegio dei Geometri
e dei Geometri Laureati
di Caserta



in collaborazione

MODULO 1



MATTEO FELITTI
ENGINEERING & CONCRETE CONSULTING
Università degli Studi di Napoli – Federico II

Venerdì 4 Aprile 2025

Grand Hotel Vanvitelli Viale Carlo III San Marco Evangelista Caserta (CE)

IL CONSOLIDAMENTO E IL RINFORZO DI STRUTTURE ESISTENTI CON SISTEMI CERTIFICATI

MODULO 1/2

Meccanismi di degrado e simulazioni numeriche su strutture esistenti

Caserta, 04/04/2025 – ore 14:15

MODULO 2



FRANCESCO OLIVETO
Esperto in analisi numeriche avanzate

DEGRADO DEI MATERIALI E MODELLI PER LO STRUTTURISTA

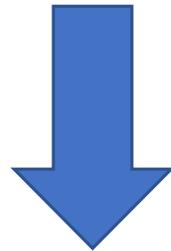


INDICE:

- **Introduzione al degrado delle strutture in c.a. e c.a.p.;**
- **Penetrazione dell'anidride carbonica in sezioni in calcestruzzo armato;**
- **Penetrazione dei cloruri in sezioni in calcestruzzo armato;**
- **Cenni sullo studio delle curve di capacità in una pila da ponte soggetta a degrado localizzato e successivi interventi di consolidamento.**

**INTRODUZIONE AL
DEGRADO DELLE
STRUTTURE IN C.A.
E C.A.P.**

- 1. Aspetti chimico-fisici**
- 2. Aspetti meccanici**
- 3. Metodi di calcolo**



Cercheremo di mostrare un «filo logico»

DAMAGE OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES (RCS)

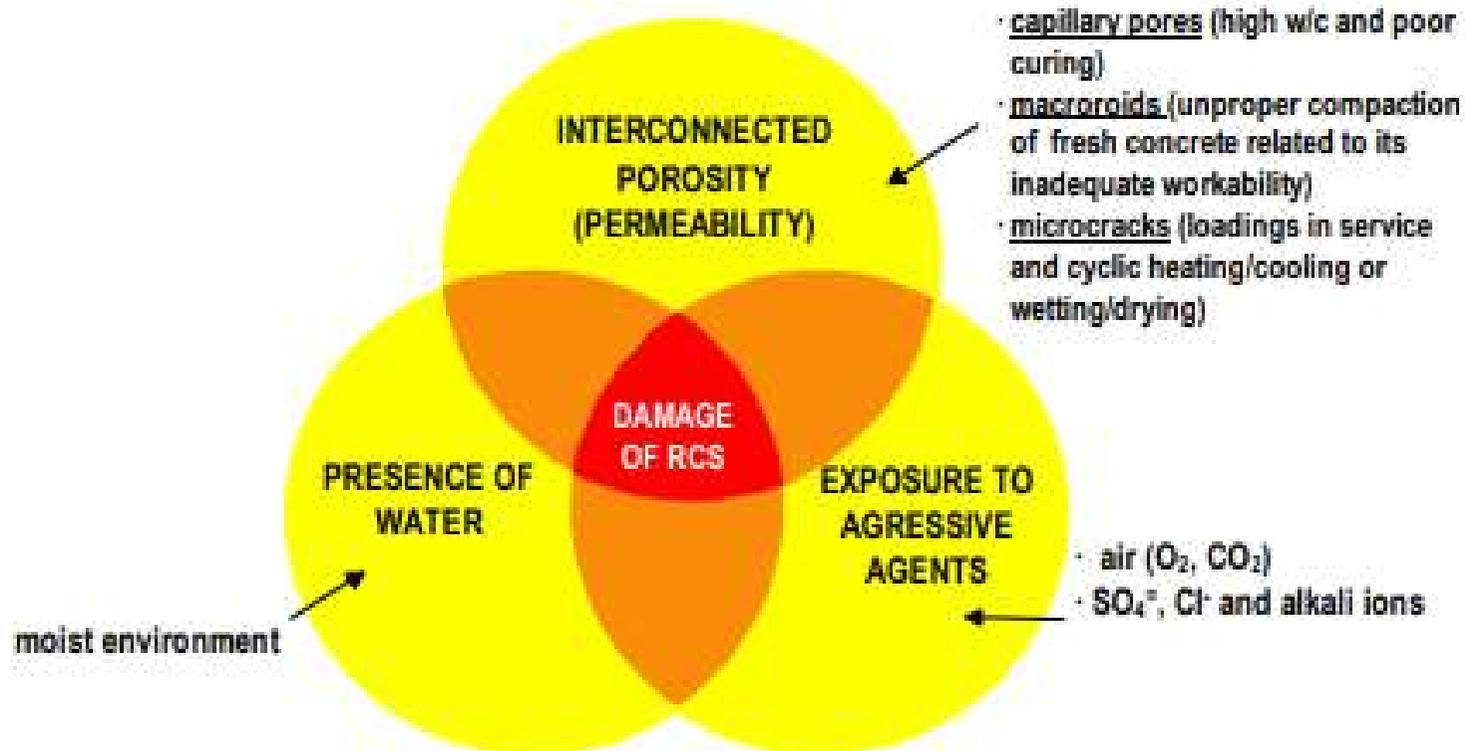
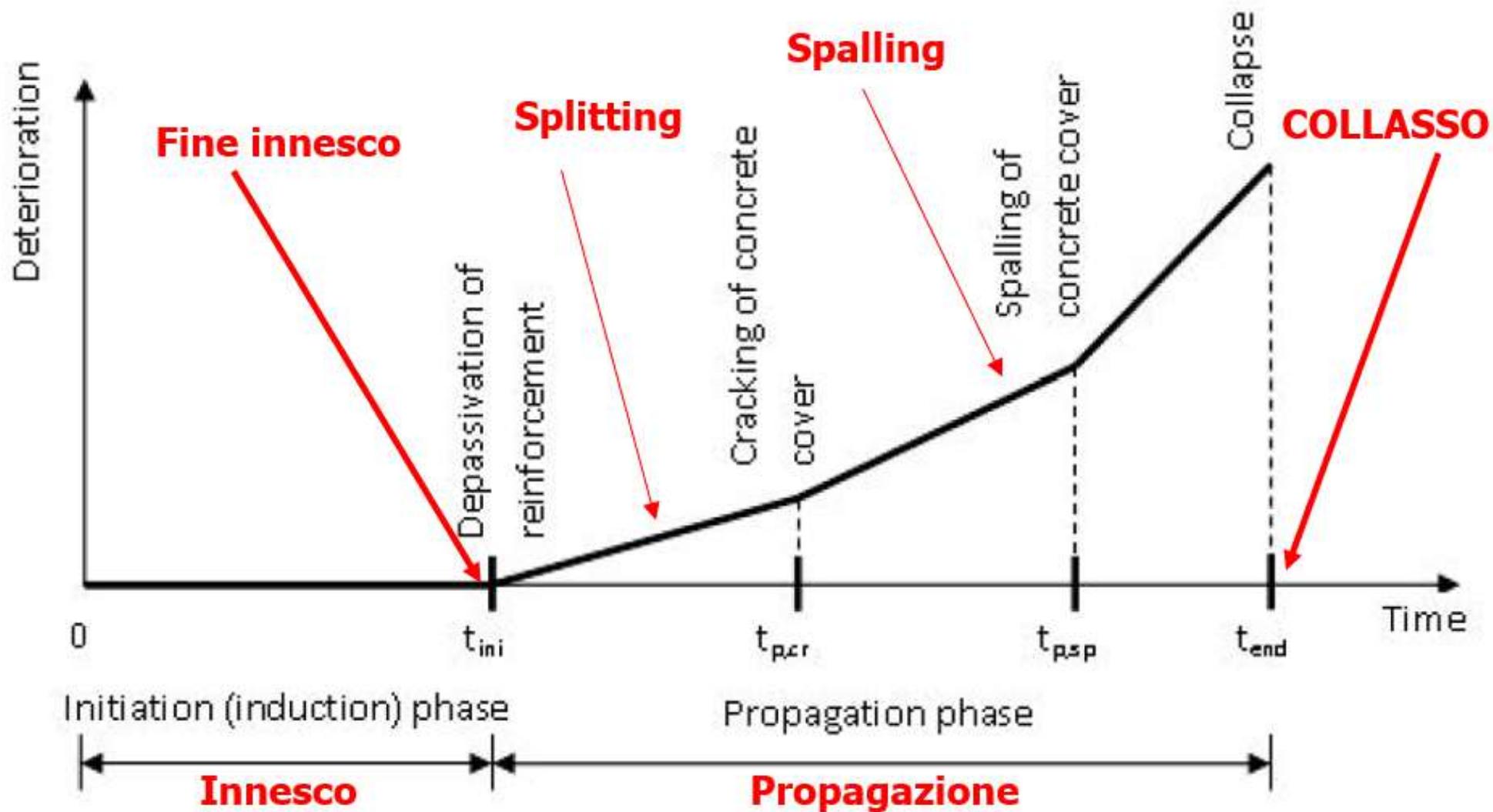


Figure 3. Ternary representation of the damage of RCS.



IABSE
International Association
for Bridges and
Structural Engineering



1° Workshop di Aggiornamento
sui Ponti

12 Ottobre 2012

Prima giornata:
Progettazione a Ciclo di Vita dei Ponti
Life-Cycle Design of Bridges



POLITECNICO
DI MILANO

VALUTAZIONE DELLA VITA RESIDUA DI PONTI

Franco Bontempi

Professore Ordinario di Tecnica delle Costruzioni

Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale

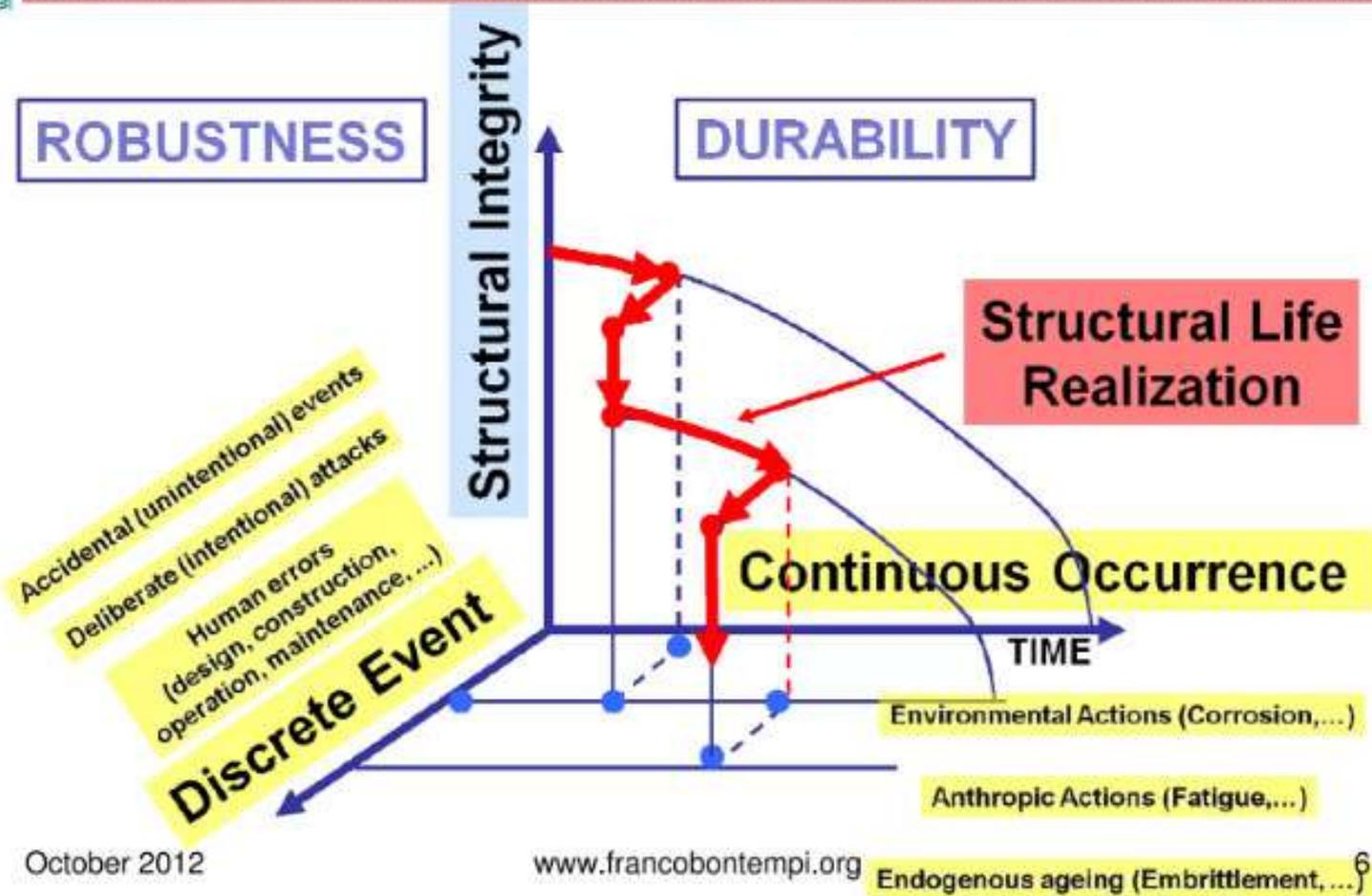
Università degli Studi di Roma La Sapienza



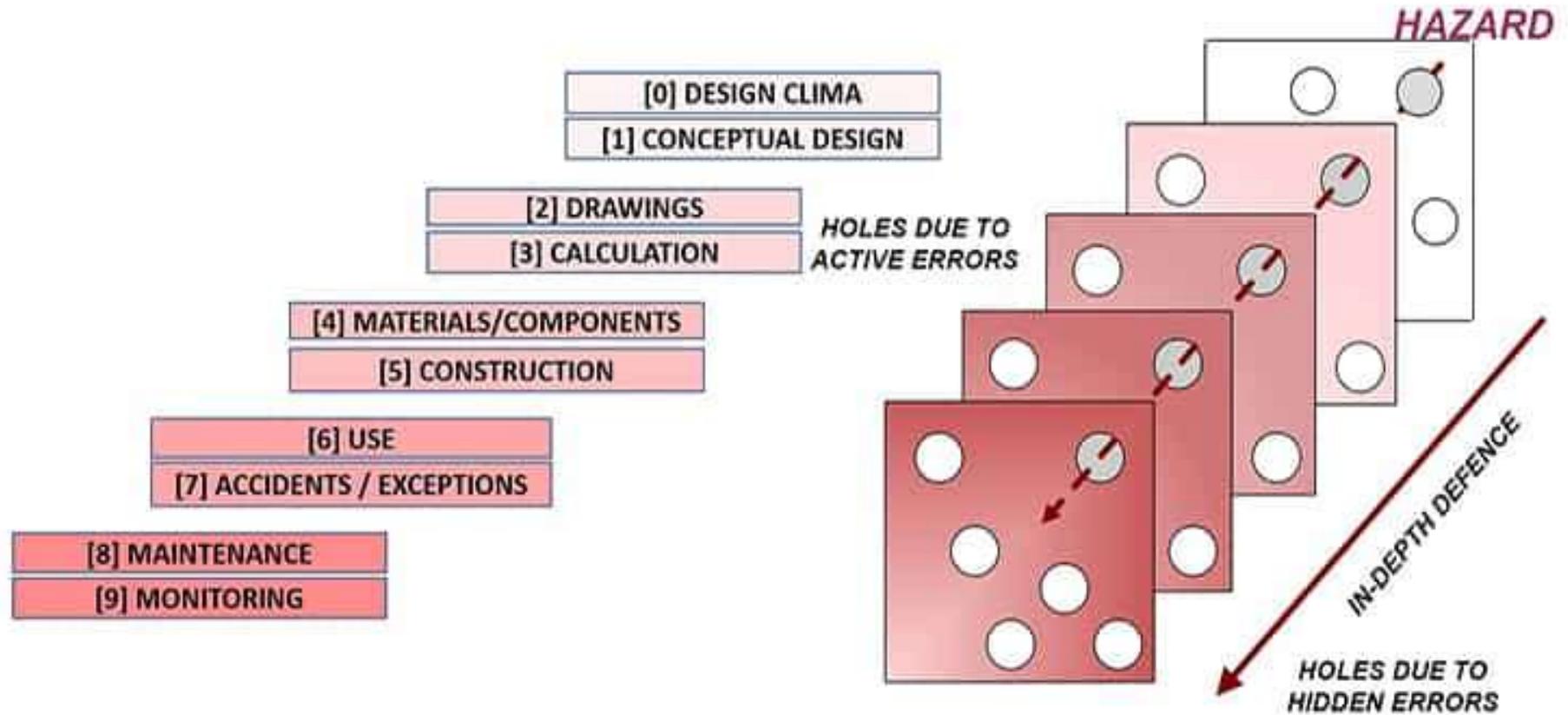
www.francobontempi.org

Decadimento prestazioni

TIME HORIZON

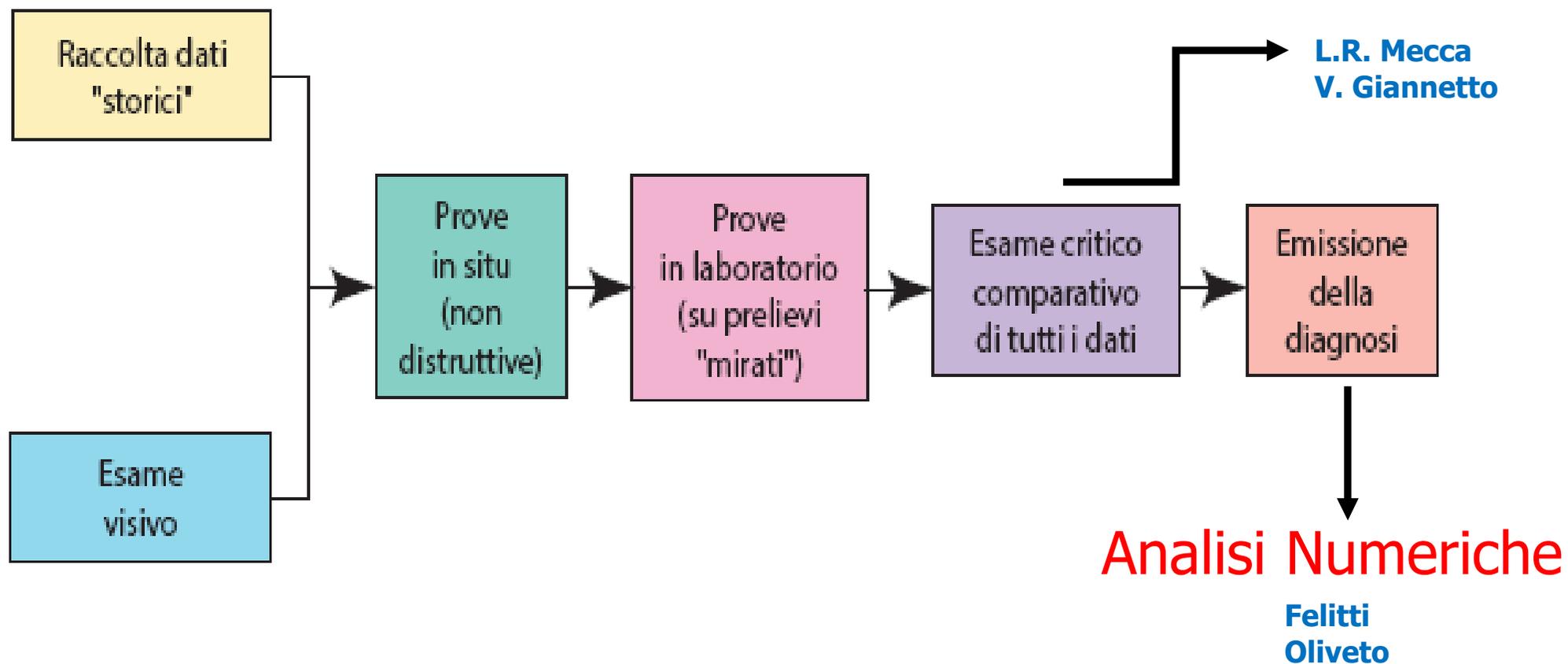


Modello di REASON



Percorso diagnostico

M. Collepari



Perché ???



Fig. 1.6 Corrosione delle armature di un pilastro di un edificio di 7 piani crollato a Palermo nel 1999

Ore 19:40, 11 marzo **1999**: crollo di un edificio di 7 piani a Palermo.

CAUSE:

- Cedimento di alcuni pilastri dello scantinato;
- Pilastri sottodimensionati;
- Calcestruzzo contaminato da cloruri e con resistenze di 12-16 MPa;
- Profondità di carbonatazione pari a 5 cm su un copriferro medio quasi inesistente;
- Corrosione delle barre di armatura con penetrazione di oltre 1 mm;
- Penetrazione della corrosione di oltre 2 mm per le staffe;
- Spalling del calcestruzzo con riduzione della sezione resistente di circa il 30%.

Pietro Pedefferri



Redazione

07 settembre 2021 05:12



Si parla di

Statale 36

Strada Statale 36

CRONACA ANNONE DI BRIANZA / STRADA STATALE 36 DEL LAGO DI COMO E DELLO SPLUGA

Crollo del ponte di Annone, ecco le sentenze: tre condannati, un assolto

Nel crollo morì Claudio Bertini, 63enne di Civate



Arrivano le prime condanne per la tragedia di fine 2016. Il 28 ottobre alle ore 17.20 il cavalcavia della Strada Statale 36 ad Annone cedeva, uccidendo Claudio Bertini, insegnante 63enne di Civate, che a bordo della sua auto rimane schiacciato sotto le macerie.

I più letti

- CRONACA

Morso da una vipera sul Corno Rat: il racconto dell'escursionista salvato
- POMERIGGIO DA INCUBO

Emergenza sulle strade lecchesi: tre gravi incidenti in serie

Acquate - Malnago - Falghera - Deviscio
- CRONACA

Statale 36, camion in panne nel tunnel del Barro: disagi al traffico
- PRESE

Ladre di profumi fermate sulla supercar: sequestrata la refurtiva

Brianza
- L'INCIDENTE

Schianto auto-moto a Varenna: due persone ferite, traffico bloccato

Alto e Basso Lago

Collasso 2017

S CONTENUTO PER GLI ABBONATI PREMIUM

Il viadotto della tangenziale di Fossano fu costruito male e mantenuto peggio. Ecco perché è crollato

Il ponte, che doveva durare cinquant'anni, crollò il 18 aprile 2017: le motivazioni della sentenza al processo per disastro colposo finito con la condanna di 4 responsabili e altre 8 assoluzioni

BARBARA MORRA

15 Gennaio 2025 alle 06:00 | 2 minuti di lettura



Collasso 2018

Ponte sul Polcevera



Collasso 2020



**Ponte sul
fiume Magra**

Collasso 2025





Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n. 42 del 20 feb

Spedito in abb. post. - art. 1, comma 1
Legge 27-02-2004, n. 46 - Filiale di Roma

GAZZETTA UFFICIALE
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA

Roma - Martedì, 20 febbraio 2018

SI PUBBLICA TUTTI I
GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA, 70 - 00186 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARIA, 991 - 00138 ROMA - CENTRALINO 06-85081 - LIBRERIA DELLO STATO
PIAZZA G. VERDI, 1 - 00198 ROMA

N. 8

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE
E DEI TRASPORTI

DECRETO 17 gennaio 2018.

**Aggiornamento delle «Norme tecniche per
le costruzioni».**



Trova (1/20) X

Precedente Avanti

**20 voci sulla parola
«degrado»**

Trova (1/12)
degrado

Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n. 35 del 11 febbraio 2019

Spedito in abb. post. - art. 1, comma 1
Legge 27-02-2004, n. 46 - Filiale di Roma

GAZZETTA UFFICIALE
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA Roma - Lunedì, 11 febbraio 2019 SI PUBBLICA TUTTI I GIORNI NON FESTIVI

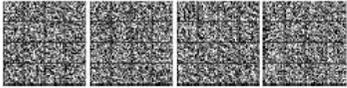
DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA, 70 - 00186 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARIA, 991 - 00138 ROMA - CENTRALINO 06-85081 - LIBRERIA DELLO STATO
PIAZZA G. VERDI, 1 - 00198 ROMA

N. 5

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE
E DEI TRASPORTI

CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.



**12 voci sulla parola
«degrado»**

PONTI



*Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibile
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*

**LINEE GUIDA PER
LA CLASSIFICAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO,
LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA
ED IL MONITORAGGIO DEI PONTI ESISTENTI**

Allegate al parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 54/2022,
espresso dall'Assemblea Generale in data 10.06.2022.

Degrado	
RISULTATI ESATTI	92
degrado	91
degrado3	1

ASSISTENTE IA PROPONE

Trova contenuti relativi a **degrado** nel documento

Cosa è importante sapere su **degrado**?

**92 voci sulla parola
«degrado»**

**LINEE GUIDA PER
LA CLASSIFICAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO,
LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA
ED IL MONITORAGGIO DEI PONTI ESISTENTI**

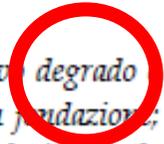
Nelle verifiche occorre considerare le eventuali carenze dovute a problemi di durabilità, in particolare, l'eventuale riduzione della sezione dovuta a degrado o dilavamento del calcestruzzo superficiale che può comportare la riduzione della sezione utile, l'eventuale diminuzione di area di acciaio dovuta alla corrosione, l'eventuale assenza o carenza di staffe causate dalla corrosione delle stesse che in genere hanno copriferro ridotto o l'eventuale inefficacia delle staffe dovute alla corrosione degli spigoli d'armatura. Occorre porre attenzione agli sbalzi laterali dei ponti, particolarmente esposti agli effetti del degrado; è bene che essi siano verificati per gli effetti di urto, svio e azione delle barriere di sicurezza nelle condizioni più sfavorevoli di carichi previsti dalla verifica di sicurezza prescelta.

Approvate nel maggio del 2020

6.1.4 CASI IN CUI È NECESSARIA LA VALUTAZIONE DI SICUREZZA

I casi in cui è necessaria la valutazione della sicurezza secondo le Norme Tecniche si possono individuare da quanto riportato nel Cap. 8.3 "VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA" delle NTC 2018, dove viene affermato:

"La valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:

- *riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a: significativo degrado* *decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazioni; danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ed uso anomali;*
- *provati gravi errori di progetto o di costruzione;*
- *cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o passaggio ad una classe d'uso superiore;*
- *esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidezza;*
- *ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali di cui al § 8.4:*

- *opere realizzate in assenza o difformità dal titolo abitativo, ove necessario al momento della costruzione, o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione.*

GALLERIE



*Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibile
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*

LINEE GUIDA PER
LA CLASSIFICAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO,
LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA
ED IL MONITORAGGIO DELLE GALLERIE
ESISTENTI

Allegate al parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n.72/2021,
espresso dall'Assemblea Generale in data 3.2.2022

Degrado

RISULTATI ESATTI 46

degrado 46

ASSISTENTE IA PROPONE

Trova contenuti relativi a **degrado** nel documento

Cosa è importante sapere su **degrado**?

**46 voci sulla parola
«degrado»**

5.1.2 CASI IN CUI È NECESSARIA LA VALUTAZIONE DI SICUREZZA

Nel Cap. 8.3 delle Norme Tecniche NTC 2018 sono indicati i casi in cui è necessaria la valutazione della sicurezza:

“La valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:

- *riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a: significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazioni, danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ed uso anomali;*
- *provati gravi errori di progetto o di costruzione;*
- *cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o passaggio ad una classe d'uso superiore;*
- *esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidità;*
- *ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali di cui al § 8.4;*

- *opere realizzate in assenza o difformità dal titolo abitativo, ove necessario al momento della costruzione, o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione.*

Il danno localizzato nel c.a.



1. Corrosione staffe;
2. Corrosione barre long.
3. Splitting;
4. Spalling;
5. Riduzione aderenza all'interfaccia;
6. Possibile rottura delle staffe;
7. Possibile instabilità delle barre longitudinali;
8. Crisi locale del calcestruzzo a compressione.



VARIAZIONE DEGLI INDICATORI GLOBALI DI RISCHIO E DEGLI INDICI DI ROBUSTEZZA STRUTTURALE !

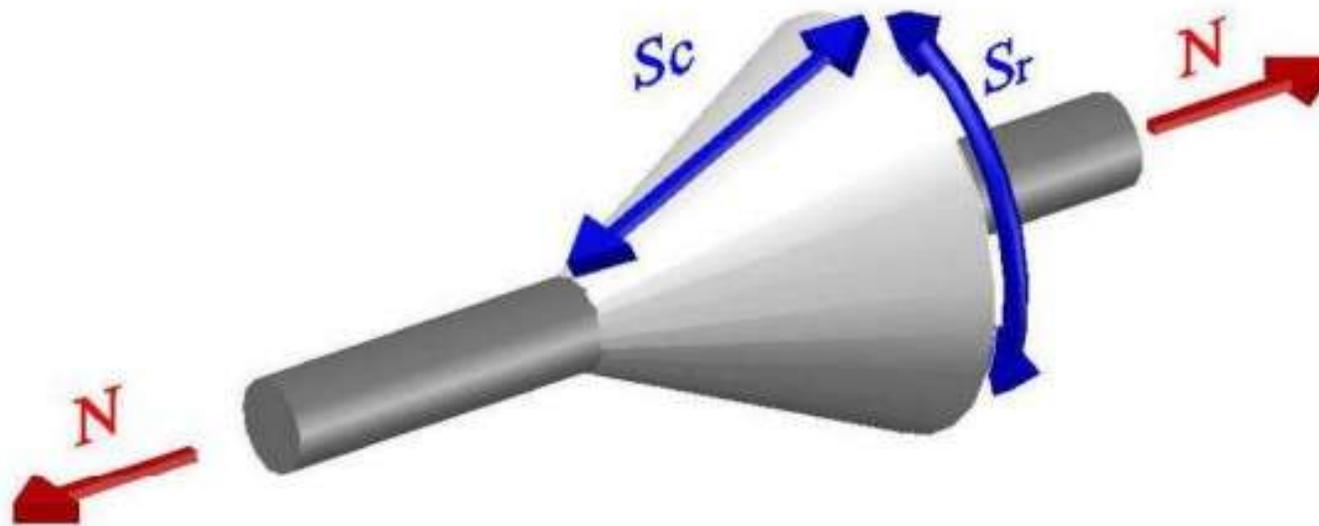
In sintesi.....

