

PROGETTAZIONE DI ANCORANTI IN CALCESTRUZZO SOTTO AZIONI SISMICHE



fischer [®]
innovative solutions



1. INQUADRAMENTO NORMATIVO

1.1 AZIONI STATICHE O QUASI STATICHE

Azioni

- D.M. 14/01/2008 + C.M. LL.PP. 02/02/2009 n. 617
- Eurocodici 0 e 1

Capacità resistente

- EOTA ETAG 001 + Annesso A

Qualifica

- Benestare/Valutazione Tecnico Europeo (ETA)

Dati tecnici

- EOTA
 - ETAG 001 + Annesso C
 - TR 020 (Comportamento al fuoco)
 - TR 029 (Ancoranti chimici)

Design

- CEN TS 1992-4:2009



1. INQUADRAMENTO NORMATIVO

1.2 AZIONI SISMICHE

Azioni

- D.M. 14/01/2008 + C.M. LL.PP. 02/02/2009 n. 617
- Eurocodici 0, 1 e 8

Capacità resistente

- EOTA ETAG 001 + **Annesso E**

Qualifica

- Benestare Tecnico Europeo ETA

Dati tecnici

- EOTA
 - ETAG 001 + Annesso C
 - TR 029 (Ancoranti chimici)
 - **TR 045** (Ancoranti metallici sotto azioni sismiche)

Design

- CEN TS 1992-4:2009



ETAG 001



Le linee guida **ETAG001** forniscono indicazioni in merito alla progettazione di ancoranti sollecitati da azioni statiche, secondo il metodo **CCD** (Concrete Capacity Design), sulla base degli esiti delle prove sperimentali svolte al fine del rilascio del certificato ETA che il produttore richiede per quel prodotto specifico. Dal 2013 il TR 045 fornisce indicazioni sul dimensionamento degli ancoranti sotto azione sismica

***Il dimensionamento degli ancoranti sotto AZIONE SISMICA
è normato negli Stati Uniti già da 10 anni***

ACI 318-05

In mancanza di specifiche indicazioni, il D.M. 14/01/2008, in merito alla progettazione degli ancoranti in zone soggette all'azione sismica, consente di far riferimento a normative di comprovata validità. Per tal motivo è possibile utilizzare anche la normativa americana **ACI 318-05** che, al pari delle linee guida europee **ETAG001**, si basa sul metodo **CCD** rendendo simile la progettazione degli ancoranti sollecitati da carichi statici nei due continenti. Risulta quindi possibile impiegare tali norme nel caso si voglia fare una valutazione della resistenza degli ancoranti soggetti ad azioni sismiche.



Organizzazione	EOTA European Organization for Technical Approval	ICC-ES International Code Council Evaluation Service
Criteri di prequalifica	ETAG 001 Annex E	AC 193 (ancoranti meccanici) AC 308 (ancoranti chimici) ACI 355.2 (test)
Progettazione	EOTA TR045	ACI 318-11, Appendix D
Certificazione	ETA European Technical Approval 	ICC-ESR Evaluation Service Report 

La situazione americana è molto simile a quella europea, la maggior parte delle prove sperimentali rispecchiano quelle contenute nell'ETAG 001, comprese quelle sul calcestruzzo fessurato.



2. STATI LIMITE

2.1 STATO LIMITE ULTIMO E STATO LIMITE DI DANNO

■ Azioni sismiche \Rightarrow Stato Limite Ultimo e Stato Limite di Danno

■ **Stato Limite Ultimo (SLU)**

– $S_d \leq R_d$

– $S_d = E + \gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \psi_{2i} \cdot \sum \gamma_{Qi} \cdot Q_{ki}$

Coefficienti γ_L dal D.M. 14/01/2008 oppure Eurocodici

– $R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$

Coefficienti γ_M nel Benestare Tecnico Europeo (ETA) ($\gamma_{M,seism} = \gamma_M$)

■ **Stato Limite di Danno (SLD)**

– Gli spostamenti dell'ancorante dovuto alle azioni sismiche devono essere inferiori agli spostamenti ammissibili

– Spostamenti ammissibili devono essere valutati dal progettista



3. PROGETTAZIONE DI ANCORAGGI SISMICI

3.1 RACCOMANDAZIONI E LIMITAZIONI

- EOTA TR 045 non ammette ancoraggi in zone critiche (cerniere plastiche: spalling del calcestruzzo e snervamento dell'acciaio durante l'azione sismica)
- Configurazioni ancoranti identiche a ETAG 001 – Annesso C e EOTA TR 029
- Sismicità molto bassa \Rightarrow progettazione statica (ETAG 001 – Annesso C ed EOTA TR 029)
- Se $N_{seism} \leq 20\% N_{tot}$ e $V_{seism} \leq 20\% V_{tot}$ (agente su un ancorante singolo o su un gruppo di ancoranti) la progettazione sismica non è necessaria, ma devono essere utilizzati ancoranti qualificati per *calcestruzzo fessurato* e *applicazioni sismiche*
- Nelle zone di ancoraggio il calcestruzzo è fessurato a meno che non si dimostri che durante l'azione sismica rimane non fessurato
- Evitare gap anulari nella progettazione sismica (solo per applicazioni non strutturali o non critiche questi sono consentiti, ma deve esserne considerato l'effetto)
- Spostamenti degli ancoranti considerati nella progettazione (eccetto per fissaggi di elementi non strutturali o di minore importanza dove la non rigidità della connessione non compromette la funzionalità dell'elemento fissato qualora questa sia richiesta)
- EOTA TR 045 non ammette installazioni con braccio di leva



3. PROGETTAZIONE DI ANCORAGGI SISMICI

3.2 DEFINIZIONI

■ Elemento non strutturale

Elemento architettonico, meccanico, elettrico; sistema o componente che, a causa di una mancanza di resistenza o per il modo con cui è connesso, non è considerato nella progettazione sismica della struttura come elemento portante. Il cedimento di un elemento non strutturale può avere medie conseguenze per la perdita di vite umane e gravi conseguenze dal punto di vista economico, sociale o ambientale. Ma questo non comporta il cedimento della struttura o di parte di essa (elementi di facciata, impianti meccanici, idraulici e aeraulici, ...)

Connessioni di **Tipo 'B'**

■ Elemento strutturale

Elemento dell'edificio il cui cedimento può comportare il cedimento della struttura o di parte di essa (colonna, trave, solaio, solette, ...)

Connessioni di **Tipo 'A'**



4. CATEGORIE DI PRESTAZIONE SISMICA

4.1 CATEGORIE DI PRESTAZIONE E APPLICAZIONI

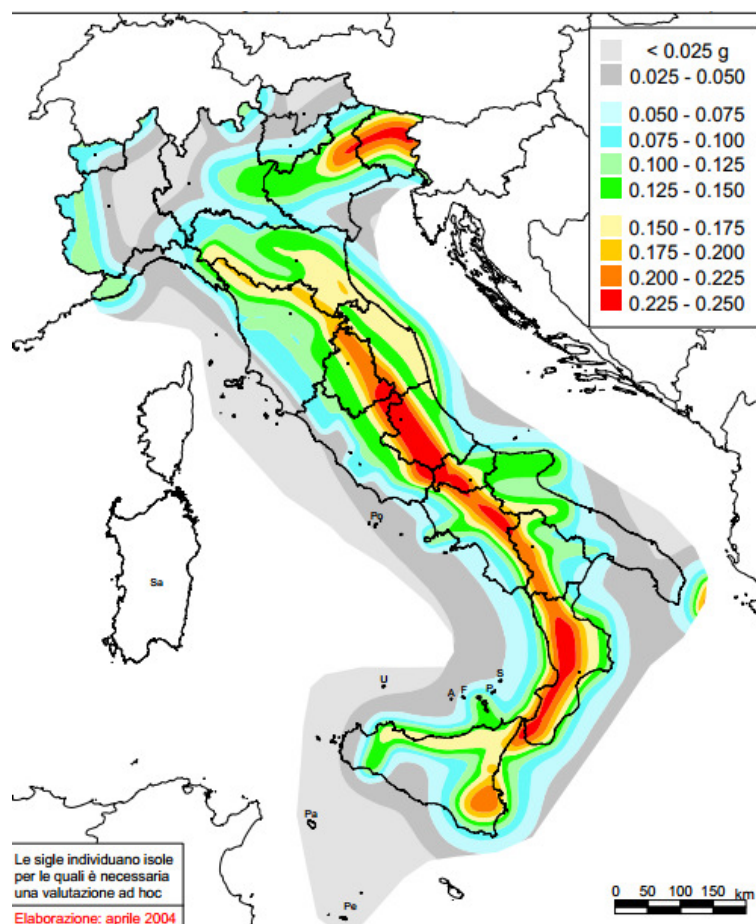


Table 5.1 Recommended seismic performance categories for anchors

Seismicity level ^a		Importance Class acc. to EN 1998-1:2004, 4.2.5			
Class	$a_g \cdot S^c$	I	II	III	IV
Very low ^b	$a_g \cdot S \leq 0,05 g$	No additional requirement			
Low ^b	$0,05 g < a_g \cdot S \leq 0,10 g$	C1	C1 ^d or C2 ^e		C2
> low	$a_g \cdot S > 0,10 g$	C1	C2		

^a The values defining the seismicity levels are may be found in the National Annex of EN 1988-1.
^b Definition according to EN 1998-1:2004, 3.2.1.
^c a_g = design ground acceleration on Type A ground (EN 1998-1:2004, 3.2.1),
 S = soil factor (see e.g. EN 1998-1:2004, 3.2.2).
^d C1 for Type 'B' connections (see 5.1)
^e C2 for Type 'A' connections (see 5.1)

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

prospetto 4.3 Categorie di importanza per gli edifici

Classe di importanza	Edifici
I	Edifici di minore importanza per la sicurezza pubblica, per esempio costruzioni agricole, ecc.
II	Edifici ordinari, non appartenenti ad altre categorie
III	Edifici la cui resistenza sismica è di importanza in vista delle conseguenze associate a un collasso, per esempio scuole, sale per convegni, istituzioni culturali ecc.
IV	Edifici la cui integrità durante i terremoti è di vitale importanza per la protezione civile, per esempio ospedali, stazioni dei pompieri, impianti per la produzione di energia, ecc.



4. CATEGORIE DI PRESTAZIONE SISMICA

4.2 CATEGORIE DI PRESTAZIONE E APPLICAZIONI

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☐ Ricerca per coordinate LONGITUDINE 11.8828 LATITUDINE 45.4161

☒ Ricerca per comune REGIONE Veneto PROVINCIA Padova COMUNE Padova

Elaborazioni grafiche
Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

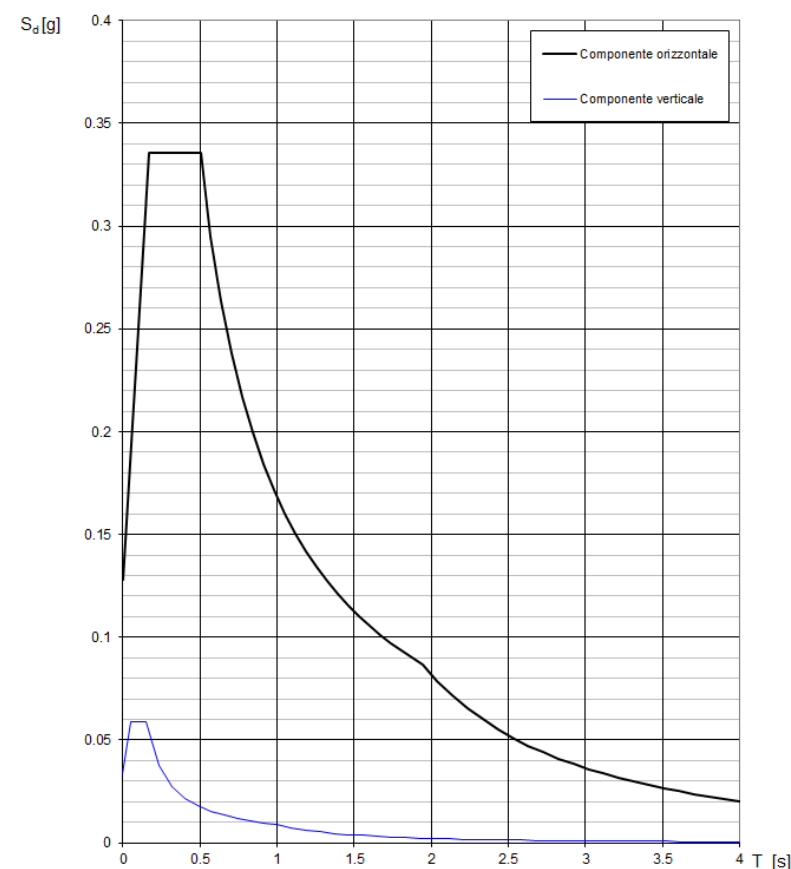
Controllo sul reticolo
☒ Sito esterno al reticolo
☒ Interpolazione su 3 nodi
☒ Interpolazione corretta

Interpolazione
superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limi SLV

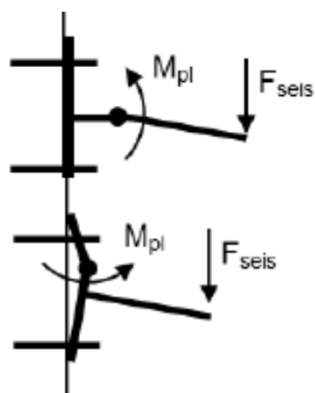


- $a_g = 0.128 \text{ g}$
- $S = 1.50$
- $a_g \times S = 0.192 \text{ g}$

Anche Padova è zona a categoria di prestazione sismica C2



5. OPZIONI E CRITERI DI PROGETTAZIONE



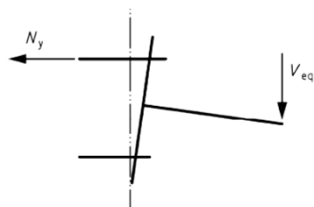
■ a) Progettazione senza duttilità dell'ancorante

a1) Capacity Design (Gerarchia delle resistenze)

L'ancorante o il gruppo di ancoranti è progettato per le massime azioni di trazione e taglio sviluppate dalla formazione della cerniera plastica nella piastra o nell'elemento fissato

a2) Elastic Design

L'ancorante o il gruppo di ancoranti è progettato per le massime azioni di trazione e taglio che derivano dalle azioni esterne, inclusa l'azione sismica assumendo il comportamento elastico dell'ancorante e della struttura fissata (nessuna dissipazione di energia)



■ b) Progettazione con duttilità dell'ancorante (solo C2)

L'ancorante o il gruppo di ancoranti è progettato per le massime azioni di trazione e taglio che derivano dalle azioni esterne, inclusa l'azione sismica. L'ancorante può dissipare energia

Difficilmente realizzabile perché spesso la rottura principale è legata al cedimento del calcestruzzo!



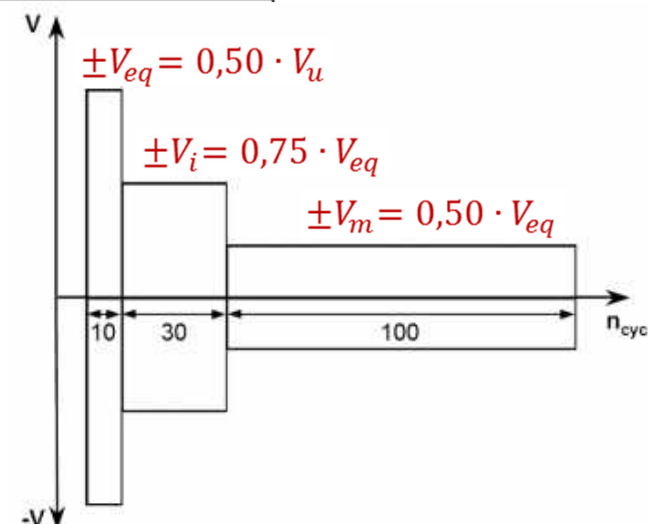
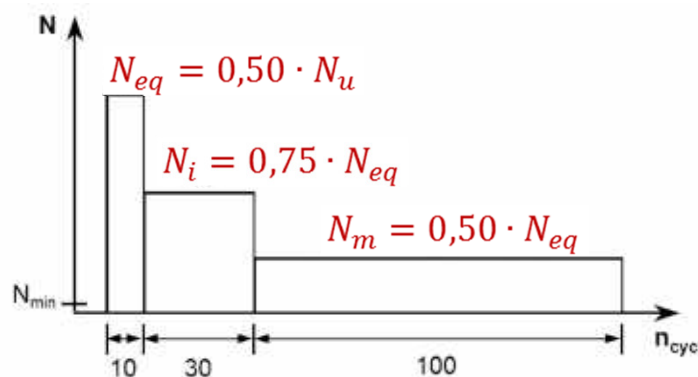
6. CATEGORIE DI PRESTAZIONE SISMICA

6.1 PROCEDURA DI QUALIFICA CATEGORIA C1 (ETAG 001 – ANNESSO E)

■ Programma prove:

	Purpose of test	Concrete	Crack width Δw ¹⁾ [mm]	Minimum number of tests ²⁾	Test procedure see Section	Assessment criteria see Section
C1.1	Functioning under pulsating tension load	C20/25	0,5	5	2.3.2	3.1.1
C1.2	Functioning under alternating shear load	C20/25	0,5	5	2.3.3	3.1.2

¹⁾ Crack width added to the hairline crack width after anchor installation but before loading of anchor.
²⁾ Test all anchor diameters to be qualified for use in seismic applications. For anchors with different steel types, steel grades, production methods, head configurations (mechanical anchors), types of inserts (bonded anchors), multiple embedment depths and drilling methods see 2.2.



■ Si determina solo resistenza



6. CATEGORIE DI PRESTAZIONE SISMICA

6.2 PROCEDURA DI QUALIFICA CATEGORIA C2 (ETAG 001 – ANNESSO E)

■ Programma prove

Test no.	Purpose of test	Concrete	Crack width Δw ¹⁾ [mm]	Minimum number of tests ²⁾	Test procedure see Section	Assessment criteria see Section
C2.1a	Reference tension tests in low strength concrete	C20/25	0,8	5	2.4.2	3.2.1, 3.2.2
C2.1b	Tension tests in high strength concrete	C50/60	0,8	5	2.4.2	3.2.1, 3.2.2
C2.2 ³⁾	Reference shear tests	C20/25	0,8	5	2.4.2	3.2.1, 3.2.3
C2.3	Functioning under pulsating tension load	C20/25	0,5 ($\leq 0,5 \cdot N/N_{max}$) ⁴⁾ 0,8 ($> 0,5 \cdot N/N_{max}$)	5	2.4.3	3.2.1, 3.2.4
C2.4	Functioning under alternating shear load	C20/25	0,8	5	2.4.4	3.2.1, 3.2.5
C2.5	Functioning with tension load under varying crack width	C20/25	$\Delta w_1 = 0,0$ ⁵⁾ $\Delta w_2 = 0,8$	5	2.4.5	3.2.1, 3.2.6

¹⁾ Crack width Δw added to the width of hairline crack after anchor installation but before loading of anchor.

²⁾ Test all anchor diameters for which the anchor is to be qualified for use in seismic applications. For anchors with different steel types, steel grades, production methods, head configurations (mechanical anchors), types of inserts (bonded anchors), multiple embedment depths and drilling methods see 2.2.

³⁾ See 2.4.2

⁴⁾ The tests may also be conducted in $\Delta w = 0,8$ mm at all load levels (N/N_{max}).

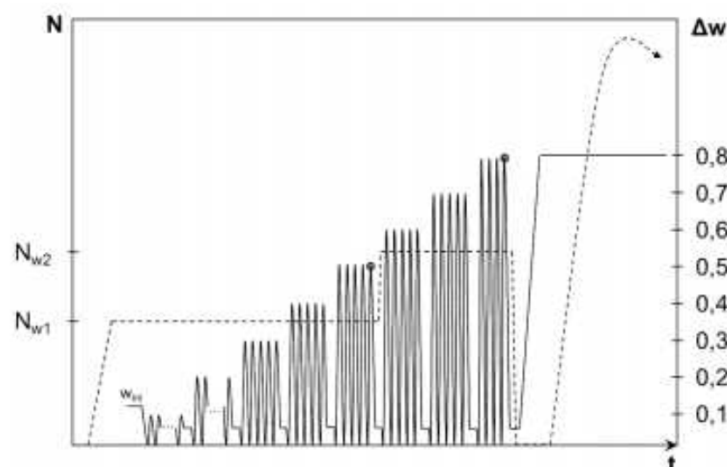
⁵⁾ $\Delta w_1 = 0,0$ mm is defined in 2.4.5.