INDIVIDUAZIONE DI TRE TIPI DI CORROSIONE

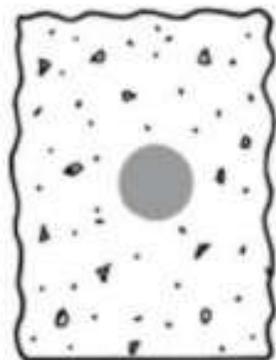


a cui è possibile
associare TRE
modelli di degrado

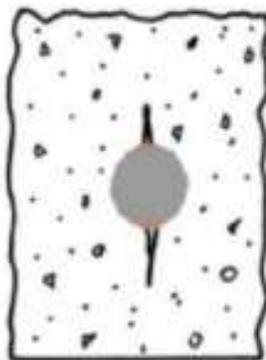




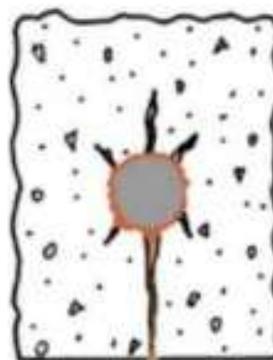
Lo Bue



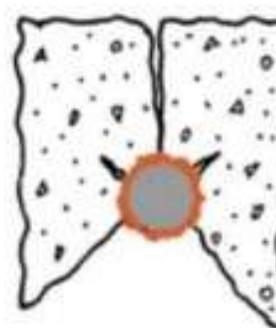
Prima della corrosione



Inizio corrosione



Ulteriore corrosione,
Superfici di rottura,
Formazione macchie



Eventuale Spalling;
Esposizione alla corrosione
della barra

**PENETRAZIONE
DELL'ANIDRIDE
CARBONICA IN
SEZIONI IN
CALCESTRUZZO
ARMATO**

Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo

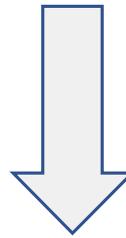
	Classi di esposizione																	
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico		
		Acqua di mare				Cloruri provenienti da altre fonti												
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	
Massimo rapporto a/c	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45			
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30	C30/37	C32/40	C32/40	C35/45	C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30	C30/37	C30/37	C32/40	C35/45			
Minimo contenuto in cemento (kg/m^3) ^{d)}	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360			
Contenuto minimo in aria (%)											b)	4,0 ^{a)}						
Altri requisiti					E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				In caso di esposizione a terreno o acqua del terreno contenente solfati nei limiti del prospetto 2 della UNI EN 206:2014, è richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati ^{c)}			

- a) Quando il calcestruzzo non contiene aria inglobata, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI CEN/TS 12390 -9, UNI CEN/TR 15177 o UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. Il valore minimo di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con $D_{upper} > 20\text{mm}$; per D_{upper} inferiori il limite minimo andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per D_{upper} tra 12 mm e 16 mm).
- b) Qualora si ritenga opportuno impiegare calcestruzzo aerato anche in classe di esposizione XF1 si adottano le specifiche di composizione prescritte per le classi XF2 e XF3.
- c) Cementi resistenti ai solfati sono definiti dalla UNI EN 197-1 e su base nazionale dalla UNI 9156. La UNI 9156 classifica i cementi resistenti ai solfati in tre classi: moderata, alta e altissima resistenza solfatica. La classe di resistenza solfatica del cemento deve essere prescelta in relazione alla classe di esposizione del calcestruzzo secondo il criterio di corrispondenza della UNI 11417-1.
- d) Quando si applica il concetto di valore k il rapporto massimo a/c e il contenuto minimo di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.

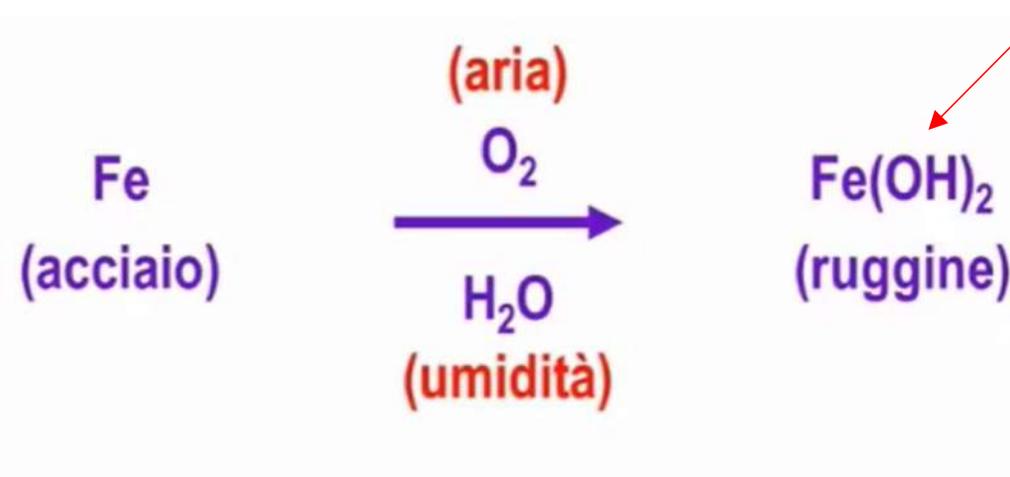
QUANDO L'ANIDRIDE CARBONICA (complice) VIENE A CONTATTO CON IL CALCESTRUZZO, NEUTRALIZZA I COMPONENTI ALCALINI E IL PH PASSA DA VALORI > 13 A VALORI < 11 .

IN TALI CONDIZIONI – PENETRATO TUTTO IL COPRIFERRO – IL FILM PROTETTIVO DIVENTA POROSO E INCOERENTE, PERDENDO, LA CAPACITA' DI PROTEGGERE IL SUBSTRATO METALLICO. ATTRAVERSO LE FESSURE PRESENTI SUL CALCESTRUZZO, PENETRANO OSSIGENO E ACQUA (killer) ALIMENTANDO LA CORROSIONE DELLE BARRE DI ARMATURA CON CONSEGUENTE ESPULSIONE DEI COPRIFERRI.

REAZIONE DI CARBONATAZIONE



PROCESSO DI CORROSIONE

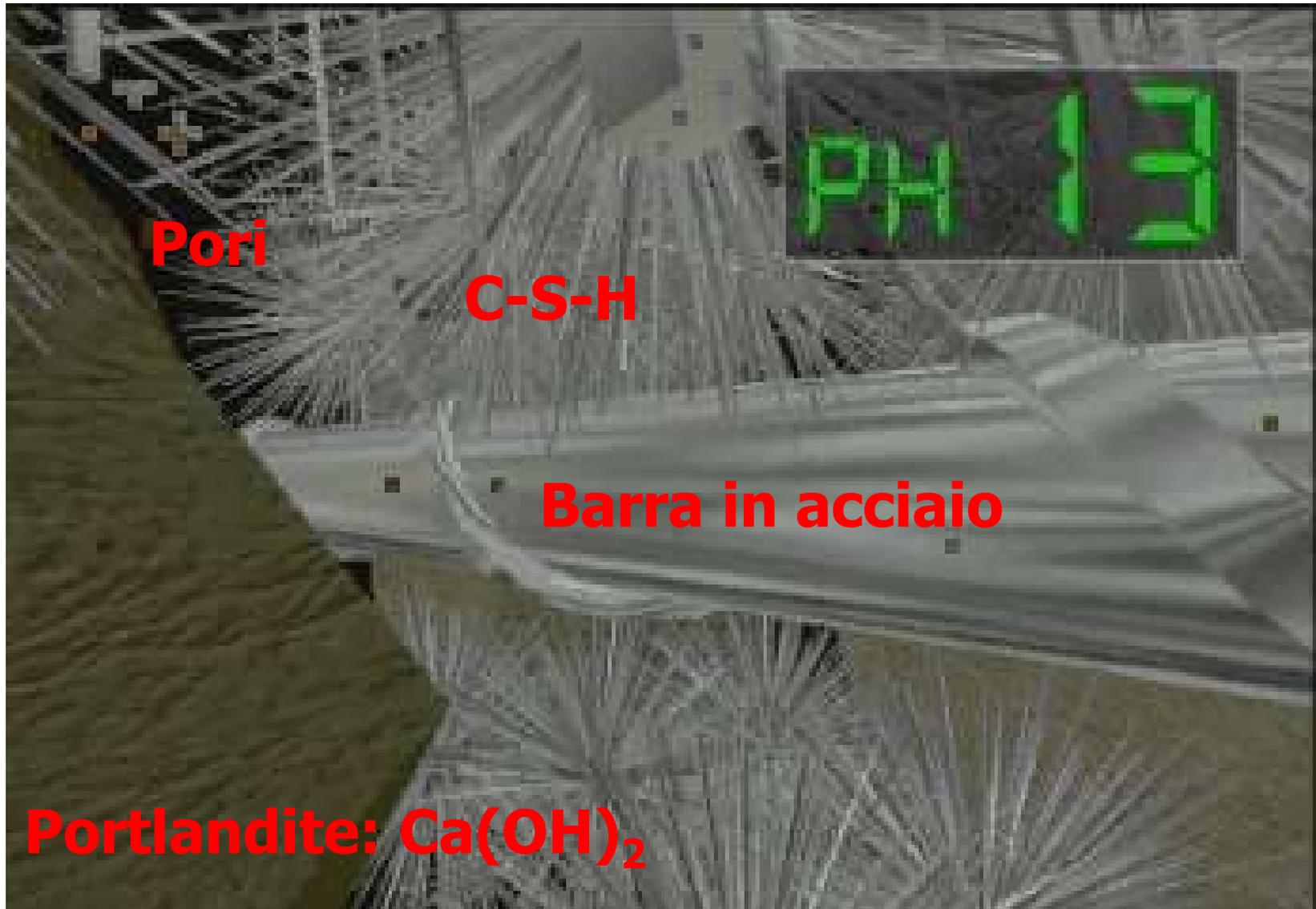


**Idrossido
ferroso**

IDROSSIDO FERROSO

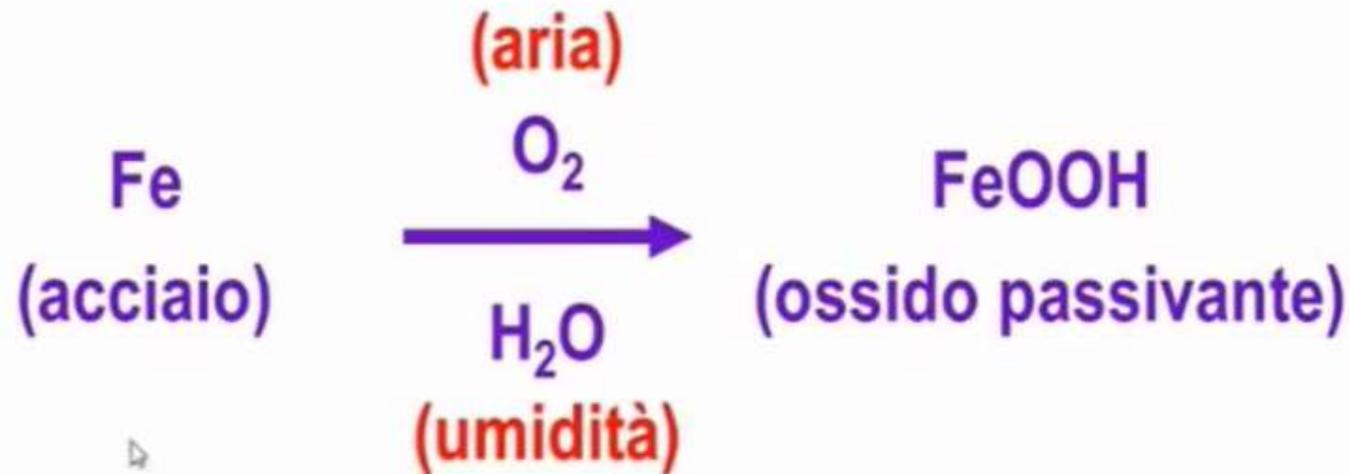


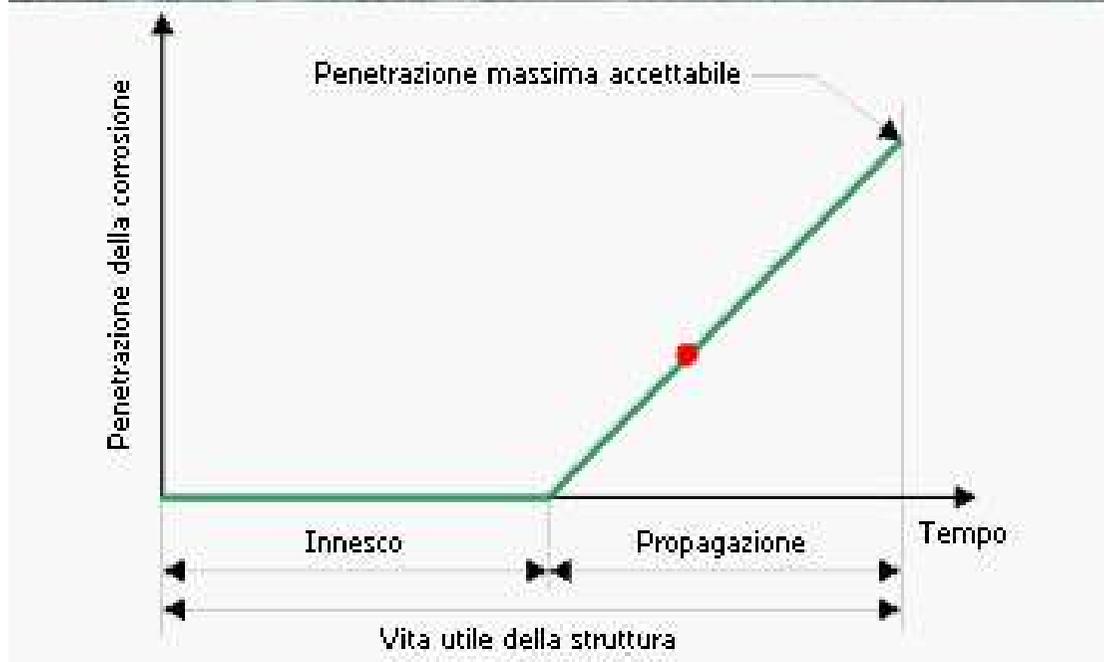
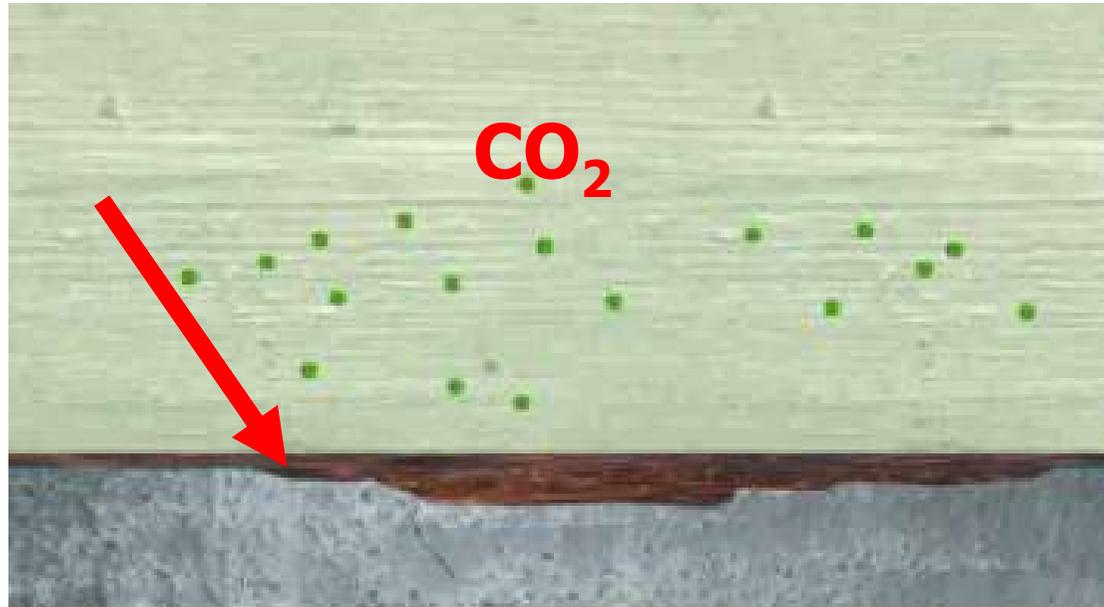




M. Collepardi

All'interno del cls PH = 13 per la presenza di $\text{Ca}(\text{OH})_2$







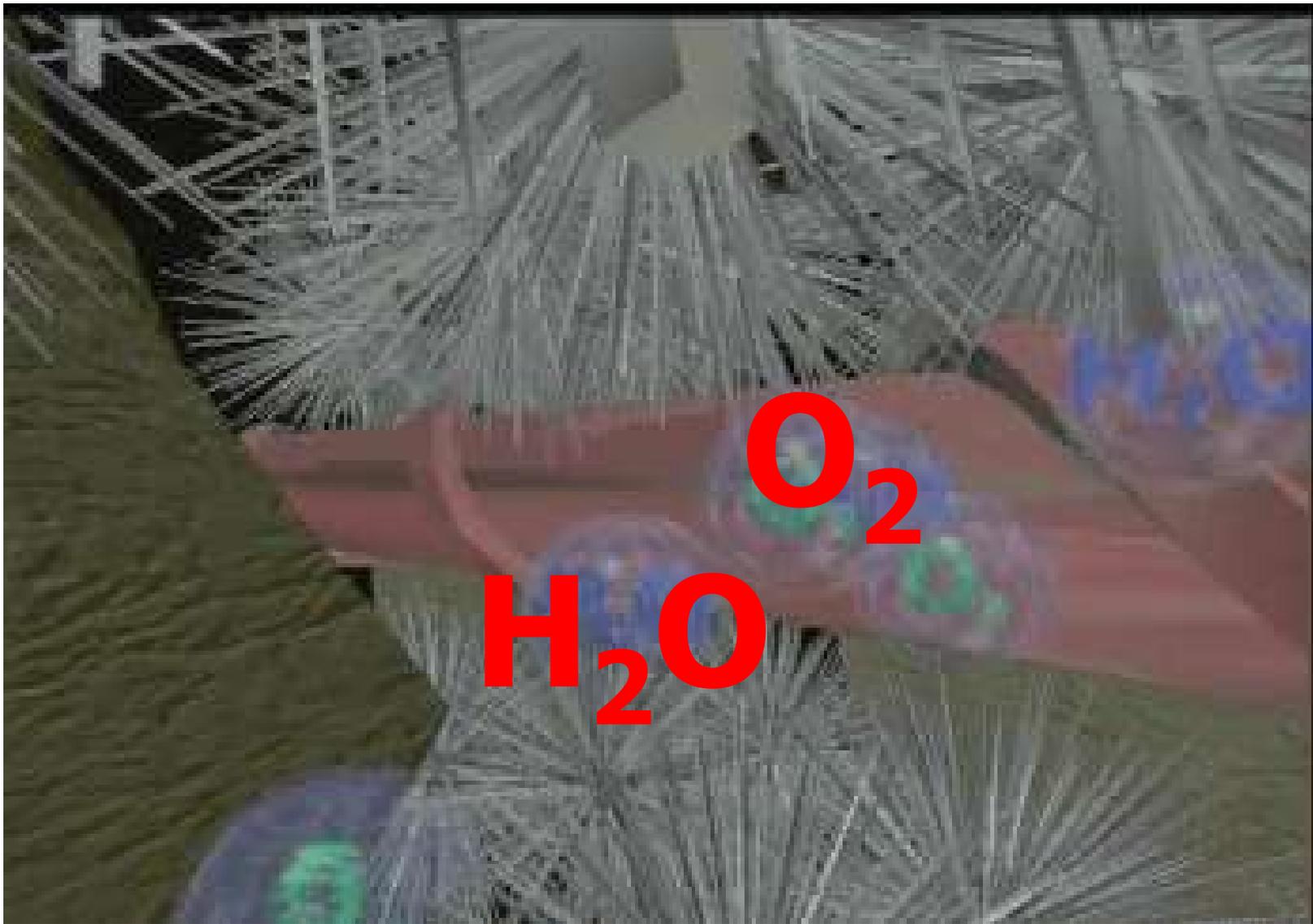
M. Collepari



M. Collepardi



M. Collepari



M. Collepari



**PENETRAZIONE DEI
CLORURI IN
SEZIONI IN
CALCESTRUZZO
ARMATO**

Valori limite raccomandati per la composizione e le proprietà del calcestruzzo

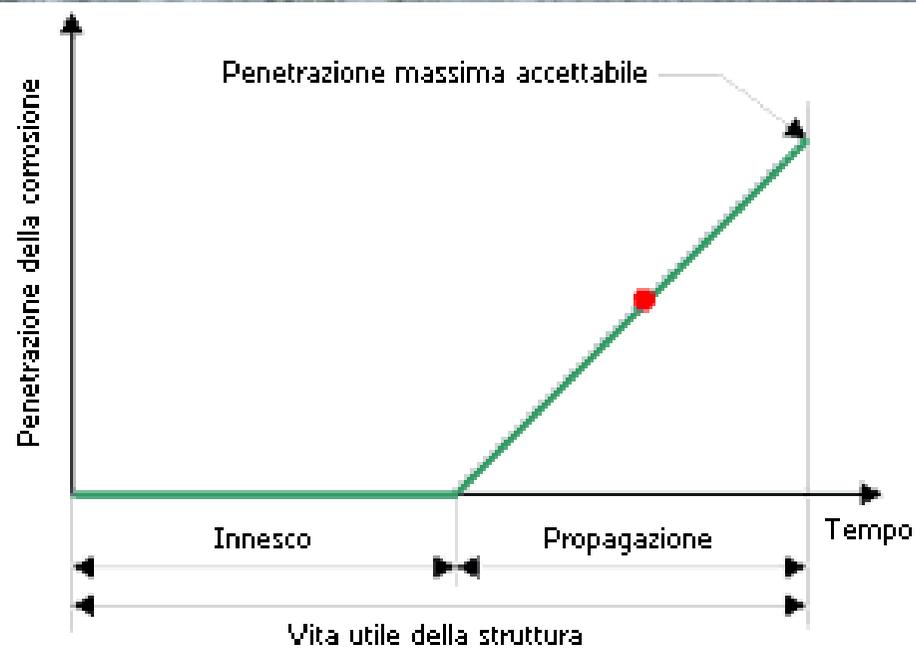
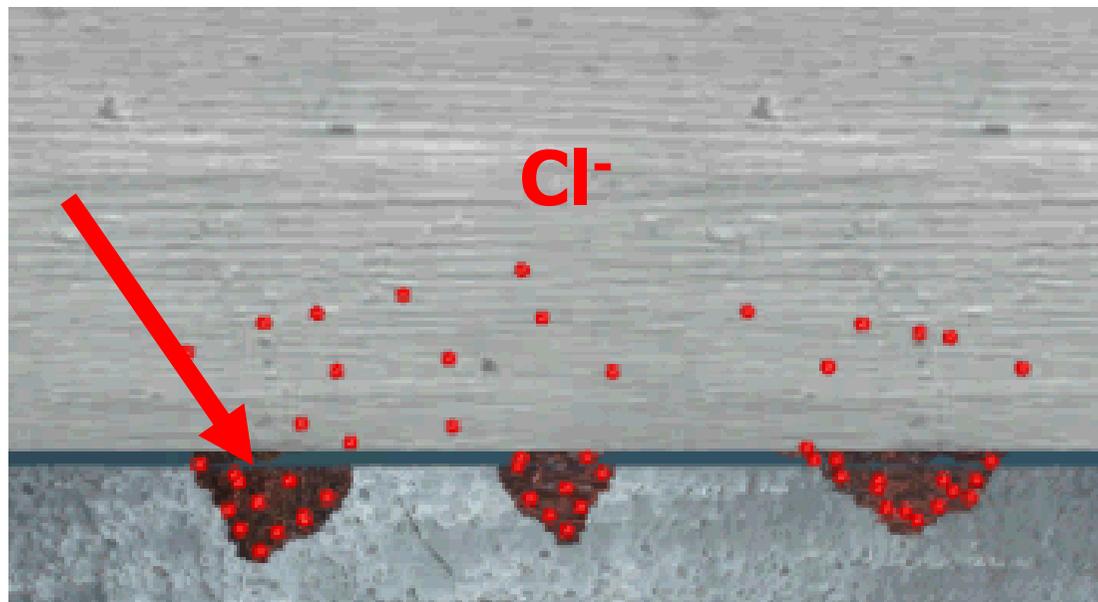
	Classi di esposizione																	
	Nessun rischio di corrosione o attacco	Corrosione indotta da carbonatazione				Corrosione indotta da cloruri						Attacco da gelo/disgelo				Ambienti chimici aggressivi		
		Acqua di mare		Cloruri diversi dall'acqua di mare				XF 1		XF 2		XF 3		XA 1				
X0	XC 1	XC 2	XC 3	XC 4	XS 1	XS 2	XS 3	XD 1	XD 2	XD 3	XF 1	XF 2	XF 3	XF 4	XA 1	XA 2	XA 3	
Massimo $w/c^{c)}$	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
Classe di resistenza minima	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45
Contenuto minimo di cemento ^{d)} (kg/m ³)	-	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360
Contenuto minimo di aria (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0 ^{a)}	4,0 ^{a)}	4,0 ^{a)}	-	-	-
Altri requisiti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Aggregati in conformità alla EN 12620 con sufficiente resistenza al gelo/disgelo				-	Cemento resistente ai solfati ^{b)}	

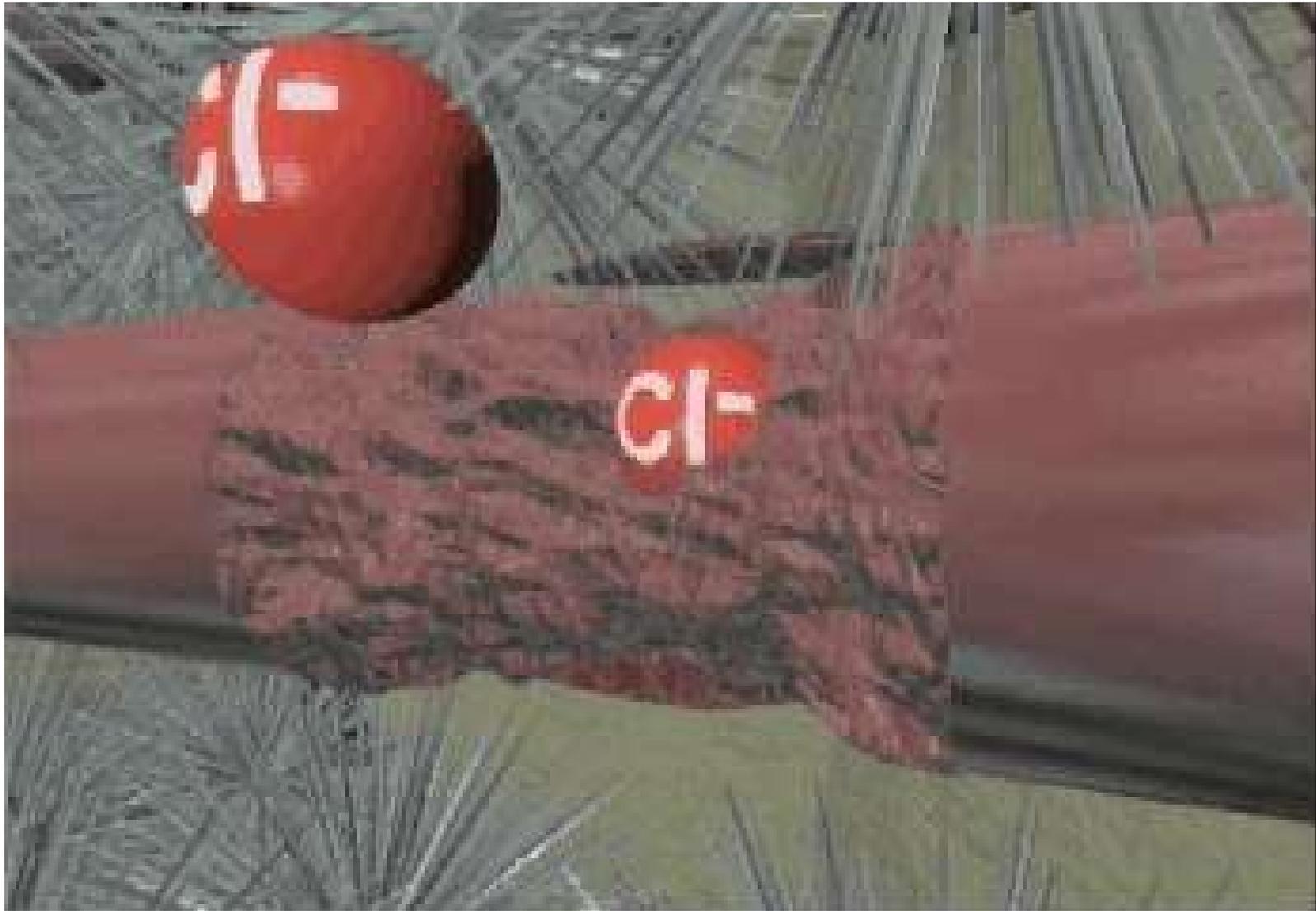
- a) Quando il calcestruzzo non contiene aria inglobata, si dovrebbe sottoporre a prova la prestazione del calcestruzzo secondo un metodo di prova appropriato rispetto a un calcestruzzo di cui è stata dimostrata la resistenza al gelo/disgelo per la classe di esposizione pertinente.
- b) Quando i solfati nell'ambiente comportano classi di esposizione XA2 e XA3, è essenziale utilizzare cemento resistente ai solfati conforme alla EN 197-1 o alle norme nazionali complementari.
- c) Quando si applica il concetto del valore k il rapporto massimo w/c e il contenuto minimo di cemento si modificano in conformità al punto 5.2.5.2.

I CLORURI SONO GENERALMENTE PRESENTI NELL'ACQUA DI MARE E, ARTIFICIALMENTE, NEI SALI DISGELANTI!

LO IONE CLORURO (complice), AL PARI DELL'ANIDRIDE CARBONICA, PENETRANDO IL COPRIFERRO, DANNEGGIA LOCALMENTE IL FILM DI OSSIDO PROTETTIVO. CON L'INGRESSO DI OSSIGENO E ACQUA (killer), POI, SI GENERA CORROSIONE ED ESPULSIONE DEL COPRIFERRO (la «ruggine» ha un volume di circa 4-6 volte superiore a quello del metallo che l'ha generata).

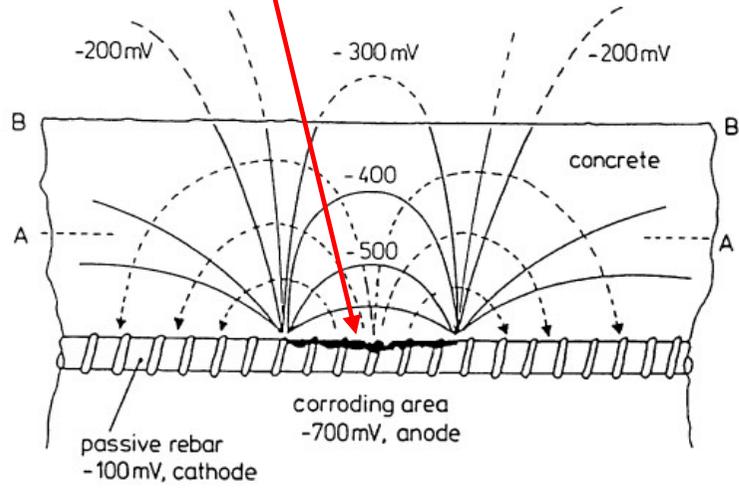
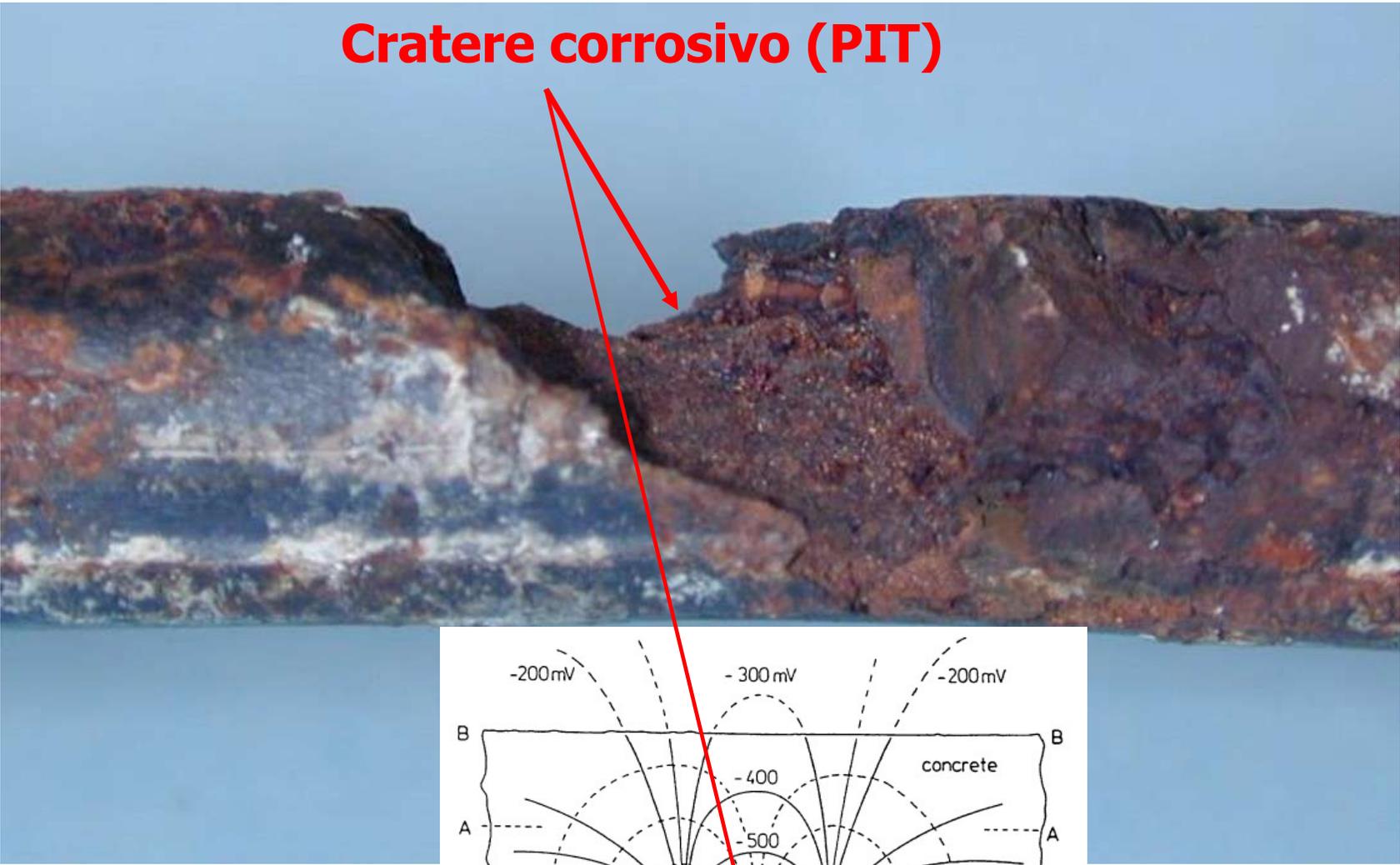
Pietro
Pedefferri





M. Collepardi

Cratere corrosivo (PIT)



Pietro Pedferri



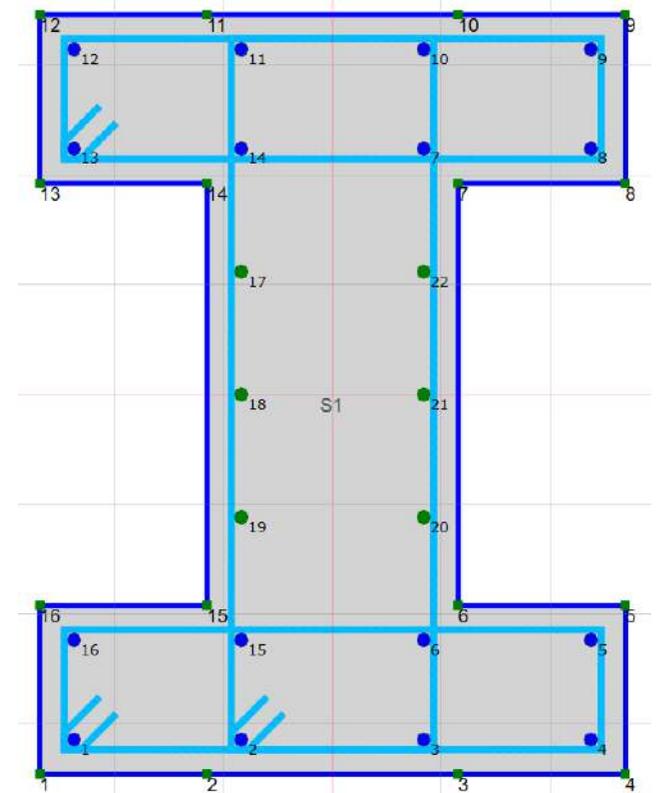
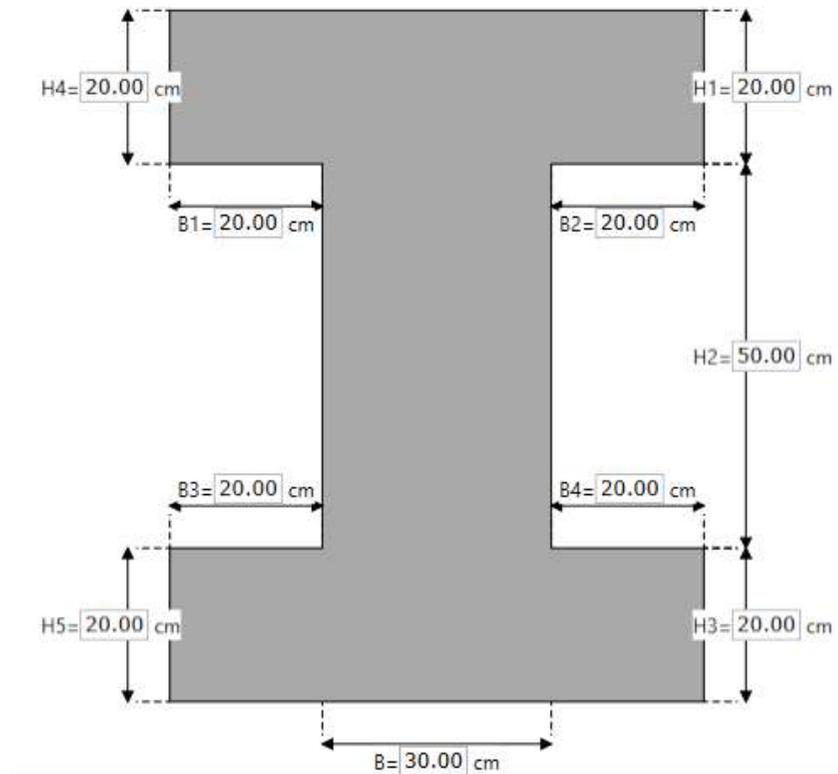
ANALISI LOCALI



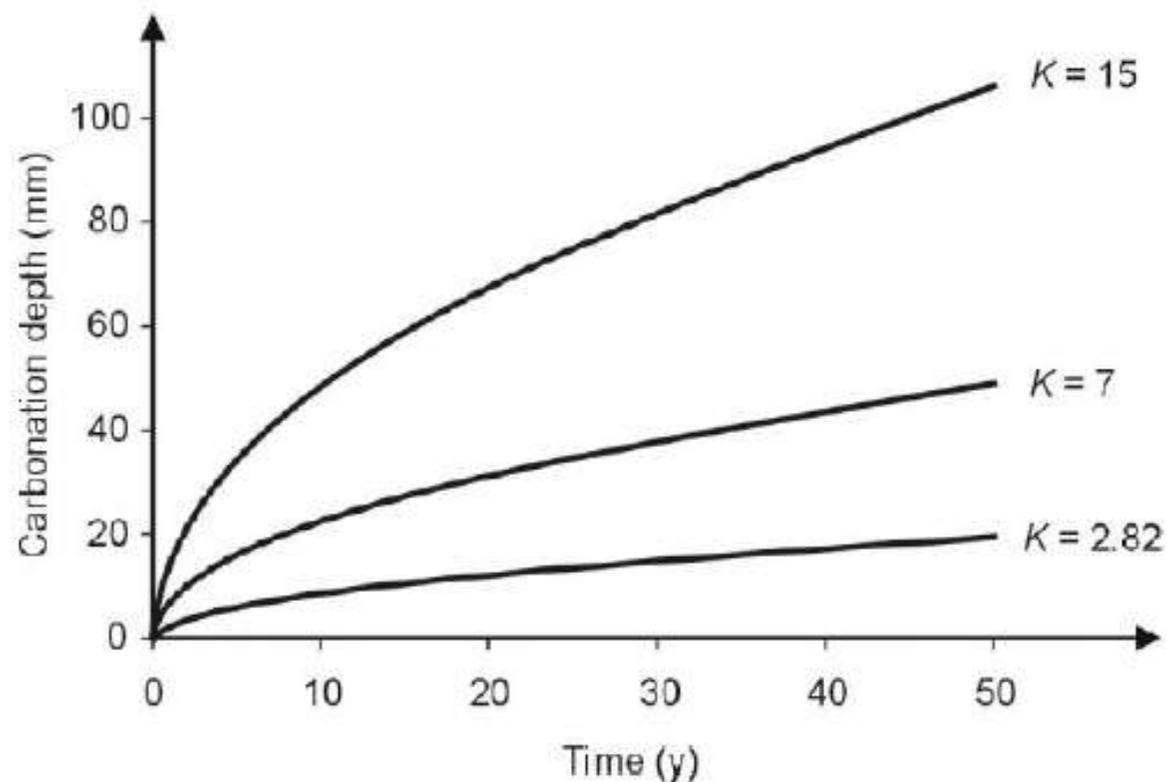
**CASO STUDIO:
penetrazione
dell'anidride carbonica
in sezioni in
calcestruzzo armato**

Dati:

- Geometria a doppio T
- $a = 30 \text{ mm}$
- $K = 9 \text{ mm/anni}^{0,5}$
- $I_{\text{corr}} = 3 \text{ mA/m}^2$
- C25/30
- FeB44K (fi 16)
- Staffe fi 8/15"



- $2 < K < 6$ per calcestruzzi compatti con contenuto di cemento superiore a 350 kg/m^3
- $6 < K < 9$ per calcestruzzi di media compattezza
- $K > 9$ per calcestruzzi porosi con contenuto di cemento inferiore a 250 kg/m^3



EFFECTS OF CORROSION

CONTECVET IN30902I. A validated user's manual for assessing the residual life of concrete structures. (2001). DG Enterprise, CEC.

* In the Lack of Measurement

From Corrosion rate to maximum cross-section loss

EN 206

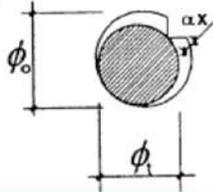
$$P_{pit}(t) = p(t) = 0.0116 \alpha t_p I_{corr}$$

$P_{pit}(t)$: maximum pit depth at the time of analysis

α : pitting factor, set equal to 10

t_p : propagation period

I_{corr} : corrosion rate



Exposure Classes		I_{CORR} [$\mu A/cm^2$]	
0	No risk of corrosion	~ 0.01	
Carbonation		1.1.1.2 Partially carbonated	Totally carbonated
C1	Dry	~ 0.01	~ 0.01
C2	Wet - rarely - Dry	0.1 - 0.5	0.2 - 0.5
C3	Moderate humidity	0.05 - 0.1	0.1 - 0.2
C4	Cyclic wet - dry	0.01 - 0.2	0.2 - 0.5
D1	Moderate humidity	0.1 - 0.2	0.1 - 0.2
D2	Wet - rarely - dry	0.1 - 0.5	0.1 - 0.5
D3	Cyclic wet - dry	0.5 - 5	0.5 - 5
S1	Airborne sea water	0.5 - 5	0.5 - 5
S2	Submerged	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0
T	Tidal zone	1 - 10	1 - 10

PER PASSARE DA: microampere/cm² → milliampere/mq

DEVI MOLTIPLICARE PER IL FATTORE 10

Corrente elettrica / Area

1 = 10

Microampere / Centimetro quadrato → Milliampere / Metro quadrato

Formula: moltiplica il valore dell'unità di corrente elettrica / area per 10

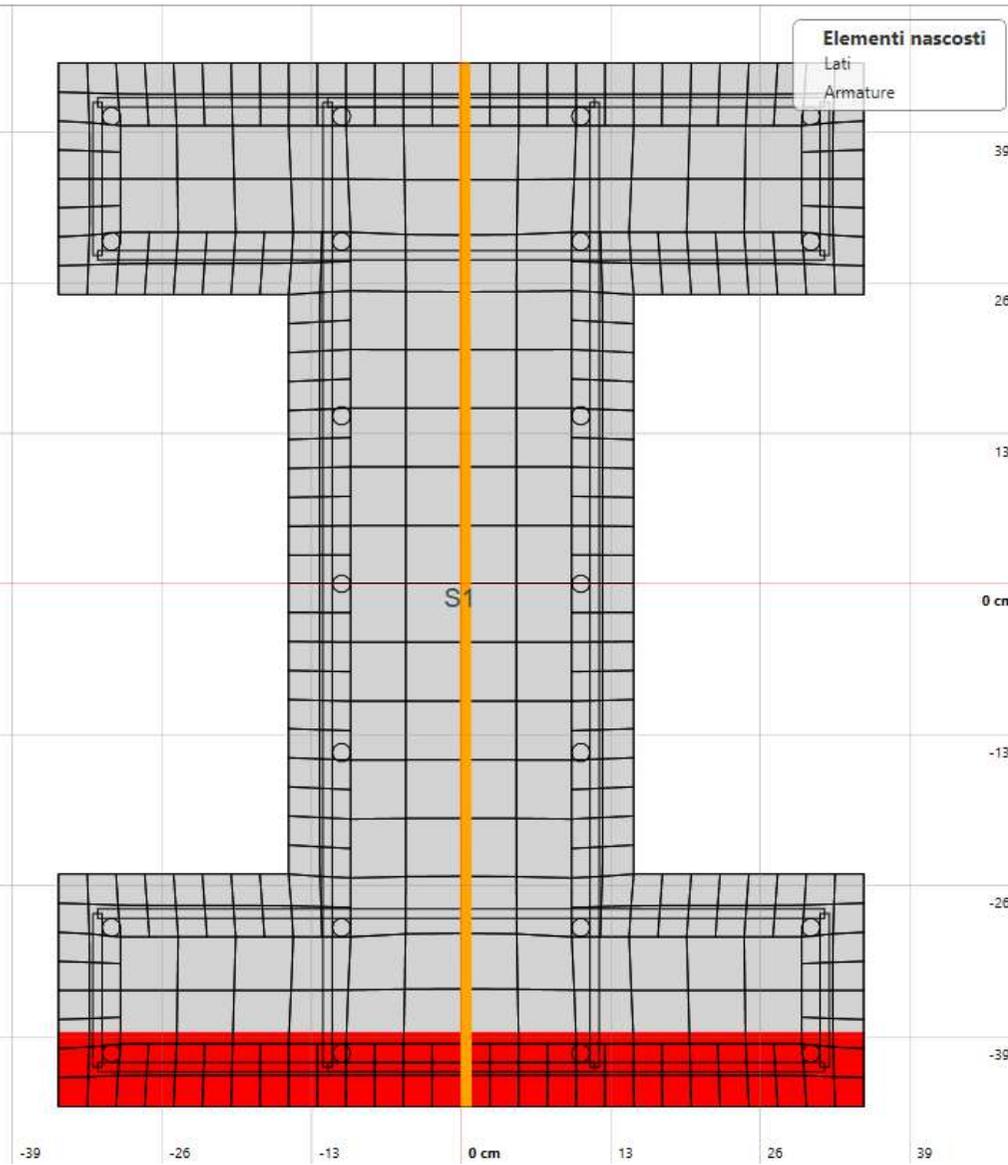
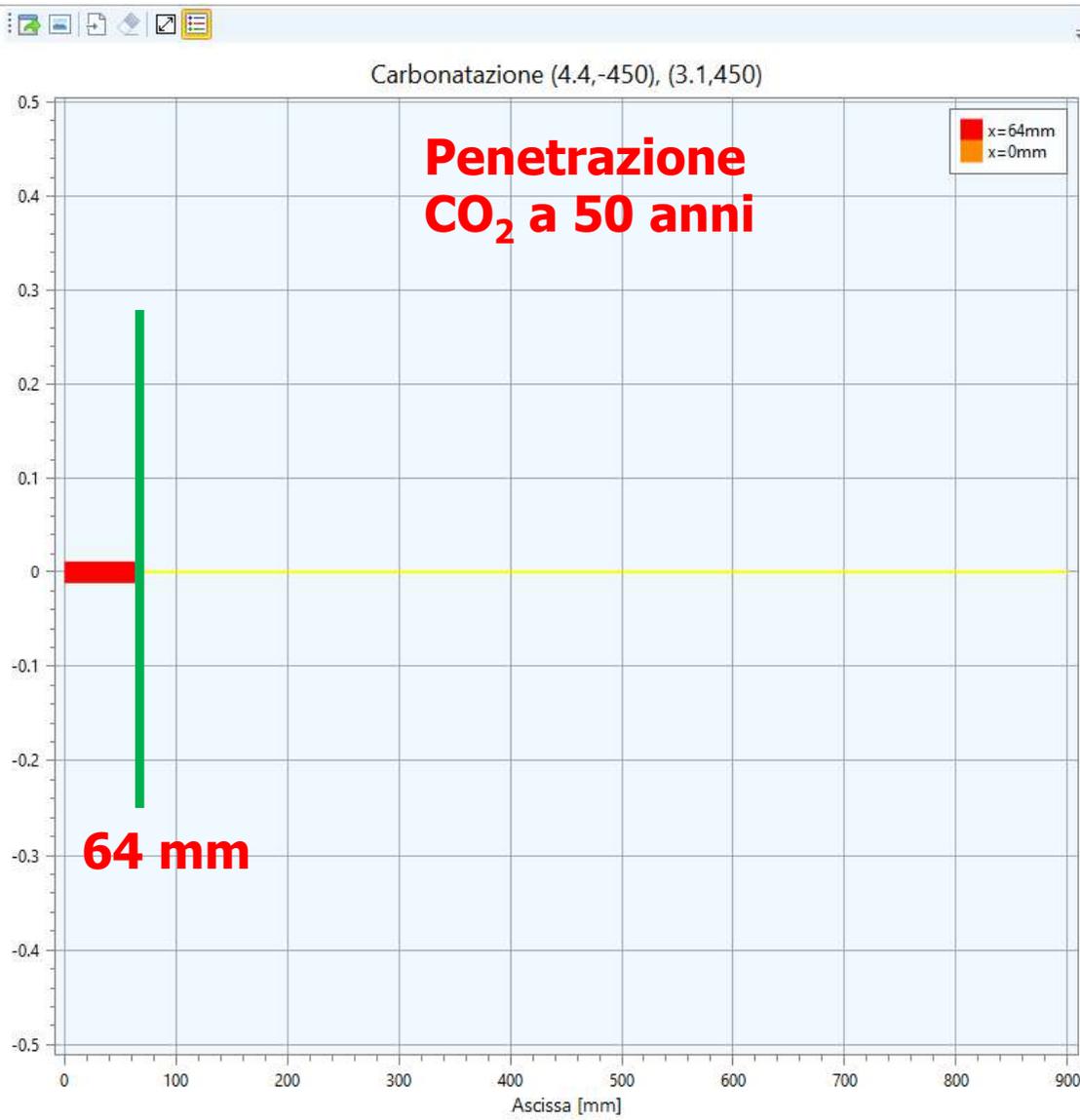
XS1						
Time [years]	50	60	70	80	90	100
$P_{pit}(t)$ [mm]	0.39	2.37	4.34	6.31	8.28	10.25

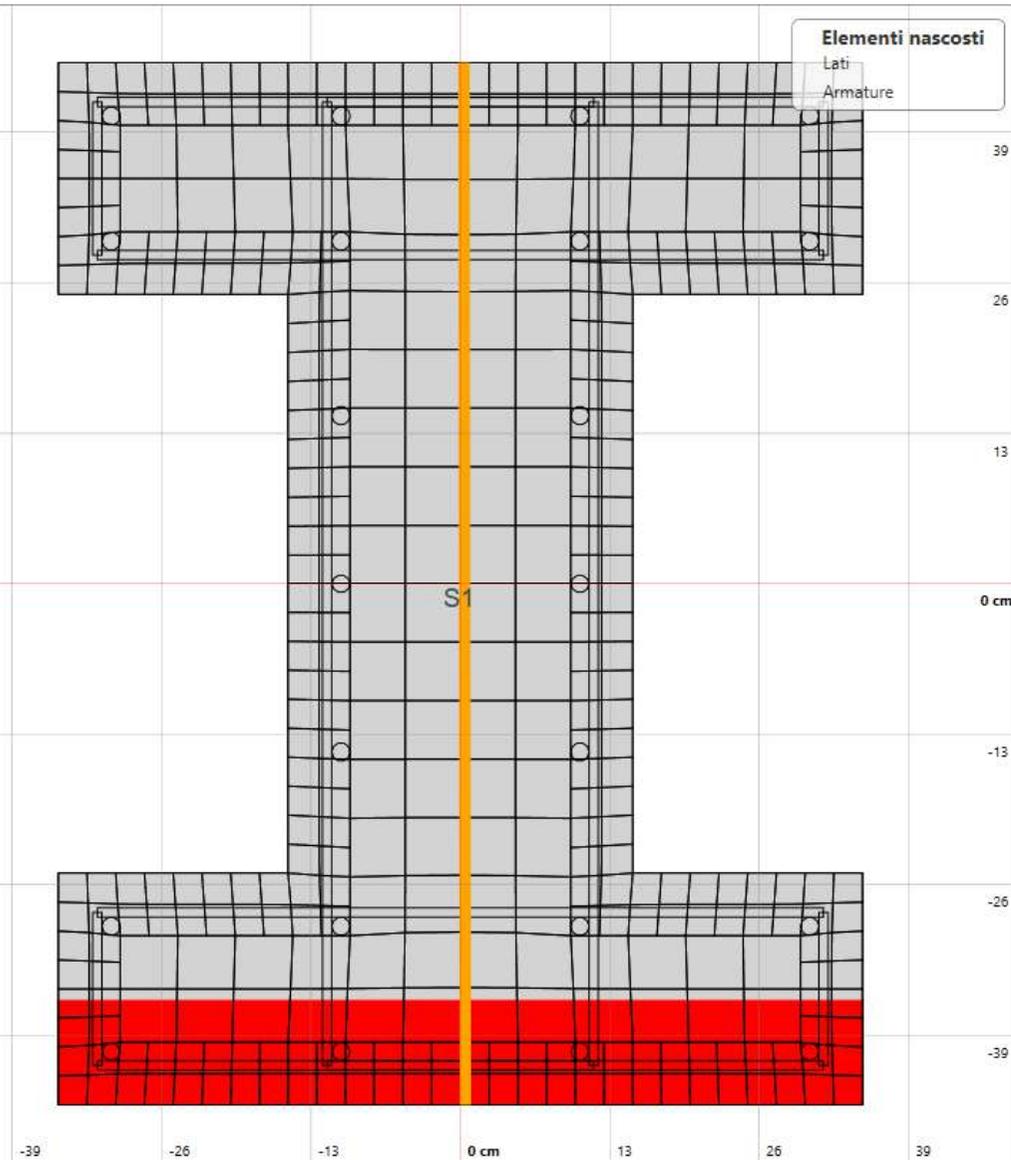
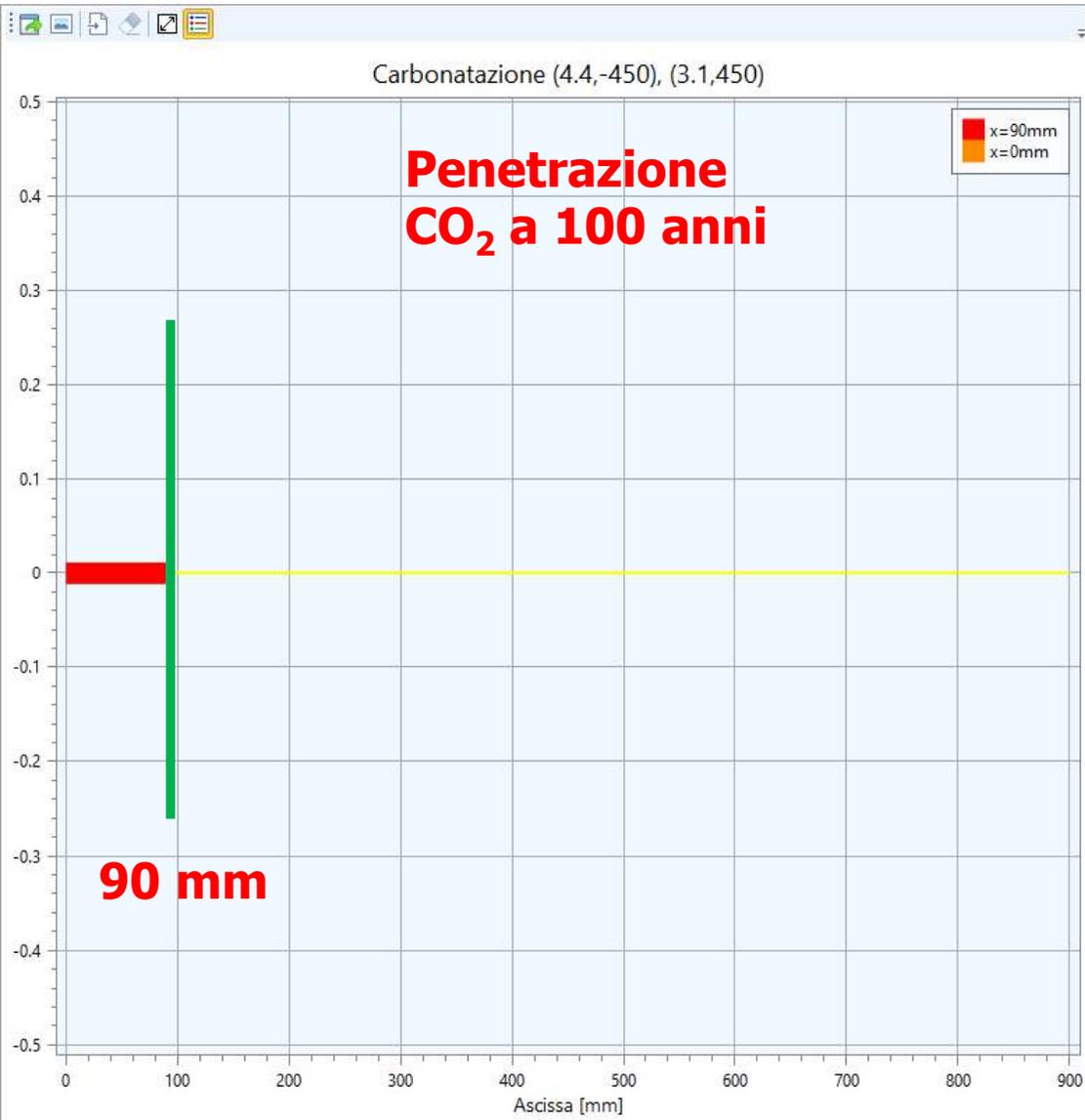
XS2						
Time [years]	50	60	70	80	90	100
$P_{pit}(t)$ [mm]	0.75	1.33	1.91	2.49	3.07	3.65

XS3						
Time [years]	50	60	70	80	90	100
$P_{pit}(t)$ [mm]	4.93	7.83	10.73	13.63	16.5	19.43

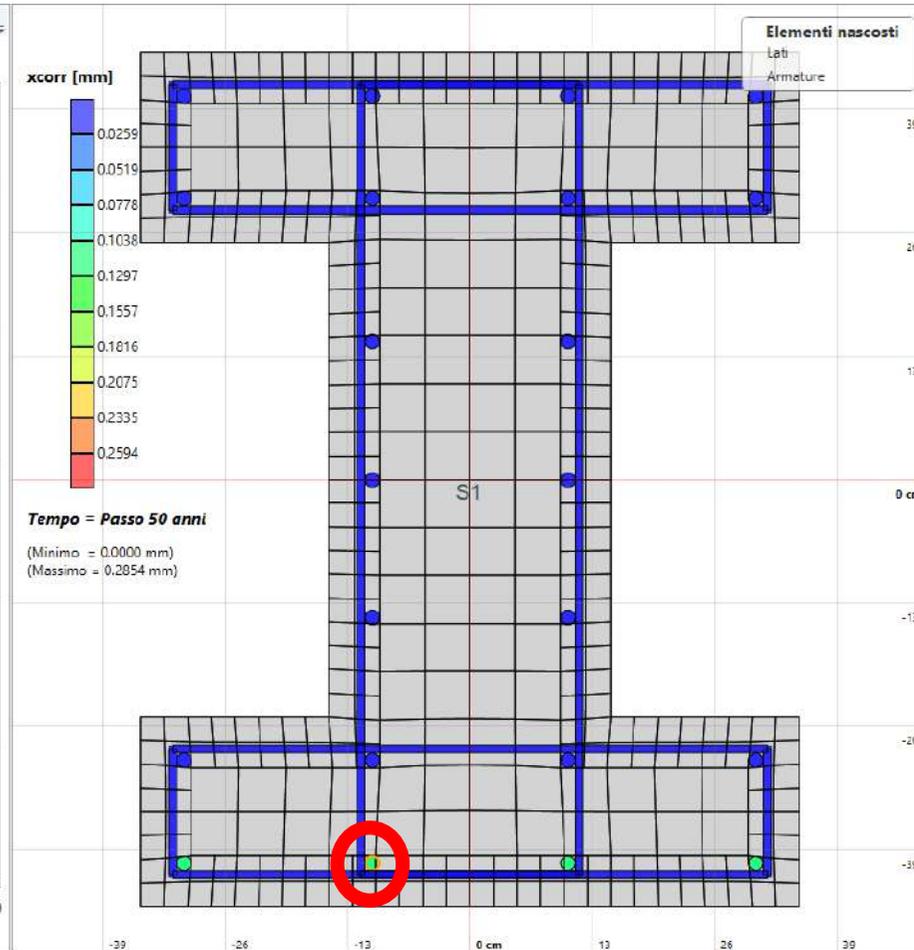
Input Parameter			
Exposure	XS1	XS2	XS3
I_{corr} [$\mu A/cm^2$]	1.7	0.5	2.5

VALORI DA CONSIDERARE NELLA CARBONATAZIONE





Profondità di penetrazione a 50 anni calcolata con le analisi diffusive



Asta	
Tipologia	I 170x90 (CIs)
Lunghezza [cm]	300.00
Rinforzo	Nessuno
Tipo elemento	Trave
Copriferro [cm]	3.00
Criteri di progetto	Crit_Prog (1)