6. CATEGORIE DI PRESTAZIONE SISMICA

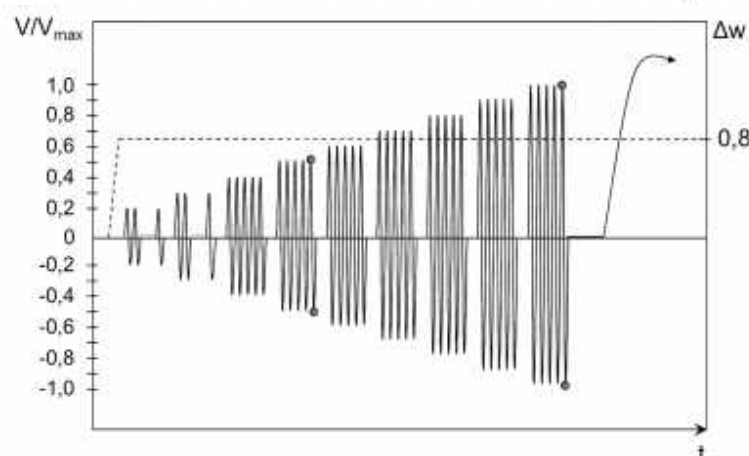
6.3 PROCEDURA DI QUALIFICA CATEGORIA C2 (ETAG 001 – ANNESSO E)

- Carichi pulsanti (N) o alternati (V) con ampiezze fessura fino a 0.8 mm



N/N_{max}	Number of cycles	Crack width Δw [mm]
0,2	25	0,5
0,3	15	0,5
0,4	5	0,5
0,5	5	0,5
0,6	5	0,8
0,7	5	0,8
0,8	5	0,8
0,9	5	0,8
1	5	0,8
SUM	75	

$$N_{max} = 0,75 \cdot N_{u,m,C2.1a}$$



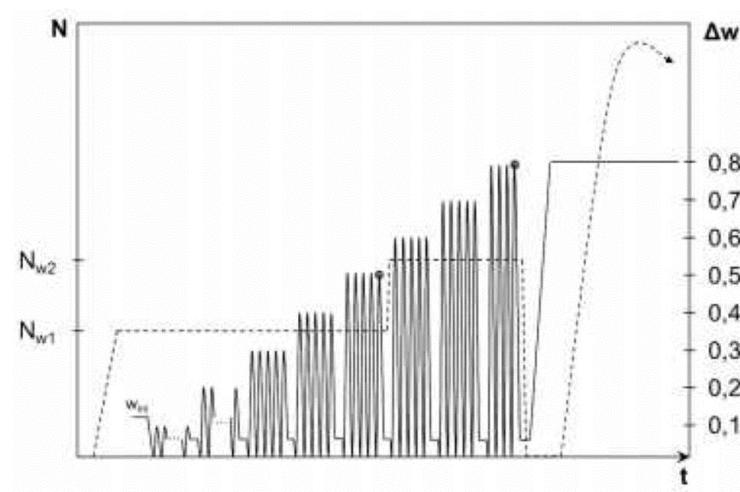
$\pm V/V_{max}$	Number of cycles	Crack width Δw [mm]
0,2	25	0,8
0,3	15	0,8
0,4	5	0,8
0,5	5	0,8
0,6	5	0,8
0,7	5	0,8
0,8	5	0,8
0,9	5	0,8
1	5	0,8
SUM	75	

$$V_{max} = 0,85 \cdot V_{u,m,C2.2}$$

6. CATEGORIE DI PRESTAZIONE SISMICA

6.4 PROCEDURA DI QUALIFICA CATEGORIA C2 (ETAG 001 – ANNESSO E)

- 2 livelli di trazione (N_{w1} e N_{w2}) con ampiezze fessura crescenti



Crack width Δw [mm]	Number of cycles	Anchor load
0,1	20	N_{w1}
0,2	10	N_{w1}
0,3	5	N_{w1}
0,4	5	N_{w1}
0,5	5	N_{w1}
0,6	5	N_{w2}
0,7	5	N_{w2}
0,8	4	N_{w2}
SUM	59	

$$N_{w1} = 0,40 \cdot N_{u,m,C2.1a}$$

$$N_{w2} = 0,50 \cdot N_{u,m,C2.1a}$$

- Questo tipo di prova richiede un telaio di prova molto sofisticato che sia in grado di aprire e chiudere le fessure con una forza di compressione controllata.
- Si determinano sia resistenza che spostamenti



7. CAPACITÀ RESISTENTE SISMICA


7.1 VERIFICHE RICHIESTE

	failure mode	single anchor	anchor group	
			most loaded anchor	anchor group
tension	steel failure	$N_{Sd,seis} \leq N_{Rd,s,seis}$	$N_{Sd,seis}^h \leq N_{Rd,s,seis}^h$	
	pull-out failure	$N_{Sd,seis} \leq N_{Rd,p,seis}$	$N_{Sd,seis}^h \leq N_{Rd,p,seis}^h$	
	combined pull-out and concrete cone failure ¹⁾	$N_{Sd,seis} \leq N_{Rd,p,seis}$		$N_{Sd,seis}^g \leq N_{Rd,p,seis}^g$
	concrete cone failure	$N_{Sd,seis} \leq N_{Rd,c,seis}$		$N_{Sd,seis}^g \leq N_{Rd,c,seis}^g$
	splitting ³⁾	$N_{Sd,seis} \leq N_{Rd,sp,seis}$		$N_{Sd,seis}^g \leq N_{Rd,sp,seis}^g$
shear	steel failure, shear load without lever arm ²⁾	$V_{Sd,seis} \leq V_{Rd,s,seis}$	$V_{Sd,seis}^h \leq V_{Rd,s,seis}^h$	
	concrete pry-out failure	$V_{Sd,seis} \leq V_{Rd,cp,seis}$		$V_{Sd,seis}^g \leq V_{Rd,cp,seis}^g$
	concrete edge failure	$V_{Sd,seis} \leq V_{Rd,c,seis}$		$V_{Sd,seis}^g \leq V_{Rd,c,seis}^g$
¹⁾ Verification for bonded anchors only. ²⁾ Steel failure for shear loads with lever arm is not covered in this Technical Report (see Section 5.1). ³⁾ Verification is not required if cracked concrete is assumed and reinforcement resists the splitting forces.				



7. CAPACITÀ RESISTENTE SISMICA

7.1 CAPACITÀ RESISTENTE A TRAZIONE

Modo di rottura	ETA	ETAG 001 + TR029
Acciaio	$N_{Rk,s,seis}^0$	
Pull-out (sfilamento)	$N_{Rk,p,seis}^0$	
Combinata pull-out + cono calcestruzzo	$\tau_{Rk,seis}$	 $N_{Rk,c,seis}^0$
Cono calcestruzzo		$N_{Rk,c,seis}^0$
Splitting (fessurazione)		$N_{Rk,sp,seis}^0$

$$N_{Rd,seis} = \frac{N_{Rk,seis}}{\gamma_{M,seis}} = \frac{\alpha_{gap} \cdot \alpha_{seis} \cdot N_{Rk,seis}^0}{\gamma_{M,seis}} \quad \left\{ \begin{array}{l} \alpha_{gap} = 1,0 \text{ trazione} \\ \alpha_{seis} - \text{riportato TR 045} \\ \gamma_{M,seis} - \text{riportato ETA} \end{array} \right.$$



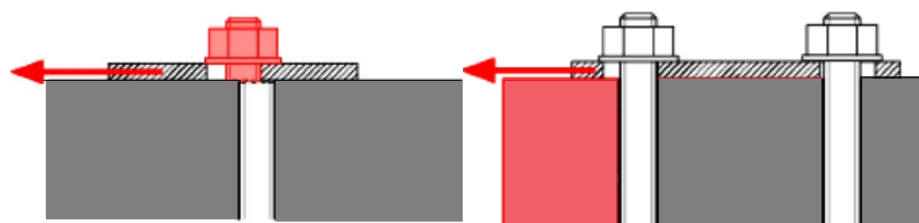
7. CAPACITÀ RESISTENTE SISMICA

7.2 CAPACITÀ RESISTENTE A TAGLIO

Modo di rottura	ETA	ETAG 001 + TR029
Acciaio	$V_{Rk,s,seis}^0$	
Pry-out (scalzamento)		$V_{Rk,cp,seis}^0$
Bordo calcestruzzo		$V_{Rk,c,seis}^0$

$$V_{Rd,seis} = \frac{V_{Rk,seis}}{\gamma_{M,seis}} = \frac{\alpha_{gap} \cdot \alpha_{seis} \cdot V_{Rk,seis}^0}{\gamma_{M,seis}} \quad \left\{ \begin{array}{l} \alpha_{seis} - \text{riportato TR 045} \\ \gamma_{M,seis} - \text{riportato ETA} \end{array} \right.$$

$$\alpha_{gap} = \begin{cases} 1,0 & \text{Se il gap anulare fra ancorante e piastra è riempito} \\ 0,5 & \text{Se esiste un gap anulare fra ancorante e piastra (tolleranza)} \end{cases}$$



Effetto martello dovuto all'azione sismica (deve essere trascurato attrito ancorante/piastra e piastra calcestruzzo)

- Rottura ancorante (lato acciaio)
- Rottura per espulsione bordo calcestruzzo



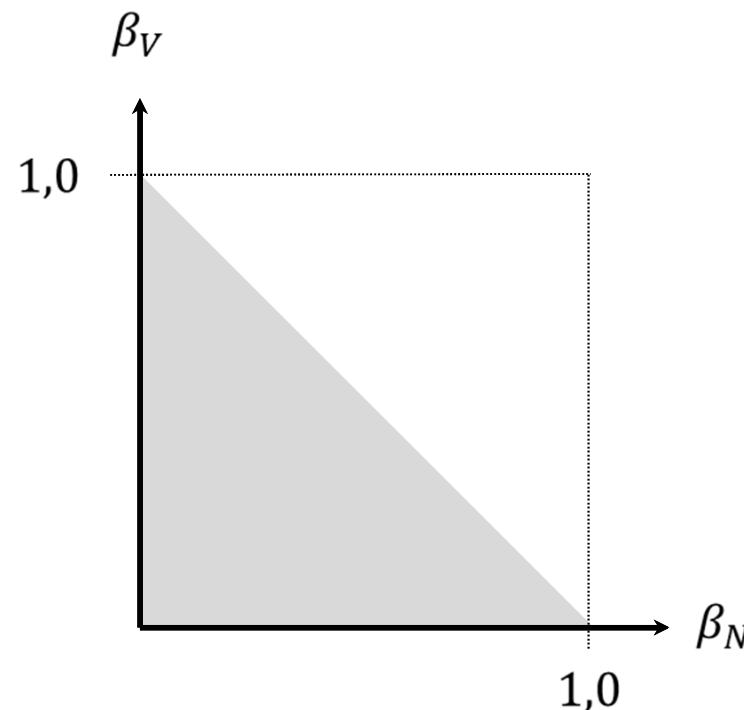
7. CAPACITÀ RESISTENTE SISMICA

7.3 CAPACITÀ RESISTENTE PER AZIONI COMBinate

■ $\beta_N = \frac{N_{Sd}}{N_{Rd,seis}} \leq 1,0$

■ $\beta_V = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd,seis}} \leq 1,0$

■ $\left(\frac{N_{Sd}}{N_{Rd,seis}} \right) + \left(\frac{V_{Sd}}{V_{Rd,seis}} \right) \leq 1,0$





7. CAPACITÀ RESISTENTE SISMICA

7.4 CONTROLLO DEGLI SPOSTAMENTI (SOLO CATEGORIA C2)

- Gli spostamenti del tassello a trazione e taglio devono essere limitati per garantire la funzionalità dell'elemento fissato
- Lo spostamento limite $\delta_{N,req(SLD)}$ e $\delta_{V,req(SLD)}$ dipende dalla specifica applicazione (non è riportato in ETA) ed è imposto dal progettista
- Se lo spostamento (SLD) sotto azioni sismiche $\delta_{N,seis(SLD)}$ e $\delta_{V,seis(SLD)}$ riportato in ETA non soddisfa gli spostamenti limite è necessario ridurre la resistenza sismica di progetto

$$N_{Rd,seis,reduced} = N_{Rd,seis} \cdot \frac{\delta_{N,req(SLD)}}{\delta_{N,seis(SLD)}}$$

$$V_{Rd,seis,reduced} = V_{Rd,seis} \cdot \frac{\delta_{V,req(SLD)}}{\delta_{V,seis(SLD)}}$$



8. GAMMA ANCORAGGI SISMICI FISCHER

8.1 ANCORANTI CHIMICI

- Sistema chimico Superbond (FIS SB e RSB)



**Certificato
C1 e C2**

- Sistema chimico a iniezione FIS EM



**Certificato
C1 e C2**



8. GAMMA ANCORAGGI SISMICI FISCHER

8.2 ANCORANTI METALLICI

■ Ancorante a espansione FAZ II



Certificato C1 e C2

■ Ancorante a espansione FH II



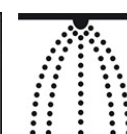
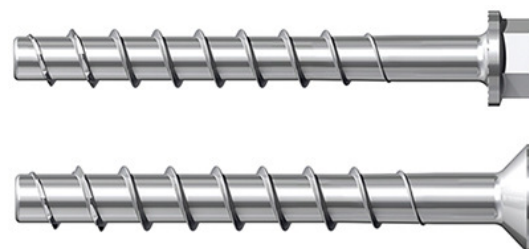
Certificato C1



8. GAMMA ANCORAGGI SISMICI FISCHER

8.2 ANCORANTI METALLICI

- Vite per calcestruzzo ULTRACUT FBS II



Certificato C1 e C2



LA CORROSIONE NEGLI ANCORANTI





1. CORROSIONE

1.1 DEFINIZIONE

- Il termine **corrosione** (dal latino com- particella indicante insistenza e rodere, per "consumare") indica un processo di consumazione lenta e continua di un materiale, che ha come conseguenze il peggioramento delle caratteristiche o proprietà fisiche del materiale inizialmente coinvolto



1. CORROSIONE

1.2 ESEMPI DI CORROSIONE

- Problema estetico: scolorazioni e depositi





1. CORROSIONE

1.2 ESEMPI DI CORROSIONE

- Problema statico: effetti sugli ancoranti





1. CORROSIONE

1.2 ESEMPI DI CORROSIONE

- Problema statico: Cedimenti dovuti al fenomeno della corrosione





Quasi tutti i materiali metallici reagiscono con l'ambiente in condizioni normali. Questa reazione porta a due fenomeni principali:

1. Formazione di strato passivante superficiale che previene/ritarda fenomeni corrosivi (es. alluminio, cromo e titanio). Questi metalli non richiedono ulteriori protezioni alla corrosione.



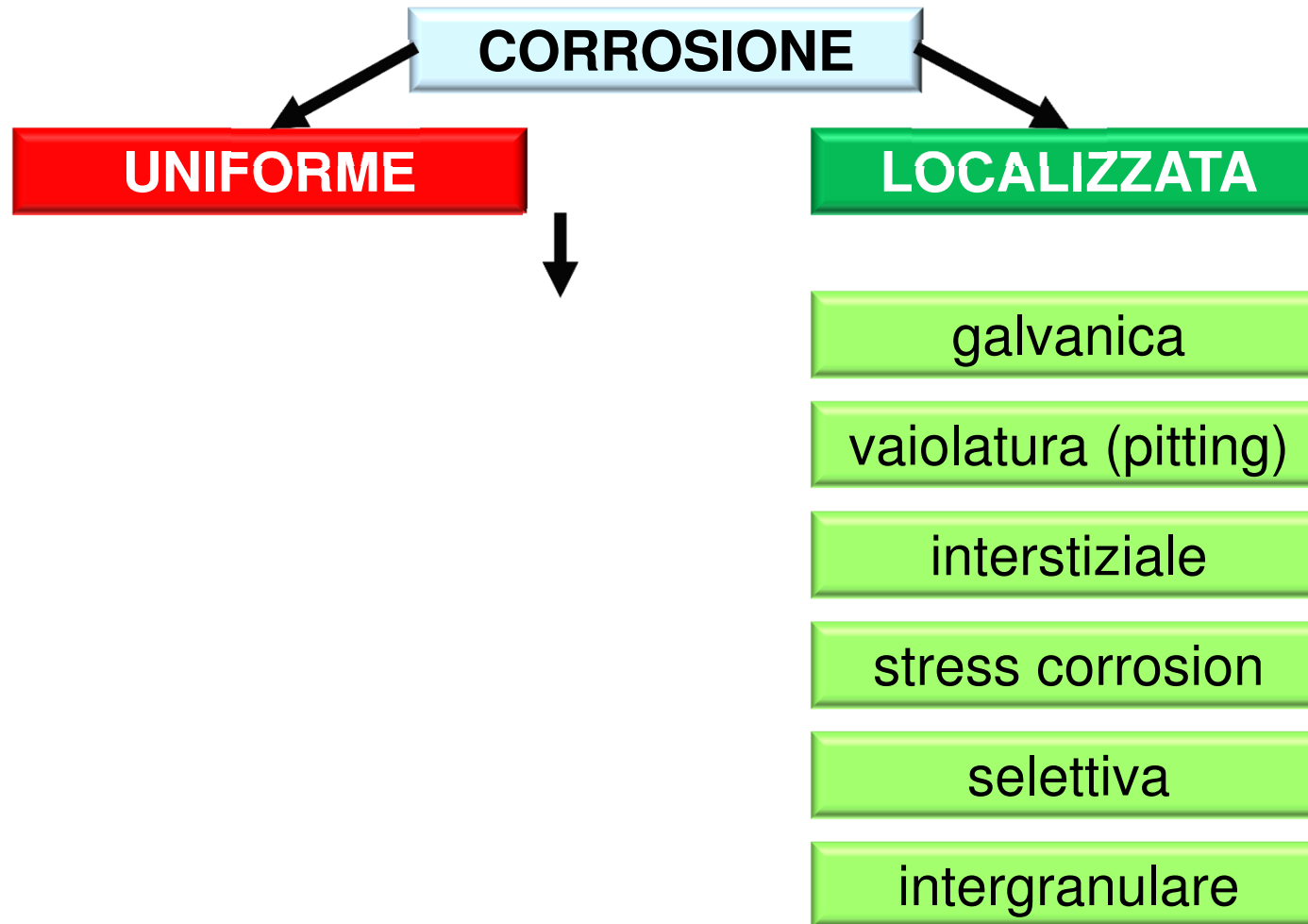


2. I prodotti di tale reazione sono porosi e non formano uno strato protettivo, ad esempio la ruggine sul ferro. In questo caso sono richieste misure protettive/preventive.





Tipi di corrosione



2. TIPI DI CORROSIONE

2.2 CORROSIONE UNIFORME (SUPERFICIALE)

- La forma più diffusa che coinvolge intera superficie manufatto esposta in ambiente corrosivo che si corrode uniformemente

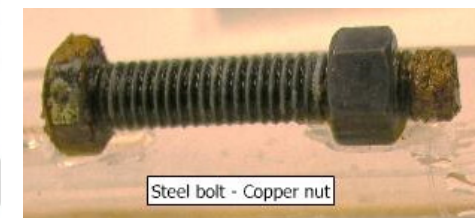
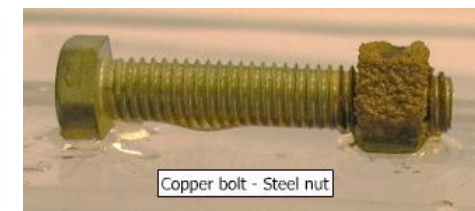
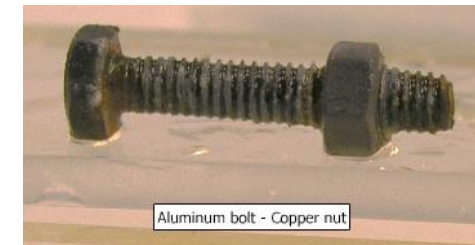
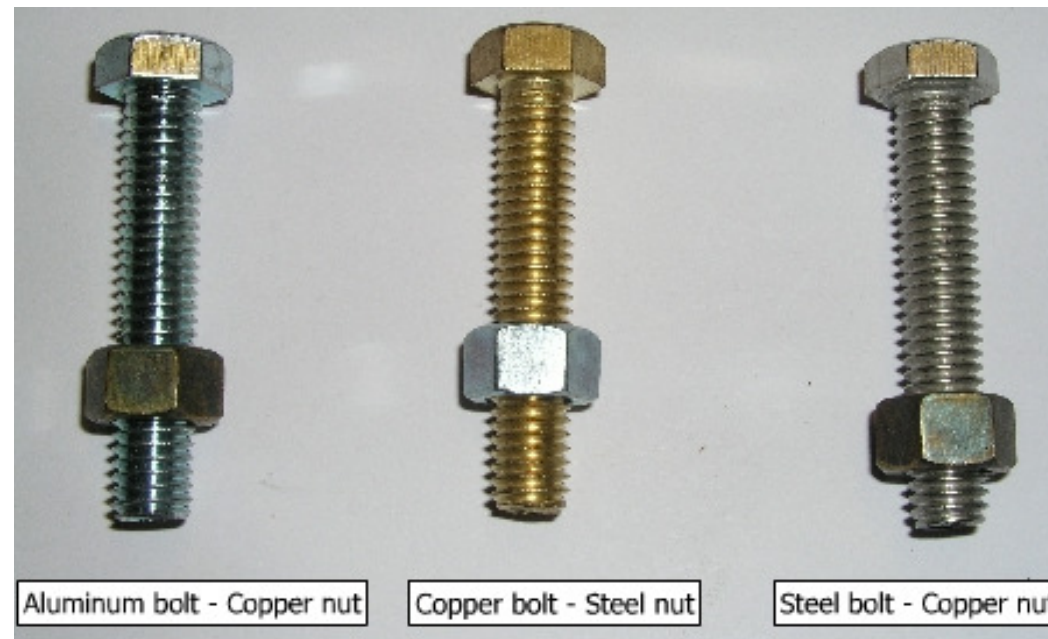




2. TIPI DI CORROSIONE

2.3 CORROSIONE GALVANICA (1/7)

- La corrosione **galvanica** può verificarsi quando due metalli con potenziali elettrici differenti vengono a contatto elettrolitico. Il metallo con potenziale maggiore (catodo) risulta protetto, il metallo con potenziale minore (anodo) si corrode

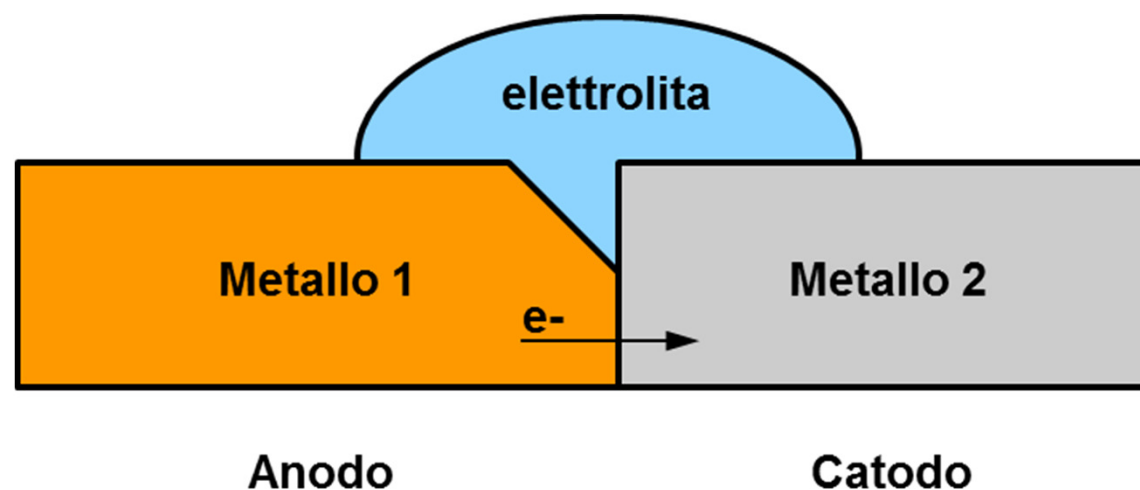




2. TIPI DI CORROSIONE

2.3 CORROSIONE GALVANICA (2/7)

- Perché la corrosione **galvanica** avvenga occorre che vi siano:
 1. Differenti potenziali di corrosione dei metalli all'interno di un dato sistema
 2. Connessione conduttiva tra i due metalli
 3. Film umido elettricamente conduttivo (elettrolita) che colleghi i due metalli