Calcolo	
Passo Fibre cop. [cm]	2.50

Varie	
Diffusività	
wspal [cm]	0.10
mesh D. [°]	15

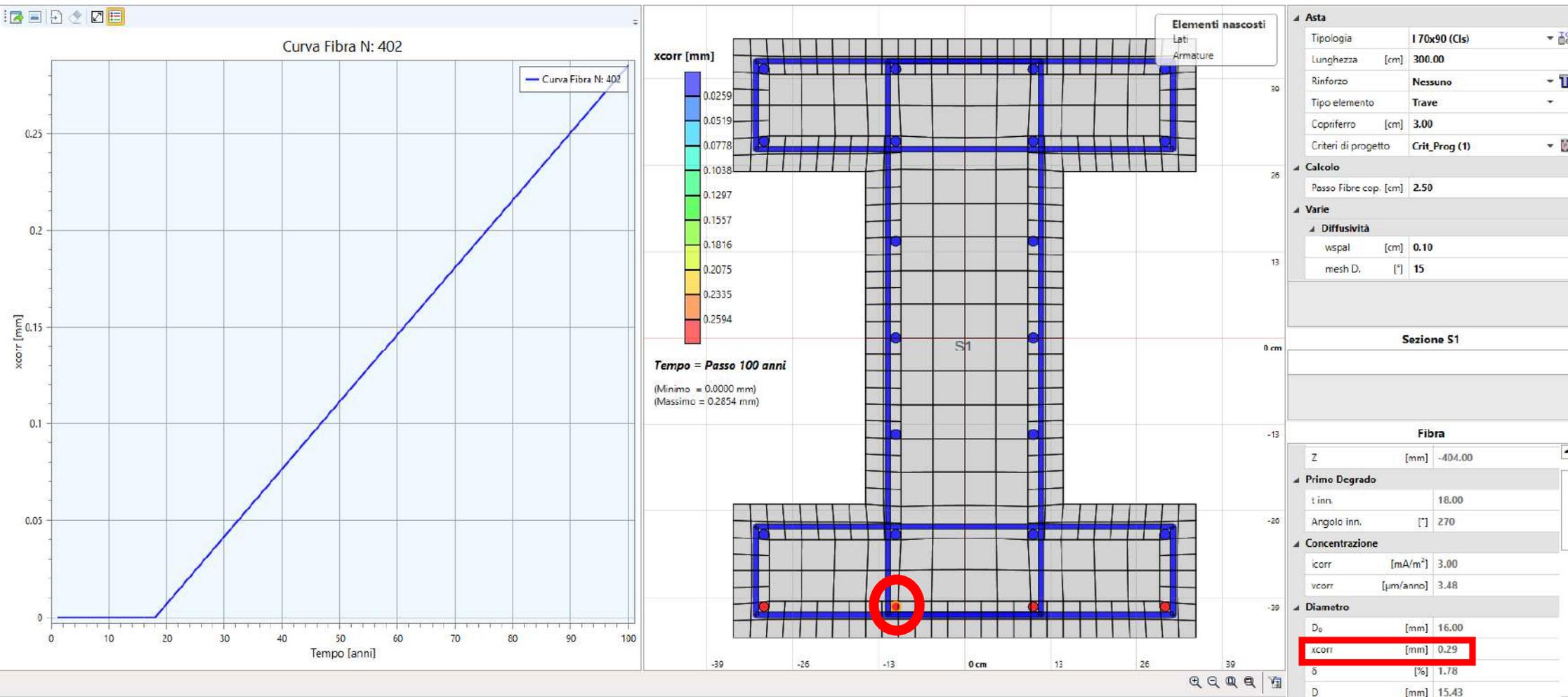
Fibra	
Z [mm]	-404.00

Primo Degrado	
t inn.	18.00
Angolo inn. [°]	270

Concentrazione	
icorr [mA/m ²]	3.00
vcorr [µm/anno]	3.48

Diametro	
Dc [mm]	16.00
xcorr [mm]	0.11
δ [%]	0.70
D [mm]	15.78

Profondità di penetrazione a 100 anni calcolata con le analisi diffusive



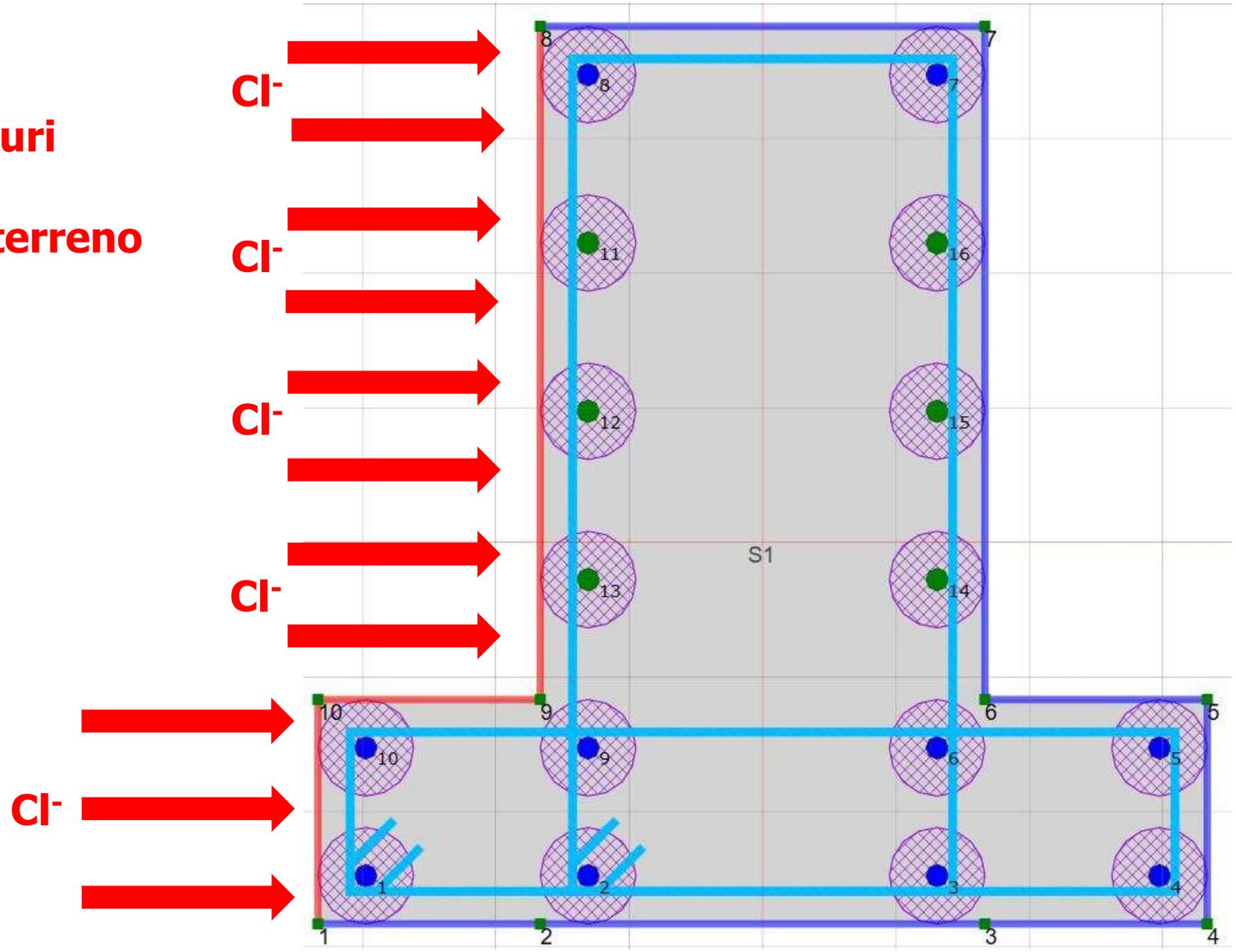
**CASO STUDIO:
penetrazione dei cloruri
in sezioni in
calcestruzzo armato**

Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo

	Classi di esposizione																	
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico		
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti									
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2
Massimo rapporto a/c	-	0,60		0,55	0,50	0,50	0,45		0,55	0,50	0,45	0,50	0,50		0,45	0,55	0,50	0,45
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30		C30/37	C32/40	C32/40	C35/45		C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30		C30/37	C30/37	C32/40	C35/45
Minimo contenuto in cemento (kg/m^3) ^{d)}	-	300		320	340	340	360		320	340	360	320	340		360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)												b)	4,0 ^{a)}					
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				In caso di esposizione a terreno o acqua del terreno contenente solfati nei limiti del prospetto 2 della UNI EN 206:2014, è richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati ^{c)}		

- a) Quando il calcestruzzo non contiene aria inglobata, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI CEN/TS 12390 -9, UNI CEN/TR 15177 o UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. Il valore minimo di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con $D_{upper} > 20\text{mm}$; per D_{upper} inferiori il limite minimo andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per D_{upper} tra 12 mm e 16 mm).
- b) Qualora si ritenga opportuno impiegare calcestruzzo aerato anche in classe di esposizione XF1 si adottano le specifiche di composizione prescritte per le classi XF2 e XF3.
- c) Cementi resistenti ai solfati sono definiti dalla UNI EN 197-1 e su base nazionale dalla UNI 9156. La UNI 9156 classifica i cementi resistenti ai solfati in tre classi: moderata, alta e altissima resistenza solfatica. La classe di resistenza solfatica del cemento deve essere prescelta in relazione alla classe di esposizione del calcestruzzo secondo il criterio di corrispondenza della UNI 11417-1.
- d) Quando si applica il concetto di valore k il rapporto massimo a/c e il contenuto minimo di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.

**Azione dei cloruri
in una trave di
fondazione in terreno
contaminato.**



Dati:

- FONDAZIONE

- $a = 25 \text{ mm}$

- $C_0 = 0$

- $D_{RCM} = 10 \times 10^{-12} \text{ (m}^2/\text{s)} = 315,36 \text{ mm}^2/\text{anni}$

- $k_e, k_t = 1$

- $A(t) = (t_0/t)^\alpha$

- $\alpha = 0,3$

- $t_0 = 28 \text{ gg} = 0,0767 \text{ anni}$

- $C_{crit} = 0,5\%$

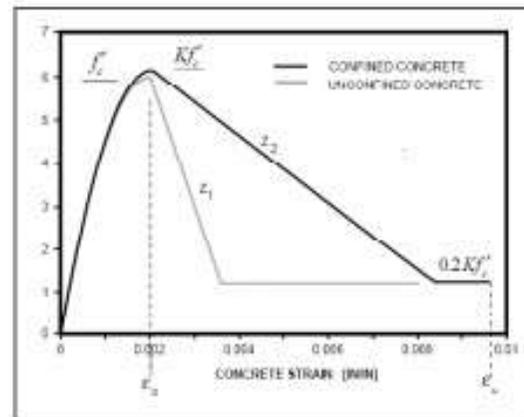
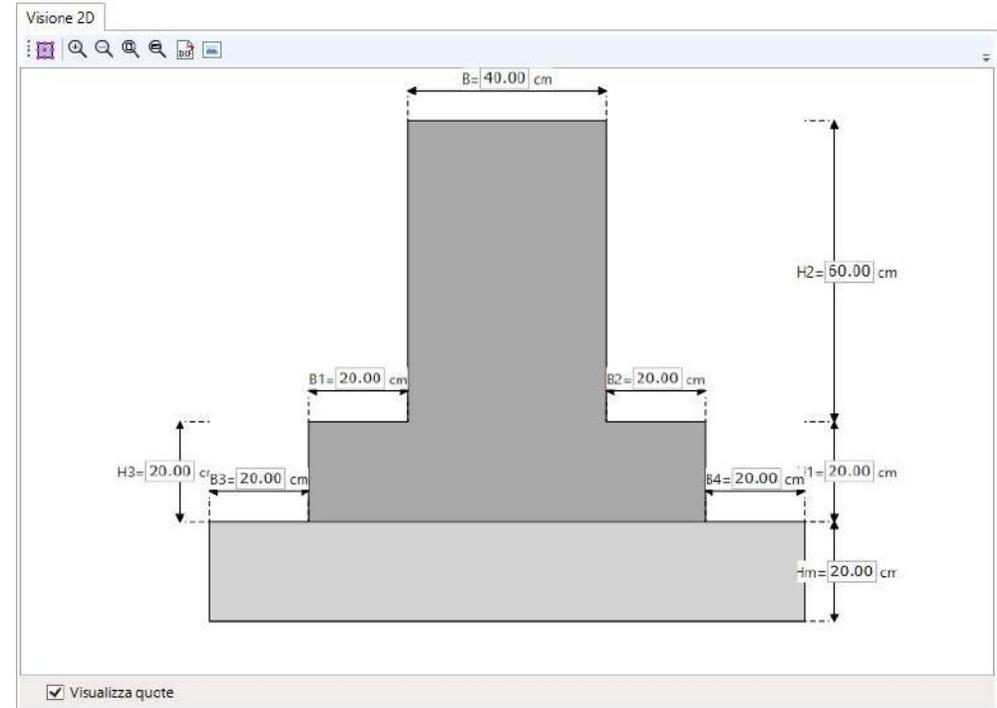
- $C_s = 1,5\%$

- $\Delta x = 0$

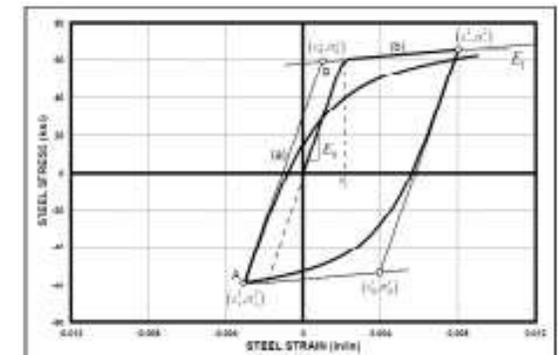
- C25/30

- FeB44K (fi 20)

- Staffe fi 8/15"



Il legame costitutivo di Kent e Park in funzione del confinamento del calcestruzzo



Il legame costitutivo di Pinto-Menegotto.

$$\operatorname{erf}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \int_0^z e^{-\eta^2} d\eta$$

$$C(x = a, t) = C_0 + (C_{S,\Delta x} - C_0) \cdot \left[1 - \operatorname{erf} \frac{a - \Delta x}{2 \cdot \sqrt{D_{app,c}(t) \cdot t}} \right]$$

Soluzione equazione di FICK

$$D_{app,c}(t) = k_e \cdot D_{RCM,0} \cdot k_t \cdot A(t)$$

$$A(t) = \left(\frac{t_0}{t} \right)^a$$

$$i_{corr} = 0.926 \exp \left[7.98 + 0.7771 \ln(1.69C_t) - \frac{3006}{T} - 0.000116R_c + 2.24t^{-0.215} \right]$$

in cui C_t è il contenuto totale di cloruri (kg/m^3 di calcestruzzo), T è la temperatura ($^\circ\text{K}$), R_c è la resistenza [Ω], t è il tempo in anni. R_c viene correlata al contenuto di cloruri nel modo seguente:

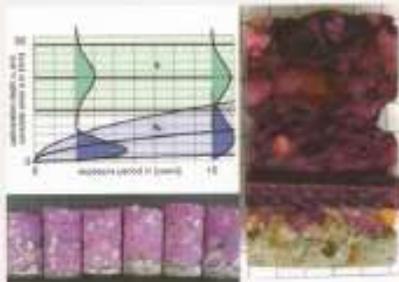
$$R_c = \exp[8.03 - 0.549 \ln(1 + 1.69C_t)]$$

Velocità di corrosione (legge di Faraday)

$$\delta(\Delta t) = \frac{x(\Delta t)}{D_0} = \frac{v \cdot \Delta t}{D_0} = \frac{0.00116 \cdot i_{corr}(C(x = a, t)) \cdot \Delta t}{D_0}$$

Il coefficiente di diffusione apparente $D_{app,c}(t)$ viene valutato come:

$$D_{app,c}(t) = k_e \cdot D_{RCM,0} \cdot k_t \cdot A(t)$$



Model Code for Service Life Design

Table B2-1: Quantification of $D_{RCM,0}$ for different concrete mixtures, [5]

$D_{RCM,0}$ [m ² /s]	$w/c_{eqv.}$ ¹					
	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
cement type						
CEM I 42.5 R	n.d. ²	$8.9 \cdot 10^{-12}$	$10.0 \cdot 10^{-12}$	$15.8 \cdot 10^{-12}$	$19.7 \cdot 10^{-12}$	$25.0 \cdot 10^{-12}$
CEM I 42.5 R + FA (k = 0.5)	n.d. ²	$5.6 \cdot 10^{-12}$	$6.9 \cdot 10^{-12}$	$9.0 \cdot 10^{-12}$	$10.9 \cdot 10^{-12}$	$14.9 \cdot 10^{-12}$
CEM I 42.5 R + SF (k = 2.0)	$4.4 \cdot 10^{-12}$	$4.8 \cdot 10^{-12}$	n.d. ²	n.d. ²	$5.3 \cdot 10^{-12}$	n.d. ²
CEM III/B 42.5	n.d. ²	$1.4 \cdot 10^{-12}$	$1.9 \cdot 10^{-12}$	$2.8 \cdot 10^{-12}$	$3.0 \cdot 10^{-12}$	$3.4 \cdot 10^{-12}$

¹ equivalent water cement ratio, hereby considering FA (fly ash) or SF (silica fume) with the respective k-value (efficiency factor). The considered contents were: 22 wt.-%/cement; SF: 5 wt.-%/cement.

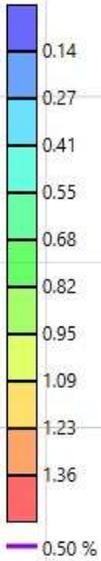
² n.d. – chloride migration coefficient $D_{RCM,0}$ has not been determined for these concrete mixes

$D_{RCM,0}$ è il coefficiente di migrazione rapida dei cloruri a 28 gg (Bullettin 34)

Concentrazione cloruri

Isocritica allo 0,5%

Concentrazione [%]



Tempo = Passo 12 anni

(Minimo = 0.00 %)
(Massimo = 1.50 %)

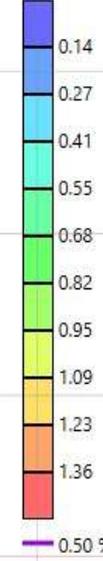
Cl⁻
Cl⁻
Cl⁻
Cl⁻
Cl⁻
Cl⁻
Cl⁻

Elementi nascosti

Lati 48
Armature

Trave in c.a. soggetta all'azione dei cloruri. Discretizzazione FEM

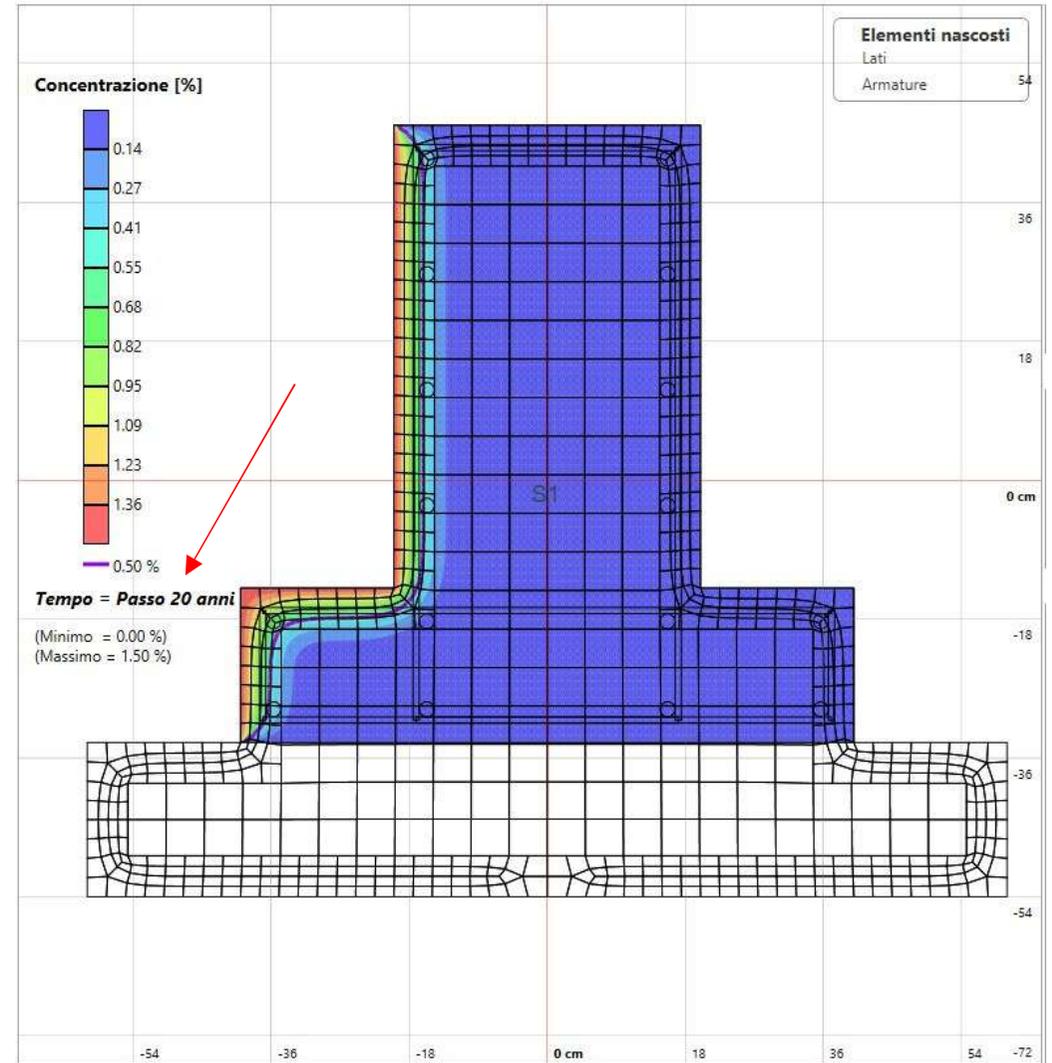
Concentrazione [%]

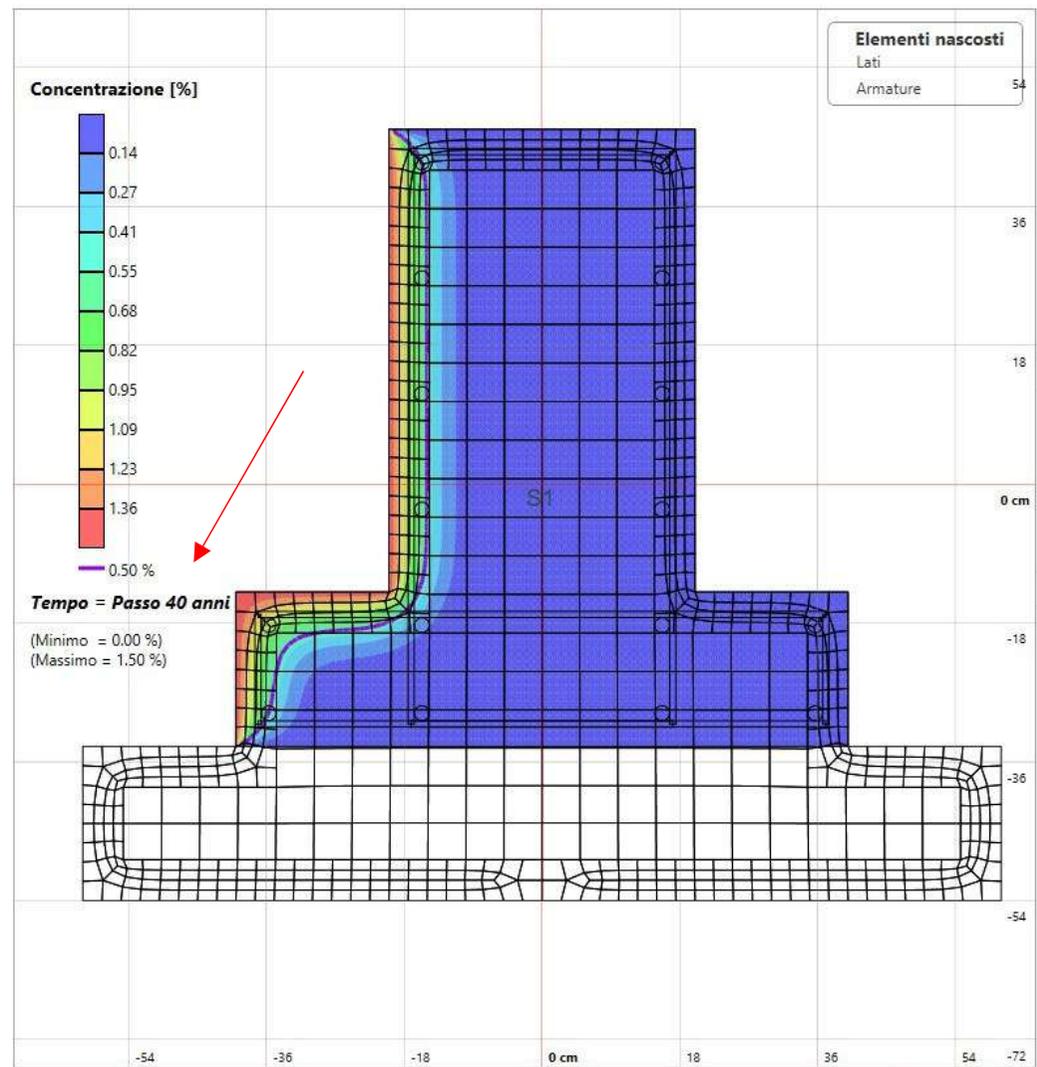
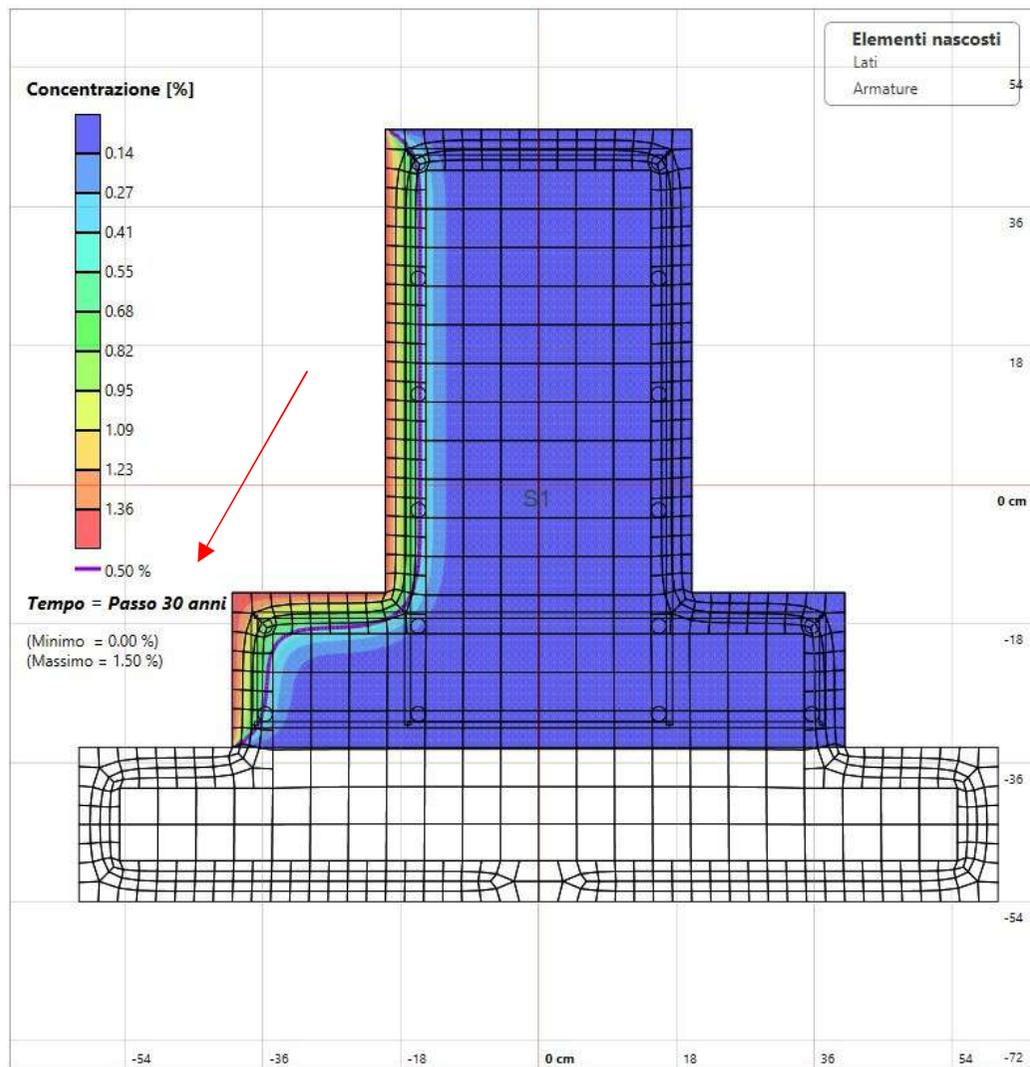


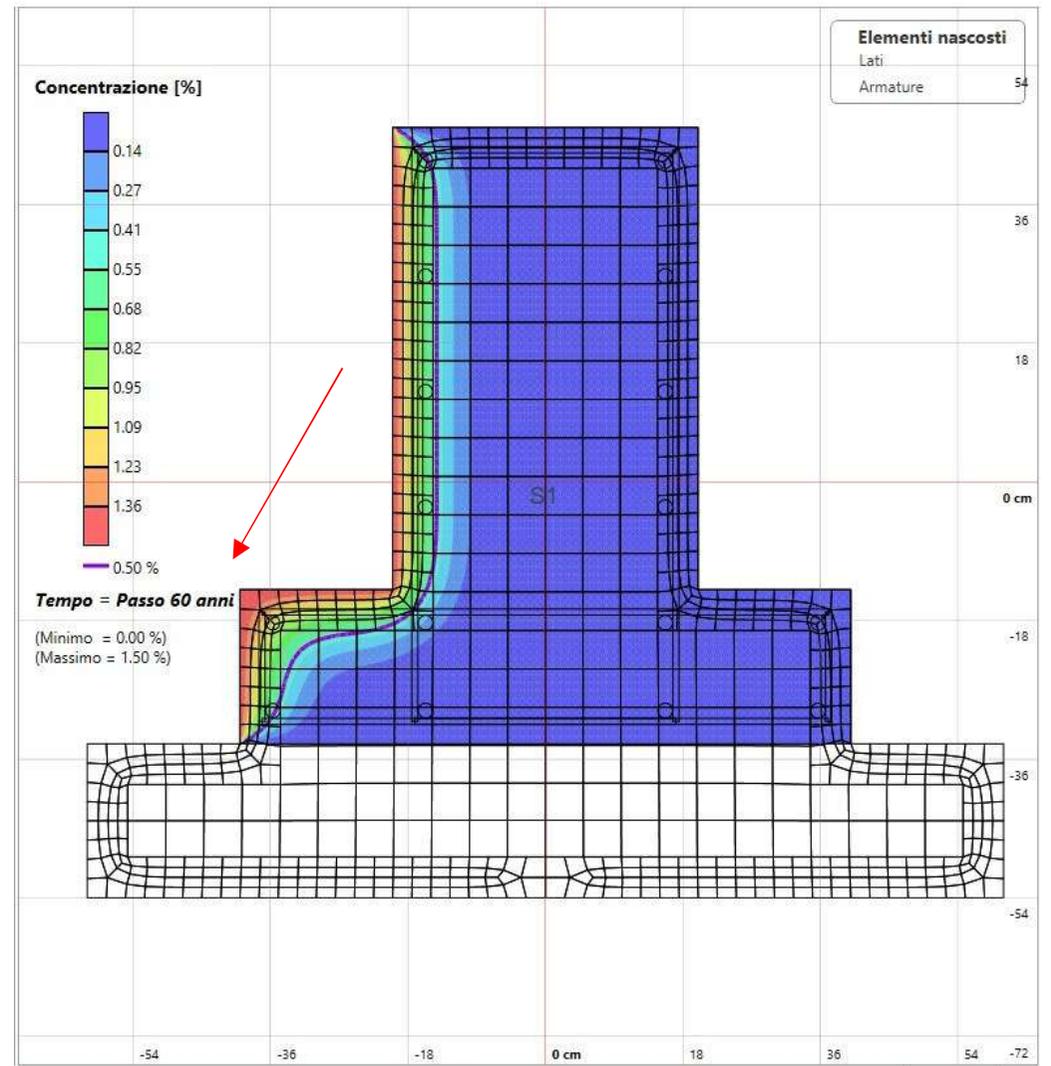
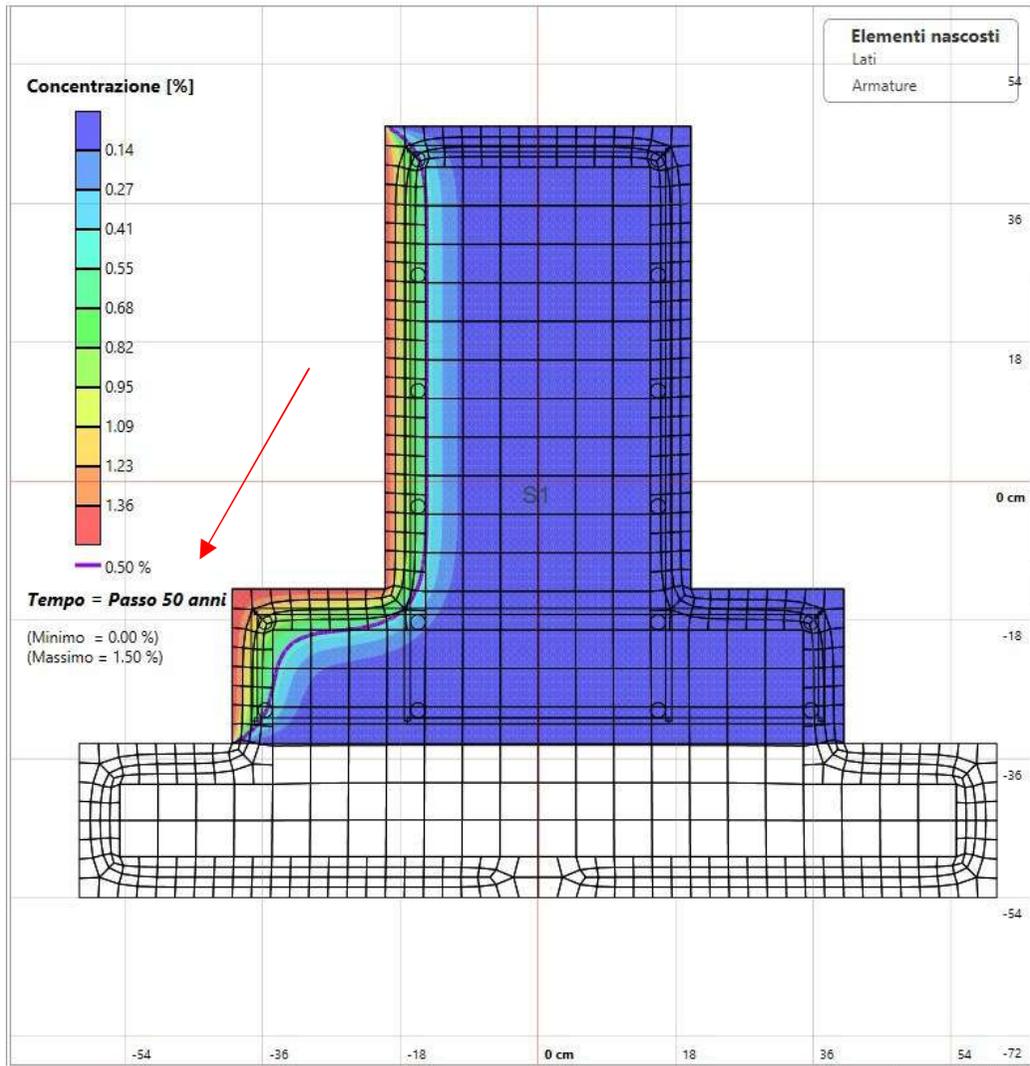
Tempo = Passo 13 anni

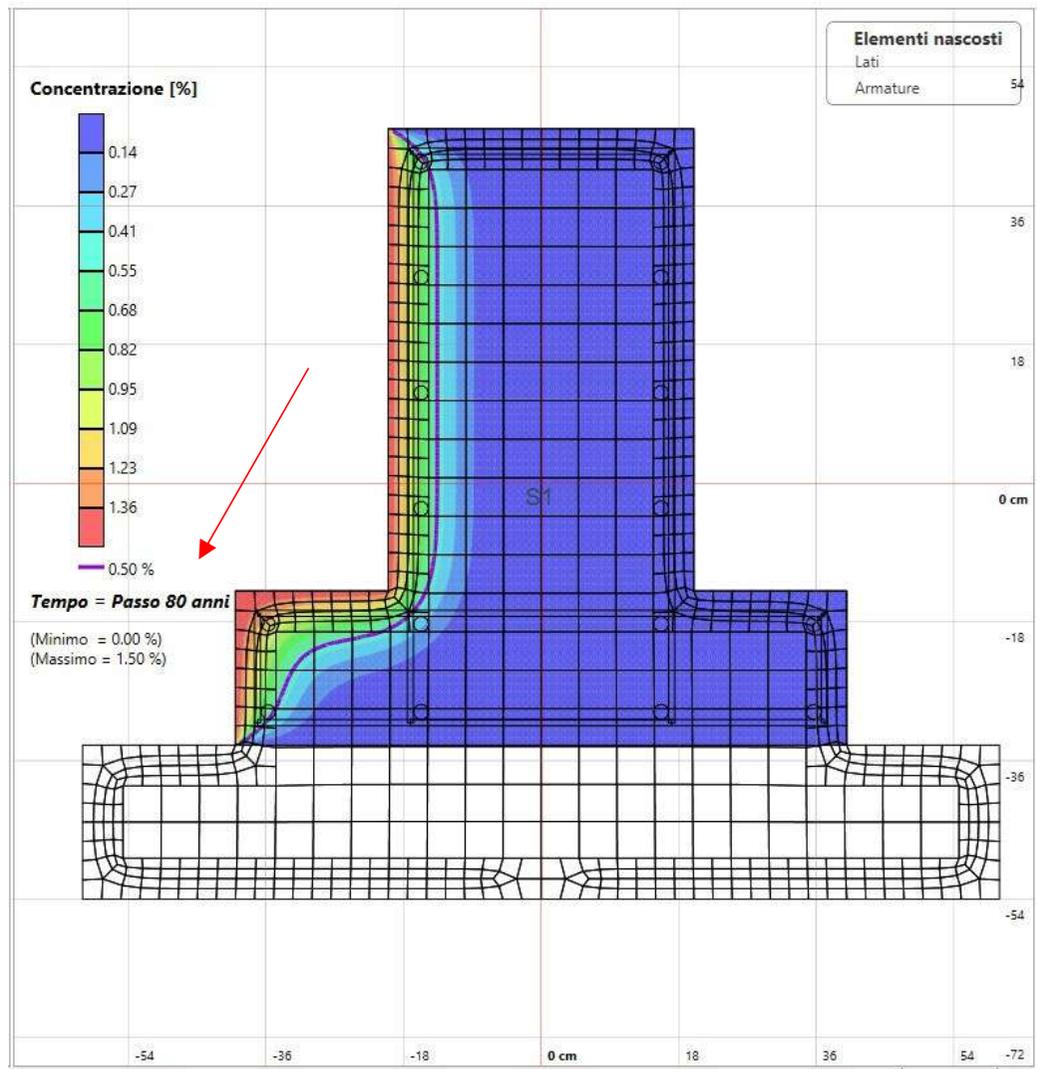
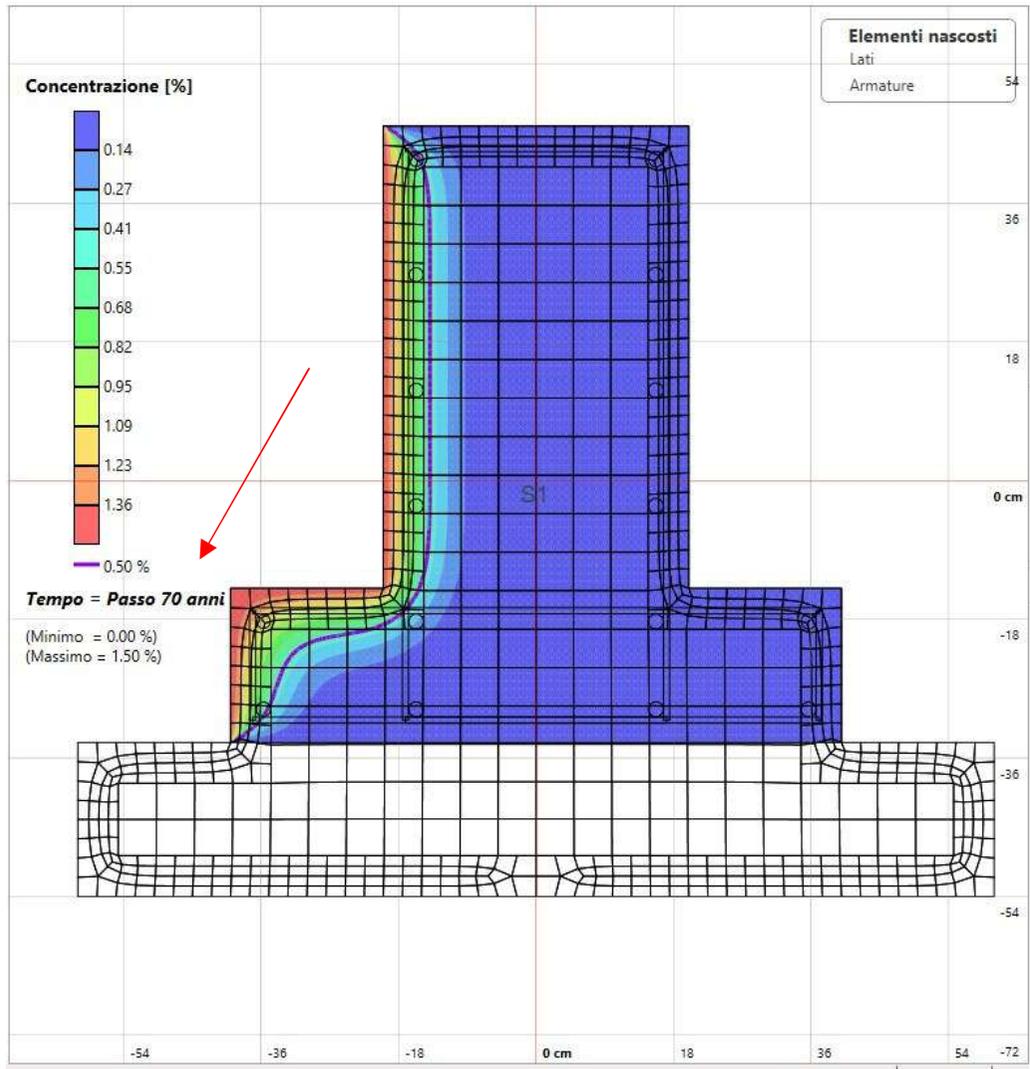
(Minimo = 0.00 %)
(Massimo = 1.50 %)

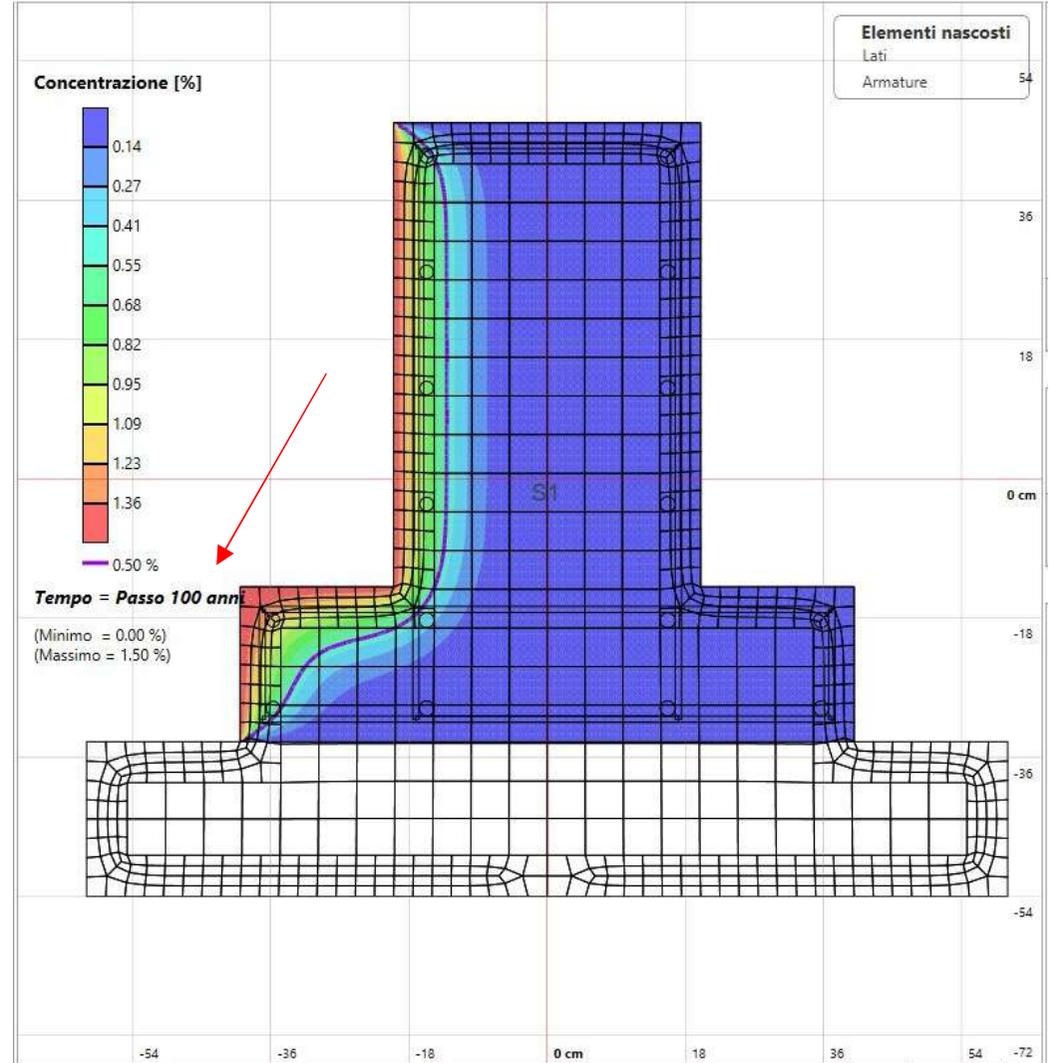
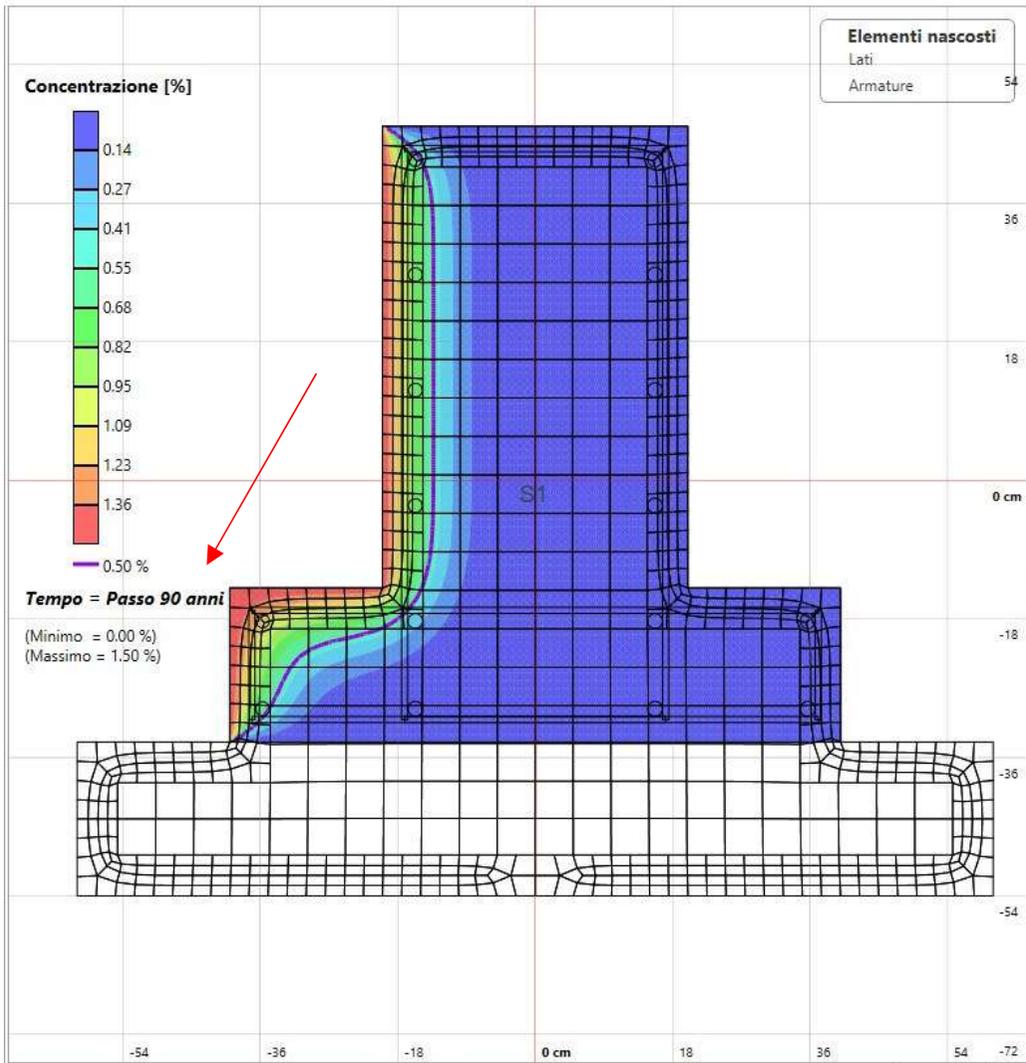
Tempo di innesco



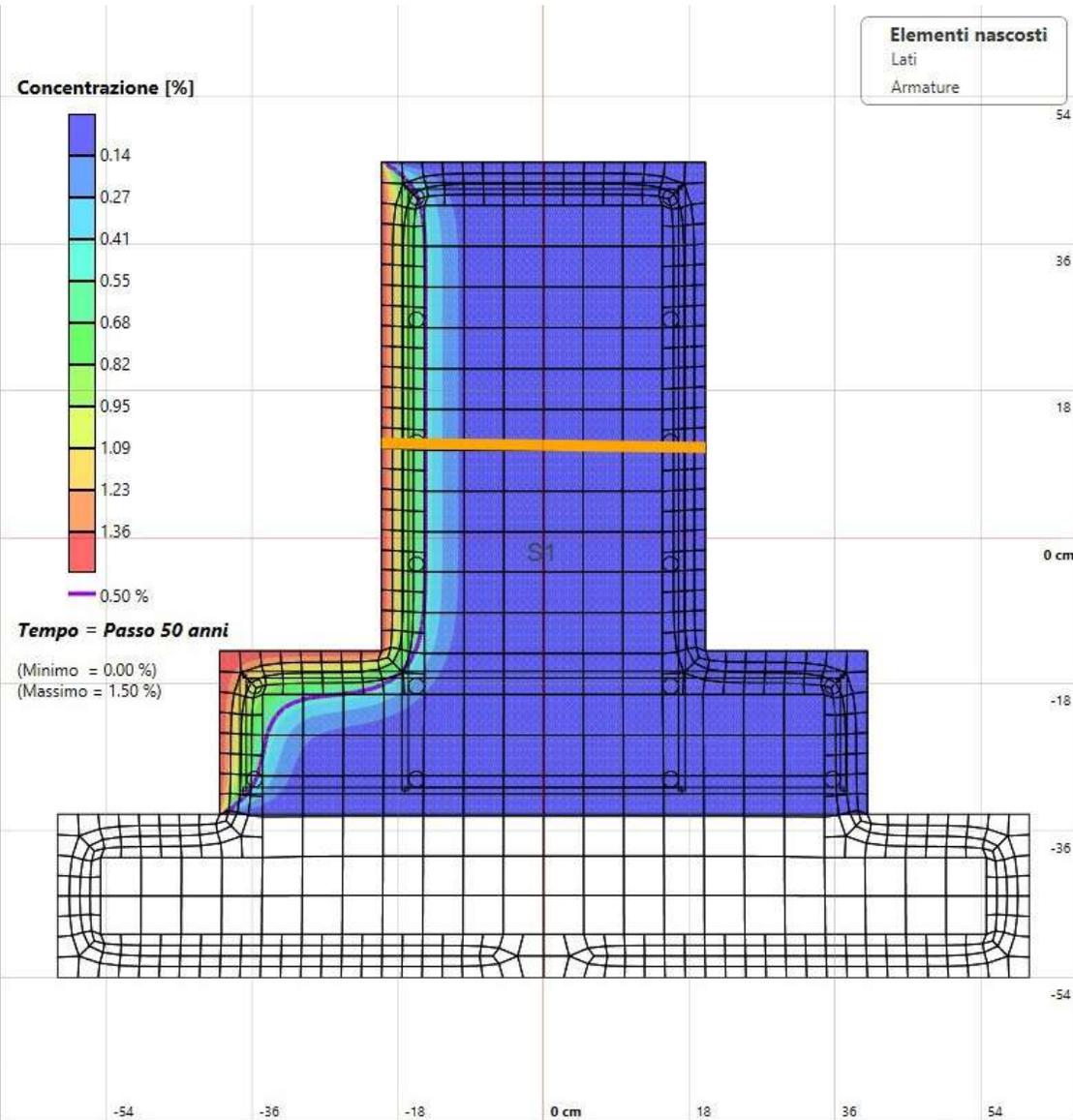
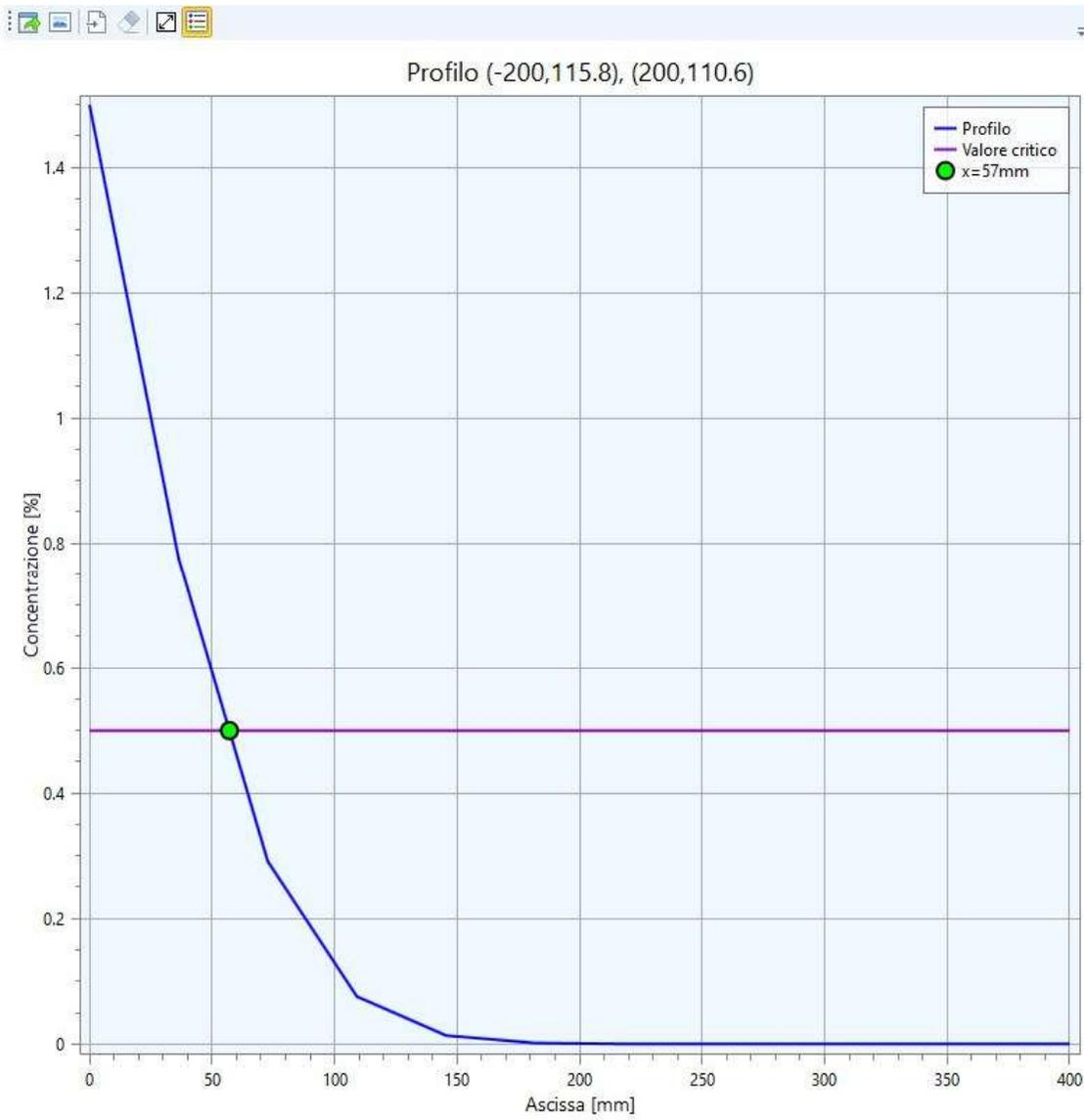




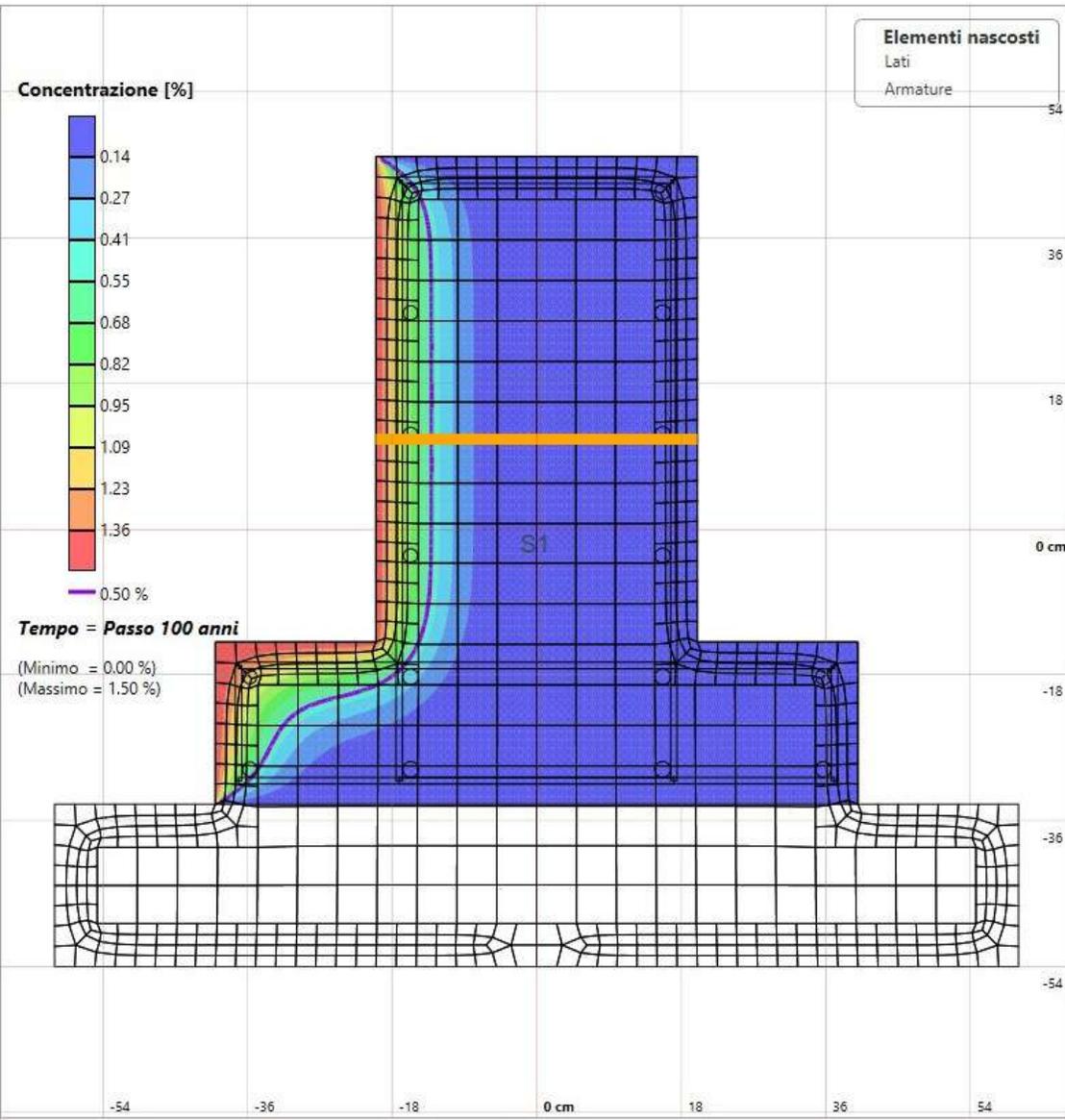
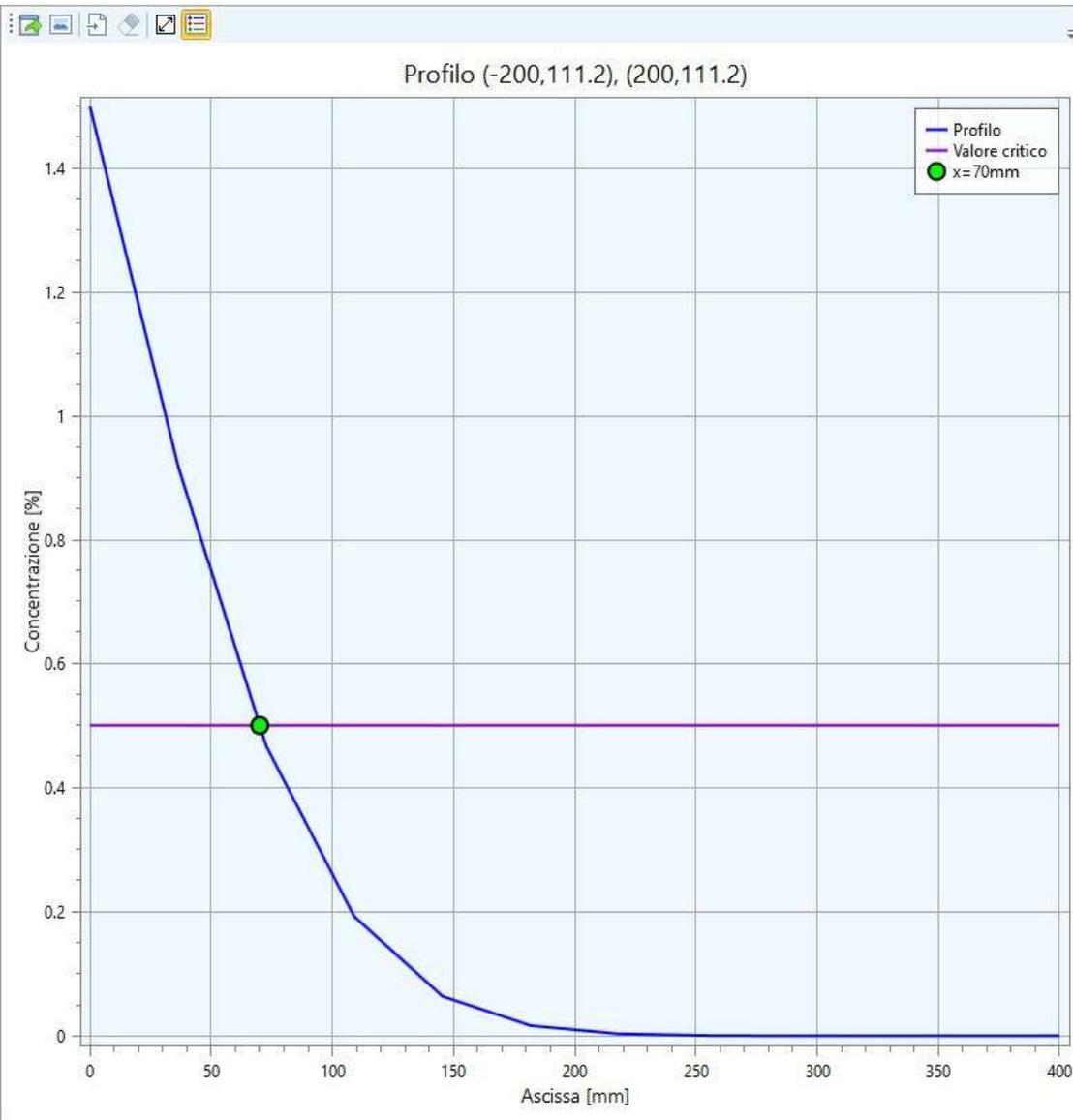