2. TIPI DI CORROSIONE

2.3 CORROSIONE GALVANICA (3/7)

■ Tabella potenziali Redox (accoppiamento dei materiali)

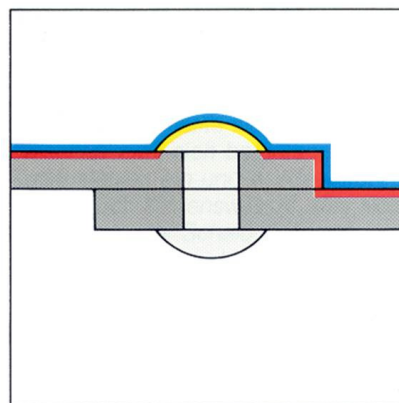
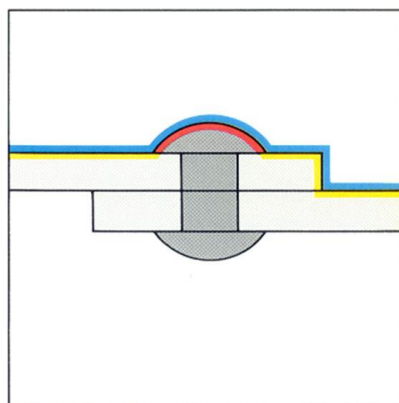
		B – Pairing materials												
A - Materials affected by bi-metallic corrosion	Area ratio A/B	Magnesium alloy	Zinc	Hot-dip galvanised steel	Aluminium alloy	Cadmium coating	Construction steel	Low-alloy steel	Cast steel	Chrome steel	Lead	Tin	Copper	Stainless steel
Magnesium alloy	Small													
	Large													
Zinc	Small													
	Large													
Hot-dip galvanised steel	Small													
	Large													
Aluminium alloy	Small													
	Large													
Cadmium coating	Small													
	Large													
Construction steel	Small													
	Large													
Low-alloy steel	Small													
	Large													
Cast steel	Small													
	Large													
Chrome steel	Small													
	Large													
Lead	Small													
	Large													
Tin	Small													
	Large													
Copper	Small													
	Large													
Stainless steel	Small													
	Large													
-> Colour key		Major corrosion of material A					Average corrosion (in damp atmosphere)			Minor or no corrosion				



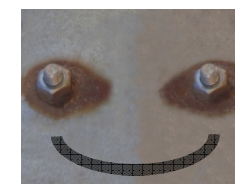
2. TIPI DI CORROSIONE

2.3 CORROSIONE GALVANICA (4/7)

- Corrosione **galvanica** e intensità di corrente



$$i_{el} = \frac{S_c}{S_a} \cdot \frac{\Delta U}{R_{el} + R_{p,a} + R_{p,c}}$$



i_{el} = intensità corrente

S_c = superficie catodica

S_a = superficie anodica

ΔU = diff. potenziale tra i due metalli

R_{el} = resistenza elettrolitica

$R_{p,a}$ = resistenza polarizzazione anodo

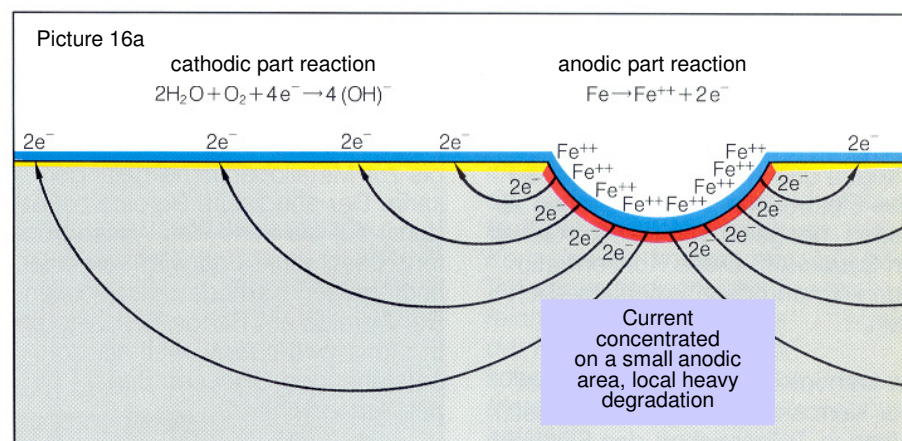
$R_{p,c}$ = resistenza polarizzazione catodo



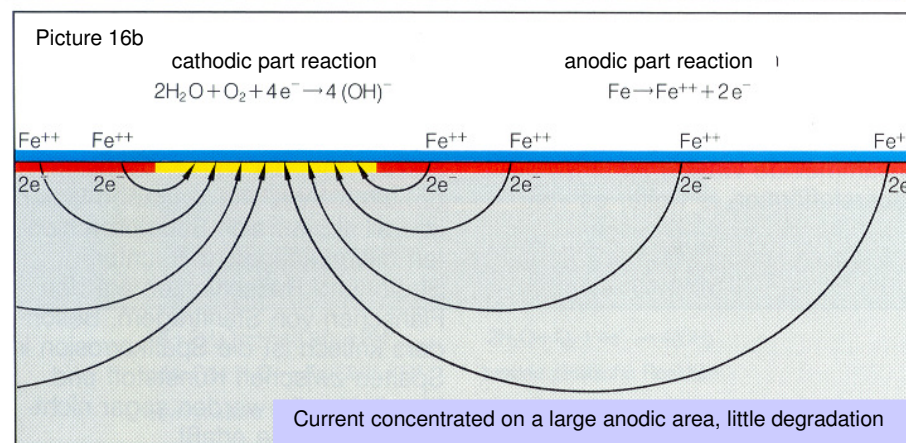
2. TIPI DI CORROSIONE

2.3 CORROSIONE GALVANICA (5/7)

■ Corrosione **galvanica** e intensità di corrente



Piccola area anodica

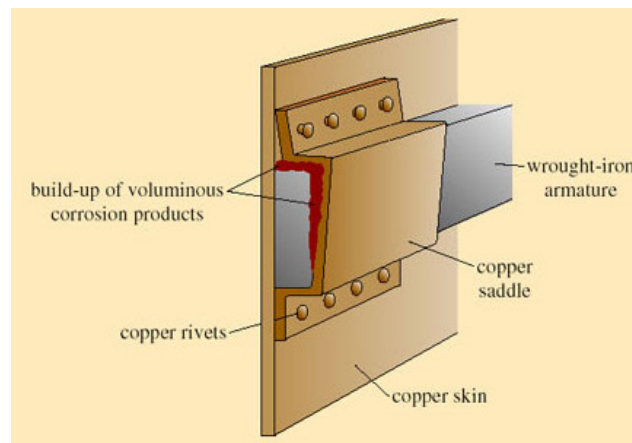


Grande area anodica

2. TIPI DI CORROSIONE

2.3 CORROSIONE GALVANICA (6/7)

- Esempio celebre di corrosione **galvanica** si è manifestata nella struttura della Statua della Libertà. Eiffel prevede il fenomeno disponendo strato protettivo tra i due metalli che però negli anni perse efficacia.

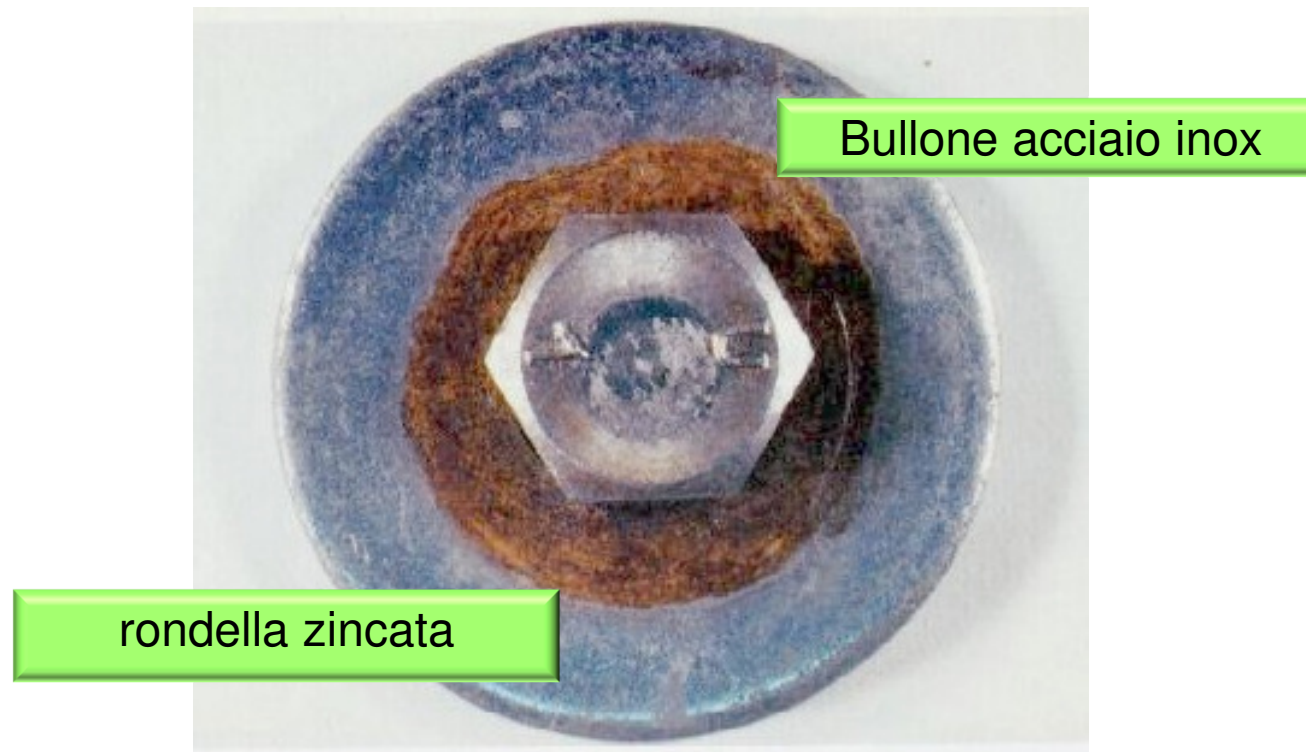




2. TIPI DI CORROSIONE

2.3 CORROSIONE GALVANICA (7/7)

- Esempio di corrosione **galvanica** su un ancoraggio

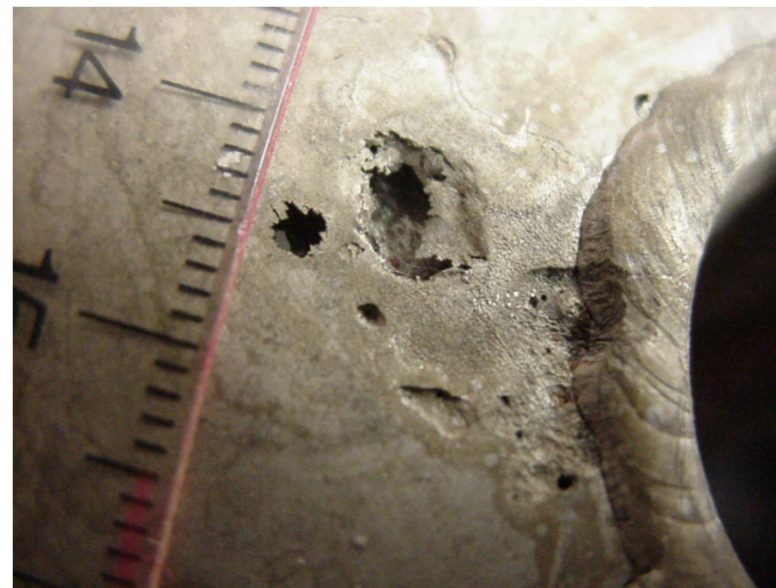


Contact corrosion between a
screw head made from stainless steel and a **zinc plated washer**
after approx. **3 years in city atmosphere**

2. TIPI DI CORROSIONE

2.4 CORROSIONE PER VAIOLATURA (PITTING) (1/4)

- La corrosione localizzata per vaiolatura o corrosione per **pitting** è una tipologia di corrosione localizzata che si innesca quando lo strato passivante di ossidi insolubili che si forma sulla superficie dei metalli viene rotto localmente, determinando attivazione del processo di corrosione

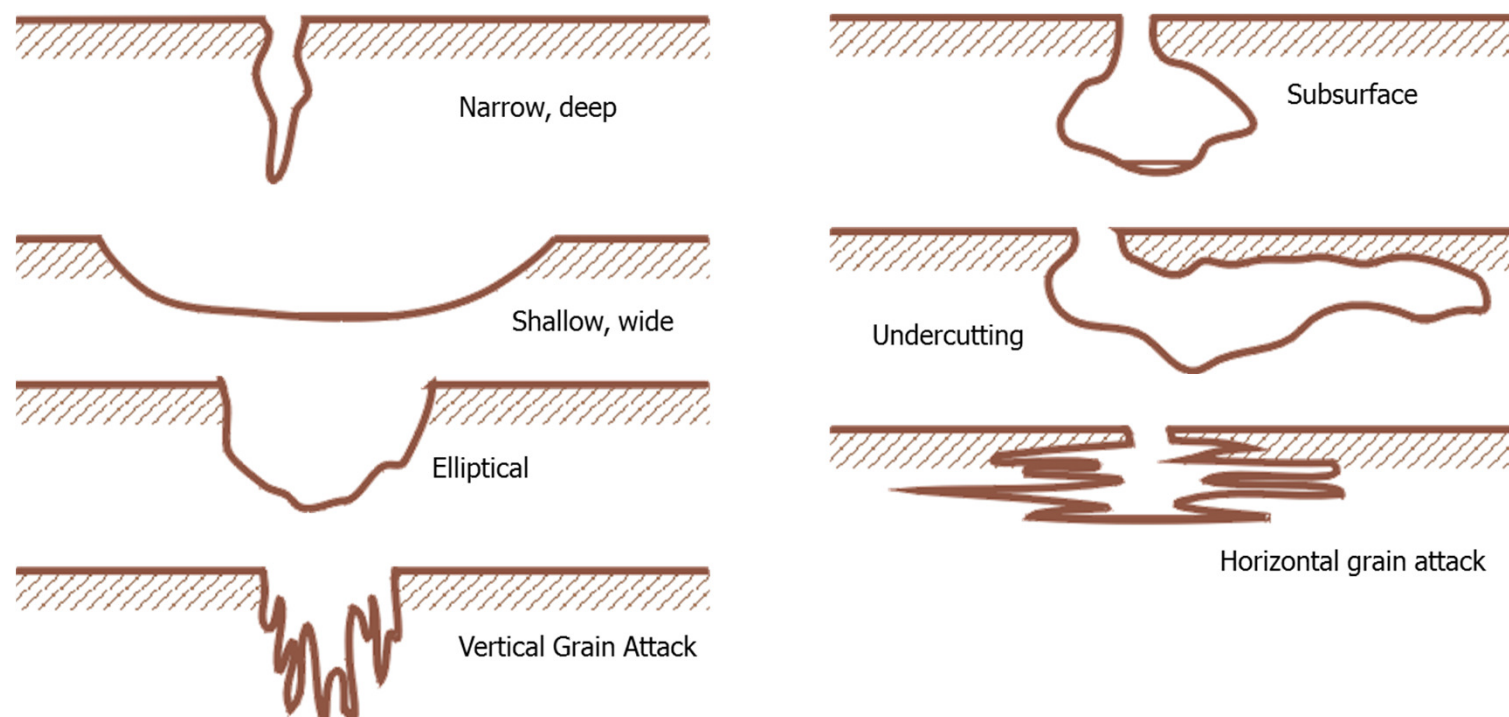




2. TIPI DI CORROSIONE

2.4 CORROSIONE PER VAIOLATURA (PITTING) (2/4)

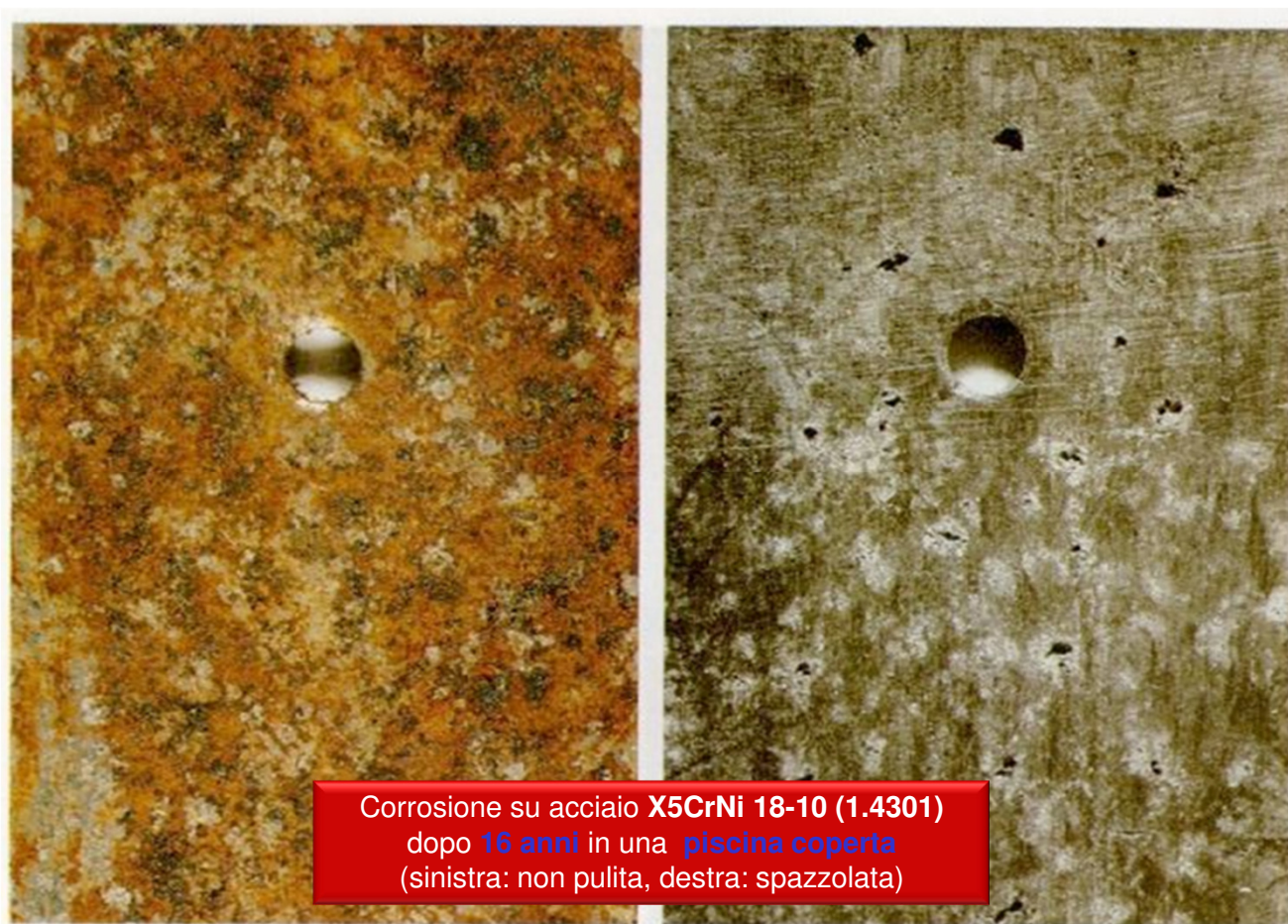
■ Esempi di corrosione per **pitting**



2. TIPI DI CORROSIONE

2.4 CORROSIONE PER VAIOLATURA (PITTING) (3/4)

- Esempi di corrosione per **pitting**



Corrosione su acciaio **X5CrNi 18-10 (1.4301)**
dopo **16 anni** in una **piscina coperta**
(sinistra: non pulita, destra: spazzolata)