Profilo di penetrazione dei cloruri a 50 anni

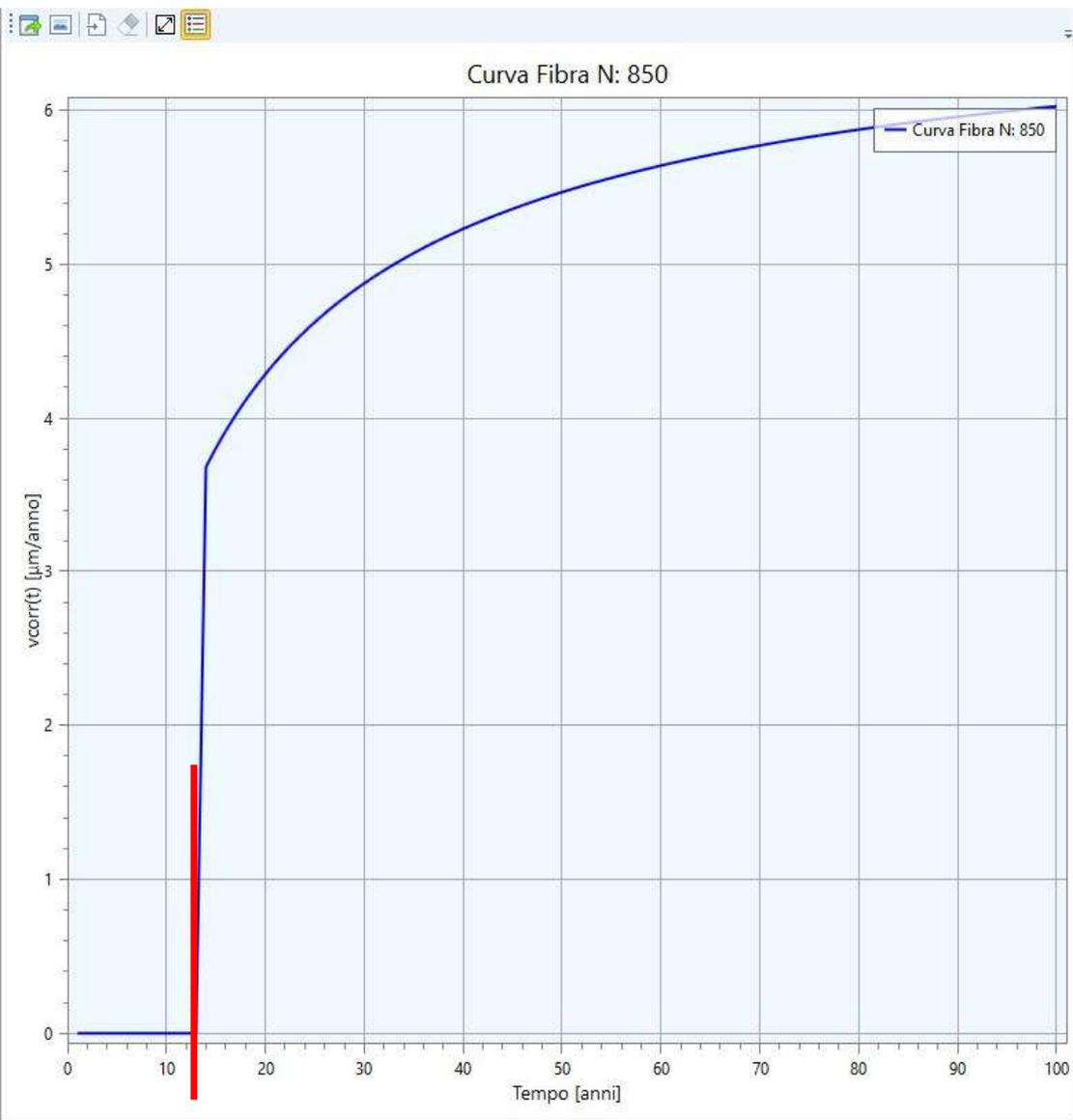


Profilo di penetrazione dei cloruri a 100 anni

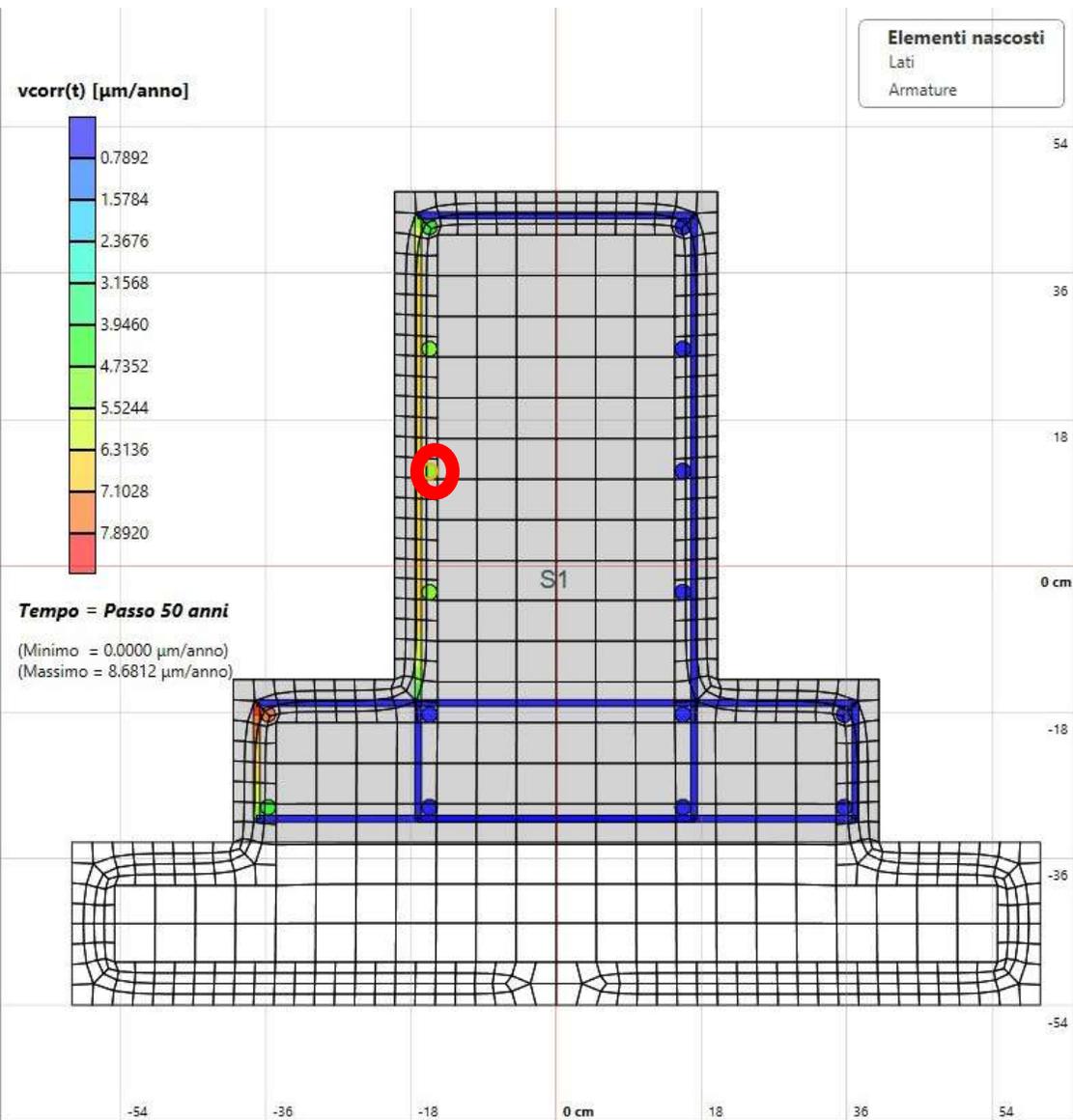


**Velocità di penetrazione dei
cloruri.**

**Tempo di innesco = 13 anni
(ferri di parete)**

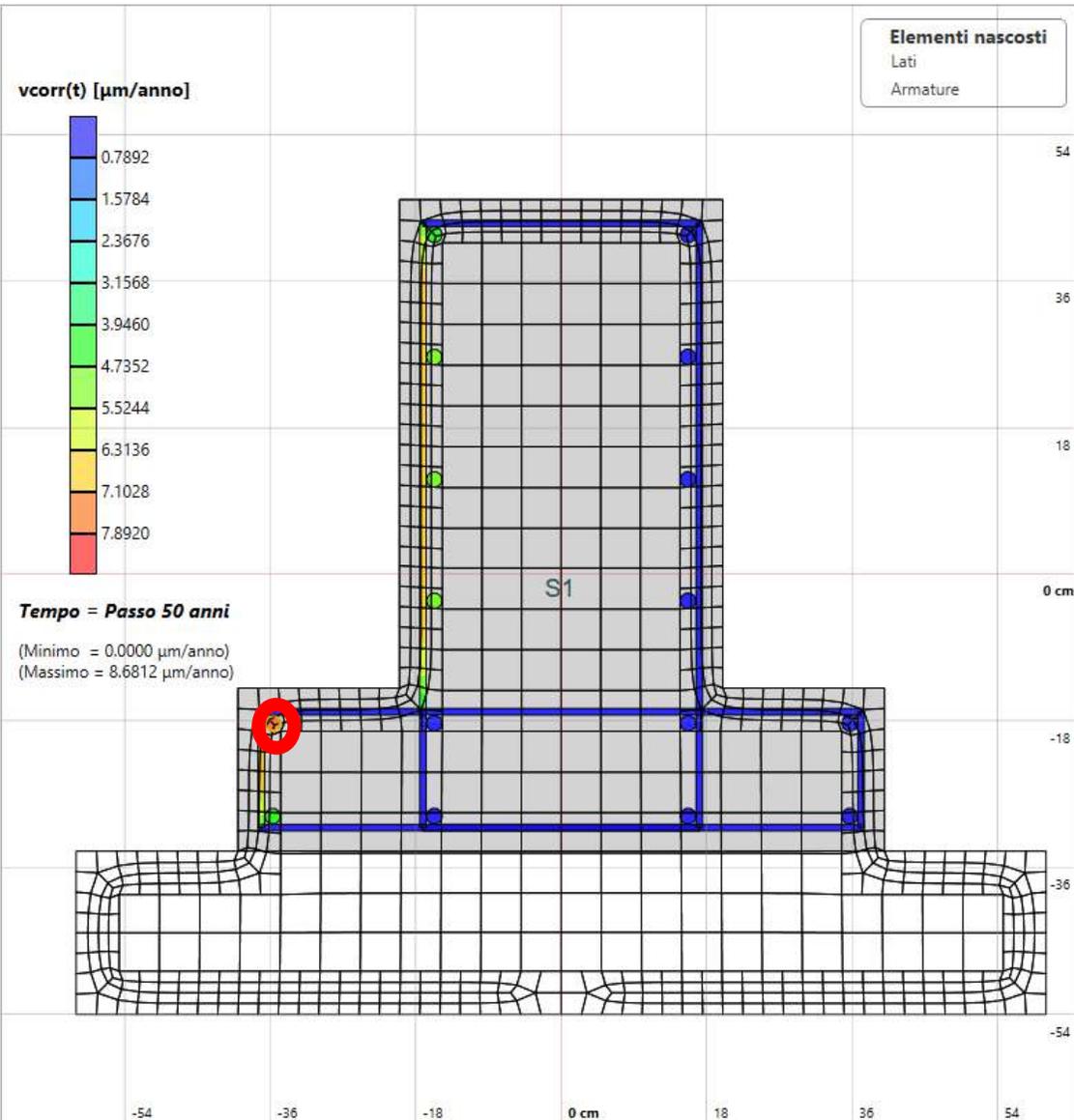
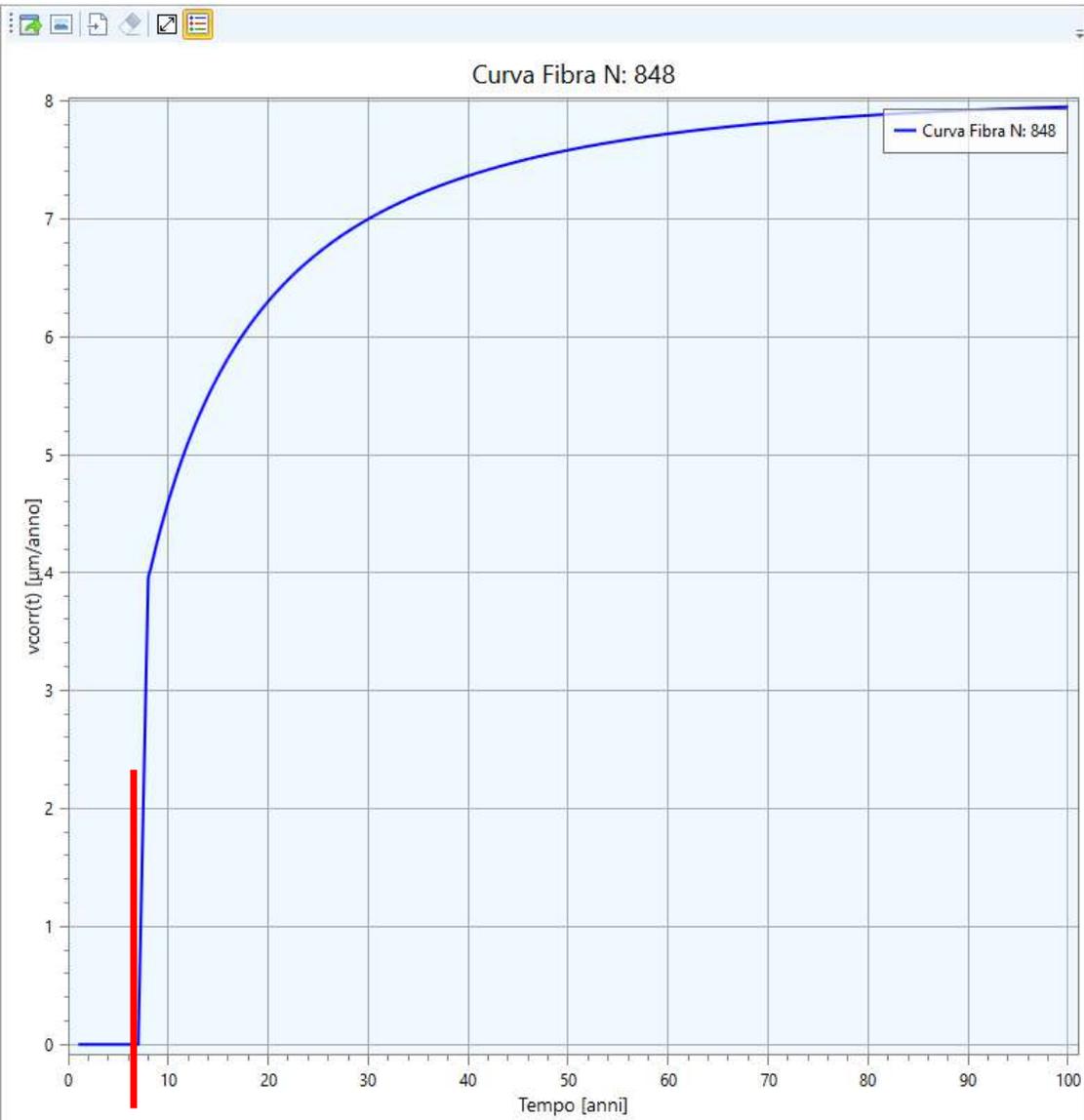


13 anni



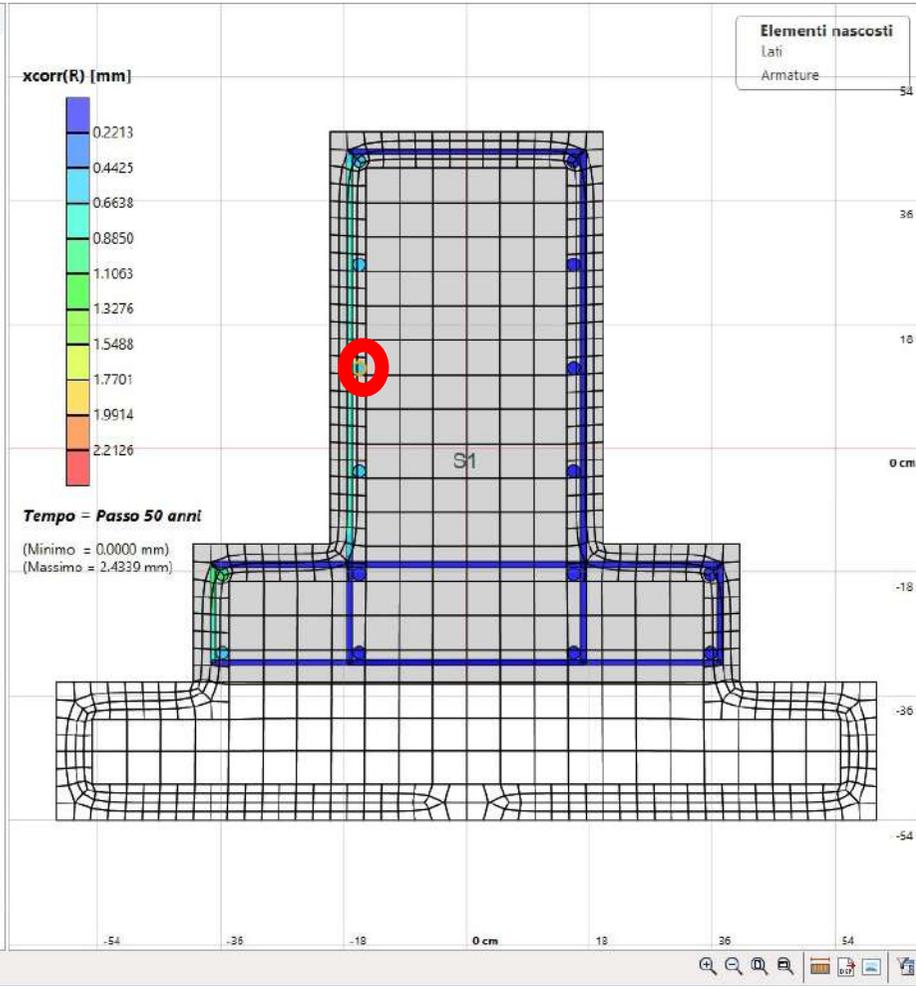
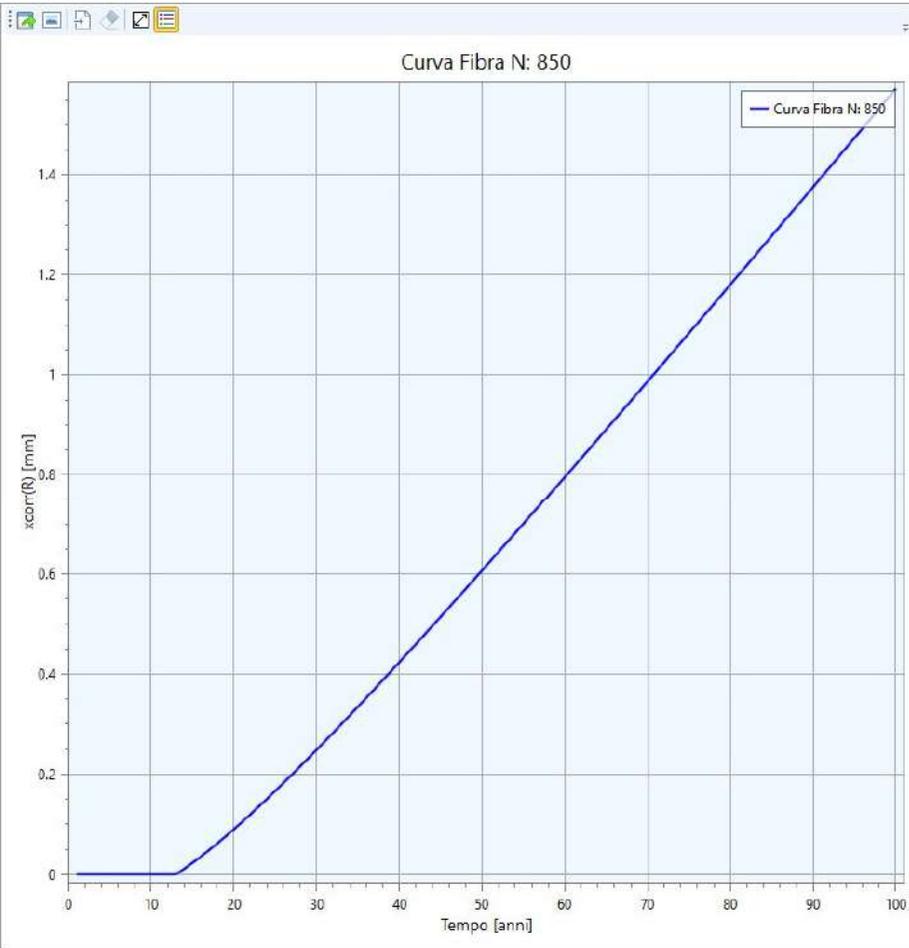
**Velocità di penetrazione dei
cloruri.**

**Tempo di innesco = 7 anni
(ferro di spigolo)**



7 anni

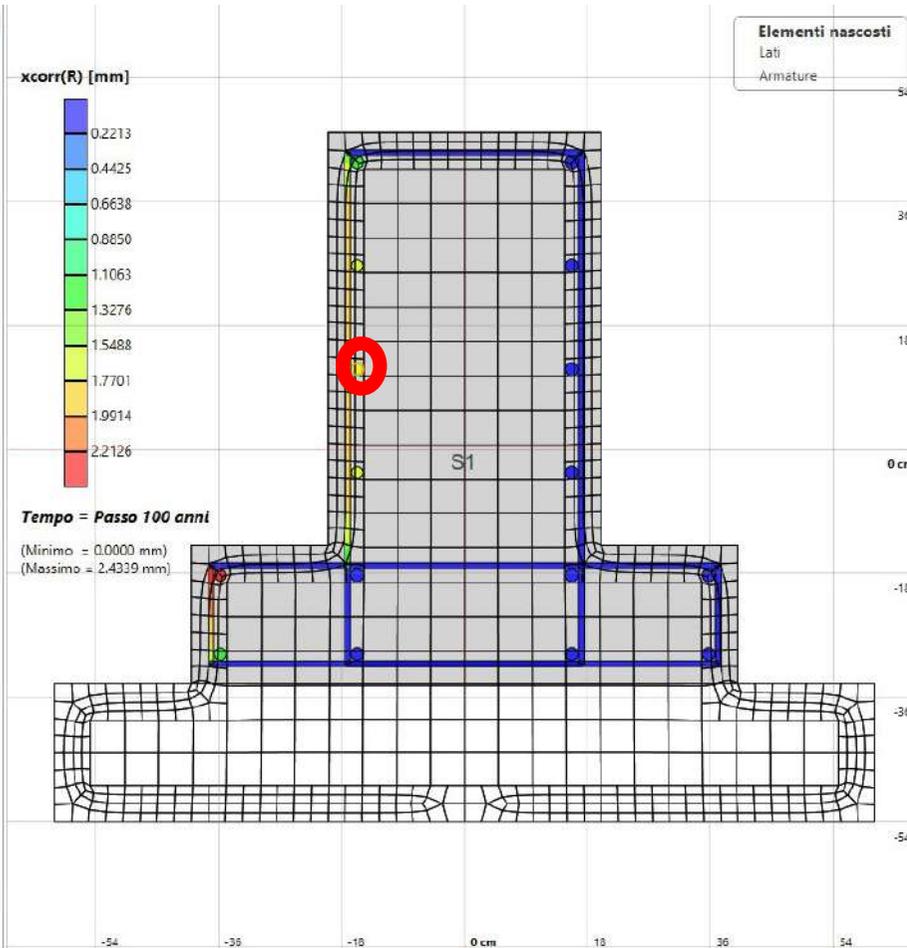
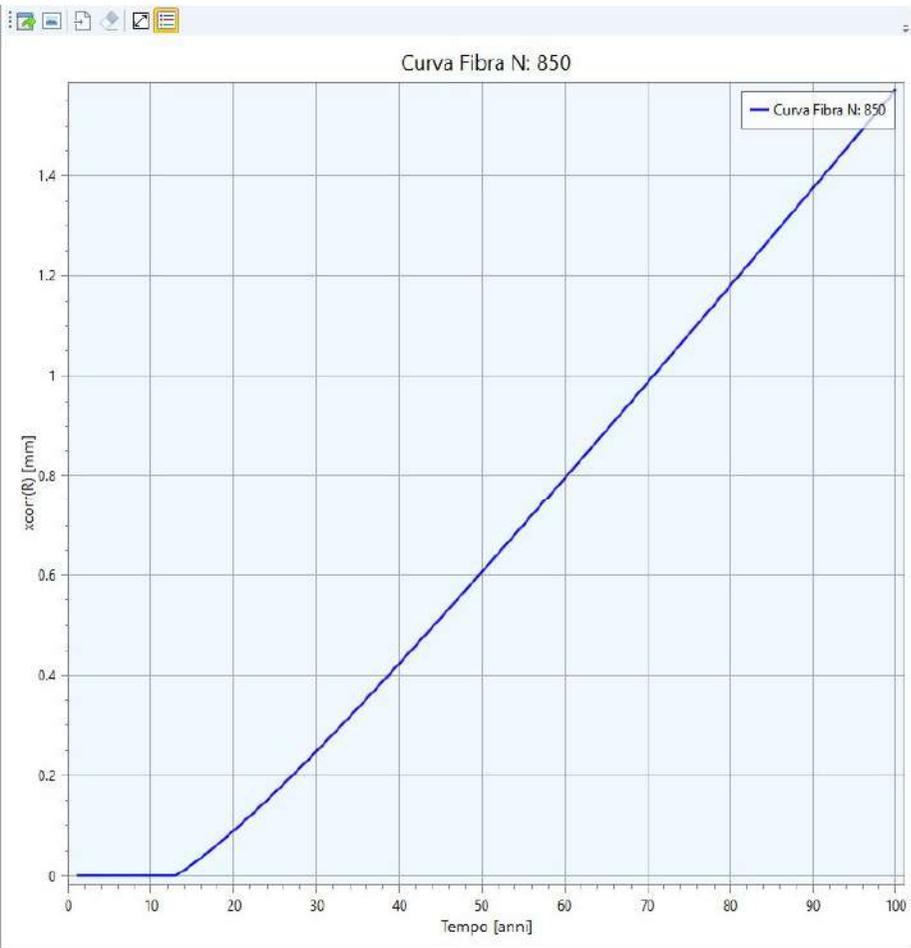
**Profondità di
penetrazione a 50 anni
ferro di parete**



Elementi nascosti
 Lati
 Armature

Asta	
Tipologia	F 80x80 (Cis)
Lunghezza [cm]	300.00
Tipo elemento	Trave
Copritero [cm]	2.50
Criteri di progetto	Crit_Prog (1)
Calcolo	
Passo Fibre cop. [cm]	2.50
Sezione S1	
Varie	
Tipologia mesh	Quadrilateri
Passo mesh FEM [cm]	1.00
Fibra	
Coordinate	
Y [mm]	-157.00
Z [mm]	117.00
Primo Degrado	
t inn.	13.00
Angolo inn.	180
Concentrazione	
icorr [mA/m ²]	0.80
vcorr [µm/anno]	5.47
Diametro	
D _o [mm]	20.00
R	3.00
xcorr(R) [mm]	0.61
δ(R) [%]	3.03
D	19.39