2. TIPI DI CORROSIONE

2.4 CORROSIONE PER VAIOLATURA (PITTING) (4/4)

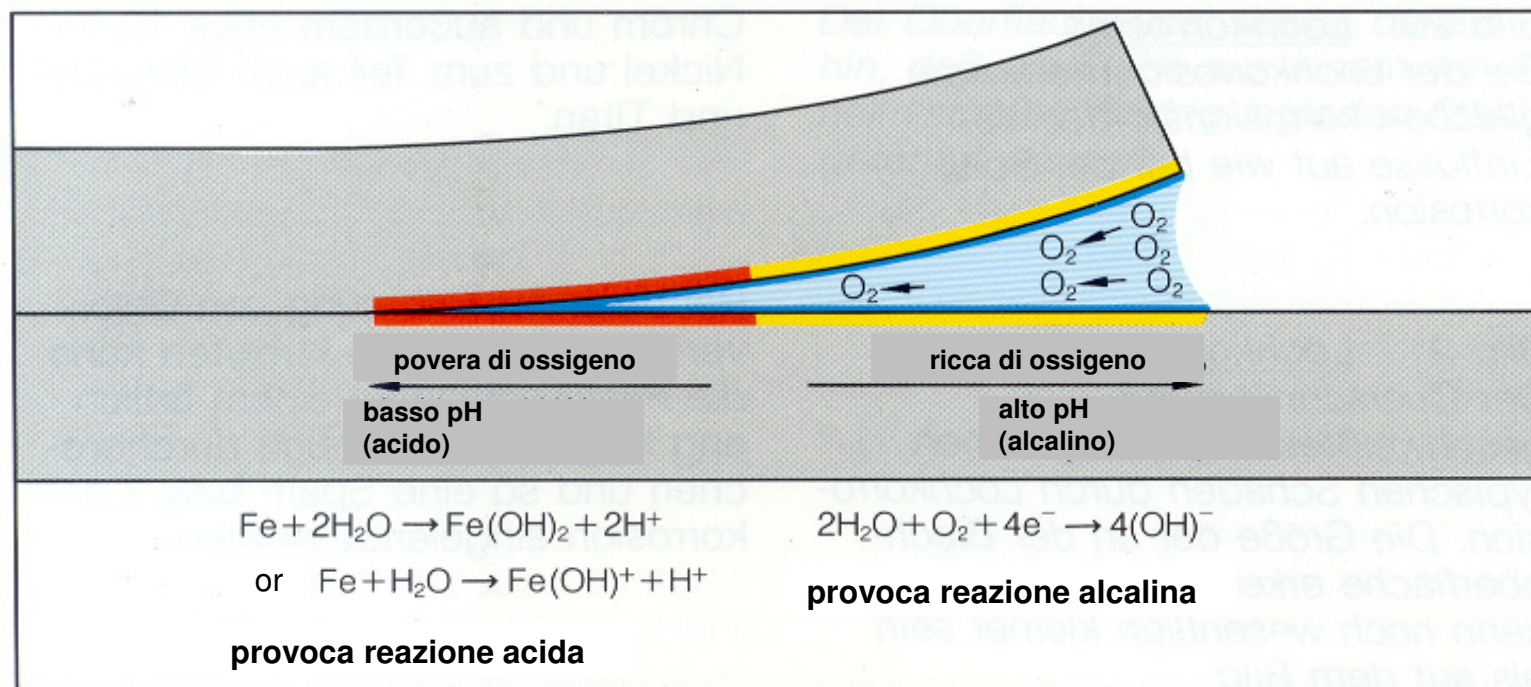
- Esempi di corrosione per **pitting** sugli ancoranti



2. TIPI DI CORROSIONE

2.5 CORROSIONE INTERSTIZIALE (CREVICE) (1/4)

- Si verifica quando l'ambiente corrosivo penetra all'interno di interstizi ($0,025 \div 0,1 \text{ mm}$) e si crea disomogeneità della soluzione elettrolitica a contatto con metallo (Ossigeno)





2. TIPI DI CORROSIONE

2.5 CORROSIONE INTERSTIZIALE (CREVICE) (2/4)

- Esempi di corrosione **interstiziale**





2. TIPI DI CORROSIONE

2.5 CORROSIONE INTERSTIZIALE (CREVICE) (3/4)

- Esempi di corrosione **interstiziale** sugli ancoranti





2. TIPI DI CORROSIONE

2.5 CORROSIONE INTERSTIZIALE (CREVICE) (4/4)

- Esempi di corrosione **interstiziale** sugli ancoranti



2. TIPI DI CORROSIONE

2.6 STRESS CORROSION CRACKING (1/5)

- **Stress corrosion cracking** si verifica quando agiscono contemporaneamente fenomeni di corrosione e presenza di tensione dovuta all'applicazione del carico stesso

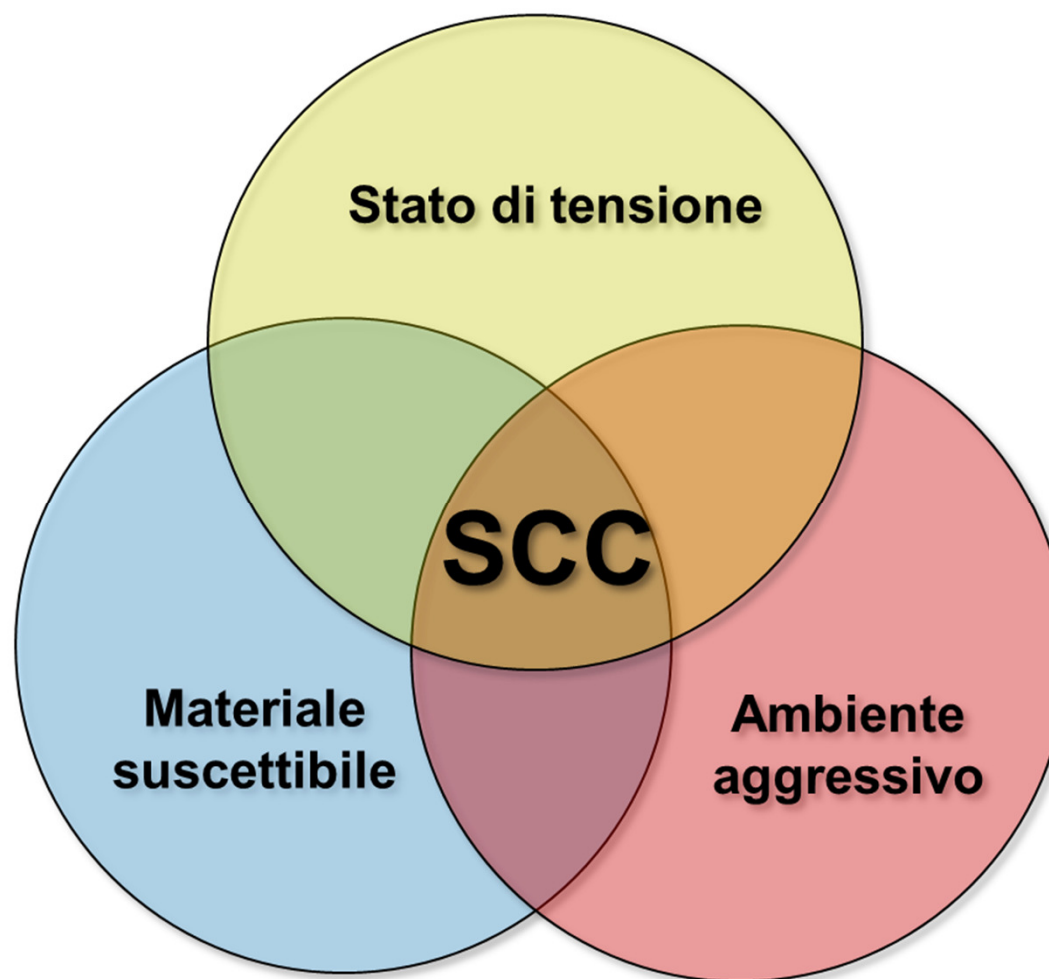


- Lo **SCC** è molto pericoloso, perché difficilmente individuabile e perché può causare un cedimento improvviso



2. TIPI DI CORROSIONE

2.6 STRESS CORROSION CRACKING (2/5)





2. TIPI DI CORROSIONE

2.6 STRESS CORROSION CRACKING (3/5)

■ 1° esempio noto di **Stess Corrosion Cracking**



Cosa? Un controsoffitto pesante 200t crolla uccidendo 12 persone e ferendone 40

Dove? Piscina pubblica coperta città di Uster (Zurigo), Svizzera

Quando? 12-05-1985

Perché? A causa di un tipo di corrosione, a quel tempo, sconosciuta (stress corrosion cracking) apparsa su fissaggi in acciaio inox AISI 304 (A2)

Soluzione Oggi solo ancoraggi approvati realizzati con acciaio ad alta resistenza 1.4529 sono ufficialmente permessi in quelle applicazioni critiche in presenza di acqua di mare, tunnel autostradali, piscine coperte, etc...



2. TIPI DI CORROSIONE

2.6 STRESS CORROSION CRACKING (4/5)

- 1° esempio noto di **Stess Corrosion Cracking**

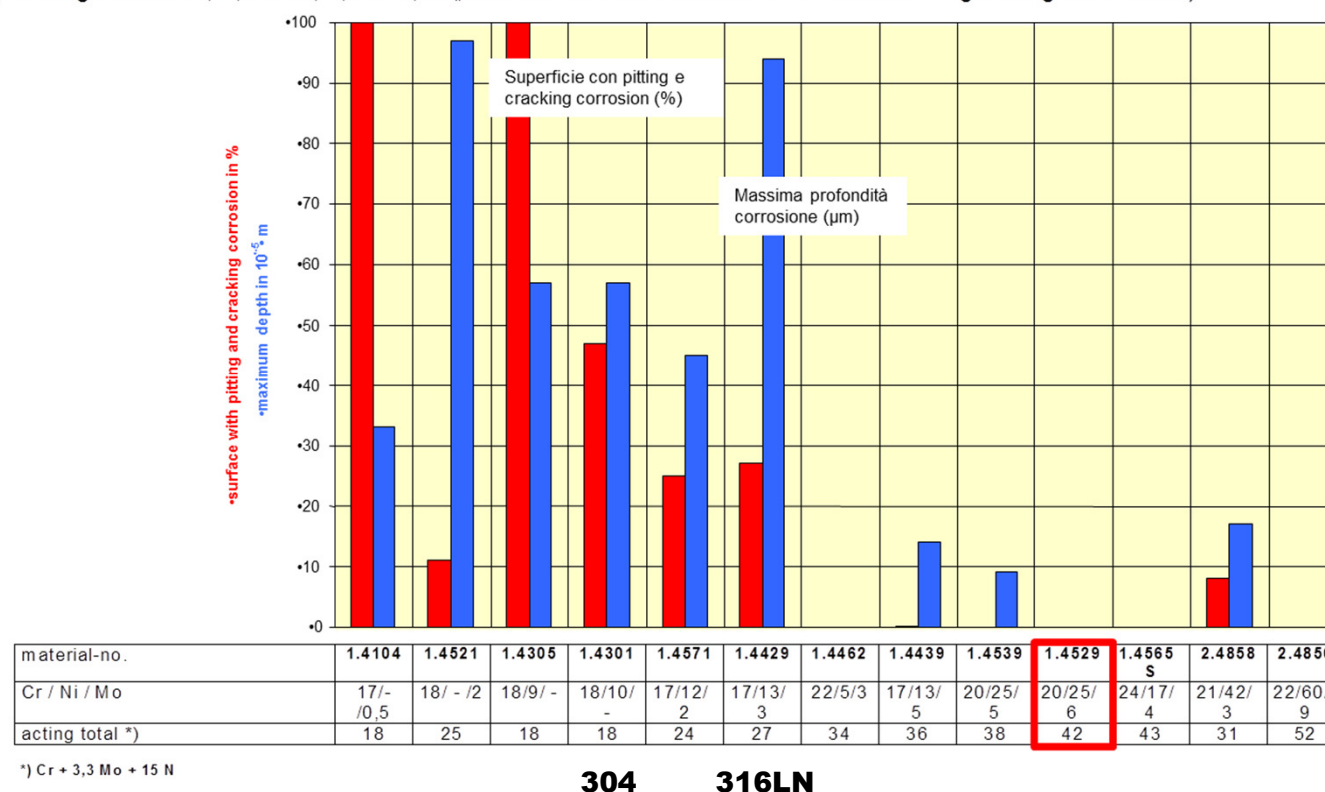




2. TIPI DI CORROSIONE

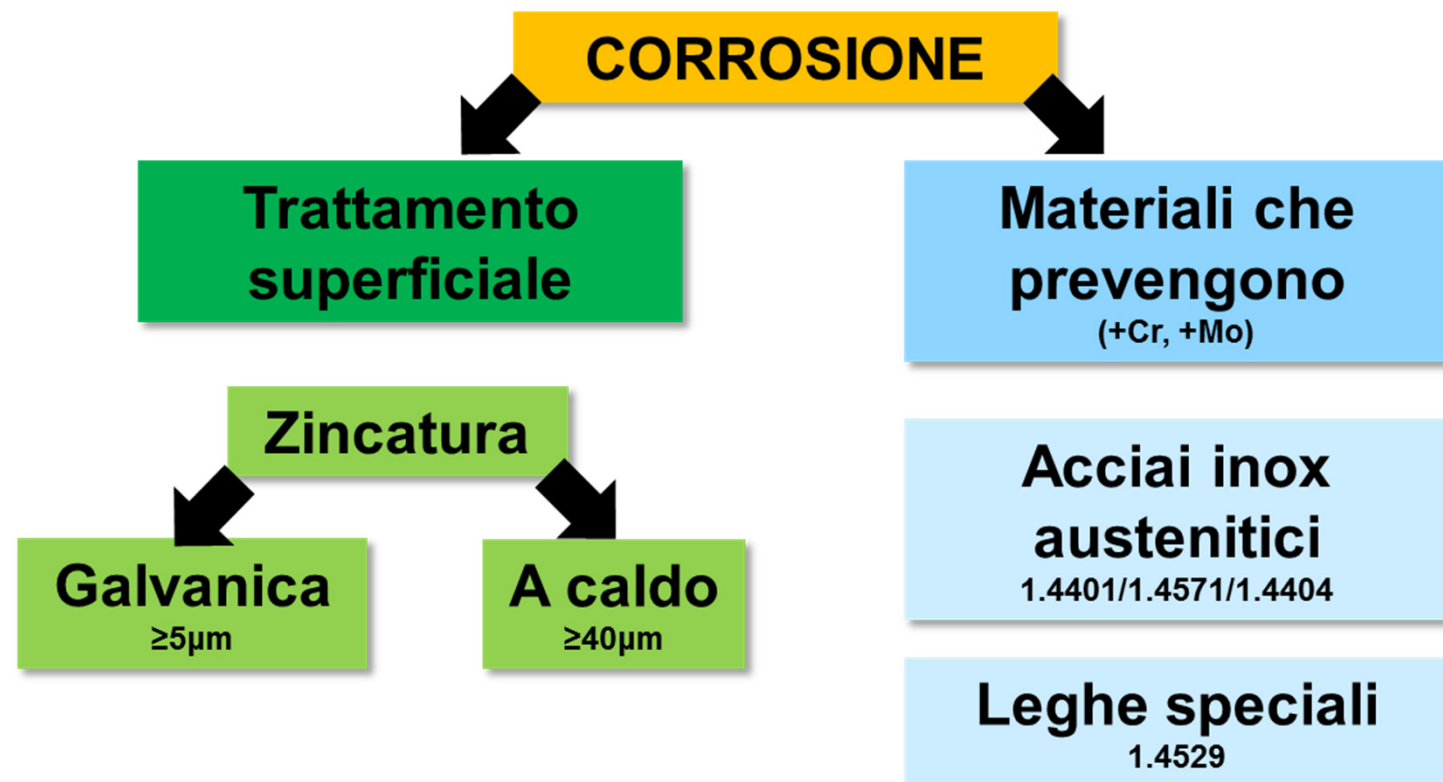
2.6 STRESS CORROSION CRACKING (5/5)

Corrosion of fasteners made of stainless steel and nickel alloys after 3 years of exposure in the Mont Blanc tunnel
(following: Haselmair, H.; Übleis, A.; Böhm, H.: „Corrosion-resistant materials ...“ in: Structural Engineering International)



3. PROTEZIONE CONTRO LA CORROSIONE

3.1 INTRODUZIONE





3. PROTEZIONE CONTRO LA CORROSIONE

3.2 PROTEZIONE CONTRO LA CORROSIONE SECONDO ETAG 001

FAZ II gvz



“L’ancoraggio può essere usato solo in manufatti nelle seguenti condizioni:

- **interni asciutti**”

FAZ II A4



“L’ancoraggio può essere usato solo in manufatti nelle seguenti condizioni:

- **interni asciutti**
 - **esterno**
(inclusi ambienti industriali o in vicinanza del mare
- oppure
- **in ambienti umidi**
se non ci sono condizioni particolarmente aggressive”

FAZ II C



“L’ancoraggio può essere usato solo in manufatti nelle seguenti condizioni:

- **interni asciutti**
- **esterno**
- **ambienti umidi**

o in

- **condizioni particolarmente aggressive.**

Ad es..

... Ambienti contenenti cloro in piscine coperte o ambienti con inquinamento chimico particolarmente accentuato...”



ETA-05/0069



3. PROTEZIONE CONTRO LA CORROSIONE

3.3 SISTEMI INTERMEDI PROTEZIONE

Misure di protezione contro la corrosione

Galvanizzato $\geq 5\mu\text{m}$	Galvanizzato a caldo $\geq 40\mu\text{m}$	Inox A2 (304)	Inox A4 (316)	Acciaio C (1.4529)
<ul style="list-style-type: none">• Interni senza Umidità• Esterni solo per applicazioni temporanee	<ul style="list-style-type: none">• Interni con umidità• Esterno, atmosfera leggermente corrosiva• Esposizione occasionale alla condensa	<ul style="list-style-type: none">• Fissaggi interni, esposti ad elevata Condensazione• Esterni, non esposti ai cloruri	<ul style="list-style-type: none">• Fissaggi interni, esposti ad elevata Condensazione• Esterni, non esposti ai cloruri	<ul style="list-style-type: none">• Ambienti altamente corrosivi come tunnel stradali o in piscine coperte
				 



3. PROTEZIONE CONTRO LA CORROSIONE

3.4 GAMMA ANCORANTI FISCHER CONTRO LA CORROSIONE

- Acciaio altamente resistente alla corrosione

C EDELSTAHL
1.4529





Il 10 luglio 2007 il National Transportation Board (NSTB) ha presentato il report finale sul crollo del controsoffitto all'interno del Ted Williams Tunnel (Boston). La causa del collasso è stata identificata nel creep degli ancoraggi.



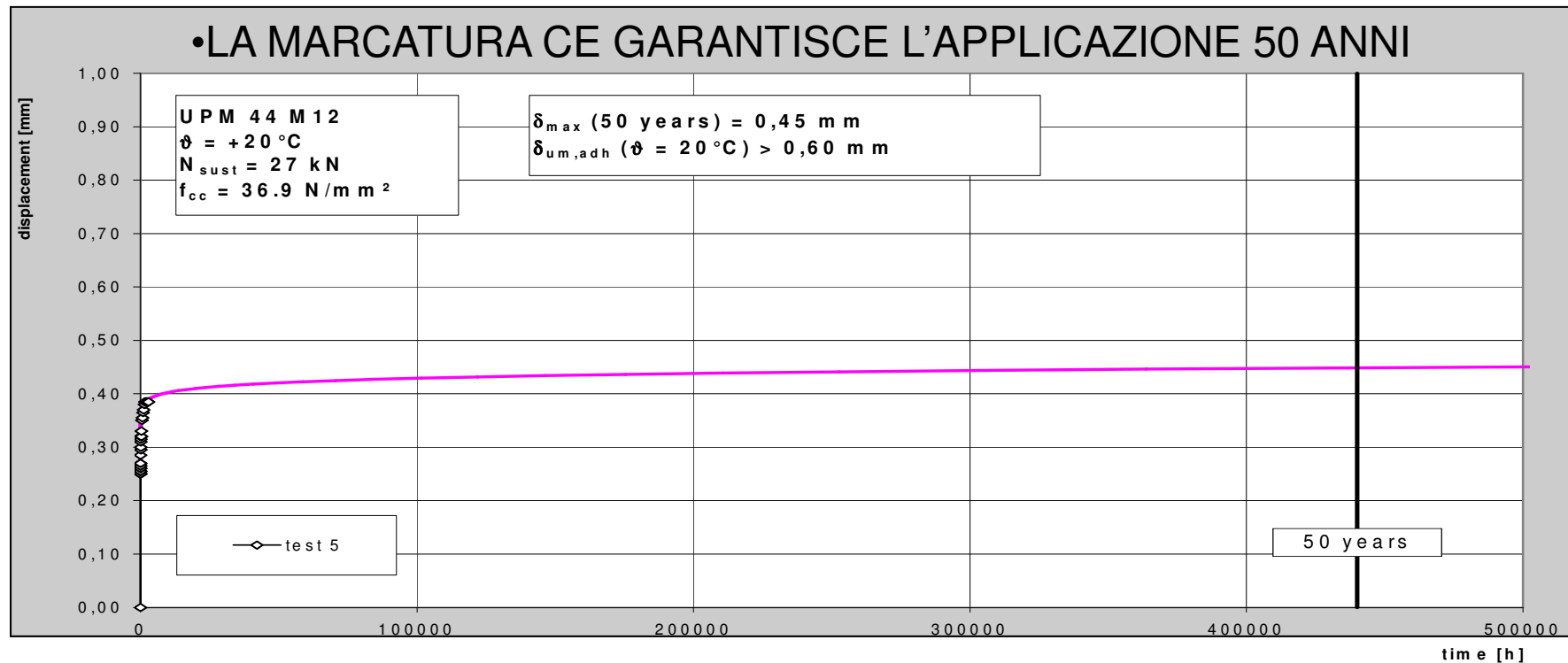
IL COMPORTAMENTO NEL TEMPO

ETAG 01/05 prescrive verifica di creep a 3000 h a diverse T° di prova:

$T^\circ = 20^\circ \text{ C}$ (short term 50° C) \rightarrow spostamento max. da $s = 0,11 \text{ mm}$ a $0,14 \text{ mm}$

$T^\circ = 72^\circ \text{ C}$ (short term 120° C) \rightarrow spostamento max. da $s = 0,23 \text{ mm}$ a $0,40 \text{ mm}$

Test con M12 e carico 27 kN (2,2 volte il carico consigliato per C20/25)



•Valore a 50 anni estrapolato con legge di Findley (vd. AC308):

$$S(t) = S_0 + (t)^b$$



In prova presso laboratori di Denzlingen, ancoraggi chimici sottoposti a carico mantenuto da più di 5 anni

PROGETTAZIONE DI ANCORANTI SOTTO AZIONI DA INCENDIO



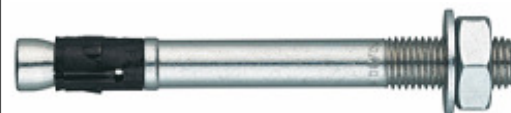
fischer [®]
innovative solutions



Requisiti per limitare il rischio da incendio- Ancoranti

- Obiettivo 1: Selezionare i materiali idonei a inibire la propagazione dell'incendio.

- Obiettivo 2: Mantenere la funzionalità degli elementi strutturali in modo da consentire l'abbandono dell'edificio e le operazioni di soccorso.





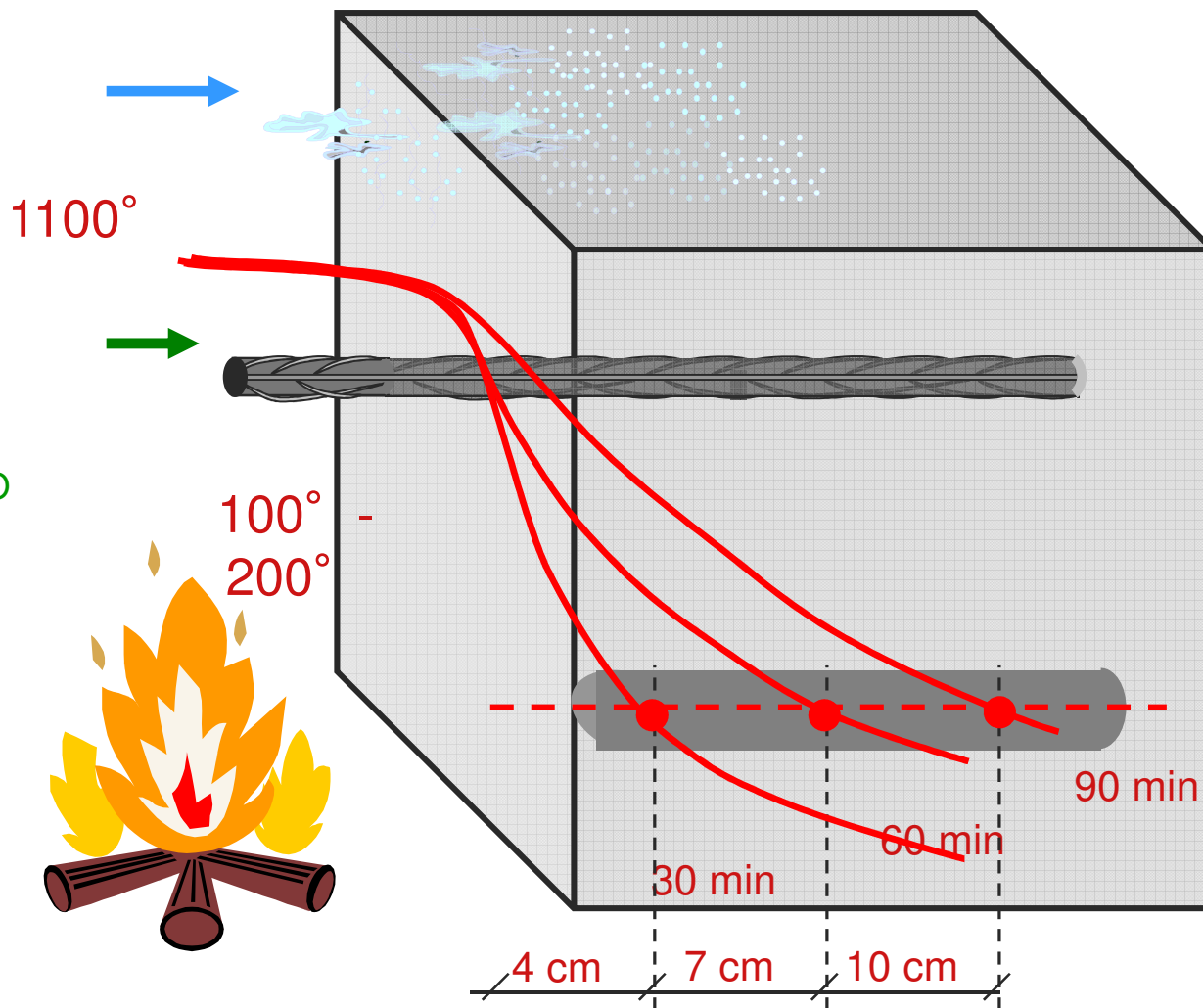
COMPORTAMENTO DEGLI ANCORANTI ESPOSTI AL FUOCO

100° C: L'H₂O DIFFUSA
EVAPORA
400° C: FENOMENI DI
"SCOPPIO"

400° C: L'ACCIAIO PERDE
MOLTE CARATTERISTICHE
MECCANICHE
600° C: SI DIMEZZA LA
TENSIONE DI SNERVAMENTO

ANCHE GLI ANCORANTI IN
GENERALE HANNO UNA
LIMITATA RESISTENZA AL
CALORE

LA TEMPERATURA CRITICA
VIENE RAGGIUNTA IN
PROFONDITA' NON IN
MANIERA ISTANTANEA

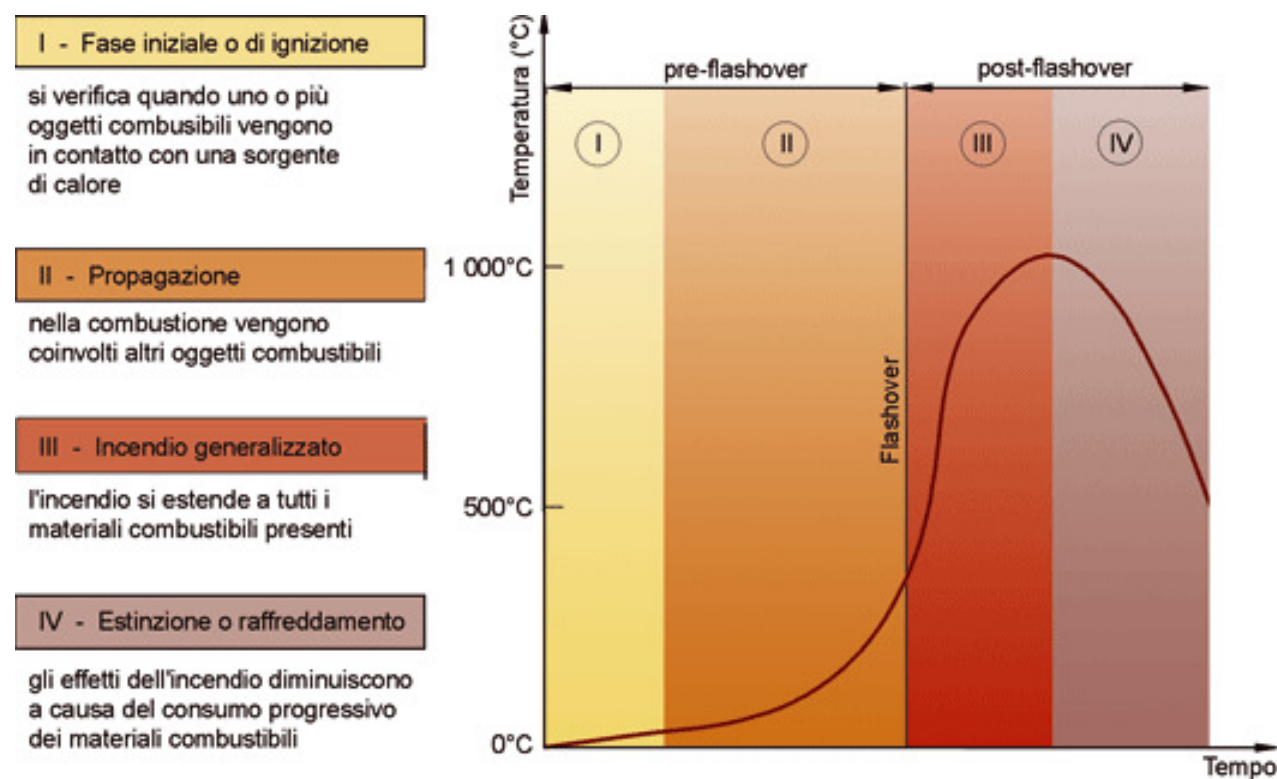




1. INCENDIO

1.1 FASI INCENDIO

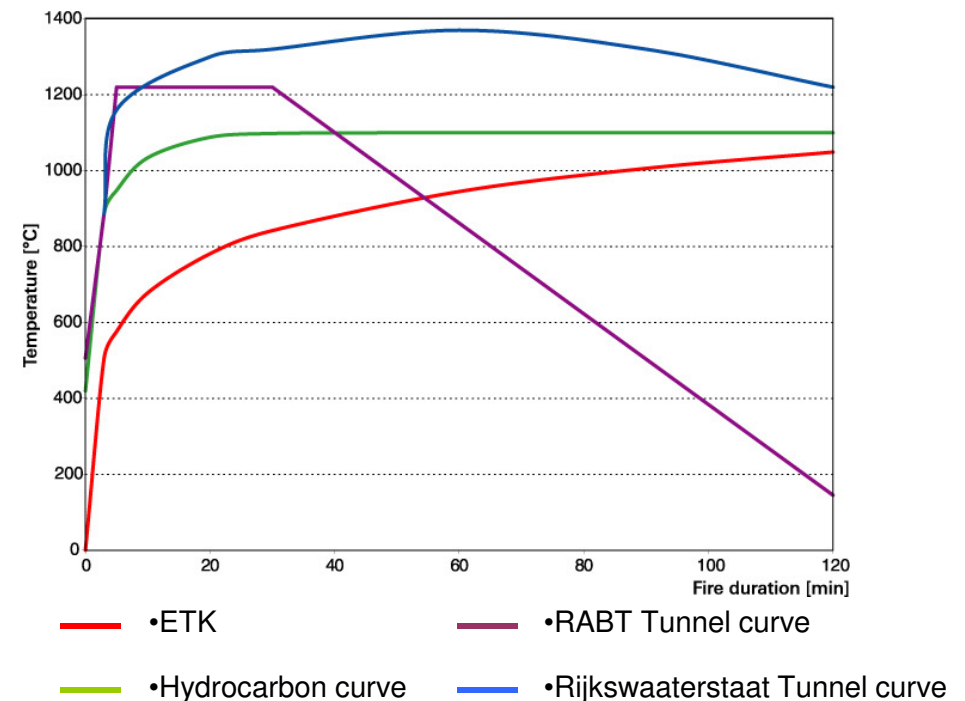
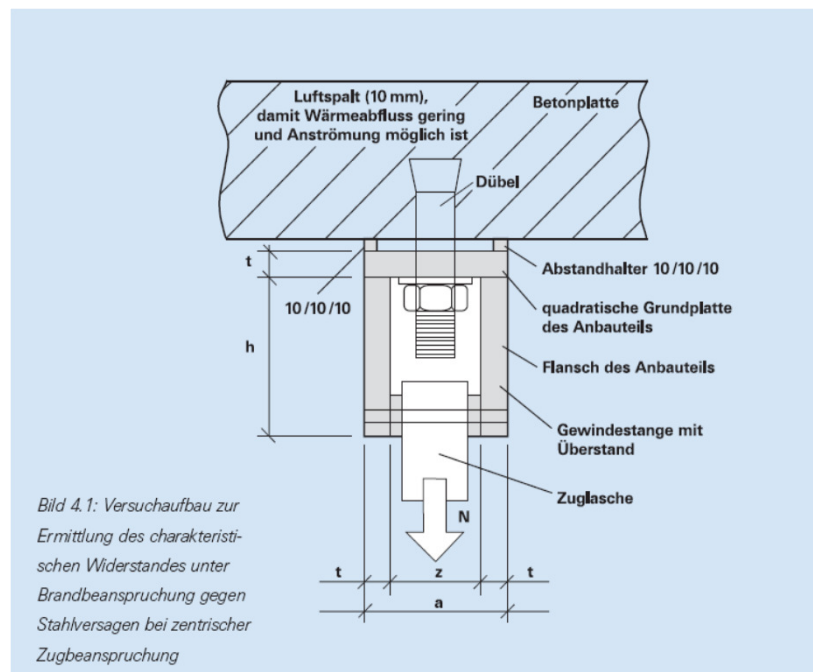
- Incendio è una reazione ossidativa (o combustione) non controllata che si sviluppa senza limitazioni nello spazio e nel tempo dando luogo, dove si estende, a calore, fumo, gas e luce.
- **Protezione antincendio:** selezione dei materiali idonei a inibire la propagazione dell'incendio



1. INCENDIO

1.2 RIPRODUZIONE IN LABORATORIO

Carichi ammissibili dedotti da test secondo DIN 4102

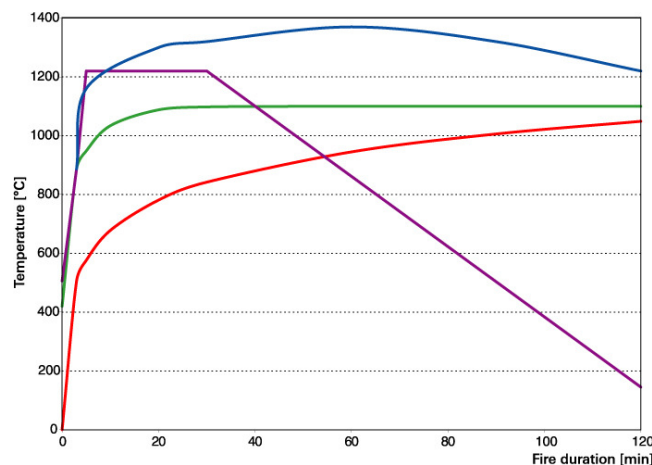


Curva standard di esposizione al fuoco ETK (EN 13501 e DIN 4102)



1. INCENDIO

1.2 RIPRODUZIONE IN LABORATORIO



Curva standard temperatura/tempo (ETK)

- Caratterizzata da un incremento piatto della temperatura fino 1090 °C dopo 120 min
- Accettata universalmente come base per i test di resistenza al fuoco
- Usata normalmente per gli edifici, in Belgio anche per i tunnel



1. INCENDIO

1.2 RIPRODUZIONE IN LABORATORIO

Curve temperatura/tempo per applicazioni speciali:

RABT/ZTV

- Caratterizzata da un incremento piatto della temperatura fino a 1200 °C dopo 5 min
- In Germania per i tunnel si fa riferimento a questa curva

Rijkswaterstaat-Tunnelcurve

- Caratterizzata da un incremento piatto della temperatura fino a 1200 °C dopo 5 min

Hydrocarbon curve

- Descrive i danni provocati da liquidi infiammabili
- Arriva a 1100 °C nel primo minuto di fuoco



1. INCENDIO

1.3 REAZIONE AL FUOCO

- Per **reazione al fuoco** si intende il grado di partecipazione di un materiale combustibile al fuoco al quale è sottoposto
 - **Infiammabilità**: intesa come capacità di un materiale di entrare e permanere in stato di combustione, con emissione di fiamme e/o durante l'esposizione ad una sorgente di calore
 - **Velocità di propagazione delle fiamme**: intesa come la velocità con la quale il fronte di fiamma si propaga in un materiale
 - **Gocciolamento**: inteso come la capacità di un materiale di emettere gocce di materiale fuso dopo e/o durante l'esposizione a una sorgente di calore
 - **Post-incandescenza**: presenza di zone incandescenti dopo lo spegnimento della fiamma (es. brace) che potrebbero innescare nuovamente il fuoco
 - **Sviluppo di calore nell'unità di tempo**: inteso come la quantità di calore emessa nell'unità di tempo da un materiale in stato di combustione
 - **Produzione di fumo**: intesa come la capacità di un materiale di emettere un insieme visibile di particelle solide e/o liquide in sospensione nell'aria risultanti da una combustione incompleta in condizioni definite
 - **Produzione di sostanze nocive**: intesa come capacità di un materiale di emettere gas e/o vapori in condizioni definite di combustione



1. INCENDIO

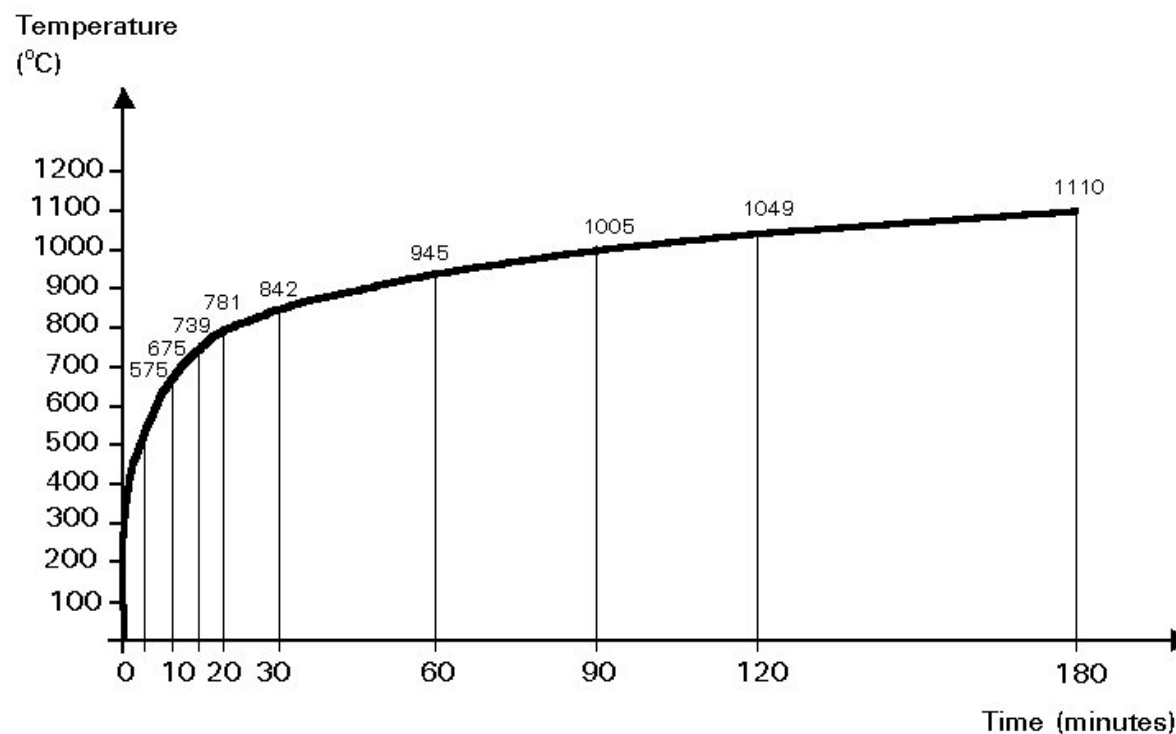
1.4 RESISTENZA AL FUOCO

- La **Resistenza al fuoco** è la capacità di una costruzione, di una parte di essa o di un elemento costruttivo di mantenere per un tempo prefissato *n*:
 - La resistenza **R** (*Resistance*): attitudine a conservare la resistenza meccanica sotto l'azione del fuoco;
 - L'ermeticità **E** (*Entretenir*): attitudine a non lasciar passare, né produrre, se sottoposto all'azione del fuoco su un lato, fiamme, vapori o gas caldi sul lato non esposto;
 - L'isolamento termico **I** (*Isolement*): attitudine a ridurre la trasmissione del calore.
- Il numero *n* indica la **classe di resistenza al fuoco**: Le classi di resistenza al fuoco sono: 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 e 360, ed esprimono il tempo, in minuti primi, durante il quale la resistenza al fuoco deve essere garantita.
- Per la classificazione degli elementi non portanti il criterio **R** è automaticamente soddisfatto qualora siano soddisfatti i criteri **E** e **I**.
- Per gli elementi portanti, la **verifica di resistenza al fuoco** viene eseguita controllando che la resistenza meccanica venga mantenuta per il tempo corrispondente alla classe di resistenza al fuoco della struttura con riferimento alla **curva nominale d'incendio**.



1. INCENDIO

1.4 CURVA STANDARD TEMPO-TEMPERATURA (ISO 834)



- Curva di incendio per i materiali combustibili di natura cellulosica

$$T = 20 + 345 \cdot \log(8 \cdot t + 1)$$



2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

2.1 AZIONE DA INCENDIO

Azioni

- D.M. 14/01/2008 + C.M. LL.PP. 02/02/2009 n. 617
- Eurocodici 0 e 1

Capacità resistente

- EOTA Technical Report TR 020:2004
- Benestare/Valutazione Tecnico Europeo/a (ETA)
- EOTA
 - Guideline ETAG 001 – Annex C (2010)
 - Technical Report TR 029:2010
 - Technical Report TR 020:2004
- CEN/TS 1992-4:2009

Qualifica

Dati tecnici

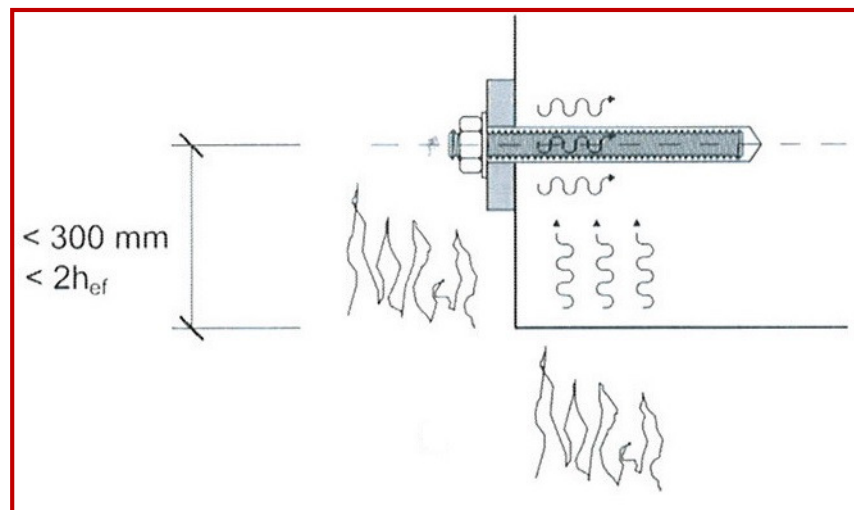
Design



3. EOTA TECHNICAL REPORT TR 020

3.1 INTRODUZIONE (1/2)

- Solo per ancoranti già provvisti di Benestare/Valutazione Tecnico Europeo/a
- Per calcestruzzo fessurato e non fessurato
- Per ancoranti meccanici, chimici e plastici
- Per ancoranti con fuoco un solo lato
- Per ancoranti con fuoco da più lati ($c \geq 300 \text{ mm}$ e $c \geq 2 h_{ef}$)





3. EOTA TECHNICAL REPORT TR 020

3.1 INTRODUZIONE (2/2)

■ EOTA Technical Report TR 020

- Ancoranti **meccanici**
- Ancoranti **chimici**
- Ancoranti **plastici**

Si può assumere che ancoranti plastici (in poliammide PA6) Ø10 mm, con vite Ø7 mm e $h_{ef} \geq 50$ mm, ha una resistenza al fuoco R90 se il carico ammissibile $N_{S,amm} \leq 0.80$ kN

■ Concetto di design semplificato

Sono analizzati tutte le direzioni di carico e indagati tutti i modi di rottura. Le capacità resistenti derivano da prove di carattere generale e sono a favore di sicurezza. Non necessarie prove specifiche con esposizione al fuoco.