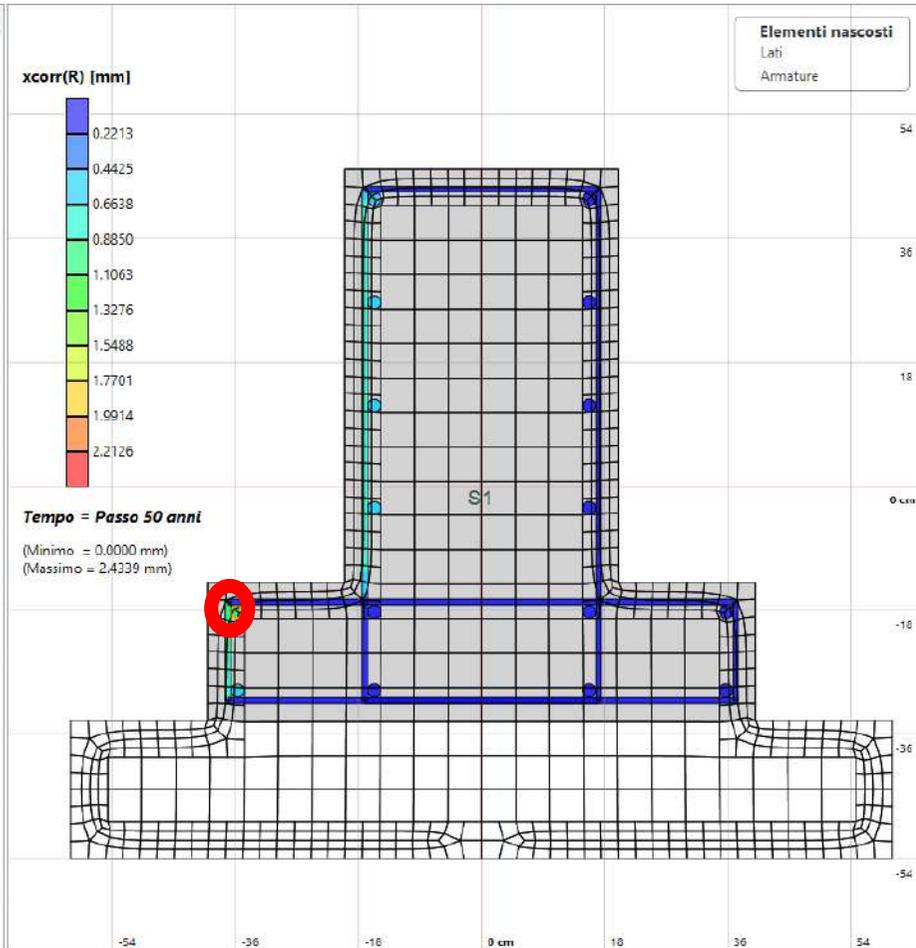
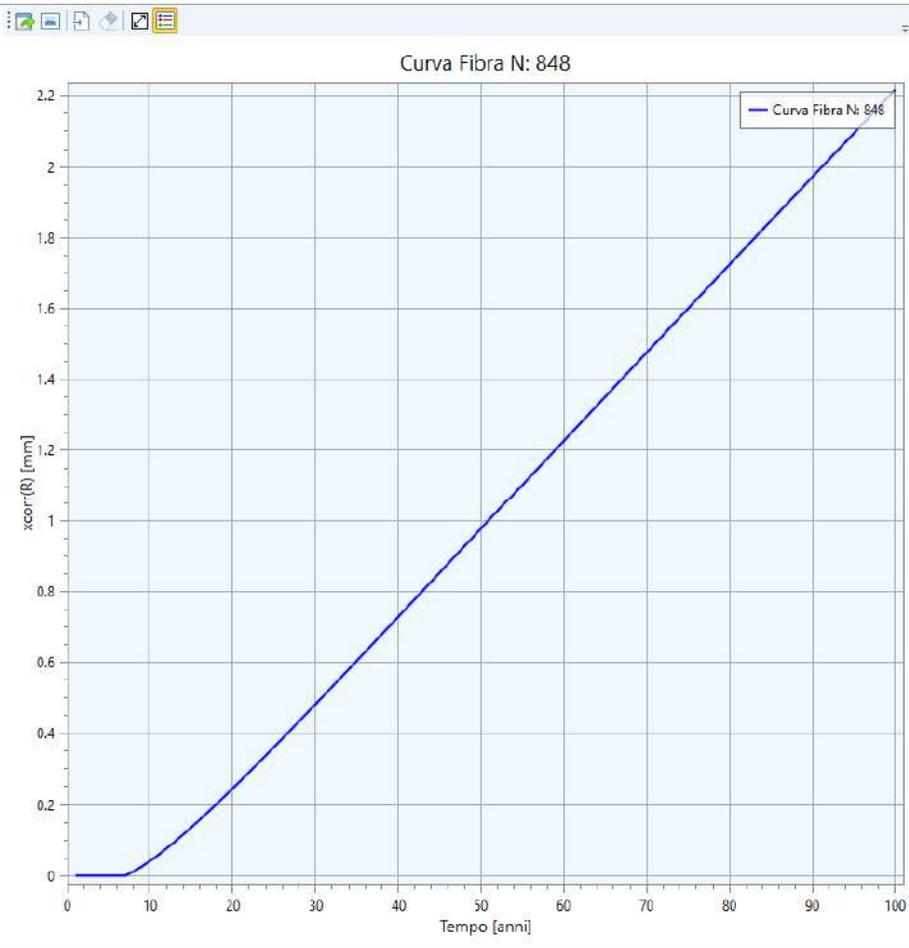
**Profondità di
penetrazione a 100 anni
ferro di parete**



Elementi nascosti
Lati
Armature

Asta	
Tipologia	F 80x80 (CIs)
Lunghezza [cm]	300.00
Tipo elemento	Trave
Copriferro [cm]	2.50
Criteri di progetto	Crit_Prog (1)
Calcolo	
Passo Fibre cop. [cm]	2.50
Sezione S1	
Varie	
Tipologia mesh	Quadrilateri
Passo mesh FEM [cm]	1.00
Fibra	
Coordinate	
Y [mm]	-157.00
Z [mm]	117.00
Primo Degrado	
t inn.	13.00
Angolo inn.	[°] 180
Concentrazione	
icorr [mA/m ²]	0.70
vcorr [µm/anno]	6.03
Diametro	
D ₀ [mm]	20.00
R	3.00
xcorr(R) [mm]	1.57
δ(R) [%]	7.86
D	18.43

**Profondità di
penetrazione a 50 anni
ferro di spigolo**



Elementi nascosti

Lati
Armature

Asta

Tipologia	F 80x80 (C/c)
Lunghezza [cm]	300.00
Tipo elemento	Trave
Copriferro [cm]	2.50
Criteri di progetto	Crit_Prog (1)

Calcolo

Passo Fibre cop. [cm]	2.50
-----------------------	------

Sezione S1

Varie

Tipologia mesh	Quadrilateri
Passo mesh FEM [cm]	1.00

Fibra

Coordinate

Y [mm]	-357.00
Z [mm]	-183.00

Primo Degrado

t inn.	7.00
Angolo inn.	[°] 135

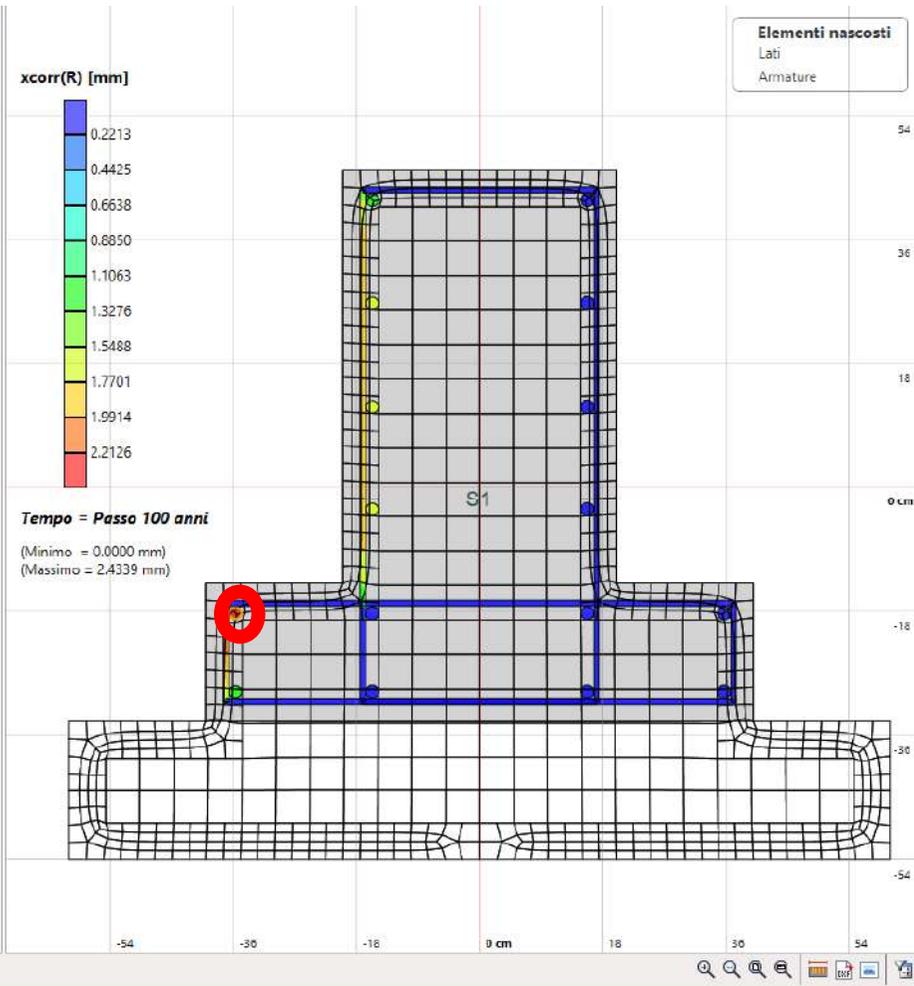
Concentrazione

icorr [mA/m²]	0.80
vcorr [µm/anno]	7.58

Diametro

D ₀ [mm]	20.00
R	3.00
xcorr(R) [mm]	0.98
δ(R) [%]	4.89
D	19.02

**Profondità di
penetrazione a 100 anni
ferro di spigolo**



Elementi nascosti
 Lati
 Armature

Asta

Tipologia	F 80x80 (CIs)
Lunghezza [cm]	300.00
Tipo elemento	Trave
Copriferro [cm]	2.50
Criteri di progetto	Crit_Prog (1)

Calcolo

Passo Fibre cop. [cm]	2.50
-----------------------	------

Sezione S1

Varie

Tipologia mesh	Quadrilateri
Passo mesh FEM [cm]	1.00

Fibra

Coordinate

Y [mm]	-357.00
Z [mm]	-183.00

Primo Degrado

t inn.	7.00
Angolo inn.	[°] 135

Concentrazione

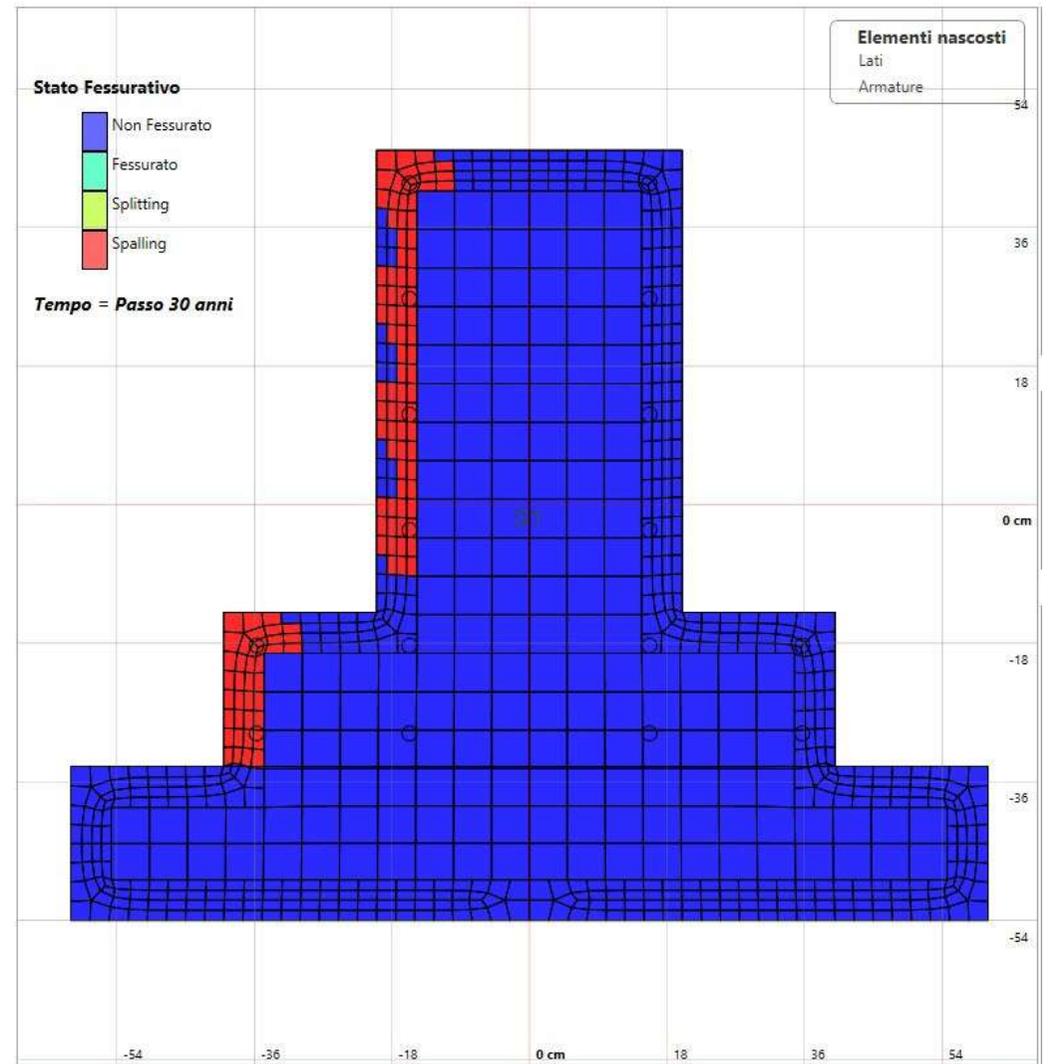
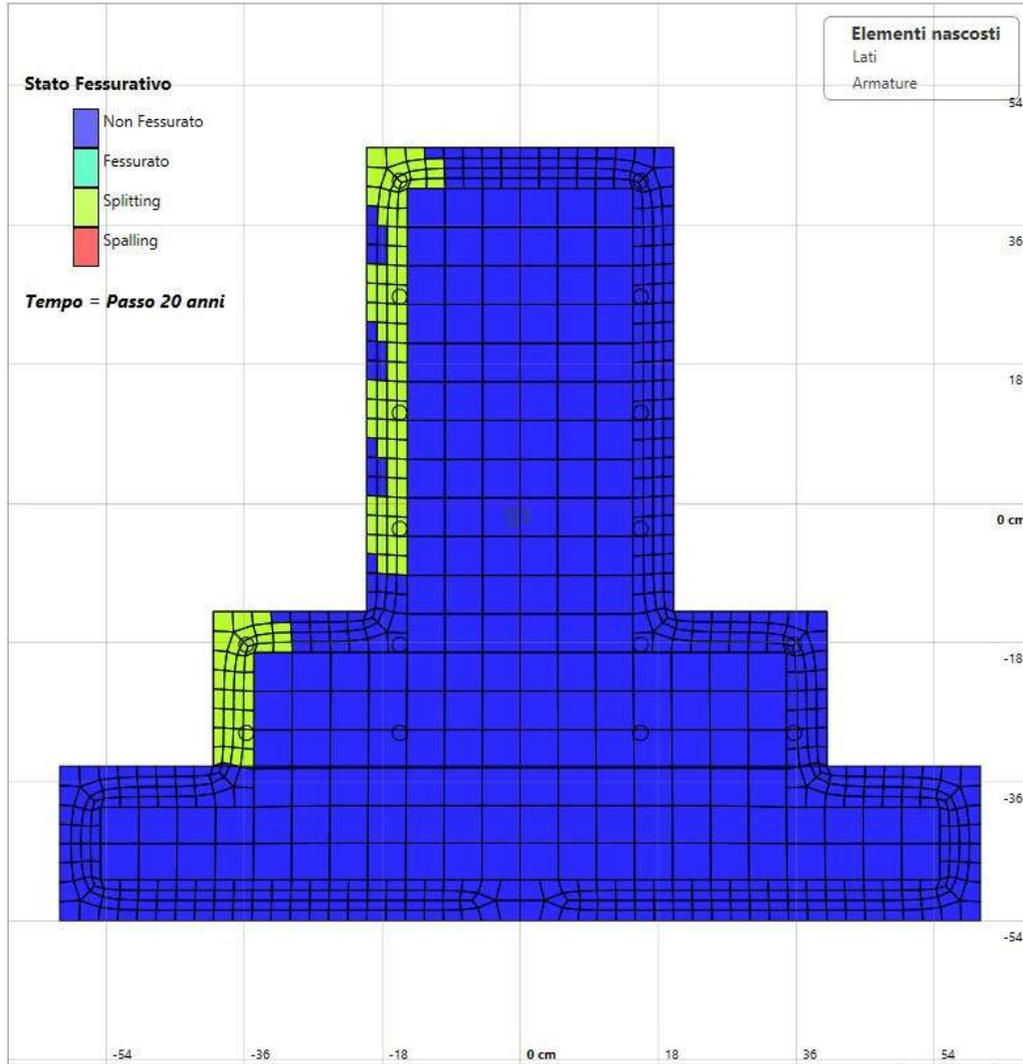
icorr [mA/m²]	0.70
vcorr [µm/anno]	7.95

Diametro

D ₀ [mm]	20.00
R	3.00
xcorr(R) [mm]	2.22
ε(R) [%]	11.09
D	17.78

Fessurazioni indotte per corrosione ferro di parete:

- splitting = 20 anni**
- spalling = 30 anni**



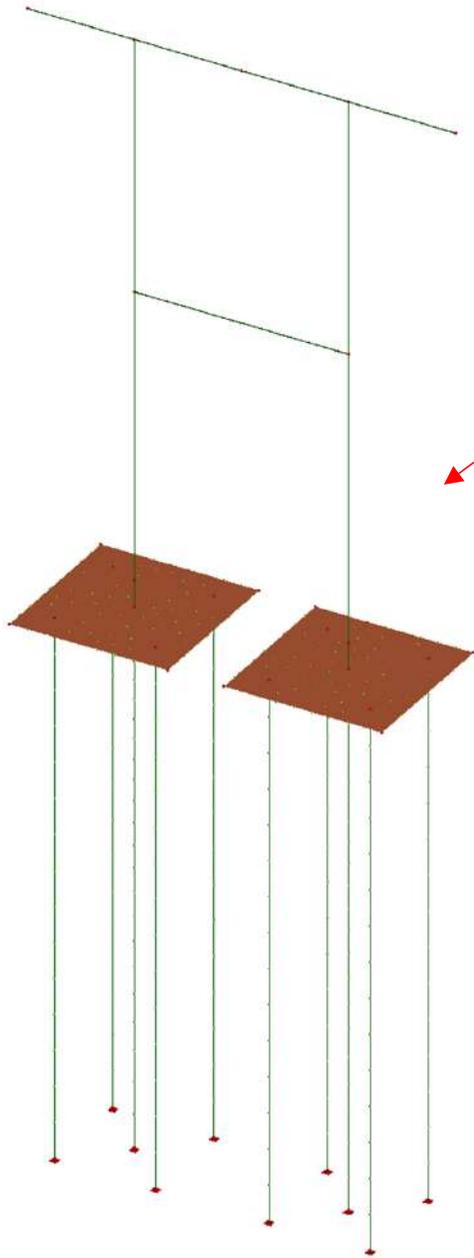
ANALISI GLOBALI



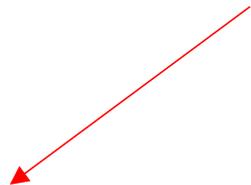
STUDIO DELLE CURVE DI CAPACITA' IN UNA PILA DA PONTE SU PALI

- Il caso della sezione non PRE - fessurata

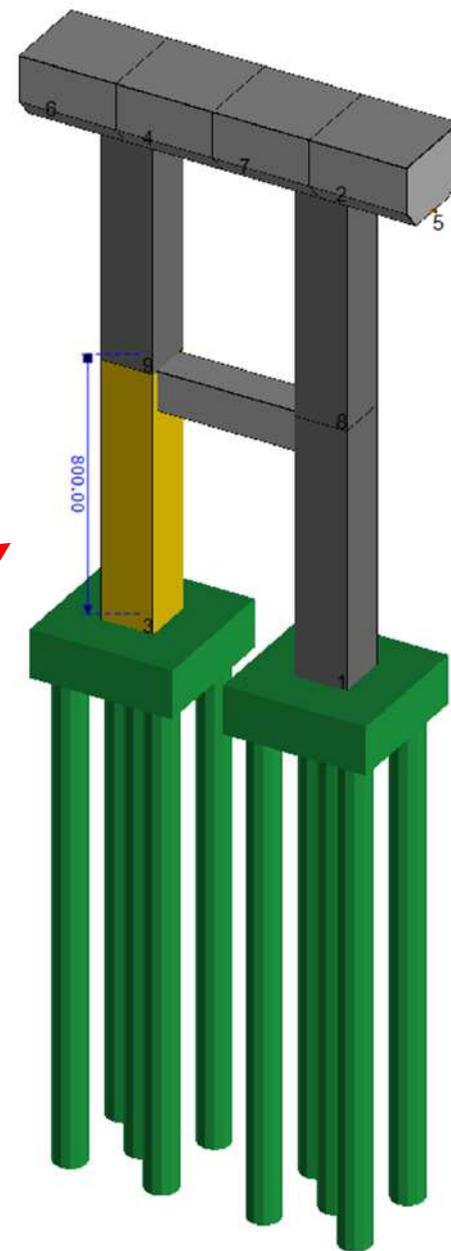
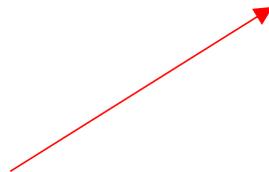
(in collaborazione con Francesco Oliveto)



Modello FEM

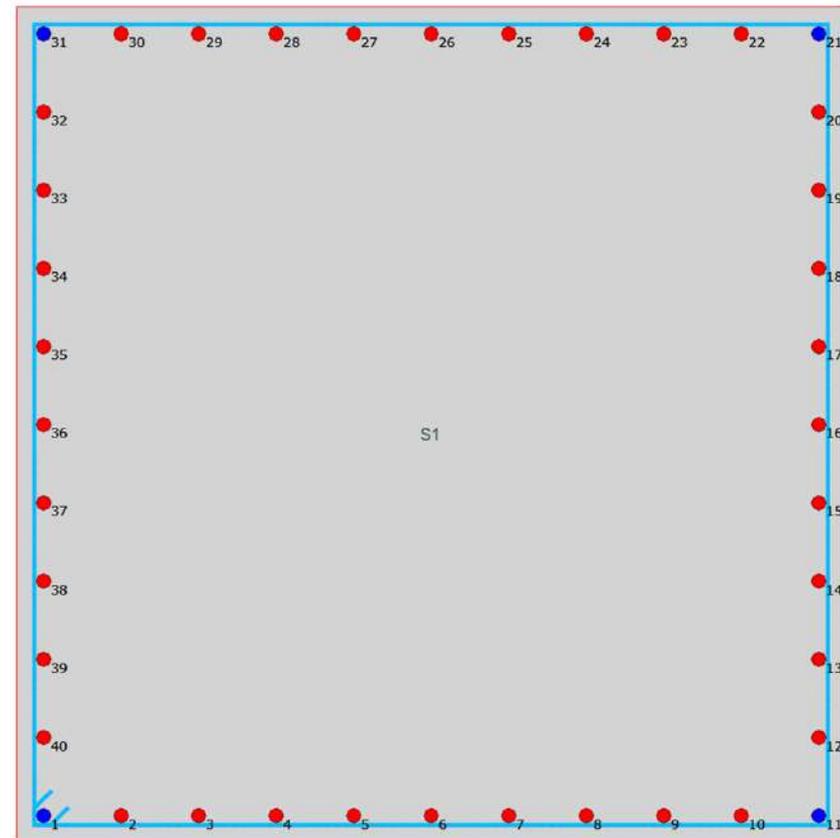


Modello SOLIDO

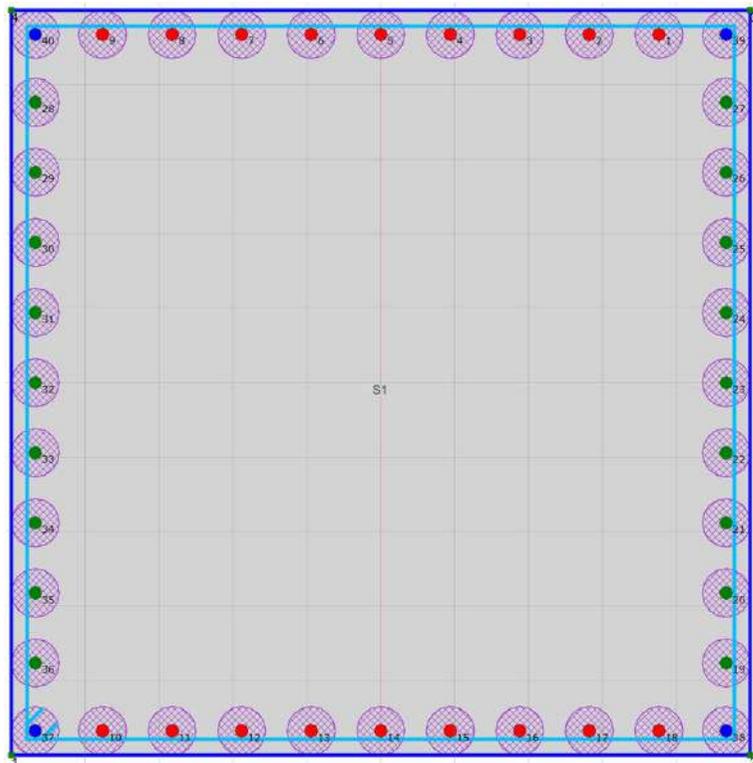


Dati:

- Sezione pilastri = 160x160 cm
- a = 30 mm
- $C_0 = 0$
- $D_{RCM,0} = 10 \times 10^{-12} \text{ (m}^2/\text{s)} = 315,36 \text{ mm}^2/\text{anni}$
- $k_e, k_t = 1$
- $A(t) = (t_0/t)^\alpha$
- $\alpha = 0,3$
- $t_0 = 28 \text{ gg} = 0,0767 \text{ anni}$
- $C_{crit} = 0,5\%$
- $C_s = 2,5\%$
- $\Delta x = 0$
- C25/30
- FeB44K (40 fi 28)
- Staffe fi 8/15"

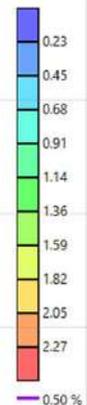


Sezione dei pilastri costituendi la pila: modello di degrado alla Rodriguez applicato a tutte le barre Fi 28



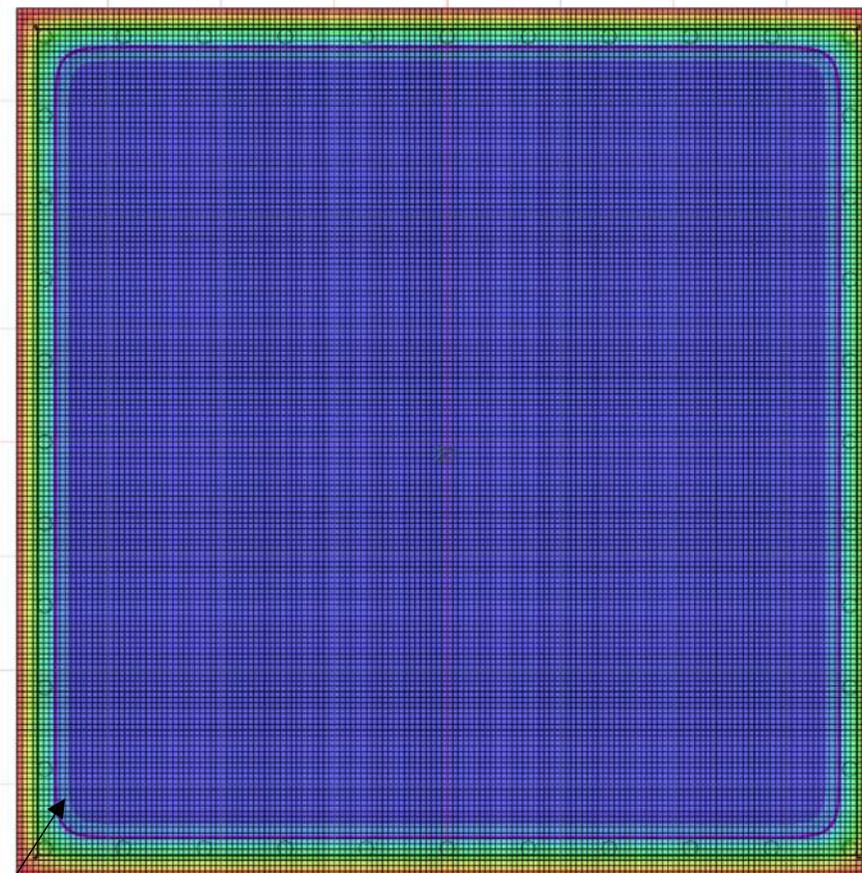
Sezione dei pilastri: concentrazione dei cloruri a 50 anni

Concentrazione [%]

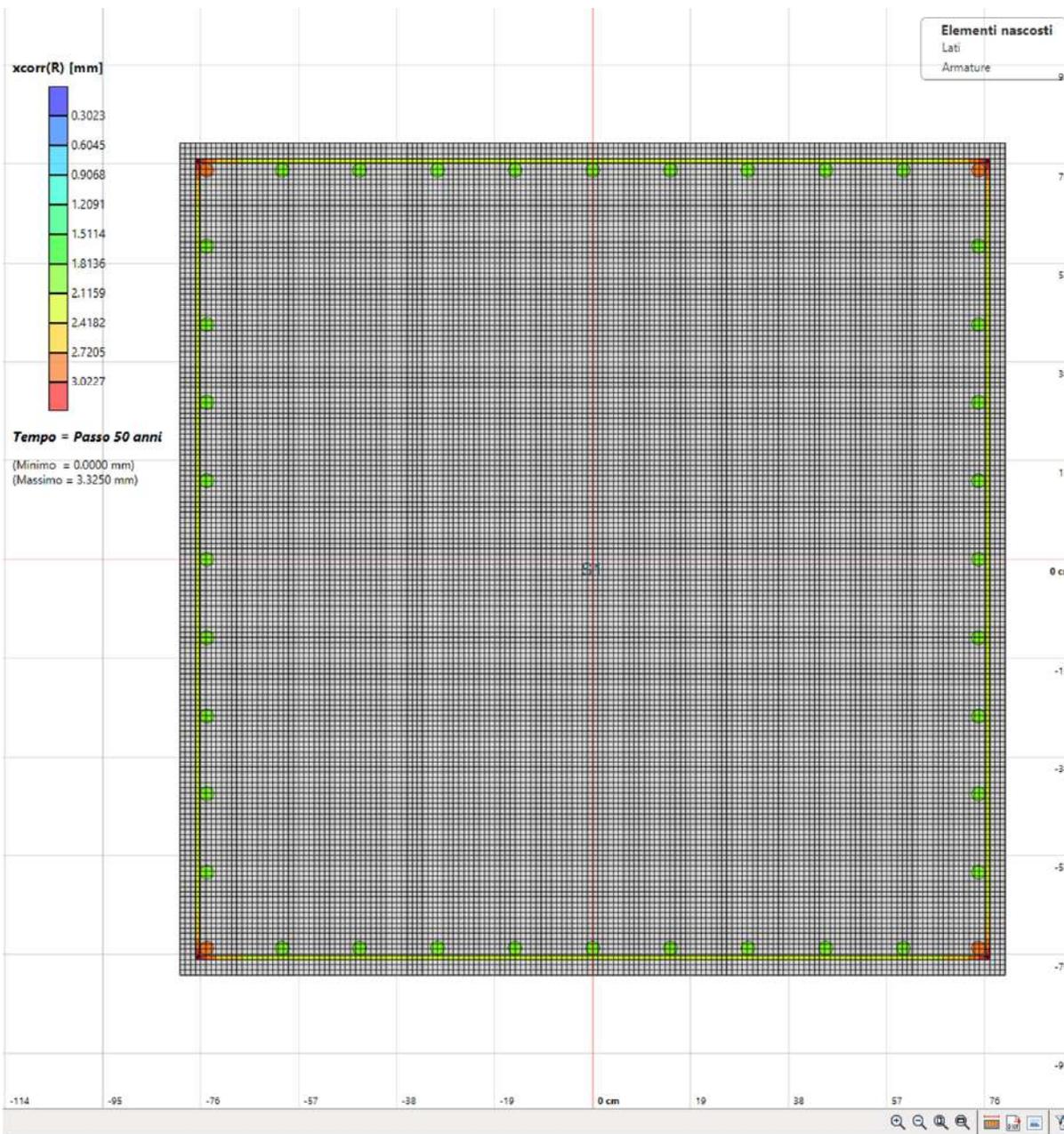


Tempo = Passo 50 anni

(Minimo = 0.00 %)
(Massimo = 2.50 %)



Isocritica allo 0,5%



Asta	
Tipologia	RETTANGOLARE
Lunghezza [cm]	300.00
Tipo elemento	Trave
Copriferro [cm]	3.00
Criteri di progetto	Crit_Prog (1)
Calcolo	
Passo Fibre cop. [cm]	2.50
Sezione S1	
Varie	
Tipologia mesh	Quadrilateri
Passo mesh FEM [cm]	1.00
Fibra	
Coordinate	
Y [mm]	-748.00
Z [mm]	-451.80
Primo Degrado	
t inn.	9.00
Angolo inn.	180
Concentrazione	
icorr [mA/m ²]	0.80
vcorr [µm/anno]	7.53
Diametro	
D ₀ [mm]	28.00
R	6.00
xcorr(R) [mm]	1.85
δ(R) [%]	6.61
D	26.15
Sezione	
A ₅₀ [mm ²]	615.75
δA ₅ [%]	12.79
A ₅ [mm ²]	537.01
A ₅ /A ₅₀ [%]	87.21
Resistenza	
f _{sy} e [N/mm ²]	450.00
δf _{sy} [%]	6.39
f _{sy} [N/mm ²]	421.228
f _{sy} /f _{sy0} [%]	93.61
f _{su0} [N/mm ²]	540.00
f _{su} [N/mm ²]	505.473

**Sezione dei pilastri:
 Mappa delle penetrazioni della corrosione localizzata.**

Tempo di innesco = 9 anni

Xcorr = 2 mm circa

CENNI SULLE TECNICHE DI INTERVENTO PER STRUTTURE IN C.A.