■ Metodo sperimentale

Sono analizzati tutte le direzioni di carico e indagati tutti i modi di rottura. La durata della resistenza al fuoco dell'ancorante è determinabile dai risultati dei test.



3. EOTA TECHNICAL REPORT TR 020

3.2 VERIFICA SOTTO ESPOSIZIONE A INCENDIO

■ $S_{d,fi} \leq R_{d,fi(t)}$

$$S_{d,fi} = \gamma_{F,fi} \cdot S_{k,fi}$$

$S_{d,fi}$ valore di progetto dell'azione sotto esposizione a incendio

$\gamma_{F,fi}$ fattore parziale di sicurezza per azioni sotto esposizione a incendio

$S_{k,fi}$ valore caratteristico dell'azione sotto esposizione a incendio

$$R_{d,fi(t)} = R_{k,fi(t)} / \gamma_{M,fi}$$

$R_{d,fi(t)}$ valore di progetto della resistenza sotto esposizione a incendio

$R_{k,fi(t)}$ valore caratteristico dell'azione sotto esposizione a incendio

$\gamma_{M,fi}$ fattore parziale di sicurezza per la resistenza sotto esposizione a incendio



3. EOTA TECHNICAL REPORT TR 020

3.3 METODO SEMPLIFICATO – RESISTENZA A TRAZIONE (1/3)

■ Rottura acciaio (*rottura dominante in caso di metodo semplificato*)

anchor bolt/thread diameter [mm]	anchorage depth h_{ef} [mm]	characteristic tension strength of an unprotected anchor made of C-steel in case of fire exposure in the time up to:			
		$\sigma_{Rk,s,fi}$ [N/mm ²]			
		30 min (R 15 to R30)	60 min (R45 and R60)	90 min (R90)	120 min (R120)
Ø 6 / M6	≥ 30	10	9	7	5
Ø 8 / M8	≥ 30	10	9	7	5
Ø 10 / M10	≥ 40	15	13	10	8
Ø 12 / M12 and greater	≥ 50	20	15	13	10

anchor bolt/thread diameter [mm]	anchorage depth h_{ef} [mm]	characteristic tension strength of an unprotected anchor made of stainless steel in case of fire exposure in the time up to:			
		$\sigma_{Rk,s,fi}$ [N/mm ²]			
		30 min (R 15 to R30)	60 min (R45 and R60)	90 min (R90)	120 min (R120)
Ø 6 / M6	≥ 30	10	9	7	5
Ø 8 / M8	≥ 30	20	16	12	10
Ø 10 / M10	≥ 40	25	20	16	14
Ø 12 / M12 and greater	≥ 50	30	25	20	16



3. EOTA TECHNICAL REPORT TR 020

3.3 METODO SEMPLIFICATO – RESISTENZA A TRAZIONE (2/3)

■ Rottura per sfilamento (Pull-out)

$$\begin{cases} N_{Rk,p,fi(90)} = 0.25 \cdot N_{Rk,p} \\ N_{Rk,p,fi(120)} = 0.20 \cdot N_{Rk,p} \end{cases}$$

$N_{Rk,p,fi(t)}$ valore caratteristico della resistenza sotto esposizione all'incendio fino a 90 min (R90) o fino a 120 min (R120) per calcestruzzo con classe di resistenza da C20/25 a C50/60

$N_{Rk,p}$ valore caratteristico della resistenza per calcestruzzo fessurato C20/25 a temperatura ambiente



3. EOTA TECHNICAL REPORT TR 020

3.3 METODO SEMPLIFICATO – RESISTENZA A TRAZIONE (3/3)

- Rottura per formazione cono di calcestruzzo (concrete break-out)

$$\begin{cases} N_{Rk,c,fi(90)}^0 = \frac{h_{ef}}{200} \cdot N_{Rk,c}^0 \leq N_{Rk,c}^0 \\ N_{Rk,c,fi(120)}^0 = 0,80 \cdot \frac{h_{ef}}{200} \cdot N_{Rk,c}^0 \leq N_{Rk,c}^0 \end{cases}$$

Effetto riduttivo
dovuto allo spalling
del calcestruzzo

$N_{Rk,c,fi(t)}^0$ valore caratteristico della resistenza sotto esposizione all'incendio di un singolo ancorante (indisturbato) fino a 90 min (R90) o fino a 120 min (R120) per calcestruzzo con classe di resistenza da C20/25 a C50/60

h_{ef} profondità di inghisaggio efficace

$N_{Rk,c}$ valore caratteristico della resistenza per calcestruzzo fessurato C20/25 a temperatura ambiente

$$s_{cr,N} = 2 \cdot c_{cr,N} = 4 \cdot h_{ef}$$



3. EOTA TECHNICAL REPORT TR 020

3.4 METODO SEMPLIFICATO – RESISTENZA A TAGLIO (1/3)

■ Rottura acciaio **senza braccio di leva**

Il comportamento dell'ancorante sotto azioni di taglio è simile al comportamento sotto azioni di trazione. Sperimentalmente si osserva che la relazione di proporzionalità tra resistenza a taglio e resistenza a trazione aumenta con la temperatura.

$$\tau_{Rk,s,fi} \geq \frac{\sigma_{Rk,s,fi}}{\sqrt{3}}$$

Prudenzialmente si assume la relazione valida a freddo $\tau_{Rk,s,fi} = \frac{\sigma_{Rk,s,fi}}{\sqrt{3}}$

■ Rottura acciaio **con braccio di leva**

$$M_{Rk,s,fi} = 1,2 \cdot W_{el} \cdot \sigma_{Rk,s,fi}$$

$M_{Rk,s,fi}$ valore caratteristico della resistenza a flessione di un ancorante singolo sotto esposizione all'incendio

W_{el} Modulo elastico della sezione resistente

$\sigma_{Rk,s,fi}$ valore caratteristico della resistenza in caso di rottura acciaio sotto esposizione all'incendio



3. EOTA TECHNICAL REPORT TR 020

3.4 METODO SEMPLIFICATO – RESISTENZA A TAGLIO (2/3)

■ Rottura per scalzamento calcestruzzo (pry-out)

$$\begin{cases} V_{Rk,cp,fi(90)} = k \cdot N_{Rk,c,fi(90)} \\ V_{Rk,cp,fi(120)} = k \cdot N_{Rk,c,fi(120)} \end{cases}$$

$V_{Rk,cp,fi(t)}$ valore caratteristico della resistenza sotto esposizione a incendio fino a 90 min (R90) o fino a 120 min (R120) per calcestruzzo con classe di resistenza da C20/25 a C50/60

k fattore di proporzionalità riportato in ETA a temperatura ambiente

$N_{Rk,c,fi(90)}$ valore caratteristico della resistenza sotto esposizione all'incendio di un singolo ancorante (indisturbato) fino a 90 min (R90) o fino a 120 min (R120) per calcestruzzo con classe di resistenza da C20/25 a C50/60 per l'ancorante sollecitato a taglio (calcolato a partire dal valore caratteristico a temperatura ambiente per calcestruzzo fessurato)



3. EOTA TECHNICAL REPORT TR 020

3.4 METODO SEMPLIFICATO – RESISTENZA A TAGLIO (3/3)

■ Rottura bordo di calcestruzzo

$$\begin{cases} V_{Rk,c,fi(90)} = 0.25 \cdot V_{Rk,c}^0 \\ V_{Rk,c,fi(120)} = 0.20 \cdot V_{Rk,c}^0 \end{cases}$$

$V_{Rk,cp,fi(t)}$ valore caratteristico della resistenza sotto esposizione a incendio fino a 90 min (R90) o fino a 120 min (R120) per calcestruzzo con classe di resistenza da C20/25 a C50/60

$V_{Rk,c}^0$ valore caratteristico della resistenza per calcestruzzo fessurato C20/25 a temperatura ambiente



3. EOTA TECHNICAL REPORT TR 020

3.5 METODO SEMPLIFICATO – AZIONI COMBinate

■ Per azione combinata di trazione e taglio

$$\beta_{N,fi(t)} = \frac{N_{Sd,fi}}{N_{Rd,fi(t)}} \leq 1$$

$$\beta_{V,fi(t)} = \frac{V_{Sd,fi}}{V_{Rd,fi(t)}} \leq 1$$

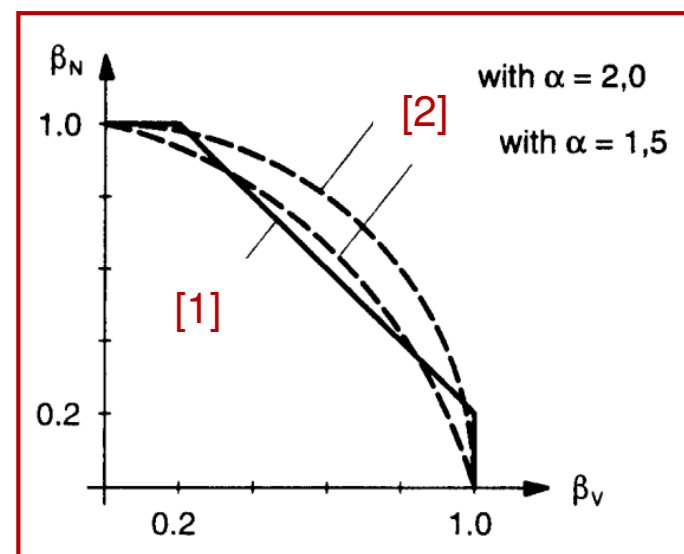
[1] $\beta_{N,fi(t)} + \beta_{V,fi(t)} \leq 1.2$

Oppure

[2] $(\beta_{N,fi(t)})^\alpha + (\beta_{V,fi(t)})^\alpha \leq 1.0$

$\alpha = 2.0$ se $N_{Rd,fi(t)}$ e $V_{Rd,fi(t)}$ dipendono dalla rottura acciaio

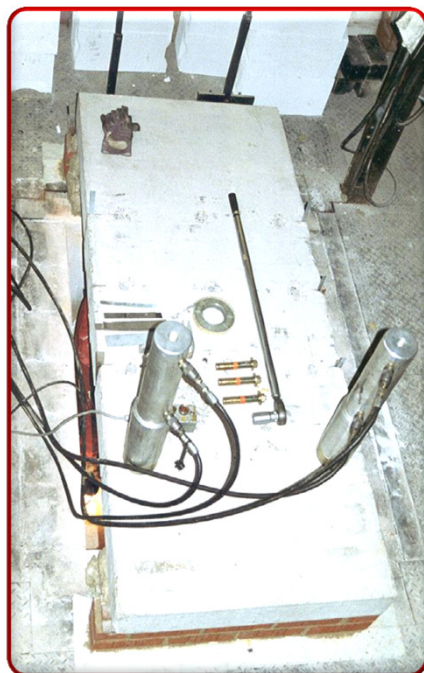
$\alpha = 1.5$ se $N_{Rd,fi(t)}$ o $V_{Rd,fi(t)}$ non dipendono dalla rottura acciaio



3. EOTA TECHNICAL REPORT TR 020

3.6 METODO SPERIMENTALE - INTRODUZIONE

- Le procedure di test riportate in Annex A dell'EOTA ETAG 001
 - Foro e pulizia del foro secondo prescrizioni del produttore
 - Coppia di serraggio secondo prescrizioni del produttore
 - Dopo 10 min $T_{inst}(10 \text{ min}) = 0.5 \times T_{inst}(0 \text{ min})$





3. EOTA TECHNICAL REPORT TR 020

3.6 METODO SPERIMENTALE – LETTURA REPORT

- In base alla durata di esposizione al fuoco vengono indicati i valori di resistenza consentiti per il sistema di ancoraggio

Gewinde- nenndurch- messer in mm	Bohrernenn- durch- messer in mm d_0	Ver- ankerungs- tiefe h_{ef}	Bemessungstragfähigkeit in kN für Fischer Injektionssystem FIS EM mit fischer Ankerstangen FIS A (5.8 oder 8.8) sowie Edelstahl rostfrei (1.440, 1.4571 oder 1.4404) für den Brandfall					
			R30	R60	R90	R120	R180	R240
M20	24	90	9,68	3,47	2,20	1,53	0,67	0,30
		100	15,34	4,71	2,95	2,09	1,07	0,63
		110	17,60	6,35	3,87	2,76	1,53	1,01
		120	17,60	8,63	4,99	3,55	2,06	1,42
		130	17,60	10,80	6,38	4,49	2,66	1,89
		140	17,60	10,80	7,40	5,60	3,36	2,41
		150	17,60	10,80	7,40	5,60	3,90	3,00
		160	17,60	10,80	7,40	5,60	3,90	3,10
		170	17,60	10,80	7,40	5,60	3,90	3,10



3. EOTA TECHNICAL REPORT TR 020

3.7 GAMMA ANCORANTI FISCHER RESISTENTI AL FUOCO



FAZ II



FH II



FH II-I



FZA



FZEA II



EA II



FBS – FBS II



FBN II



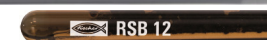
EXA



TA M



Superbond **FSB**
Cartuccia e fiala



FIS EM



Powerbond **FPB**



Highbond **FHB II**
Cartuccia e fiala



Fiale **R** Eurobond

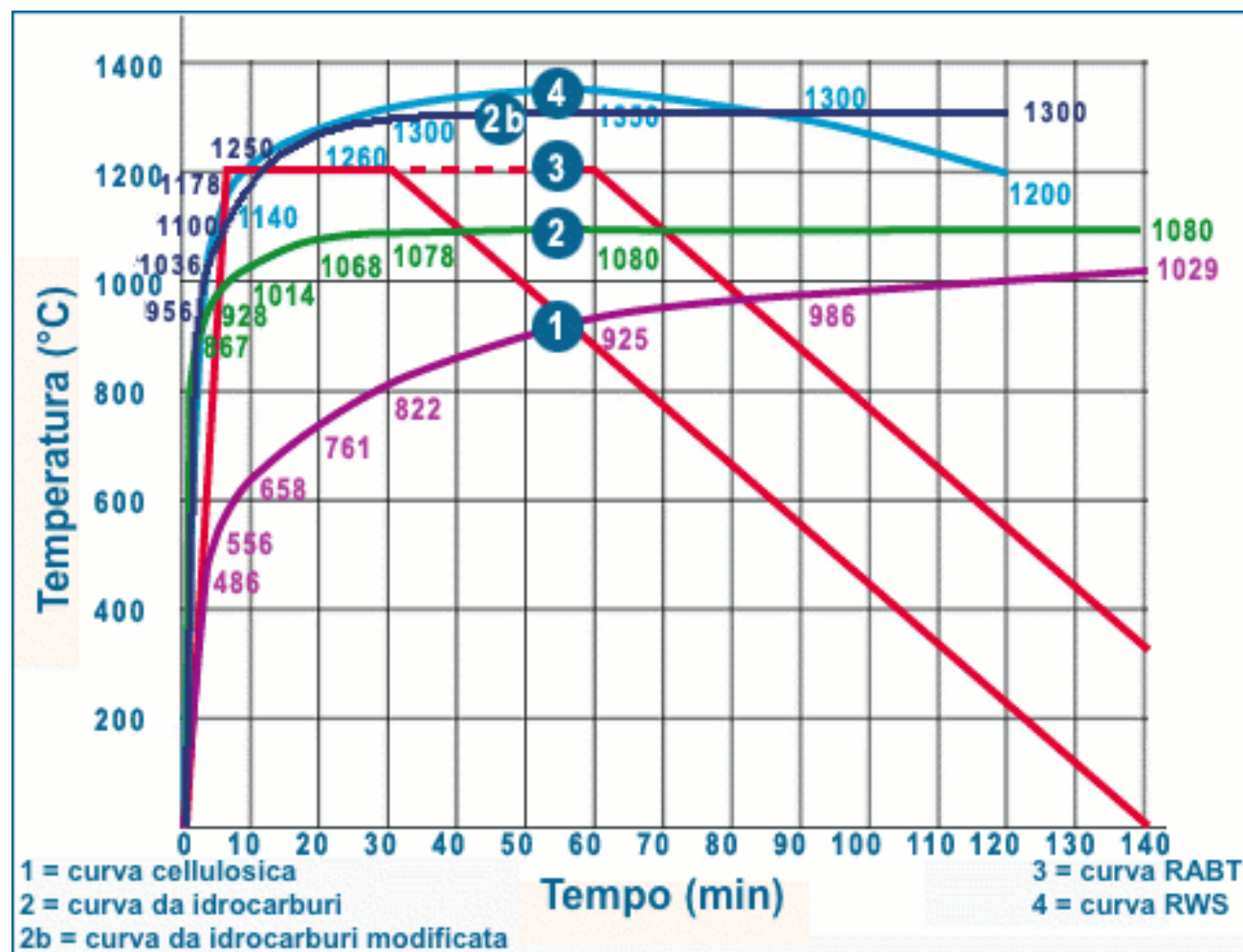


FIS V



4. RESISTENZA ALL'INCENDIO NEI TUNNEL STRADALI

4.1 CURVE TEMPO-TEMPERATURA



ZTV (D)
Rijkswaterstaat
-Tunnelcurve
(NL)



4. RESISTENZA ALL'INCENDIO NEI TUNNEL STRADALI

4.2 GAMMA ANCORANTI FISCHER PER I TUNNEL STRADALI



FHB II C



FNA II C



FAZ II C

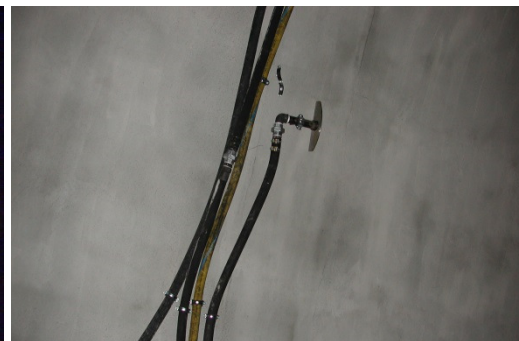


FNA II C

4. RESISTENZA ALL'INCENDIO NEI TUNNEL STRADALI

4.3 INCENDIO SIMULATO IN TUNNEL – ESPERIENZA UPTUN (1/4)

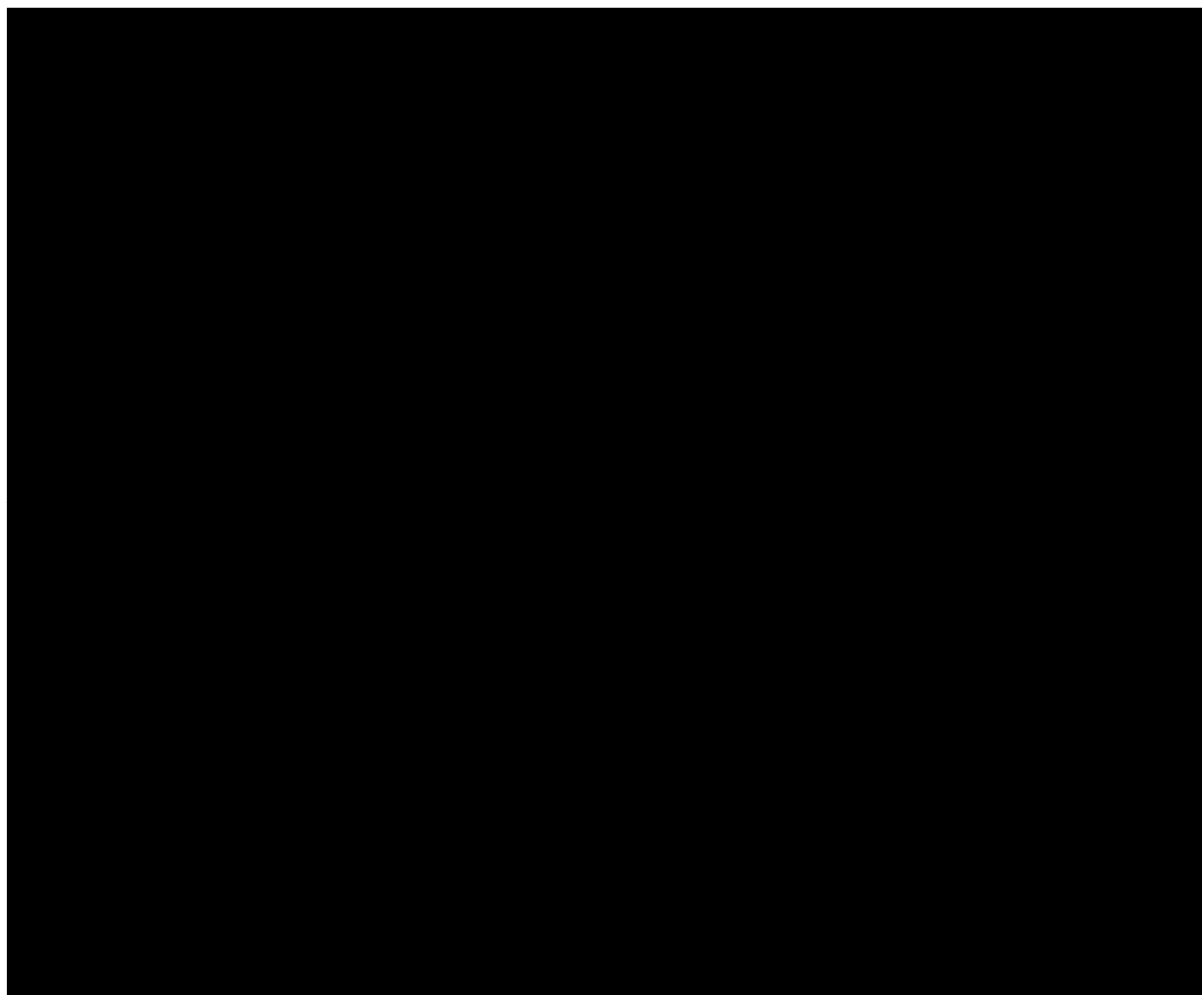
- Galleria Virgolo A22 (Brennero) – 17 febbraio 2005
 - Test su sistemi per contenimento del calore e dell'emissione dei gas nocivi
 - Setti d'aria
 - Water mist system
 - Test su materiali resistenti al calore
 - Calcestruzzi in pannello
 - Malte spruzzate
 - Sistemi di ancoraggio (minitunnel)





4. RESISTENZA ALL'INCENDIO NEI TUNNEL STRADALI

4.3 INCENDIO SIMULATO IN TUNNEL – ESPERIENZA UPTUN (1/4)





4. RESISTENZA ALL'INCENDIO NEI TUNNEL STRADALI

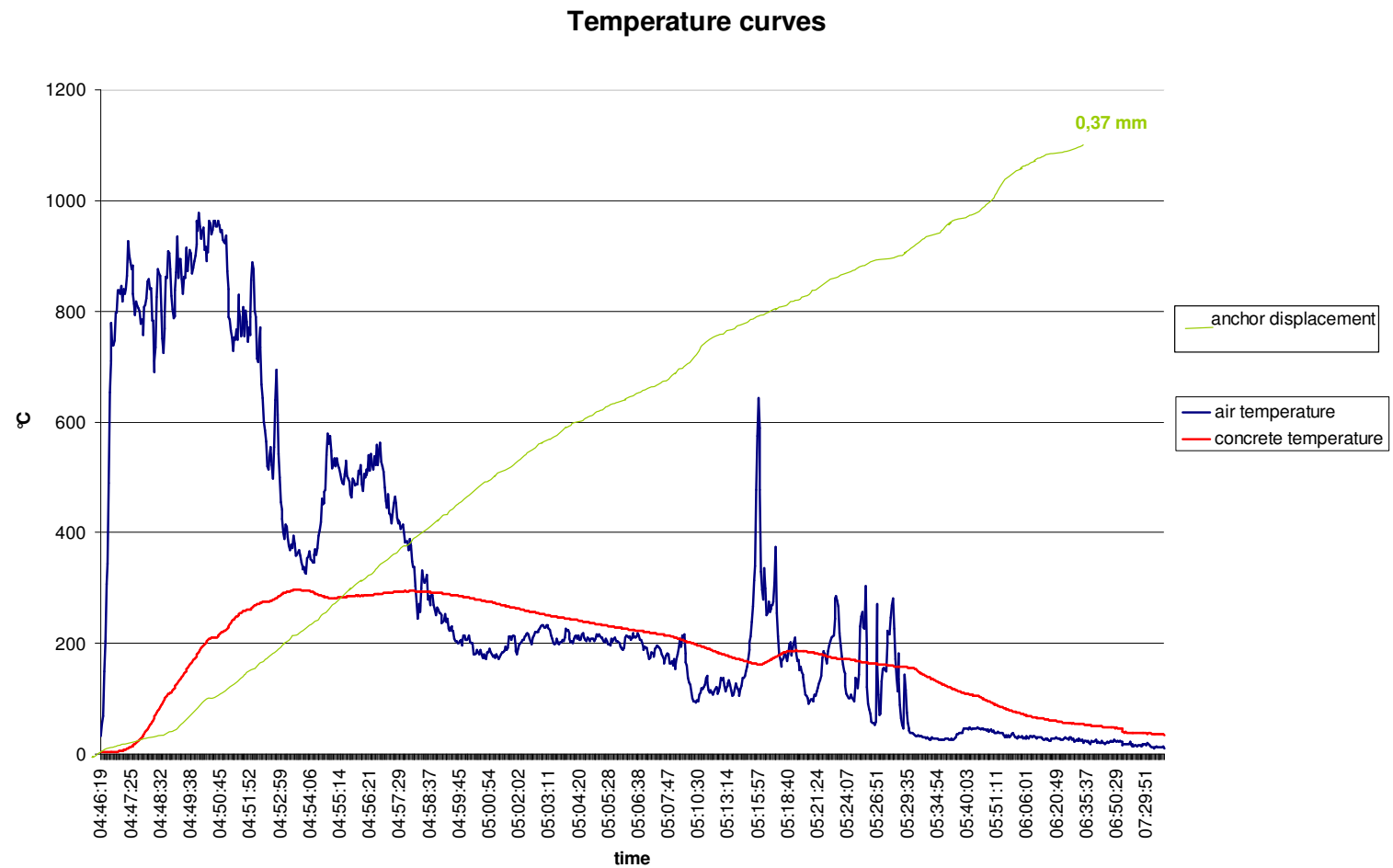
4.3 INCENDIO SIMULATO IN TUNNEL – ESPERIENZA UPTUN (2/4)





4. RESISTENZA ALL'INCENDIO NEI TUNNEL STRADALI

4.3 INCENDIO SIMULATO IN TUNNEL – ESPERIENZA UPTUN (3/4)





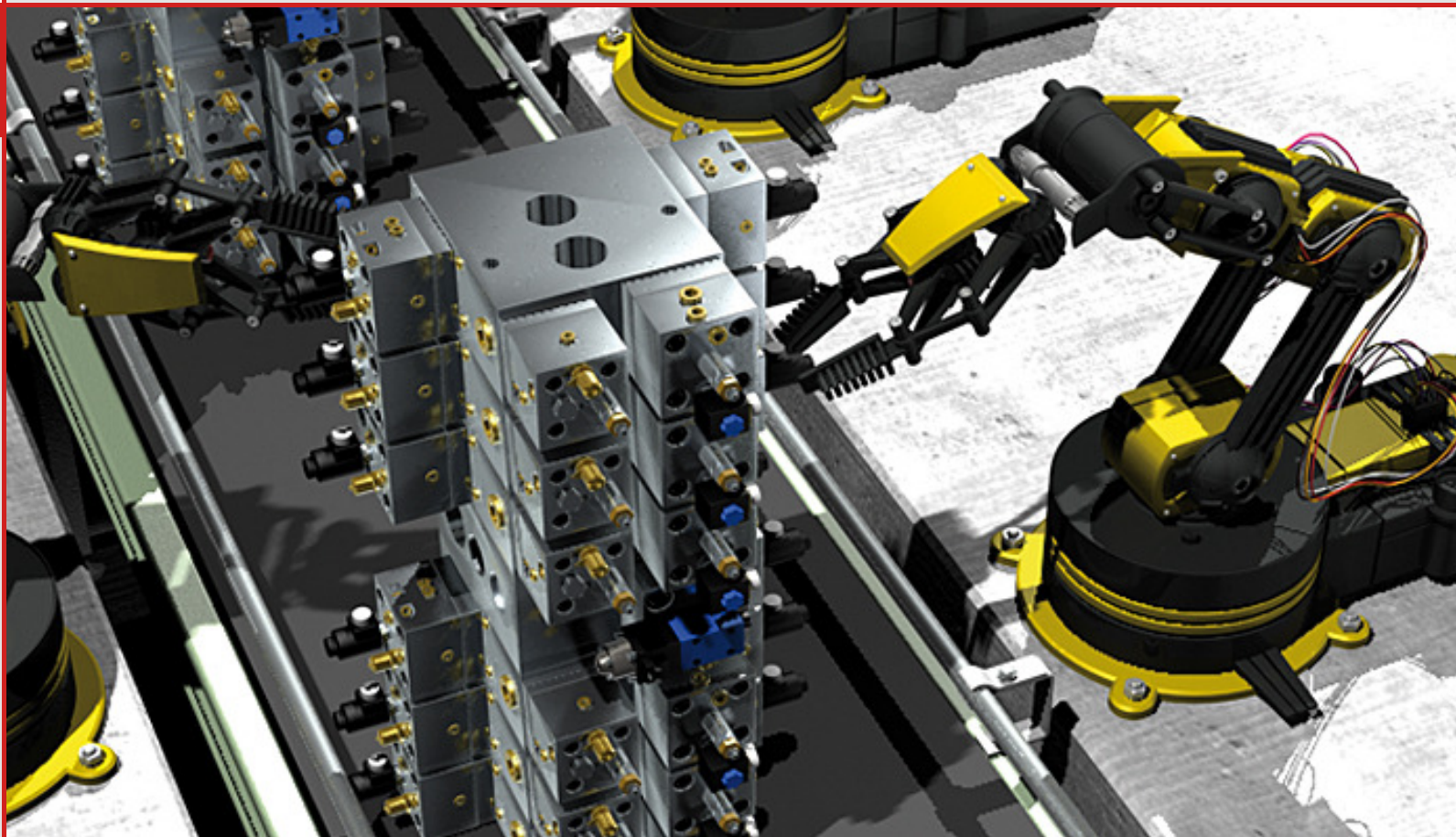
4. RESISTENZA ALL'INCENDIO NEI TUNNEL STRADALI

4.3 INCENDIO SIMULATO IN TUNNEL – ESPERIENZA UPTUN (4/4)

Conclusioni

- L'ancorante ha resistito alle sollecitazioni termiche
- La temperatura è effettivamente salita più velocemente che nei test di laboratorio
- Gli spostamenti rilevati sono stati molto contenuti
- La superficie del calcestruzzo in corrispondenza dei fissaggi ha evidenziato fenomeni di spalling consistenti con spessori fino a 30 mm
- Una profondità di ancoraggio $h_{ef} < 40$ mm è inadeguata a fronte di fenomeni di spalling molto profondi

ANCORANTI SOTTO AZIONI DINAMICHE



fischer 
innovative solutions

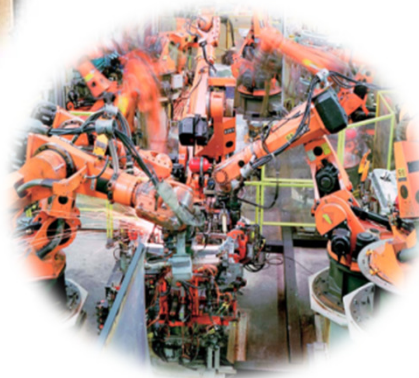


1. AZIONI DINAMICHE

1.1 INTRODUZIONE (1/2)



In prevalenza carico statico o quasi statico



Carico dinamico

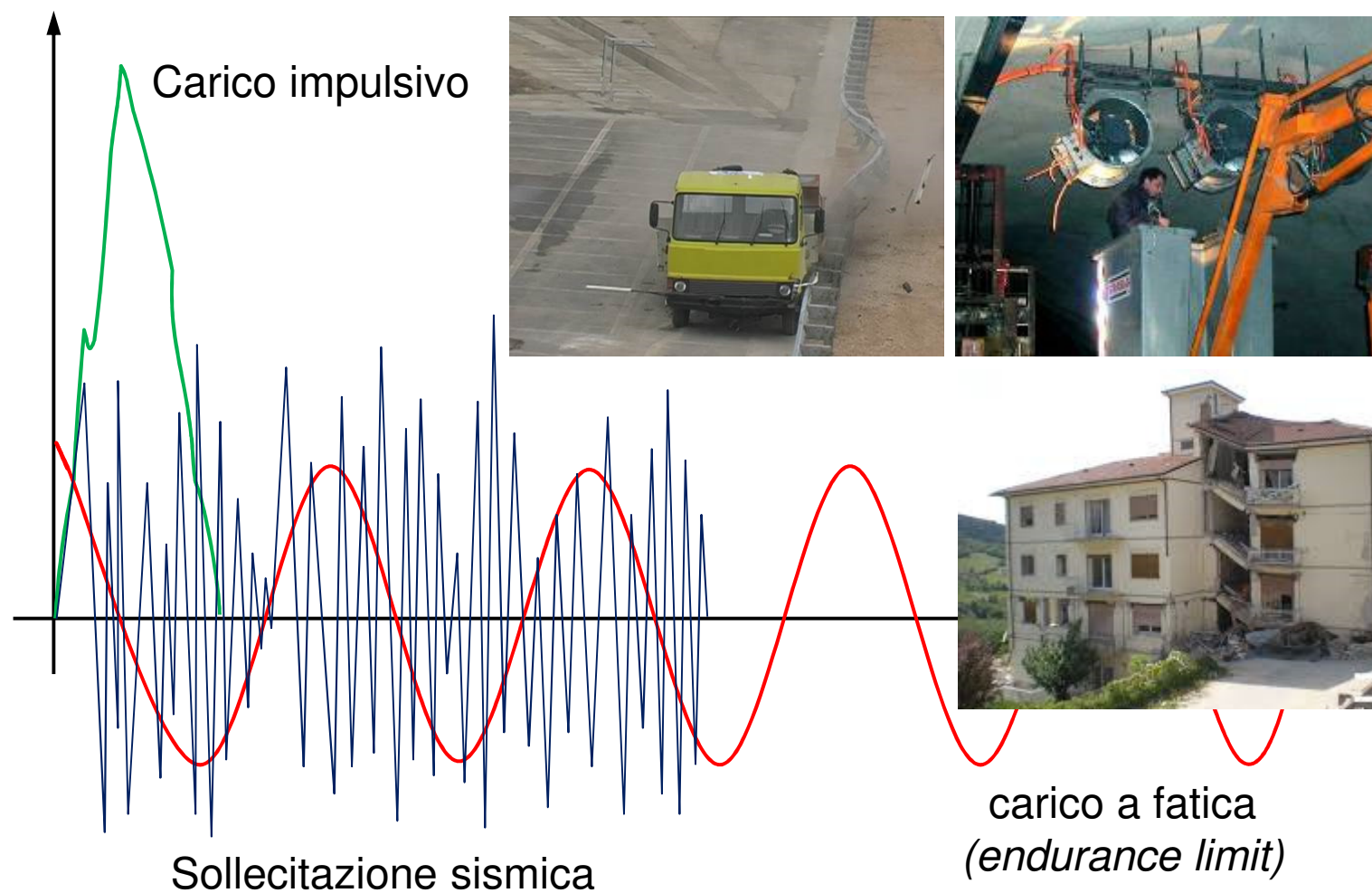


Carico impulsivo



1. AZIONI DINAMICHE

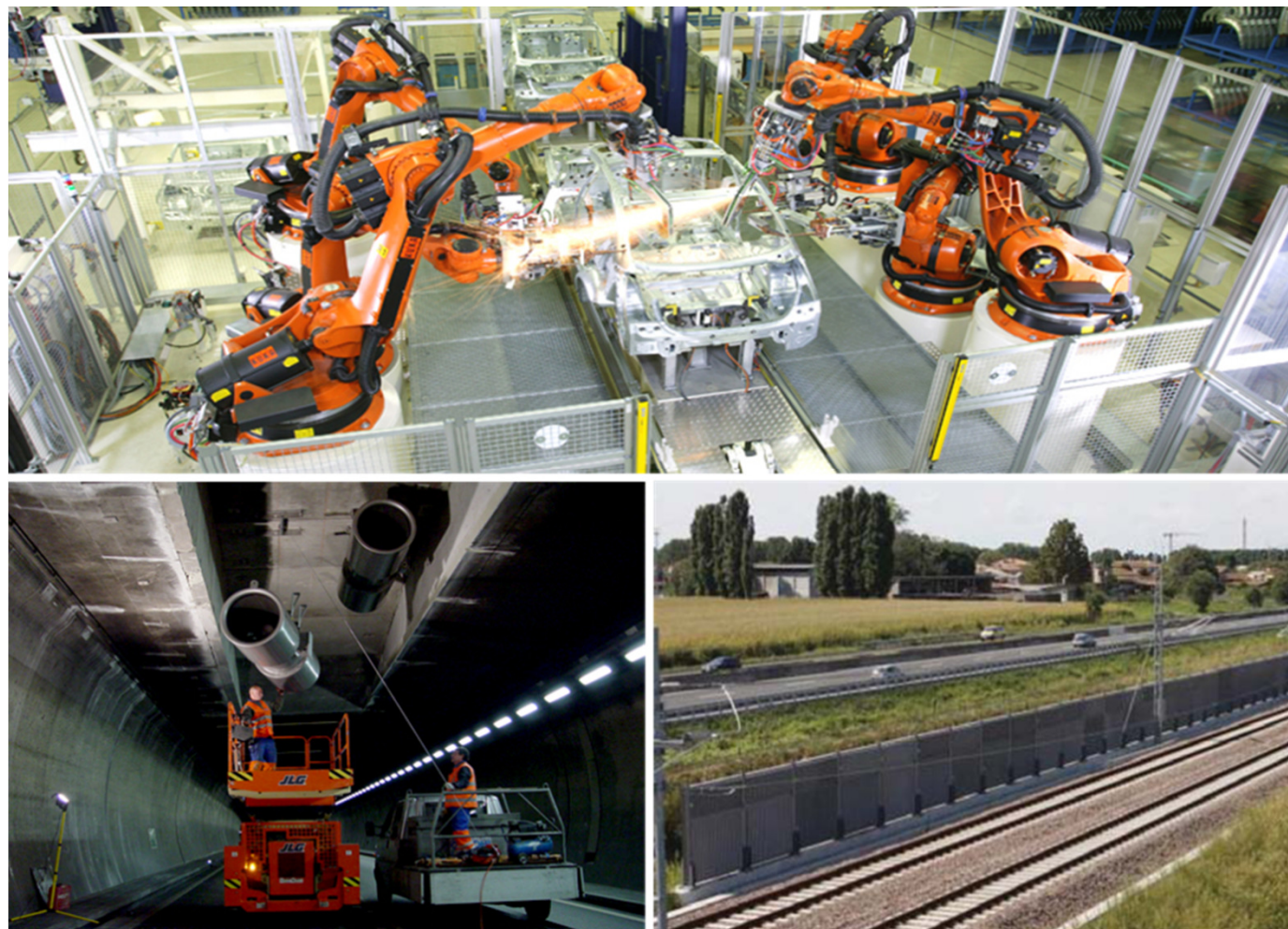
1.1 INTRODUZIONE (2/2)





1. AZIONI DINAMICHE

1.1 ESEMPI DI APPLICAZIONI DINAMICHE





1. AZIONI DINAMICHE

1.2 SOLUZIONI FISCHER

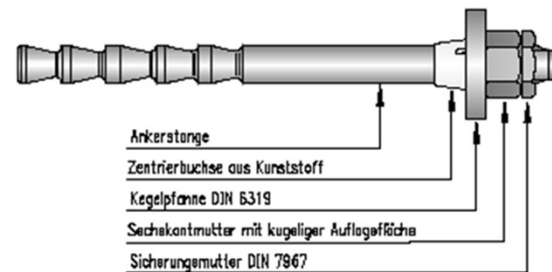


Abb. 1.1a Bestandteile des fischer FHB dynamic Injektionsankers

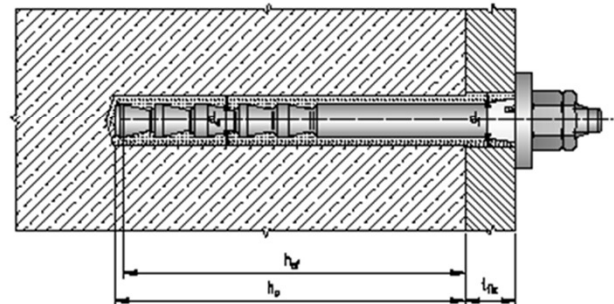
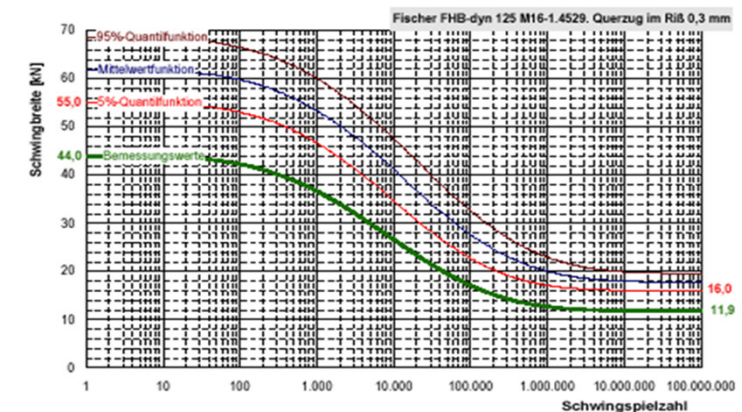
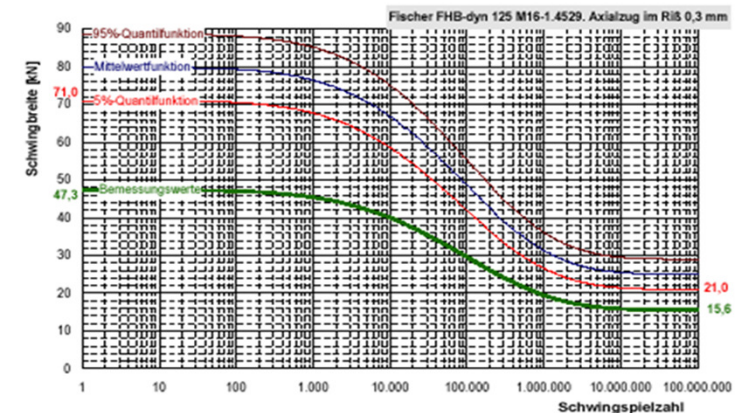