Incremento di rigidezza



FRP

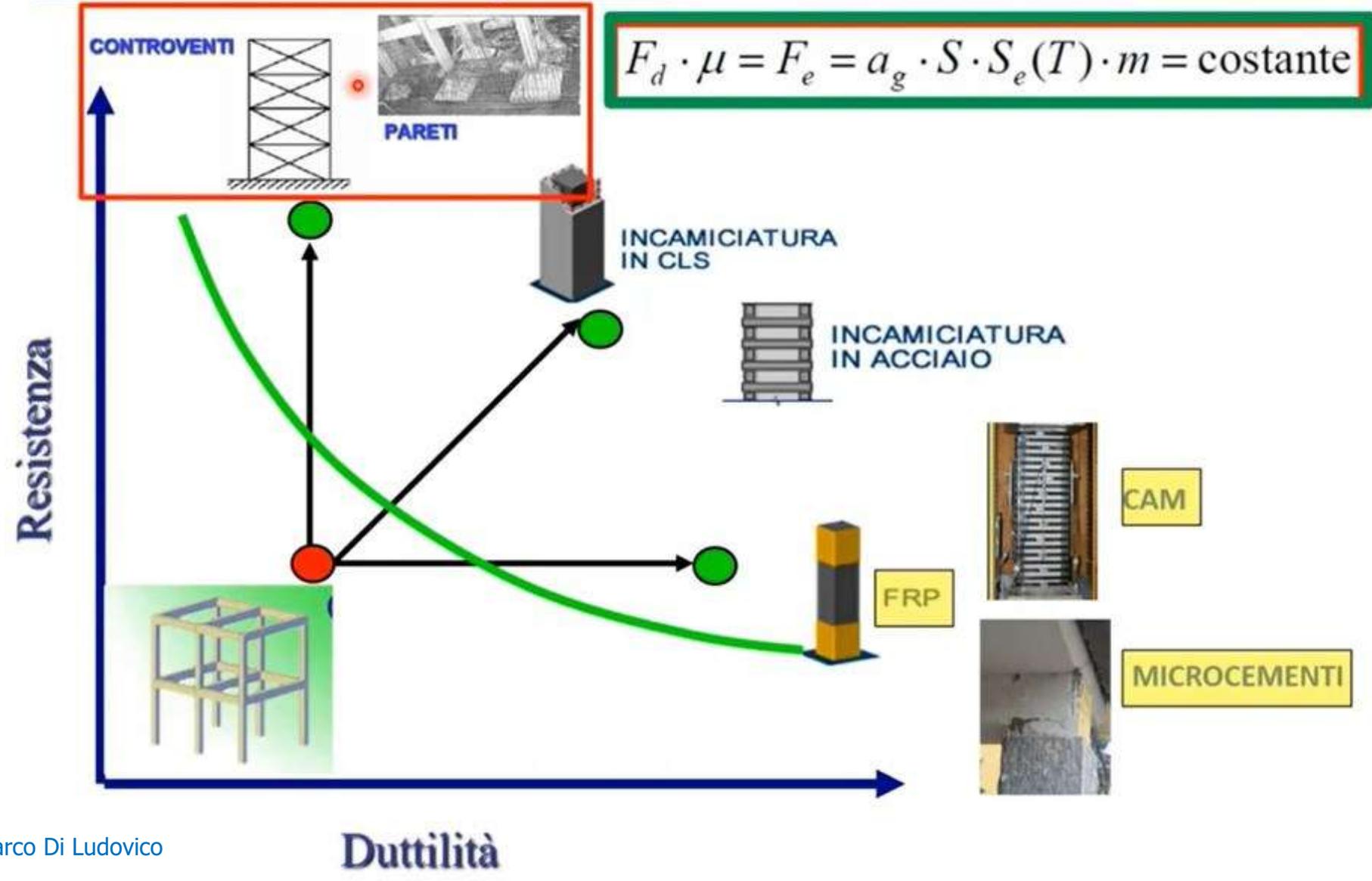
Acciaio

CAM

Ringorosso in C.a.



Incremento di capacità

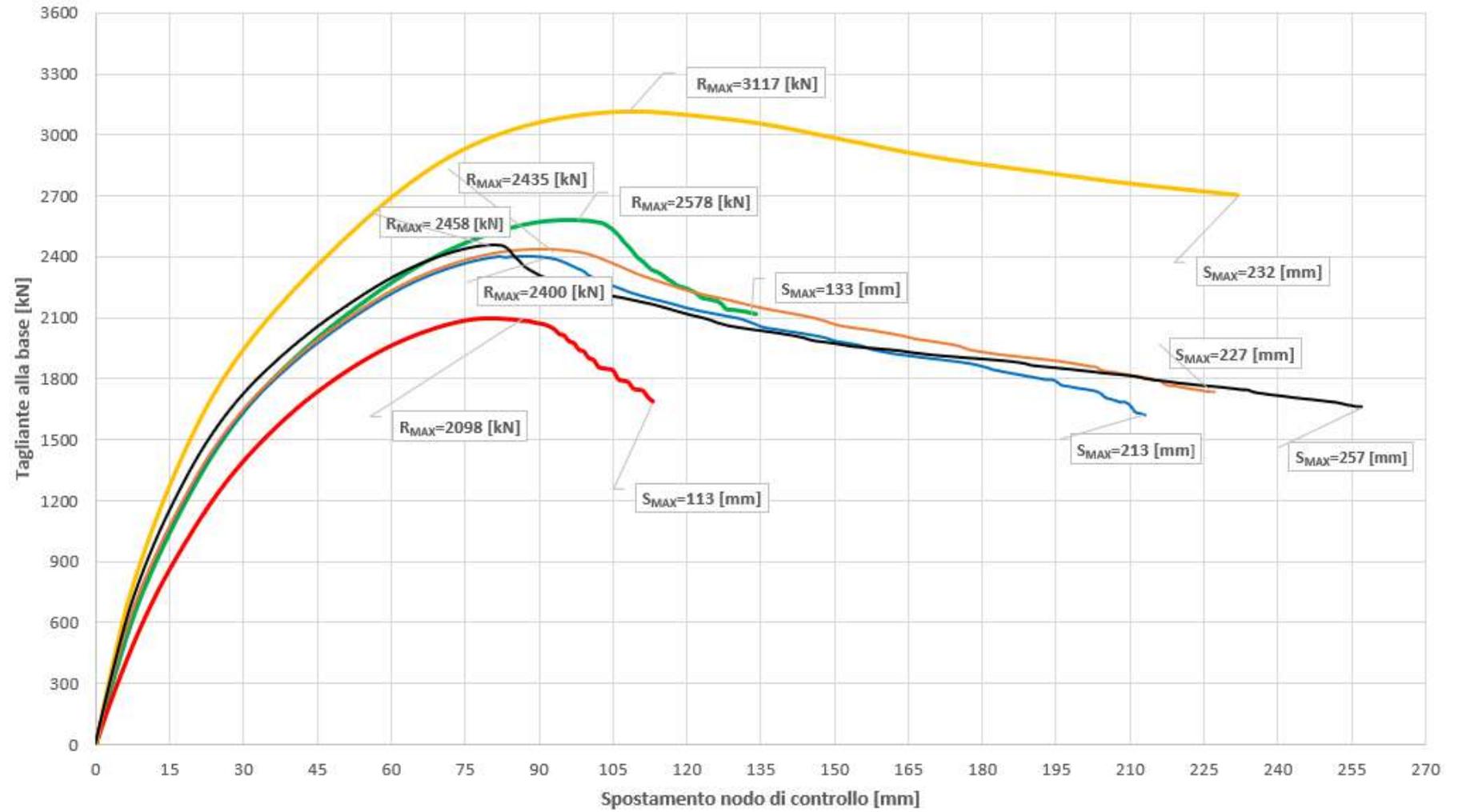


**CONFRONTO
CURVE DI CAPACITA' IN DIREZIONE**

X

Curve di capacità direzione X

Integra Degradata Incamiciata FRP CAM FRC

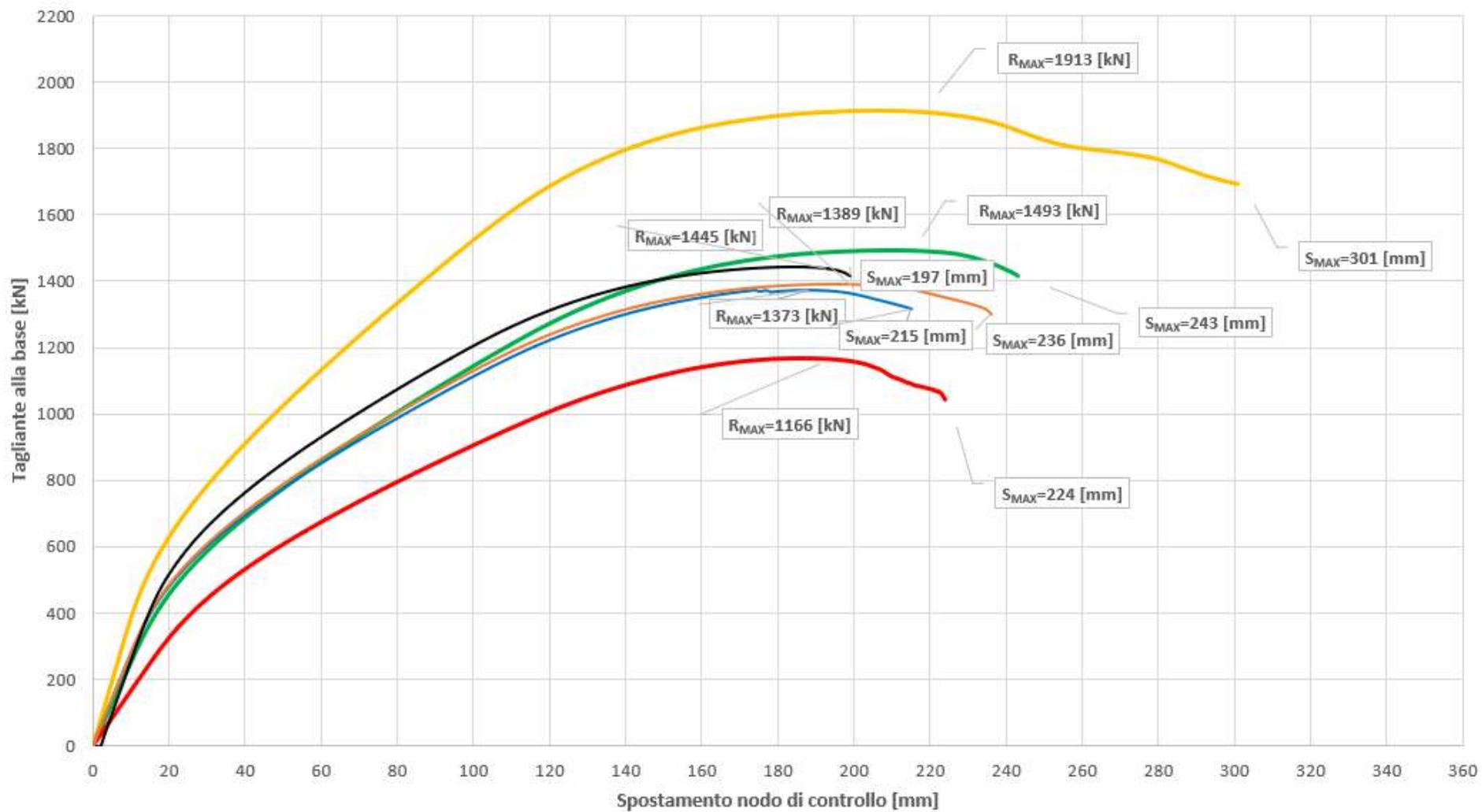


**CONFRONTO
CURVE DI CAPACITA' IN DIREZIONE**

Y

Curve di capacità direzione Y

Integra Degradata Incamiciata FRP CAM FRC



ESEMPI DI RIPRISTINO STRUTTURALE MEDIANTE INCAMICIATURA

https://issuu.com/stradeeautostrade_edi-cem/docs/s_a136_4-2019/120

RIPRISTINO STRUTTURALE AD ALTA QUOTA

B100, LA POMPA PER CALCESTRUZZO E BETONCINO DELLA BUNKER UTILIZZATA
DALL'IMPRESA SPECIALIZZATA TE.VIA SRL NEGLI INTERVENTI DI RIPARAZIONE
E MANUTENZIONE DEL VIADOTTO TRIGNO

Nell'ambito della manutenzione programmata di opere d'arte dell'area compartimentale ANAS del Molise l'impresa Te.Via Srl di Vermezzo (MI) in qualità di affidataria del Consorzio stabile Grandi Lavori Scarl, sta realizzando due importanti progetti seguiti dall'ing. Roberto Sciancalapone come Responsabile del Procedimento e dall'ing. Leopoldo Perone come Direttore dei Lavori.

Il primo intervento è sulla S.S. 650 "Trigina", importante strada di collegamento tra il Molise e l'Abruzzo, e riguarda interventi di riparazione e manutenzione di parti del viadotto Trigno 2, uno dei numerosi presenti su questo importante asse di collegamento. Il viadotto si compone di 13 campate di circa 75 m per una lunghezza complessiva di 975 m. Le pile sono del tipo monocolonna a sezione rettangolare cava con larghezza costante nel lato di dimensione maggiore e variabile nel lato corto con misure di 10,60x4,7 m in pianta.

Il secondo intervento riguarda il rinforzo strutturale sul viadotto di scavalco del fiume Trigno a Montenero di Bisaccia (CB) sulla S.S. 16 "Adriatica". Il lavoro, in una delle sue parti, ha riguardato l'incamiciatura della 19 pile costituite da due telai composti a loro volta da file di sei colonne di sezione quadrata (di 1x0,60 m) di altezza pari a 4,40 m.

Si tratta di un intervento di rinforzo strutturale ottenuto con l'incamiciatura delle colonne aumentandone lo spessore di 10 cm e utilizzando betoncino a elevata resistenza additivato a fibre d'acciaio pompato in cassette.

1. Il viadotto Trigno 2 sulla S.S. 650



2. La spruzzatura della malta Basf MasterEmaco S 499 FR tramite la B100



3. La B100 in fase di mescolazione e pompaggio del materiale

IL RIPRISTINO DEI CALCESTRUZZI AMMALORATI

Gli interventi riguardano la riparazione delle pile 2 e 6 del viadotto Trigno e, nello specifico, il ripristino dei calcestruzzi ammalorati sulle quattro facciate. Le riparazioni prevedono una idrodensificazione ad alta pressione (2.800 bar) per uno spessore

che va dai 3 agli 8 cm, un'integrazione delle armature e il successivo ripristino dimensionale con malta cementizia premiscelata teotropica additivata con fibre lunghe polimeriche ad altissima tenacità, a espansione contrastata in aria, Basf MasterEmaco S 499 FR. La successiva impermeabilizzazione completa l'opera di

riparazione e ripristino.

Un intervento come se ne vedono tanti in questi ultimi anni, ma reso complesso dalla altezza delle pile e dalla quantità di materiale da apportare. La pile 2, infatti, è alta 48 m e la pile 6 raggiunge i 79 m di altezza. La posa della malta è stata eseguita con l'ausilio della pompa per calcestruzzo, intonaci e betoncini B100 della Bunker.

La macchina di concezione semplice e robusta si è rivelata fin da subito di facile utilizzo e di grande affidabilità: dotata di miscelatore a compressore, ha permesso in completa autonomia e continuità la preparazione e la spruzzatura del materiale fibronforzato fornito in sacchi.

Il lavoro di applicazione è stato svolto in totale sicurezza e comodità grazie a un sistema ascensore-binario a cremagliera che copre l'intera superficie della pile.

Le altezze raggiunte, circa 50 m, e i quantitativi giornalieri impiegati, nell'ordine di circa 16.000-18.000 kg di malta posata, rendono bene fidee la validità della pompa, considerando anche la presenza di fibre "lunghe" nell'impasto, quindi di non facile gestione.



4. La superficie della pile pronta per l'applicazione della malta



5. L'impermeabilizzazione della superficie



6. Il sistema di ascensore binario a cremagliera per lavorare su tutta la superficie della pile

L'INTERVENTO STRUTTURALE DI INCAMICIATURA
La Bunker B100, grazie alla sua versatilità, è stata scelta anche per il lavoro di rinforzo strutturale del viadotto di scavalco dal fiume Trigno a Montenero di Bisaccia sulla S.S. 16 "Adriatica": infatti con la semplice sostituzione dello statore/rotore, è stato possibile utilizzare la medesima pompa impiegata nel consolidamento del viadotto Trigno della S.S. 650.



7. La B100 durante la preparazione del materiale e il getto del betonino

Dopo aver idrodemolito per circa 2/3 cm la superficie e posato l'armatura dei ferri aggiuntiva, si è proceduto con la cassetta in conci di altezza pari a 2 m per ognuno delle sei pile. Per il getto è stato utilizzato un betonino cementizio colabile auto-compattante fibrorinforzato con fibre di acciaio lunghe, di consistenza fluida, dotato di elevatissime prestazioni meccaniche ed elevata duttilità, Mapei Planitop HPC Floor 46.



8. Il pompaggio del betonino con il kit di tubazioni in acciaio



9. L'armatura aggiuntiva del pilastro

La Te.Via Srl

Nel 2002 Abramo e Maurizio Russo Abbondanza e Angelo Pifferi decisero di unire le loro esperienze costituendo Te.Via Srl, Azienda altamente specializzata nel ripristino, recupero e ricostruzione di infrastrutture per il trasporto (ponti, viadotti e gallerie).



Oggi Te.Via ha sede a Vermezzo su un'area complessiva di 3.000 m²: la struttura operativa può contare su uno staff tecnico di 30 operatori tecnici specializzati coordinati direttamente da Abramo Russo Abbondanza.

È in grado di intervenire su tutto il territorio nazionale; in dieci anni di attività ha realizzato oltre 100 interventi distinguendosi per la capacità di operare con estrema duttilità in un settore altamente specializzato. Eseguì idrodemolizioni, rinforzi con materiali compositi, sollevamento di ponti e viadotti, precompressione aggiuntiva con trafilati e barre, posizionamento giunti di dilatazione. È qualificata per l'esecuzione di lavori pubblici con Attestazione SOA per le categorie OG1 - d II e OG3 - d, IV rilasciata da COOP SpA e ha inoltre un sistema di gestione della qualità con certificazione UNI EN ISO 9001: 2000 rilasciata da DNV.

Te.Via possiede inoltre un sistema di gestione della salute e sicurezza sul lavoro conforme alla Norma. Mediante specifici cicli di lavorazione è in grado di intervenire nella ricostruzione, il ripristino e la manutenzione di infrastrutture per il trasporto (ponti, viadotti, gallerie, aeroporti e ferrovie). Opera per il ripristino di strutture in calcestruzzo armato in campo civile, industriale e stradale.

Il pompaggio del betonino all'interno del cassero è stato eseguito utilizzando il kit pompaggio, consistente di tubazioni in acciaio con diametro 80 mm. La difficoltà delle operazioni di getto era dovuta alla elevata "coilosità" del materiale, alla dimensione dell'inerte 6/8 mm e alla presenza di fibre di acciaio lunghe, che avrebbero potuto causare un "effetto ponte" intasando le tubazioni.

La pompa Bunker ha superato tranquillamente le operazioni di convezionamento del materiale.

La pompa Bunker B100

Da oltre 30 anni, la Bunker Tek ap.ed produce macchine e attrezzature per la spruzzatura e il pompaggio di calcestruzzo, malte e conglomerati cementizi contribuendo all'evoluzione di questo settore.

La B100 rappresenta una delle macchine più versatili e interessanti della gamma. Si tratta della pompa per calcestruzzo a cavità elicoidale, più piccola al mondo.

A totale funzionamento oleodinamico, con regolazione progressiva della portata e della pressione, è unica sul mercato in quanto in grado di sostituire - in alcuni circostanze - macchine di categoria superiore molto più costose e di difficile manovrabilità.

Con la B100 è possibile pompare malte e calcestruzzo con inerti fino a 25 mm, spruzzare intonaci e betoncini (spritz beton) e iniettare micropili e tranti.



Caratteristica peculiare della B100 è la separazione tra la centralina e la pompa. Il collegamento tra le due unità è assicurato da una resistente tubazione flessibile con innesti rapidi, permettendo l'alimentazione anche a notevole distanza.

Questo originale soluzione consente alla B100 di avere peso e dimensioni ridotte facilitandone il trasporto e il posizionamento nei cantieri di difficile accesso: centri storici, scarpate, ecc.

Un ulteriore vantaggio è che la pompa può essere alimentata anche da un'altra macchina operatrice: un escavatore, una perforatrice, munita di adeguata presa di potenza.

Questo significa che è possibile acquistare solo la pompa, riducendo l'investimento.

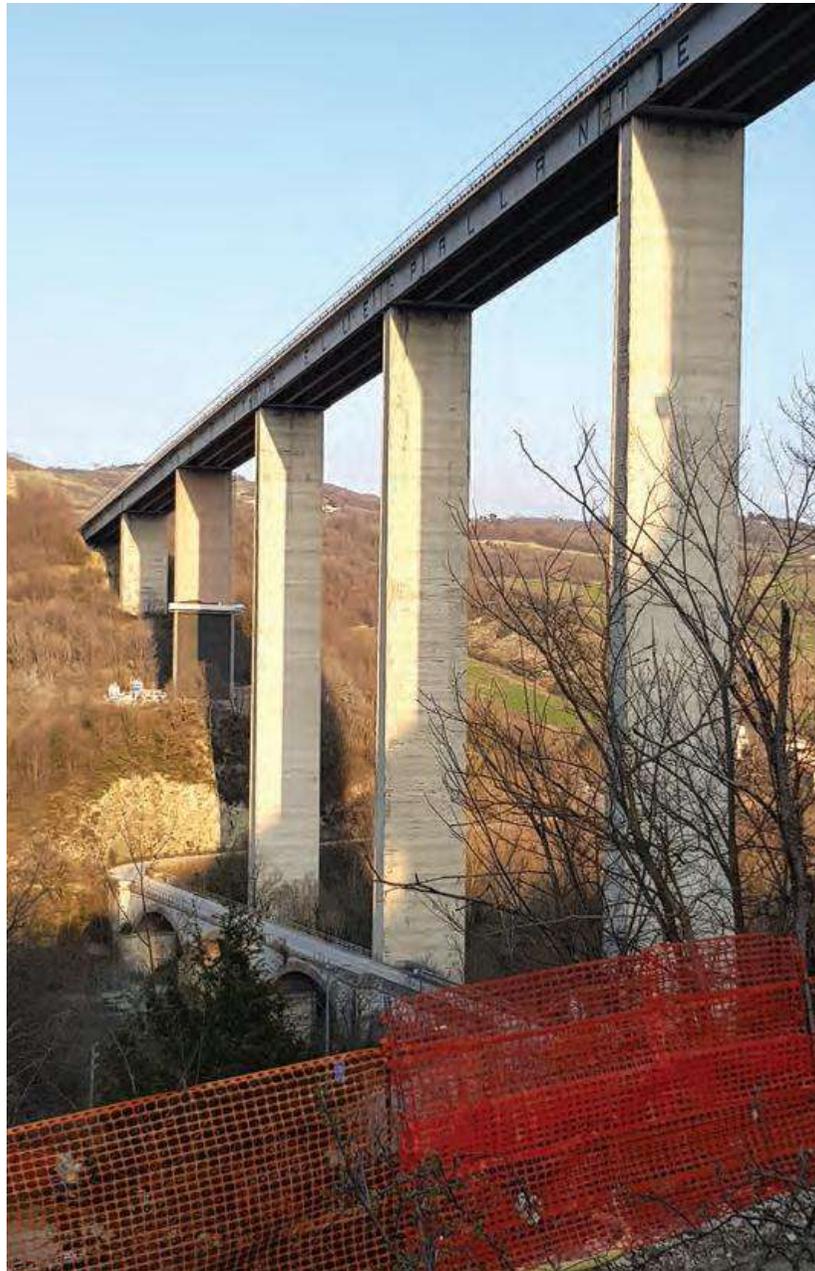
La centralina idraulica è una vera e propria unità di potenza che, con i suoi 37 kW e 90 l di portata d'olio è capace di alimentare in sicurezza non solo la B100 ma anche alcuni utensili idraulici: perforatori, trivella, seghe.

11. La centralina oleodinamica e la pompa B100 collegare mediante la tubazione flessibile con innesti rapidi

DATI TECNICI

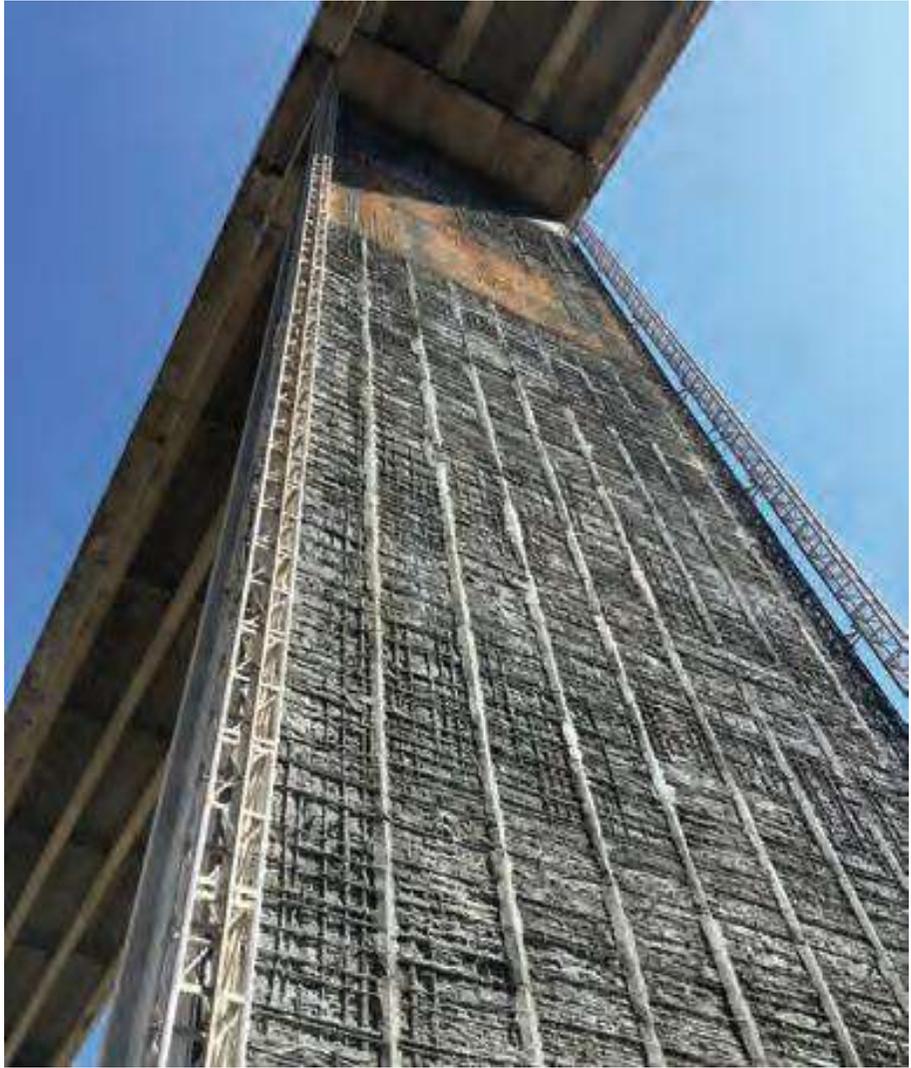
Centralina oleodinamica
Motore diesel: 37 kW
Motore elettrico: 18,5 kW
Portata idraulica: 10 l/min
Pressione idraulica: 140 bar

Pompa B100
Altezza: 805 mm (1.460 mm con mescolatore)
Lunghezza: 2.420 mm
Larghezza: 900 mm
Peso: 400 kg
Capacità della tramoggia: 180-350 l



Con malta cementizia Tixotropica





Con malta cementizia Colabile





ingenio
Informazione
tecnica e progettuale



Matteo Felitti

Engineering & Concrete Consulting e Università Federico II di Napoli

Contatti: 

<https://www.ingenio-web.it/articoli/autori/felitti-matteo/>

**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE.**

Matteo Felitti

Strutturista ed Esperto in Degrado del Calcestruzzo Armato

ISPETTORE PONTI, VIADOTTI E PASSERELLE

ENGINEERING & CONCRETE CONSULTING

Università degli Studi di Napoli Federico II

Email:

ingegneria.cls@gmail.com

matteo.felitti@unina.it

Cell. 348.8525102