Abb. 1.1b Geometrische Montagekennaten





SOMMARIO

1. Azioni dinamiche
2. **Barriere antirumore T.A.V.**
3. Campagna sperimentale fischer



2. BARRIERE ANTIRUMORE T.A.V.

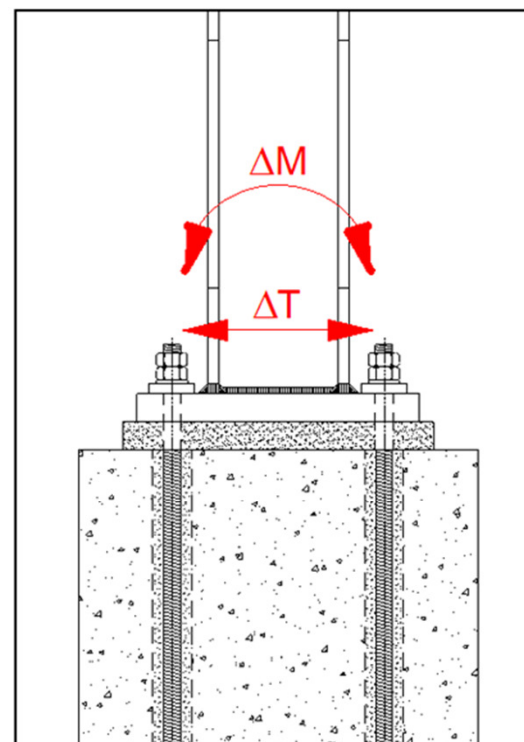
2.1 PROBLEMA





2. BARRIERE ANTIRUMORE T.A.V.

2.2 ANALISI DEL FENOMENO



**L'aspetto normativo è attualmente
oggetto di studio anche a livello
europeo con il gruppo di lavoro
CEN/TC226/WG6**



2. BARRIERE ANTIRUMORE T.A.V.

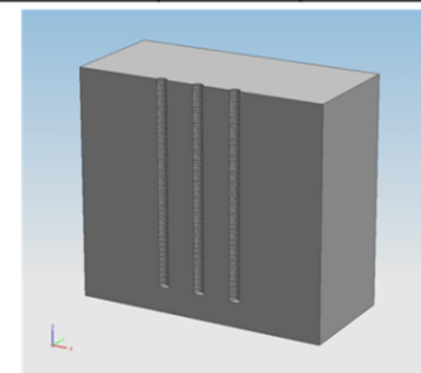
2.3 PROVE PRELIMINARI (TRATTO T.A.V. RE – BO)



CARATTERISTICHE DELL'ANCORAGGIO		M 16	M 30
Diametro interno del foro	d_o [mm]	40	40
Profondità del foro	h_o [mm]	800	800
Lunghezza della barra	l_{tot} [mm]	460	860
Profondità di ancoraggio	h_{ef} [mm]	400	800
Profondità riemp. con sabbia	h_{sabbia} [mm]	400	0
Resistenza del calcestruzzo		C20/25	C20/25

Test:

- n. 7 M 16
- n. 7 M 30





3. CAMPAGNA SPERIMENTALE FISCHER

3.1 OBIETTIVO

- Analizzare l'influenza del diametro sul comportamento a fatica dei sistemi di fissaggio testati, evidenziando il meccanismo di cedimento e controllando lo stato della resina al termine della storia di carico
- Tracciare le curve di Wöhler dei sistemi di fissaggio esaminati
- Confrontare, nel caso di cedimento della barra filettata, i nuovi dati sperimentali con quelli relativi ad altre unioni filettate disponibili in letteratura tecnica recente
- Confrontare le curve relative ad una probabilità di sopravvivenza pari al 97.7% con quella proposta dall'EC3 per barre filettate e bulloni

3. CAMPAGNA SPERIMENTALE FISCHER

3.2 DISPOSITIVO DI PROVA



- La campagna di prove a fatica è stata condotta presso i laboratori Fischer a Denzlingen (vicino a Friburgo - Germania)
- Il dispositivo di prova è costituito da un telaio di acciaio (tripode) dotato di attuatore idraulico controllato mediante un sistema computerizzato
- Principali caratteristiche:
 - Forza statica max $F_{\text{stat,max}} = 250 \text{ kN}$
 - Forza dinamica max $F_{\text{dyn,max}} = 200 \text{ kN}$
 - Frequenza max $f = 15 \text{ Hz}$
- Le prove sono state monitorate in continuo registrando forze applicate, spostamenti, temperatura e numero di cicli

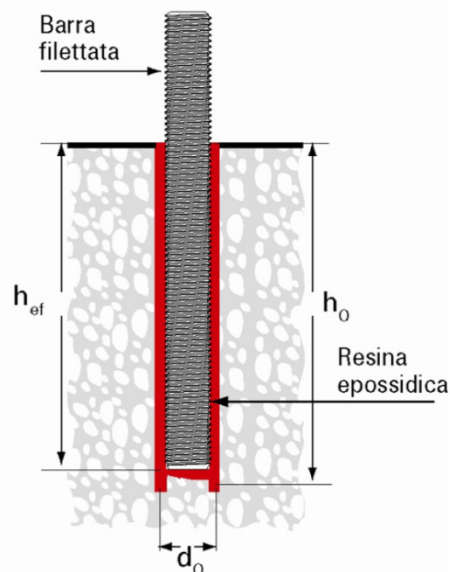


3. CAMPAGNA SPERIMENTALE FISCHER

3.3 PROTOCOLLO DI PROVA



- Test eseguiti (tot = 20 campioni)
 - 9 campioni M 20
 - 11 campioni M 30



CARATTERISTICHE DELL'ANCORAGGIO		M20	M30
Diametro del foro	d_o [mm]	24	35
Profondità di foratura	h_o [mm]	170	280
Profondità di ancoraggio	h_{ef} [mm]	170	280
Resistenza del calcestruzzo		C20/25	C20/25

In accordo con i dati riportati nel manuale tecnico fischer



3. CAMPAGNA SPERIMENTALE FISCHER

3.4 RISULTATI PROVE A FATICA (BARRE M 20 – $H_{EF} = 170$ MM)

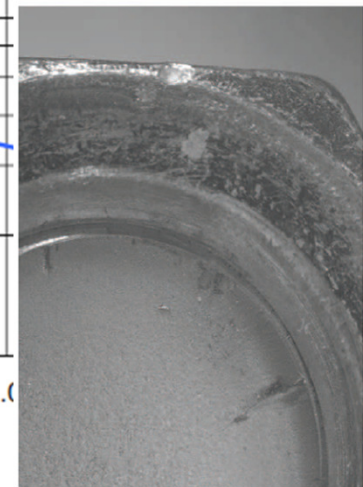
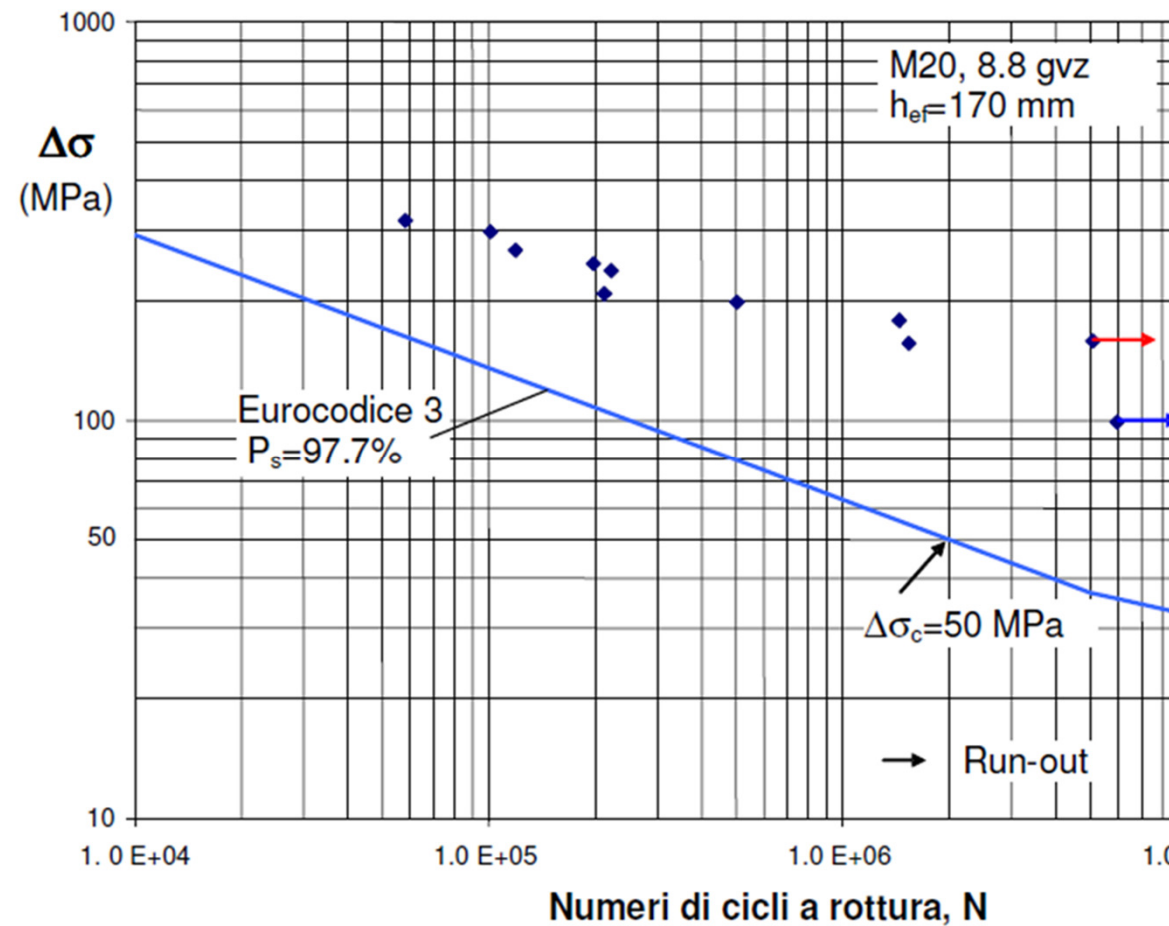
Provino	F_{max} [kN]	F_{min} [kN]	ΔF [kN]	$\Delta \sigma$ [MPa]	f [Hz]	N [cicli]	Note
1	27.5	3	24.5	100	15	5910016	Run-out
1-1	80.5	3	73.5	300	15	100216	
3	69.1	3	66.1	270	15	118000	
4	61.8	3	58.8	240	15	219500	
5	54.5	3	51.5	210	15	210238	
6	47.1	3	44.1	180	15	1430482	
7	52.0	3	49.0	200	15	498274	
8	42.2	3	39.0	160	15	5045000	Run-out
8-1	81.4	3	78.0	320	15	57715	
9	41.6	3	38.0	158	15	1523685	
11	64.2	3	61.2	250	15	195654	

I test sono stati condotti con **un rapporto nominale di ciclo $R \approx 0$** .
Alle barre non è stata applicata **alcuna coppia di serraggio $T_{nst} = 0$**



3. CAMPAGNA SPERIMENTALE FISCHER

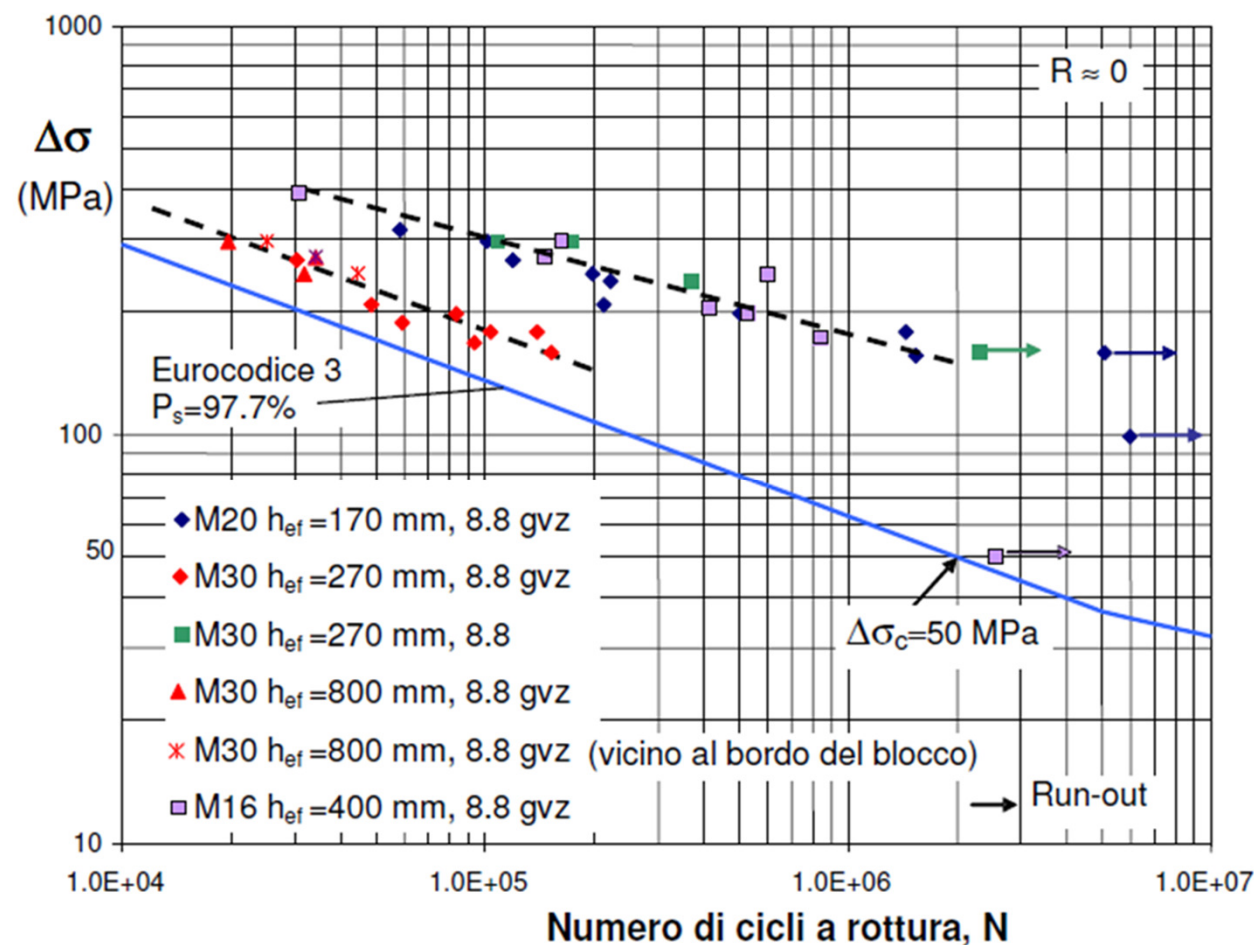
3.5 RISULTATI PROVE A FATICA BARRE M 20-8.8 (GVZ)





3. CAMPAGNA SPERIMENTALE FISCHER

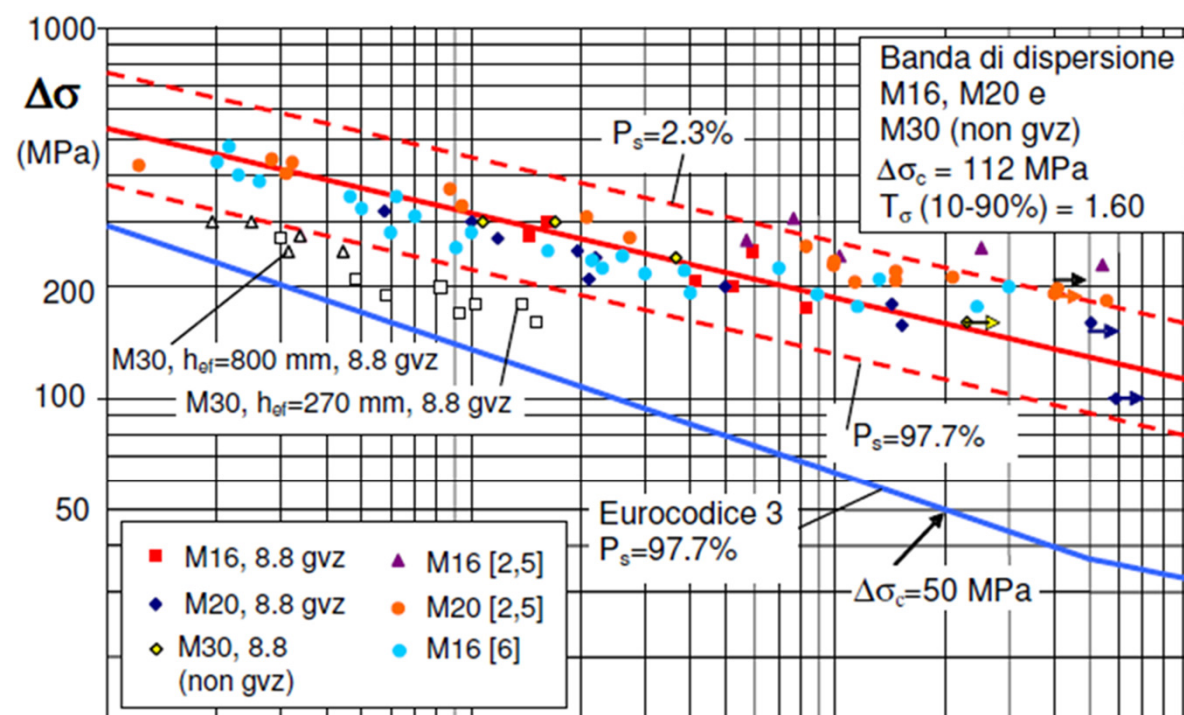
3.6 SINTESI RISULTATI PROVE A FATICA (RAPPORTO DI CICLO $R = 0$)





3. CAMPAGNA SPERIMENTALE FISCHER

3.7 BANDA DI DISPERSIONE PROVE A FATICA



barre filettate (classe 8.8; rapporto nominale $R \approx 0$) con probabilità di sopravvivenza $P_s = 2.3-97.7\%$. Banda determinata sulla base di una distribuzione log-normale, escludendo dalla rianalisi i dati sperimentali relativi alle barre M30 zincate



3. CAMPAGNA SPERIMENTALE FISCHER

3.8 CONCLUSIONI

- Tutti i campioni testati hanno evidenziato la medesima modalità di rottura, indipendentemente dal diametro e dalla profondità di ancoraggio: il cedimento si è manifestato sistematicamente nelle barre con inizio in corrispondenza del primo filetto impegnato sotto il dado. La resistenza a fatica delle barre M 16 e M 20 è risultata superiore a quella suggerita dall'EC3 (FAT50) per bulloni e barre filettate soggetti a fatica.
- È stata determinata anche una nuova banda di dispersione analizzando i nuovi risultati insieme a molti altri tratti dalla letteratura tecnica.
- Il valore di riferimento a due milioni di cicli è risultato essere $\Delta\sigma_c = 112 \text{ MPa}$ (con riferimento ad una probabilità di sopravvivenza $P_s = 97.7 \%$) per barre di diametro uguale o minore di 20 mm. La pendenza inversa della banda è risultata leggermente superiore a 4.0, contro una pendenza 3.0 suggerita dall'EC3.
- Tutte le barre filettate, aventi diametro nominale pari a 30 mm, hanno mostrato una resistenza a fatica inferiore a quella dei campioni sopra citati, in relazione al regime di vita a fatica esplorato, $N < 2 \times 10^5$ cicli. Per le barre M30 la curva di progetto fornita nell'EC3 può essere presa come riferimento.

3. CAMPAGNA SPERIMENTALE FISCHER

3.9 PUBBLICAZIONI SU RIVISTE SCIENTIFICHE INTERNAZIONALI

D 3719

Materialwissenschaft und Werkstofftechnik

Materials Science and Engineering Technology

5/2010

Titelbild: Computed tomography reconstruction of hollow sphere structure

Special Edition

**Advanced
Computational
Engineering and
Experimenting**
(ACE-X 2009)

(Selected Contributions)

Guest Editors:
A. Öchsner
L. F. M. da Silva



Reprint

 **WILEY-VCH**

MATW 41 (5) 245-400 (2010) · ISSN 0933-5137
Vol. 41 · No. 5 · May 2010

Met.-wiss. u. Werkstofftech. 2010, 41, No. 5

Fatigue behaviour of bonded anchors subjected to tensile loads 373

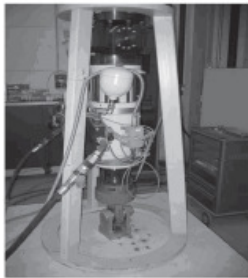


Fig. 1. Fatigue test device.
Abb. 1. Vorrichtung für Ermüdungsversuche.

computer-controlled hydraulic actuator, Fig. 1. The main features of the test device are: max. static load, 250 kN, max. dynamic load, 200 kN, max. frequency 15 Hz. All test data were continuously monitored detecting applied forces, displacements, temperature and number of cycles.

The rods, having an effective anchorage depth equal to 170 mm (M20) and 270 mm (M30) (Table 1), were installed according to the following procedure: hole drilling, recommended standard stages for hole cleaning, resin injection, threaded rod insertion. Loads were applied to the rod after the curing time prescribed in the Fischer technical handbook as a function of the temperature at the anchoring base [7].

The geometrical parameters characterizing the M16 and M30 threaded rods embedded in holes obtained by using pre-cast con-

crete pipes (with a diameter equal to 40 mm), are shown in Table 2. Fourteen specimens were tested: 7 M16 rods (all located in the central zone of the concrete blocks), Fig. 2a and 7 M30 rods, 4 located in the middle of the block, 3 close to the block edge (70 mm away from it), Fig. 2b. Six concrete blocks (having a base of about 800 mm × 800 mm and a height of about 900 mm), without any what, were used in total, and no pre-tensioning force was applied to the drums of rods.

The main aims of the fatigue tests were:

1. to analyse the influence of the diameter on the fatigue behaviour of the bonded anchors subjected to tensile load, pointing

Table 1. Anchorage characteristics for M20 and M30 threaded rods.
Tabelle 1. Ankerisigenschaften für M20 und M30 Gewindestangen.

ANCHOR CHARACTERISTICS	M20	M30
Hole diameter d_h [mm]	24	35
Drill depth h_d [mm]	170	270
Effective anchorage depth h_{eff} [mm]	170	270
Concrete strength	C20/25	C20/25

Table 2. Anchorage characteristics for M16 and M30 threaded rods (effective depth h_{eff} equal to 400 and 800 mm, respectively).
Tabelle 2. Ankerisigenschaften für M16 und M30 Gewindestangen (effektive Tiefe h_{eff} gleich 400 und 800 mm).

ANCHOR CHARACTERISTICS	M16	M30
Inside hole diameter d_i [mm]	40	40
Hole depth h_d [mm]	800	800
Rod length L [mm]	480	880
Rod effective embedment length h_{eff} [mm]	400	800
Hole depth filled with sand h_{sand} [mm]	400	0
Concrete strength	C20/25	C20/25




Fig. 2a. M16 threaded rod installation in the centre of the concrete block (a); M30 threaded rod located 70 mm away from the concrete block edge (b).
Abb. 2. Einbau der M16 Gewindestange in der Mitte des Betonblocks (a); M30 Gewindestange 70 mm entfernt von der Kante des Betonblocks.

© 2010 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

www.wiley-vch.de/home/mrw



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!